

PDF hosted at the Radboud Repository of the Radboud University Nijmegen

The following full text is a publisher's version.

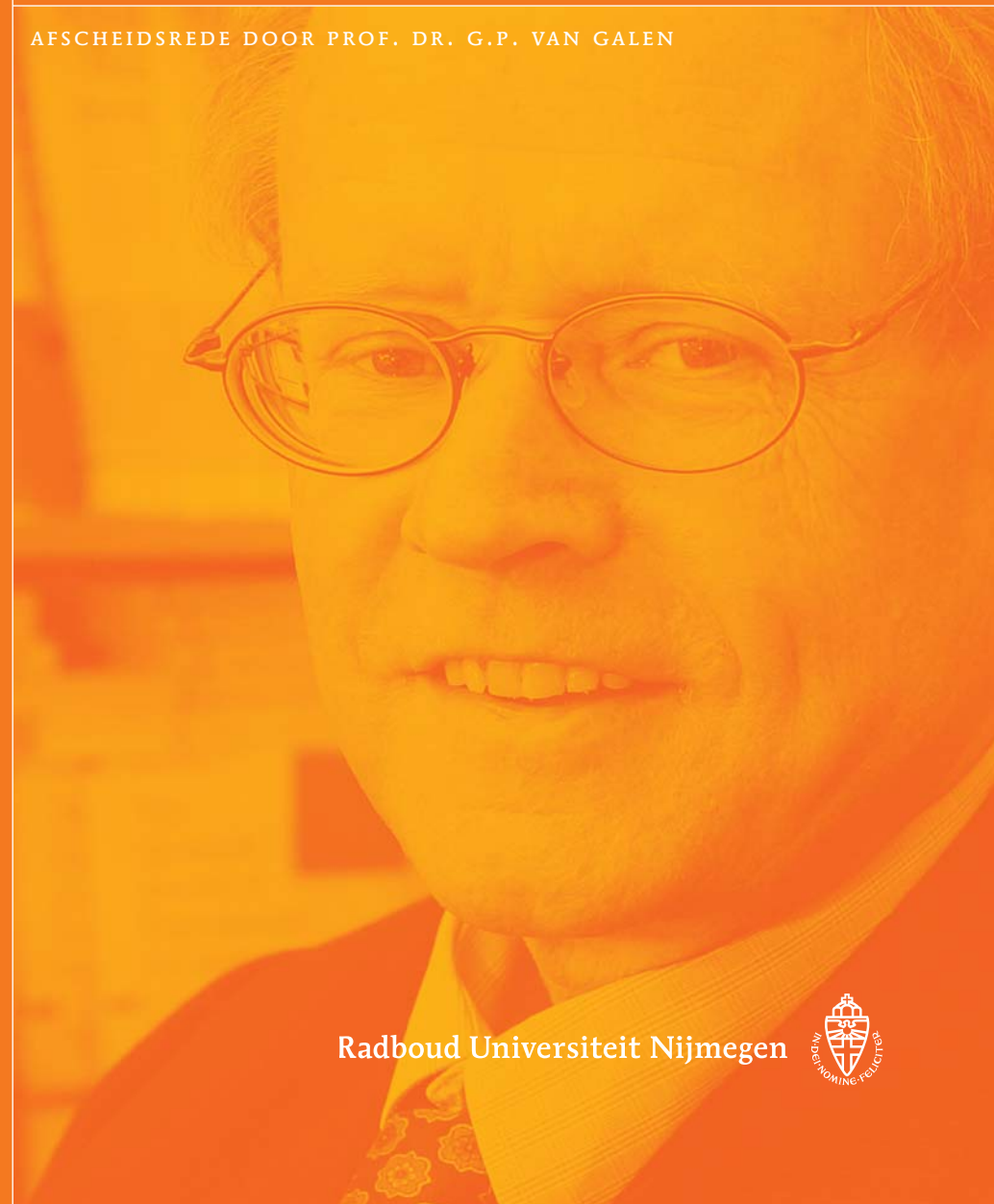
For additional information about this publication click this link.

<http://hdl.handle.net/2066/56861>

Please be advised that this information was generated on 2018-07-08 and may be subject to change.

Bewogen Bewegers

AFSCHEIDSREDE DOOR PROF. DR. G.P. VAN GALEN



Radboud Universiteit Nijmegen



BEWOGEN BEWEGERS

Bewogen Bewegers

Afscheidsrede gehouden op vrijdag 20 januari 2006 ter gelegenheid van het aftreden als gewoon hoogleraar in de Psychologische Functieer, in het bijzonder de motorische functies

door prof. dr. G. P. van Galen

Vormgeving en opmaak: Nies en Partners bno, Nijmegen
Drukwerk: Thieme MediaCenter Nijmegen

ISBN-10: 90-9020333-8
ISBN-13: 978-90-9020333-1

© Prof. dr. G.P. van Galen, Nijmegen, 2006

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar worden gemaakt middels druk, fotokopie, microfilm, geluidsband of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de copyrighthouder.

INLEIDING

Bewegen is onmiskenbaar een basiselement van menselijk en dierlijk gedrag. Als psychologen over gedragingen spreken komt daar het aspect beweging al heel snel bij. Mensen *spreken* tot hun medemens, mensen *schrijven* een brief, mensen *reiken* iemand de hand, allemaal complexe cognitieve activiteiten die niettemin zonder ingewikkelde motorische coördinaties van onze spraakorganen, armen, handen, vingers ondenkbaar zijn en zelfs als tennissers een bal missen is de slag in de lucht een complexe motorische act. En ook bij zogenaamde niet-overtre gedragingen zijn de beeldspraken ontleend aan het zichtbare, overtre bewegingsrepertoire. Wij *gaan* in gedachten terug, we zijn *bewogen* door mededogen, wij kijken *reikhalzend* uit, wij *sluiten* een periode af, allemaal metaforen waarin gedachten of gevoelens worden uitgebeeld met een van de vele mogelijkheden van ons bewegingsrepertoire.

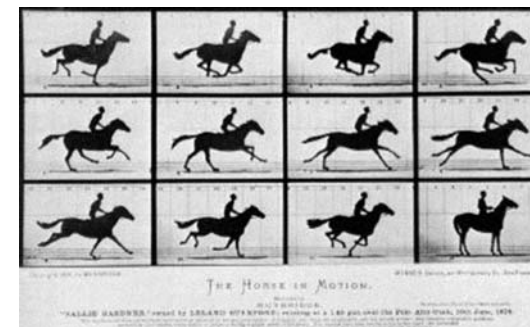
Merkwaardig genoeg heeft de officiële psychologie, die als empirische wetenschap zo vanaf het laatste kwart van de negentiende eeuw begon te bloeien, zich heel lang nauwelijks of niet bekommerd om de vraag *hoe* bewegingen tot stand komen en *hoe* de vorm en uitvoering van die bewegingen in de tijd verloopt. In de klassieke handboeken vinden we voor 1970 vrijwel nooit een hoofdstuk gewijd aan die vragen, en als het wel aan de orde komt dan gaat het toch vooral om enkelvoudige metingen van de tijd die nodig is om een elementaire handeling als het indrukken van een knopje bij het verschijnen van een lichtje te starten, de zogenaamde reactietijd. De beweging zelf bleef, op een paar uitzonderingen na, buiten het vizier van de meeste onderzoekers. Op zichzelf is met reactietijdenonderzoek niks mis. Nederland is met de vroegste toepassing van de methode door haar beroemde geleerde Franciscus Donders (1868, 1869) in de eregalerij van grondleggers van de experimentele psychologie gekomen. Donders, vrouwenarts, fysioloog en psychofysicus, bleek al rond 1860 in staat met eenvoudige middelen als met constante snelheid draaiende, beroete trommels tot op eentiende seconde nauwkeurig de tijd te meten die we nodig hebben om een signaal (lampje) op te merken en een beweging te starten. Donders vond ook een methode uit om het opmerken van het aangaan van een lampje te onderscheiden van het kiezen van de juiste response bij de juiste kleur als er meer kleuren in het spel waren. In het laatste geval komt er bij het waarnemen een keuzeproces dat de taak complexer maakt (vandaar de toen gangbare term *Komplications Versuche*). Het ging er Donders en tijdgenoten echter primair om de meetbaarheid en structuur van *mentale functies* aan te tonen en niet zozeer om de vraag hoe ons *bewegingsapparaat* daarbij betrokken is. In dat opzicht was ook Donders nog een echte vertegenwoordiger van de bewustzijnspsychologie, zij het dat zijn vernuftige meetmethoden een enorme impuls hebben gegeven aan het ontwikkelen van een empirisch gefundeerde wetenschap van die mentale functies. Niet voor niets is het Nijmeegse F.C. Donders Instituut voor Cognitive Neuroimaging naar hem vernoemd.

Is er dan wel een plaats voor studie van de motoriek binnen de psychologie? Bij die vraag wil ik ter gelegenheid van mijn aftreden als hoogleraar aan de Radboud Universiteit, en wel de eerste hoogleraar functieleer die een speciale taakomschrijving op het gebied van de motorische functies kreeg, stil staan. Ik zal die exercitie uitvoeren door u in vogelvlucht mee te nemen over het wetenschappelijke landschap waarin het moderne motorisch onderzoek zich met name de laatste veertig jaar heeft gemanifesteerd, niet helemaal toevallig de periode dat ik mij zelf in onderzoek en onderwijs met die motoriek heb bezig gehouden. Ik hoop dat u mij vergeeft dat ik daarbij accent zal leggen op onderwerpen en theorieën die ik zelf samen met de grote groep collega's en studenten in die periode mocht bestuderen.

DE ROL VAN MEETTECHNIEKEN

Er is vaak gespeculeerd dat de psychologie de gevangene was van het denken van Descartes waarin lichaam en ziel gescheiden entiteiten zijn. Weliswaar bedient de ziel zich volgens dat denken van een lichaam dat als een machine bewegingen uitvoert maar de relatie is toch erg indirect, zo ongeveer als een marionet die door een actor via touwtjes bewogen wordt. Zo'n marionet is een *bewogen beweging* maar niet in de betekenis die ik bij het kiezen van een titel voor mijn afscheidsverhaal voor ogen had als bewegingsmodel van de mens. Ook toen het meetbare en zichtbare gedrag (*overt behaviour*) een meer dominante plaats ging innemen in ons vakgebied bleef de focus heel lang gericht op de mentale processen als waarnemen, leren en onthouden, en veel minder op de bewegingen die uitdrukking geven aan onze waarneming, gedachten, gevoelens. De stelling die ik hier wil verdedigen is dat die eenzijdigheid niet zozeer kwam door een verkeerd filosofisch uitgangspunt maar door het simpelweg ontbreken van de technische middelen om de letterlijk vluchtige motoriek vast te leggen voor nader onderzoek.

Toch zien we ook al aan het eind van diezelfde negentiende eeuw van Donders en zijn reactietijdmetingen zich ook een nieuwe trend aftekenen. Interessant genoeg was ook hier de kunst de leidsvrouw van de wetenschap. Zoals al veel eerder Michelangelo door zijn geweldige tekentalent anatomen en medici inzicht gaf in de houdingen en bewegingsmogelijkheden van het menselijk lichaam, zo leverde de beroemde fotograaf Muybridge een enorme impuls aan het inzicht in de dynamiek van bewegingspatronen van mens en dier. Muybridge was een van de eersten die snel na elkaar foto's maakte van bewegende dieren en mensen. Lang hebben paardenliefhebbers gedubbeld over de vraag of een paard nu wel of niet tijdens de galop alle benen los van de grond had. Muybridges fotoseries beslechtten deze strijd en toonden het tegelijkertijd los van de grond zijn van vier benen onmiskenbaar aan.

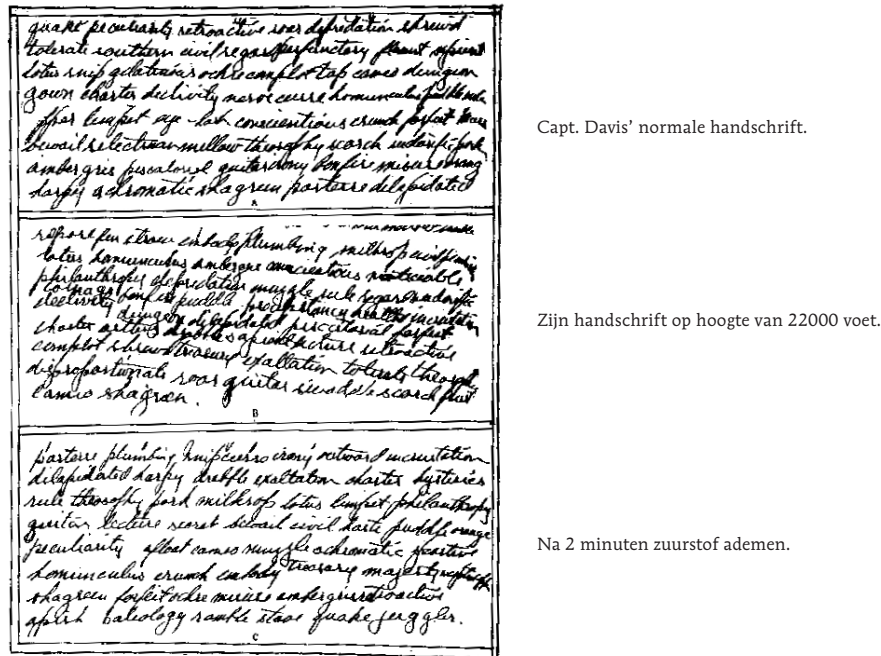


Figuur 1. Fotografische analyse, gedateerd 19 juni 1878, door Muybridge van de verschillende stadia van de galop van het paard. (Bron: http://www.masters-of-otography.com/M/muybridge/muybridge_galloping_horse.html)

Toch is meten niet alleenzalmakend. Muybridge camera's leverden prachtige plaatjes op maar daarmee hebben we nog geen inzicht in hoe dynamische interacties tussen afzonderlijke paren, triaden of zelfs quadrupels van benen interacteren in stap, draf en galop. Daarvoor moeten vragen worden gesteld die gestuurd worden door kennis en in eerste instantie misschien wel door slechts vage noties van hoe het systeem dat onze ledematen aanstuurt in elkaar zou kunnen steken. De enorme vlucht die het moderne breinonderzoek met zijn moderne imaging technieken als EEG, EVP, PET, fMRI, Transcraniale Stimulatie en wat al niet heeft genomen, zou tot niets leiden als niet slimme experimentele technieken, gevoed door systematische modellen van hoe het cognitieve systeem werkt, sturing geven aan de metingen.

Ook binnen het vakgebied van de motoriek waren het nieuwe, technische ontwikkelingen die het mogelijk maakten veel beter dan daarvoor het bewegingsgedrag zelf vast te leggen. Soms eenvoudige middelen als systematische scoringstechnieken met passer en liniaal van bijvoorbeeld de variabiliteit van schrijfhoutjes in handschrift. In dat verband vind ik nog altijd de observaties van Watson buitengewoon interessant over wat zuurstoftekort doet met ons handschrift. Watson liet zijn proefpersoon kapitein Davis handschriftproeven afleggen voor, tijdens en na verblijf in een lagedrukcabine waarmee hij het verblijf op grote hoogte in de bergen simuleerde. Het resultaat is duidelijk en systematisch. De ruzigheid van het handschrift neemt toe bij tekort aan zuurstof en het handschrift herstelt weer snel bij verblijf in normale, zuurstofrijke omstandigheden.

Ik vermeld natuurlijk dit voorbeeld omdat in mijn eigen werk studie van spatiële en temporele kenmerken van handschrift een grote rol speelt. Met name de bevinding dat de signaal-ruisverhoudingen van het bewegingssignaal van afzonderlijke bewegings-trajecten (wat in wezen een soortgelijke maat is maar dan in het temporele domein als



Figuur 2. Vroege systematische metingen door Watson (1919) van de variabiliteit van handschrift om effect van zuurstoftekort op ruizigheid van bewegingstrajecten aan te tonen.

de variabiliteit die in het werk van Watson werd gemeten) een verband vertonen met fysische maar ook met cognitieve factoren als mentale belasting en stress (Van Galen, Van Doorn & Schomaker, 1990) heeft mij op het spoor gezet van een theorie over de spatiële en temporele controle van motorisch gedrag waarin fysische, biomechanische en psychologische factoren en hun onderlinge afhankelijkheid een plaats kregen. Ik zal straks nog wat verder op die theorie, de neuromotorische ruistheorie genaamd, in gaan maar eerst wil ik u nog wat meer vertellen over de wegen en middelen waarlangs en waarmee ik tot die theorie gekomen ben.

Een interessante, door toepassing van de elektronica meetbaar geworden indicator van psychologische processen is de *druk* die mensen uitoefenen met het schrijfinstrument op de ondergrond. Het is typisch een variabele die niet of nauwelijks bewust kan worden gecontroleerd maar toch zowel met de biomechanica als met psychologische aspecten van het schrijfproces samenhangt. Dat soort metingen was in de tijd van Watson nog nauwelijks mogelijk (hoewel al in 1952 door Steinwachs een zogenaamde Schreibwaage

in gebruik was in Duitsland). Pas toen elektronische digitizers en pennen uitgerust met een elektronisch drukregistratiesysteem (vanaf ongeveer 1975) beschikbaar kwamen, kwam ook de vraag naar hoe het motorisch systeem de pendruk als vrijheidsgraad gebruikt in het zicht. In dit verband is veel onderzoek gedaan naar hoe de regulatie van pendruk zich ontwikkelt bij kinderen en adolescenten (Mojet, 1991). Kinderen vertonen ondanks hun geringe schrijfsnelheid een drie tot viermaal zo hoge pendruk als volwassenen. Het patroon van afnemende pendruk en toenemende vloeiendheid en snelheid van het schrift is een langdurig proces dat pas gedurende de adolescentie zijn voltooiing vindt. Een heel ander voorbeeld uit de forensische hoek komt uit het werk dat ik met Arend van Gemmert heb gedaan (Van Gemmert & Van Galen, 1996; Van Galen & Van Gemmert, 1996). Wij bestudeerden of proefpersonen die het handschrift van een andere persoon nabootsten een vergelijkbaar patroon vertoonden als het originele schrift liet zien. Dat bleek geenszins het geval. Niet alleen wordt de druk bij het vervalste schrift gemiddeld hoger maar de variabiliteit van het druksignaal volgt niet langer de variabiliteit in de snelheid.

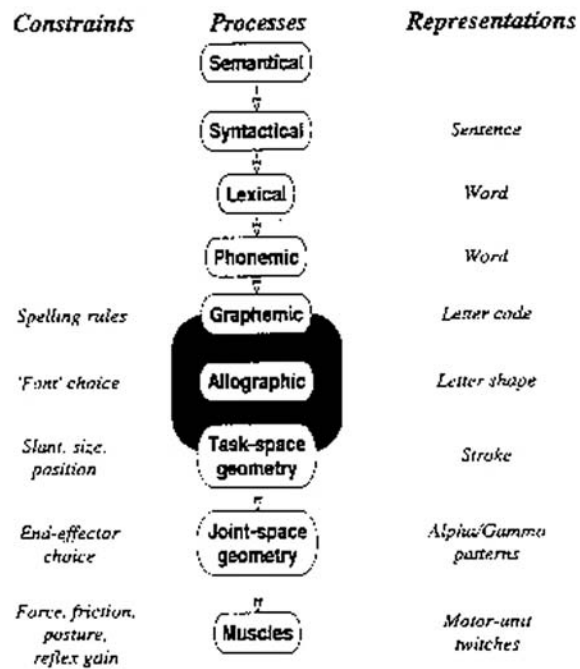
Wat ik met de hier aangehaalde voorbeelden wil aantonen is dat voortgang in de wetenschap in belangrijke mate wordt gestuurd door de beschikbaarheid van registratiemogelijkheden. De mogelijkheid om reactietijden in tienden van seconden te meten maakte het mogelijk geloofwaardig te maken dat ook mentale processen zich in ruimte en tijd afspelen. Scoring van schrijfhaaltjes legde de invloed van zuurstofspanning op ons spierstelsel bloot; drukmetingen van aanwijs-, schrijf- en tekenbewegingen leerde dat mensen een biomechanische vrijheidsgraad als frictie met het werkveld systematisch gebruiken om stress en mentale belasting onder controle te houden. Een voor mij zeer boeiende toepassing van deze idee vond ik in het recente proefschrift van Dominique van Roon die onder leiding van Bert Steenbergen een onderzoek deed naar zulke aanpassingsmechanismen bij jongeren met *cerebral palsy* (spasticiteit).

VAN MACHINES NAAR MODELLEN

Een tweede stelling die ik ter overdenking wil geven is dat gangbare modellen van werkende machines een grote rol gespeeld in het construeren van een structuurmodel van ons cognitieve systeem. Bij Donders zou je kunnen zeggen dat de zich sterk uitbreidende kennis van lineair georganiseerde mechanische machines een leidraad vormde voor zijn lineaire pijlpijnmodel van waarnemen en beslissen. Waarnemen en reageren werd uiteengelegd in opeenvolgende processen van registreren, coderen en beslissen die ieder een bepaalde tijd in beslag namen en opgeteld de gemeten reactietijd uitmaakten. Later onderzoek – we zijn dan in 1969, een eeuw verder – waarbij de additieve factoren methode door Sternberg (1969) als de statistisch meer geavanceerde variant van Donders methode werd toegepast op reactietijdendata, heeft een werkmodel over onze cognitie opgeleverd waarvan de basistrekken zijn dat afzonderlijke subsystemen in een geschakelde,

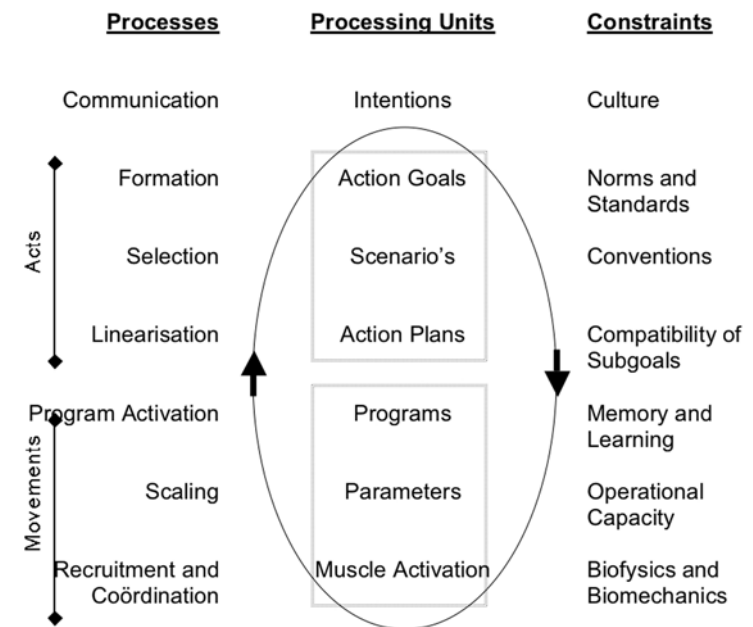
vaste volgorde zintuiglijke informatie, registreren, analyseren op afzonderlijke features, die features integreren tot interne codes, die op hun beurt weer gebruikt worden door een beslissysteem dat de correcte handeling selecteert. In de meer motorische onderdelen van dit pijplijnmodel werden handelingen gematcht met acties, die vervolgens daadwerkelijke invulling kregen door het selecteren en coördineren van in de gegeven biomechanische context optimale spiercoördinaties. Nederlandse onderzoekers hebben zich, geïnspireerd door Donders, internationaal uitdrukkelijk gemanifesteerd met zulke modulaire structuurmodellen. Niet voor niets heette het tweede Attention & Performance symposium dat door Andries Sanders en Willem Koster in 1968 werd georganiseerd het *Donders' symposium*. Ik noemde al Andries Sanders maar ik zou ook Bert Mulder en natuurlijk Pim Levelt (maar dan op het gebied van taalproductie) willen noemen.

In mijn eigen werk heeft het zoeken naar de structuur van schrijfgedrag een grote rol gespeeld. Gevoed door de mogelijkheden om heel precies de schrijfbeweging met behulp van digitizers vast te leggen heb ik jarenlang een zoektocht ondernomen naar de vraag wat voor afzonderlijke modules of bewerkingsstadia in zo'n alledaagse handeling als het op papier zetten van een gedachte onderscheiden kunnen worden. Het model van de schrijfbeweging zoals hier afgebeeld is een wat vereenvoudigde versie daarvan. Het is achteraf grappig om te zien hoezeer ik mij in die eerste ideeën vooral liet leiden door gegevens van reactietijden, dat wil zeggen van de tijd die het kost om in een bepaalde experimentele conditie een schrijfact te starten, en nog nauwelijks gebruik maakte van de al wel beschikbare kinematische data. Al spoedig echter heb ik mij, vooral ook geïnspireerd door de samenwerking met Ar Thomassen, Frans Maarse,



Figuur 3. Model van de schrijfbeweging (naar Schomaker & Van Galen, 1996)

Action Model of Goal-directed Movement



Figuur 4. Actiemodel voor doelgerichte bewegingen

Hans-Leo Teulings, Lambert Schomaker en Ruud Meulenbroek en nog veel meer geïnspireerde promovendi en postdocs, meer en meer op de echt motorische kant van het model geconcentreerd. Je zou de meest recente versie van die ontwikkeling kunnen samenvatten in het handelingsmodel zoals Meulenbroek en ik dat de laatste jaren als leidraad in ons onderwijs gebruiken.

BEWEGEN ALS DYNAMISCH PROCES

Er is nog steeds een soms scherpe discussie gaande over de vraag of modellen als het zojuist genoemde ons echt verder hebben gebracht in het begrijpen van de motoriek. Mijn inschatting is van wel maar er horen zeker kanttekeningen bij. Ik denk dat er wel degelijk overtuigende evidentie is dat ons brein georganiseerd is in relatief onafhankelijke structuren, modulen, met een *dedicated function*. De anatomie van het brein en juist ook het moderne functionele imaging onderzoek laat zien dat activatie door externe stimuli een in de tijd en plaats verspreid proces is, en dat afzonderlijke gebieden aanwijsbaar zijn die corresponderen met de soort functies die ik in het model aanstipte. Het ontdekken van zulke subprocessen is ook een circulair proces. Enerzijds moet je als wetenschapper een logische constructie maken van welke stappen in de bewerking van een signaal of het opzetten van een actie nodig zijn en als het model biologisch klopt zal het ook in experimenteel-psychologisch en in imaging-onderzoek bevestigd worden. Anderzijds, en nu komt de kanttekening, structuurmodellen zijn in feite gestolde kennis die geen recht doen aan het dynamisch verloop van een actie. Dit was ook een van de eerste zaken waar ik bij het onderzoek van de deelprocessen van het schrijfgedrag tegenaan liep. Als je de feitelijke spatio-temporele realisatie van het schrijfspoor onderzoekt dan blijkt dat de meer abstracte aspecten zoals spelling en segmentatie in lettergrepen zich eerder manifesteren dan de meer concrete keuze van een allograaf en allograafgrootte maar dat die processen kennelijk wel parallel verlopen met de uitvoering van de motorische acties zelf. Er is dus klaarblijkelijk sprake van een seriële organisatie van telkens dichter bij de motorische realisatie komende deelaspecten maar die subsystemen van verschillend abstractieniveau werken wel parallel. Ik heb dit indertijd het gemixte parallelle en seriële model van de schrijfbeweging genoemd (Van Galen, Meulenbroek, Hylkema, 1986). Dit model heeft voor mij een aantal aantrekkelijke kanten en ik meen dat het ook in overeenstemming is met de verscheidenheid aan schrijfstoornissen die in de neuropsychologie gevonden wordt bij beschadigingen, aandoeningen en ziekten van het brein. Er is echter een groot probleem met de oorspronkelijke assumptie van Donders en later Sternberg die meende dat vertragingen en versnellingen in reactieprocessen werden veroorzaakt doordat het ene systeem op de output van een hoger meer abstract systeem moest wachten. Dit mag voor een onder hoge snelheidsinstructie geproduceerde reactietijd waar zijn, het klopt niet met de werkelijkheid van de vele gelijktijdige activiteiten die we bij een natuurlijke motorische taak zien. Ik noemde al

de productie van schrift maar het geldt natuurlijk ook voor spraak, voor gebaren die we maken, voor gecoördineerde activiteiten in de sport en het dagelijks leven. Als we op het tennisveld naar een bal toe rennen die onze tegenspeler listigerwijs net over het net gedropt heeft, bedenken we, even arglistig als hij, een model van een slag die het die tegenstander onmogelijk maakt de bal opnieuw te retourneren. We bedenken al rennende niet alleen die slag, we heffen ons racket, we reguleren de houding van ons lichaam, enzovoort, enzovoort. Al die afzonderlijke motorische acties beïnvloeden elkaar, niet alleen doordat de mentale capaciteit om ze te plannen beperkt is maar ook doordat er tal van mechanische interacties tussen kijken, lopen, arm heffen, reiken naar en raken van de bal bestaan.

Met het bewust worden van deze kanten van de motoriek groeide bij mij ook het besef dat er een rol is weggelegd voor een meer *dynamische* bewegingspsychologie, dat wil zeggen een psychologische bewegingswetenschap waarin de dynamische zelforganisatie van bewegingspatronen ook een plaats krijgt. Aanvankelijk heeft in mijn onderzoek dit aspect een wat minder pregnante plaats ingenomen maar ik had gelukkig genoeg inspirerende contacten met de collega's aan de VU (ik noem John Whiting, Piet van Wieringen, Peter Beek, Lieke Peper) en weer velen van hun leerlingen, om de beginselen van de dynamische bewegingscontrole te leren kennen. Ik denk dat hier de door mij gekozen titel van mijn verhaal ook deels hierdoor is geïnspireerd. Mensen zijn bewegers maar zij zijn ook *bewogen bewegers*, dat wil zeggen bewegen is een dynamisch proces, onderhevig aan de wetten van de fysica en willen we echt begrijpen hoe die mens dat bewegen doet dan moeten we ons ook in die fysica en biofysica verdiepen.

Met de introductie van de bewogen beweger kom ik bij mijn derde stelling: de mens is de exploitant van zijn dynamische lichaam, of met andere woorden, de mens beweegt maar is ook bewogen.

Deze stelling vraagt enige uitleg. Het is even gemakkelijk deze stelling onderuit te halen door haar neer te zetten als een extreme demonstratie van het verfoeide Cartesiaanse denken waarin de mens de harlekijn van de geest is, als haar belachelijk te maken door de bewogen beweger te zien als een heelal van interacterende hemellichamen wier interacties als bij de wetten van Kepler beschreven worden door bij voorkeur de non-lineaire dynamische systeemtheorie. Ik wil met mijn opvatting over de bewogen beweger noch in extreem cognitivisme noch in een extreme variant van de dynamische bewegingstheorie vervallen. Mensen zijn wel degelijk denkende, imaginair handelende en plannende wezens. Reactietijden en zelfs introspectie kunnen daar veel over vertellen. Tegelijkertijd is ons handelen slechts mogelijk in een reële wereld van vlees en bloed, en dus van massa's met viscositeiten, stijfheden en andere eigenschappen als plaats, tijd, en de afgeleiden daarvan als verplaatsing, snelheid, versnelling, en wellicht zelfs hogere afgeleiden als *jerk* en *jitter*. Handelingen kunnen we daarbij zien als gericht op een doel dat langs vele wegen, of liever bewegingen, bereikt kan worden. Een bewegingsleer zal

zich daarbij moeten richten op de vrijheidsgraden die zo typerend zijn voor ons bewegingsstelsel. We kunnen langzaam of snel bewegen, we kunnen een doel met meer gebruik van de proximale bewegingsvrijheden benaderen, zoals we bij het voorbeeld van de spastische jongeren in het proefschrift van Van Roon zagen, of meer met de distale ledematen realiseren. Maar er zijn ook meer subtiele vrijheidsgraden waarvan de rol in de optimalisatie die motoriek typisch inhoudt, nauwelijks bekend is.

Een zo'n parameter van ons bewegingssysteem waarmee we naar mijn opvatting meestal onbewust omgaan is stijfheid. In het gewone spraakgebruik is de opvatting dat krampachtigheid, gespannenheid, houtterigheid, hoekigheid een uitdrukking zijn van de psychologische gesteldheid van een mens heel erg ingeburgerd. Ook in de klinische en persoonlijkheidspsychologie komen we het begrip gespannenheid zoals gemeten met behulp van spierspanningsmetingen al heel vroeg tegen (Goldstein, 1964). In de experimentele psychologie van het bewegen wordt aan de rol van stijfheid merkwaardigwijls veel minder aandacht gegeven, ook al weer denk ik, omdat het direct meten van stijfheden in een dynamisch bewegingssysteem geen sinecure is. Toch werden onlangs op dit gebied interessante vorderingen gemaakt in de groep van Van Dieën aan de VU (Seelen, Beek & Van Dieën, in press).

STIJFHEIDREGULATIE ALS VRIJHEIDSGRAAD

Ik wil graag drie onderwerpen voor het voetlicht brengen waar ik samen met collega's en studenten aan heb gewerkt en die naar mijn idee laten zien dat stijfheidregulatie een vruchtbaar concept is om verschijnselen binnen die gebieden te begrijpen. Het eerste onderwerp, of misschien liever gegeven, is de wet van Fitts (1954), dat wil zeggen de empirisch gevonden relatie tussen de snelheid waarmee we naar een doel bewegen en de relatieve grootte van dat doel. Reeds Woodworth stelde voor 1900 vast dat mensen als ze snel naar een doel moeten bewegen een systematische afname van de bewegingsnelheid laten zien als de weg ernaar toe langer is en/of het doel kleiner is. In wiskundige termen $MT = a \log 2A/w + b$. De wet die in deze formule beschreven wordt is zeer robuust. Zij gaat op voor mensen en dieren, voor bewegingen in de lucht, op papier, onder water, met en zonder belasting, en voor jong en oud. Wat veranderlijk is zijn de constanten a en b , die staan voor respectievelijk de stijgingsgradiënt van de rechte lijn en daarmee de gevoeligheid voor informatiebelasting vertegenwoordigt, en het afsnijpunt op de Y-as, dat wil zeggen de minimale tijd die een beweging kost. Paul Fitts is in de jaren vijftig van de vorige eeuw naamgever van de wetmatigheid geworden omdat hij, geheel in lijn met de toen opkomende informatietheorie een formele verklaring voor de wet gaf in termen van de beperkte kanaalcapaciteit van ons sensomotorisch systeem door de inherente ruizigheid ervan. Toen in ons lab vanaf ongeveer 1970 de eerste computer zijn intrede deed ontstond ook de mogelijkheid om met behulp van elektronische tabletten de verplaatsing van onze ledematen in de tijd met een hoge resolutie te meten.

Dankzij die metingen werd een geheel andere kijk mogelijk op het begrip ruizigheid dan in de meer abstracte benadering van Fitts. Door het meten van een *real time* snelheids- of versnellings signaal en het toepassen van een wiskundig algoritme om in dat signaal een onderscheid te maken tussen de intentionele signaalwaarde en de ruis, kreeg ik de beschikking over een venster op de dynamiek van de beweging dat in die tijd geheel nieuw was. De ontwikkeling van deze mogelijkheden is de verdienste van een heel team van collega's geweest, maar met name van Lambert Schomaker. Ik zei al dat rond 1970 de eerste computer bij ons werd aangeschaft maar het duurde een hele tijd voor we er iets mee konden. Dat is ook niet verwonderlijk omdat de software- en vaak ook de hardwareproblemen in eigen beheer moesten worden opgelost. Ik ben hiervoor heel veel dank verschuldigd aan de medewerkers van de elektronische dienst. Maar ook collega's van de afdeling hebben hier het echte pionierswerk verricht. Frans Maarse, Hans-Leo Teulings, Lambert Schomaker hebben daarbij ook in theoretisch opzicht baanbrekend werk verricht door het toetsen van elementaire biomechanische modellen van bewegen mogelijk te maken. Met Lambert Schomaker heb ik voor de eerste keer het idee getoetst dat snelheid van bewegen en de daaraan inherente signaal-ruisverhouding een verklaring konden bieden voor de wet van Fitts (Van Galen & Schomaker, 1992). Wij toonden aan dat bewegingen naar doelen van verschillende grootte inderdaad een systematische relatie met hun empirisch gemeten ruizigheid en snelheid onderhielden. De door ons verdedigde theorie hield in dat het verhogen van de snelheid of de lengte van de weg van een beweging gepaard gaat met een toename van de te rekruteren spierkracht en daarmee van de ruis, en daardoor van een toename van de eindpuntvariabiliteit. Dat is een eerste *constraint*. Het bewegingssysteem is echter ook in staat tot filtering van die ruis door het toepassen van een optimaal stijfheids- en viscositeitsregime. Stijfheidregulatie kan op verschillende manieren. Boven noemde ik al het laten toenemen van de wrijving met het werkveld maar een ander vrijheidsgraad is musculaire cocontractie. Het bewegingsmodel dat wij verdedigden was een zogenaamd bang-bangmodel waarin een agonistische *force pulse* gevolgd wordt door een antagonistische pulse van een spier of spiergroep die de beweging remt. In feite overlappen deze krachtpulsen elkaar gedeeltelijk, en meer of minder in de tijd en daarmee varieert ook de mate van cocontractie. Een bewegingssysteem met een grote mate van cocontractie is ook gekenmerkt door een grotere mate van stijfheid. In datzelfde artikel lieten wij zien dat in een computersimulatie van bewegingen met verschillende graad van ruizigheid stijfheid een filterend effect heeft op eindpunt-variabiliteit. Tegelijkertijd moet worden aangenomen dat een hogere graad van cocontractie de beweging trager maakt. Dit is de tweede *constraint* die aan bewegingsregimes is opgelegd en in feite is het optimum bepaald door het punt waar de toenemende ruizigheid van het bewegingssignaal door grotere spierkrachtrekrutering de filterende werking van stijfheid te boven gaat. Met dit gegeven voegden wij een element toe aan de gangbare opvatting van de wet van Fitts door te stellen dat

mensen bij elke slag-, reik-, pak- of aanwijsbeweging een biomechanische optimalisatie-taak uitvoeren met de inherente ruizigheid van hun musculaire en neurale systeem en de filterende capaciteiten van datzelfde musculaire systeem. Ik noemde dit al een vorm van dynamische bewegingscontrole maar het is wel degelijk een lerend en optimaliserend systeem dat deze strategieën toepast. Later heb ik vooral door de samenwerking met Peter de Jong meer gedetailleerd onze ideeën kunnen toetsen door een computersimulatiemodel te bouwen waarin de stochastische ruis van het proces van rekruteren van *motor units* uitgangspunt was en waarbij we de optimaliserende rol van stijfheid, viscositeit en demping konden aantonen (Van Galen & De Jong, 1995).

STIJFHEIDREGULATIE EN STRESS

Min of meer in dezelfde periode dat ik door de samenwerking met Lambert Schomaker de beschikking kreeg over een algoritme om direct de dynamische ruis van een bewegingssignaal te meten ontstond ook mijn belangstelling voor de vraag of het feit dat lawaai en stress zo vaak tot fouten in de motorische uitvoer leiden misschien ook een verklaring vond in de ruizigheid van het bewegingssignaal (Van Galen & Van Huygevoort, 2000). Uit dagelijkse observatie maar ook uit systematische studie van valincidenten en ander motorische missers, denk aan de voetballer die voor open doel naast schiet, is bekend dat psychologische factoren als emotionele druk, afleiding door dubbeltaken, lawaai en werkstress de kans op zulke missers vergroot (Weerdesteyn, Schillings, Van Galen, & Duysens, 2003). Een van de eerste meer systematische verkenningen van de relatie tussen cognitieve stress en motoriek deed ik samen met Robert van Doorn en Lambert Schomaker (Van Galen, Van Doorn & Schomaker, 1990). We lieten onze proefpersonen eenvoudige lijntjes tekenen die echter in verschillende motorische contexten waren ingebed. Soms waren het eenvoudige repeterende trajecten van onder naar boven en terug (dat is de simpele contextconditie) en in de meer complexe conditie vormde zo'n lijntje een onderdeel van een meer uitgebreide sequentie van lijnen in andere richtingen. Onze analyse concentreerde zich op dat ene steeds hetzelfde blijvende lijntje, zonder of met een verschillend vervolgelement. In dit onderzoek werd de bewegingssnelheid constant gehouden met een metronoom. In dit onderzoek werd de ruisenergie gemeten met behulp van spectraal analyse van het hoogfrequent gesampled snelheidssignaal. Net als bij ons onderzoek van de wet van Fitts bleek ook nu dat de signaal- ruisverhouding van het bewegingssignaal veranderde, in dit geval als de taak was ingebed in een meer complexe context.

Deze bevindingen gaven een aanzet tot een nieuwe benadering van de relatie tussen stress, mentale belasting, emoties en menselijke motoriek. In dit thema is de bewogen beweging een bewogen mens. Ik heb dat onderwerp verder kunnen uitwerken door de samenwerking met Arend van Gemmert. De aanpak die we hebben gevolgd is het bestuderen van de kinematica van bewegingen onder invloed van verschillende, gelijk-

tijdige stressoren (Van Gemmert & Van Galen, 1997). Een voorbeeld van zo'n situatie is het raken van precieze doelen met een elektronische pen onder gelijktijdige belasting met lawaai en een dubbeltaak. Als dubbeltaak hebben we eerste terugteltaken gebruikt, later heb ik om de contaminatie met ademhaling en spraak te vermijden vooral luisteren en geheugentaken als dubbeltaak gebruikt (Van Gemmert & Van Galen, 1998). De grote lijn die uit de uitkomsten naar voren komt is dat mensen onder invloed van een enkelvoudige stressor de druk op het werkveld verhogen, de prestatie blijft vaak gelijk of verbetert zelfs. Bij meervoudige stressoren neemt de druk nog meer toe en nu verslechtert de prestatie. Opnieuw bewijs voor de stelling dat het systeem in staat is tot optimalisatie, zelfs dat stress tot taakverbetering kan leiden, maar dat voorbij een grens alle indicatoren achteruit gaan. Het is een bevinding die naar uiterlijk lijkt op de welbekende Yerkes-Dodsonwet maar nu van precieze metingen van ruis en stijfheid voorzien.

STIJFHEIDREGULATIE EN DE 'FLOW OF MOTION'

Nu kom ik aan bij het derde onderwerp waarbij de begrippen neuromotorische ruis en stijfheidregulatie een leidraad hebben gevormd voor een nieuwe theorie. Laten we weer even terugkeren naar observatie van alledaags motorisch gedrag. Ik memoreerde boven al dat een van de kenmerken is dat allerlei planning- en uitvoeringactiviteiten parallel aan elkaar plaatsvinden. Als we spreken plannen we de inhoud, semantiek en constructie van de volgende zin, terwijl we de lopende zin uitspreken. Als we schrijven halen we de spelling van een volgende lettergreep of woord uit ons lexicale geheugen op, terwijl we de momentane lettervorm neerschrijven. Dat gaat allemaal heel soepel en vloeiend. Het lijkt heel gewoon maar voor het lineaire pijplijnmodel waar ik het in mijn inleiding over had is dat een groot probleem. Als de meer perifere, motorische delen van het systeem moeten wachten op input van de meer cognitieve, bijvoorbeeld lexicale en semantische systemen, hoe kan dan de snelheid van het lopende schrift of de klinkende spraak zich voegen naar de snelheid waarmee die hogere systemen input aanleveren? Het blijkt inderdaad als je de precieze temporele evolutie van het motorisch signaal van handschrift bestudeert, dat snelheid en vloeiendheid van dat schrift een relatie tonen met de cognitieve complexiteit van op dat moment actieve, hogere systemen. Binnen een woord neemt de snelheid van het schrift toe naar het eind, complexe spellingen leiden tot langere spatiesprongen tussen woorden, moeilijke allografen vertragen de voorgaande letter (Van Galen, 1991). Ik had reeds in een groot aantal projecten over de schrijfmotoriek samen met Ar Thomassen, Hans-Leo Teulings, Wouter Hulstijn, Ruud Meulenbroek, Ruud van der Plaats, Henk Hylkema, Stanley Portier, Elisa van den Heuvel, Jos Weber en vele anderen vergelijkbare vondsten gedaan. Dit had ook geleid tot het concipiëren van het *mixed parallel and linear model* van de schrijfbeweging dat ik boven al aanstipte. Nadenkend over de mogelijk regulerende rol van ruis en stijfheid hebben we nog onlangs in een gezamenlijke inspanning een model bedacht dat de rela-

tie tussen cognitieve processen van meer abstracte aard en de *realtime flow of motion* naar ons idee verheldert. Ik noemde al Ruud Meulenbroek en Wouter Hulstijn maar ook Maaiken Hulstijn, Gijs Bloemsaat en Chris Bouwhuisen hebben hier een aandeel in geleverd. De theorie komt in het kort hierop neer dat meer complexe cognitieve processen tot een kleinere, en dus minder gunstige signaal-ruisverhouding in het momentane uitgaande bewegingssignaal leiden. Bovendien nemen wij aan dat ruis in tijd en ruimte irradieert in het brein. Wij maken vervolgens de assumptie dat het



Figuur 5. Proefsituatie om de relatie tussen lexicale belasting en fysieke belasting door lawaai en de daardoor opgeroepen cocontractiepatronen te bestuderen. Uit: Meulenbroek, Van Galen, Hulstijn, Hulstijn & Bloemsaat, 2005.

motorisch systeem net als bij de wet van Fitts automatisch reageert op een toename in ruis met een verhoogde cocontractiereflex. Die reflex leidt op zijn beurt automatisch tot een verhoging van de stijfheidparameter van het lopende bewegingsregime en daarmee tot een passende filtering maar ook vertraging van de beweging zonder de vorm aan te tasten. Het vinden van empirische steun voor deze theorie was een lang gekoesterde wens. Dat die wens in vervulling ging was opnieuw het gevolg van een technische innovatie waarvan Ruud Meulenbroek de bedenker is. In figuur 5 is de proefopstelling te zien die we gebruikten.

Proefpersonen schreven op een strook papier woorden met variërende lettercomplexiteit terwijl via een OPTOTRAK camerasysteem de precieze bewegingen van de pen waarmee ze schreven en met oppervlakte-elektroden op de arm de spieractiviteit

van agonisten en antagonist die bij dat schrijven betrokken zijn, werden geregistreerd. De innovatie van Meulenbroek bestond in een door hem ontworpen interactief computerprogramma dat snelheid en versnelling van de pen in alle richtingen registreerde en dat zocht naar de maximale covariantie met de momentaan actieve agonisten en antagonist van vingers en pols die via de EMG-metingen tegelijkertijd en continu werden gesampled. Het resultaat van deze methode is dat met inachtneming van de relevante *time lag* tussen spierinnervatie (zoals door het EMG-signaal gemeten) en de effectuering van een verplaatsing telkens en in elke positie van het werkveld de momentaan functionele agonisten-paren aanwijsbaar worden. Daarmee kan de lopende mate van cocontractie van die antagonist bepaald worden. Uit het uitgebreide bewegingsonderzoek naar arm, hand en vingerbewegingen zoals dat in het NICI verricht wordt, was natuurlijk al lang bekend dat functionele spieren en arm- en handhoudingen zich op een complexe manier tot elkaar verhouden. Door dit on line te bepalen middels het geregistreerde bewegingssignaal is pas een betrouwbare maat voor contractie binnen bereik gekomen. Ter controle voerden we ook een geluidmanipulatie uit om te laten zien dat de door ons gebruikte cocontractiemaat inderdaad ook met fysieke stress toeneemt. Dat niet alleen bleek het geval maar ook voorafgaande aan een moeilijker letter nam de cocontractie significant toe in de twee halen voorafgaande aan die moeilijke letter. Daarmee ging ook een eerder gevonden toename in bewegingstijd gepaard (Van Galen, Smyth, Meulenbroek & Hylkema, 1989). Ik beschouw dit nog steeds als een van de meest spannende vondsten binnen ons motoriek onderzoek dat misschien in de toekomst nog een rol zal spelen bij het begrijpen van de relatie tussen cognitie, psychofysiologie en uitvoerende motoriek.

DE NEUROMOTORISCHE RUISTHEORIE

Het centrale begrip dat ik bij mijn onderzoek op al deze gebieden heb proberen toe te passen is het verschijnsel neuromotorische ruis, en de theorie die die verschijnselen verbindt, heet dan ook Neuromotorische Ruistheorie.

De gedachte dat een beweging een in wezen stochastisch proces is dat gekenmerkt wordt door de sommatie van een zeer groot aantal kleine, en kortdurende contribuanten is op zichzelf natuurlijk niet nieuw. Ons brein bestaat uit miljarden zenuwcellen die elk maar een heel geringe activiteit teweegbrengen maar door samenwerkende vuurpatronen bewegingen kunnen initiëren. Die bewegingen op hun beurt komen weer tot stand doordat zeer grote aantallen *motor units* kortdurende *twitches* veroorzaken in spierfibrillen die gebundeld in spiervezels uiteindelijk tot verplaatsing van ledematen leiden of die ledematen juist weerstand tegen verplaatsing door externe invloeden verlenen. De feitelijke toestand van het systeem is van moment tot moment niet alleen bepaald door de intentionele toestand die gecoördineerde breinstructuren proberen in te stellen, maar ook door momentane fluctuaties in feitelijk gerekruteerde kracht.

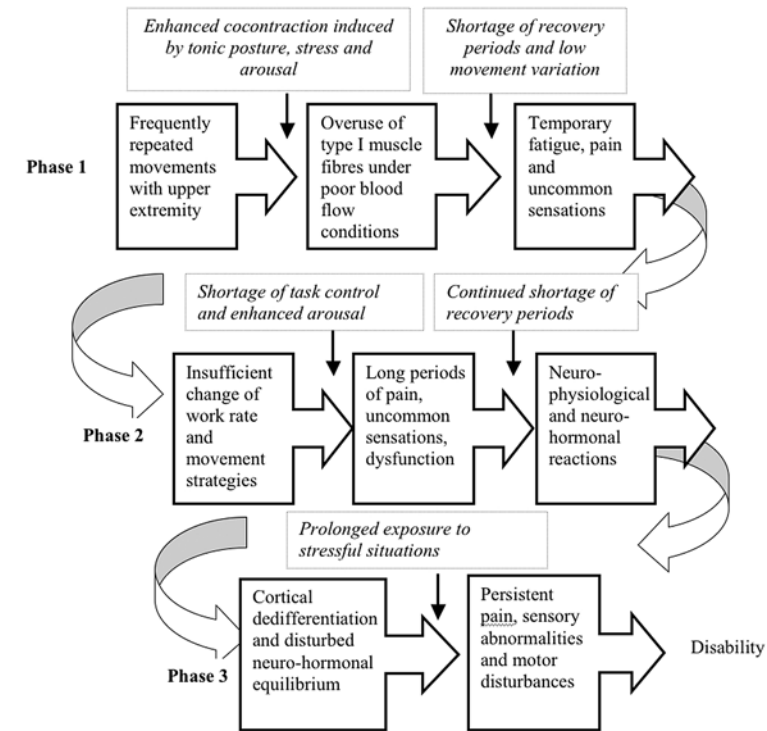
Daarmee is bewegen een inherent ruizig proces dat bovendien nog gecontamineerd wordt door irradiërende ruis van naburige cognitieve en emotionele processen en door fysieke *arousal* die zich bijvoorbeeld vanuit het auditieve systeem verspreidt. Zo heb ik aannemelijk proberen te maken dat *arousal* tengevolge van luid lawaai vanuit het auditieve systeem uitwaaiert naar motorische gebieden en daar de signaal-ruisverhouding van het motorisch systeem verslechtert. Op overeenkomstige wijze is de invloed van gelijktijdige andere taken dan de bewegingstaak zelf te begrijpen. Bijvoorbeeld, als we bij het neerschrijven van getallen tegelijkertijd ingewikkelde berekeningen op die getallen moeten uitvoeren of bij dat neerschrijven ons geheugen moeten afzoeken naar de overeenkomst met eerder gegeven getallenreeksen, blijkt dat onze motoriek te beïnvloeden op een wijze die overeenkomt met een verslechtering van de signaal-ruisverhouding. Een korte noot is op zijn plaats over de operationalisering van ruis in onze theorie. Slifkin en Newell (1999, 2000) en Harris en Wolpert (1998) kwamen ook onlangs met een theorie over de plaats van ruis in bewegingssturing. Een verschil met hun opvattingen is dat wij steeds geprobeerd hebben een pure schatting van de ruis te maken waarin de bewegingsenergie van de intentionele beweging is afgetrokken van de totale ruis. Aan die schatting zitten zeker haken en ogen maar het is toch volgens mijn visie een zuiverder benadering dan de totale volatiliteit van het signaal als ruis te zien.

AFSCHEID

Een afscheidscollege is veel te kort om alle onderwerpen die in veertig jaar aan de orde zijn geweest te behandelen. Dat kan ik u niet aandoen. Ik wil nog slechts een paar aantrekkelijke kanten laten zien van het meer recente toegepaste onderzoek op het gebied van RSI en mens-computer interactie. Iedereen weet tegenwoordig wat RSI is maar het begrijpen ervan staat nog in de kinderschoenen. Ik heb mij vooral druk gemaakt om RSI te bestuderen vanuit het perspectief van fysieke en mentale overbelasting en de reactie daarop door overmatige cocontractie (Van Galen & Müller, 2002). Dat onderzoek begint vruchten af te werpen. In verschillende recente publicaties konden we laten zien dat onder werkstress inderdaad overmatige stijfheden worden aangewend en dat RSI-patiënten inderdaad op dit punt inefficiënte bewegingsstrategieën gebruiken (Bloemsaat, Ruijgrok, Van Galen, 2004). De ontstaanswijze van RSI is samengevat in een schema dat binnenkort wordt gepubliceerd in de Cambridge Handbook of Psychology, Health & Medicine.

WETENSCHAP EN PRAKTIJK

De mens als bewogen beweger komt ook terug als thema in het ergonomisch onderzoek binnen onze afdeling. Een veelbelovend innovatief concept is in dit verband het verticale Yogitype toetsenbord, ontworpen door Maarshan bv (zie figuur 7). Dit toetsenbord kan zowel op schoot worden genomen als op tafel staan. Het ontwerp is zodanig dat de



Figuur 6. Schematische weergave van drie opeenvolgende stadia in het ontstaan van RSI klachten. Omgevings factoren zijn in italics weergegeven (naar Van Galen, in press).

onhandige en voor de doorbloeding van arm en schouder ongunstige pronatie van de hand voorkomen wordt. We hebben hier met dezelfde psychofysiologische methoden als ik boven al schetste kunnen aantonen dat de musculaire activatie en cocontractie bij gebruik van dit verticale toetsenbord aanzienlijk afneemt bij gelijkblijvende typeprestaties (Van Galen, Liesker & De Haan, in press). Ik vond en vind dit een prachtig voorbeeld van innovatief onderzoek waarmee grote maatschappelijke belangen gemoeid kunnen zijn; helaas echter vallen die niet onder de meer modieuze definitie van innovatief onderzoek die onze regering erop nahoudt.

WETENSCHAP EN POLITIEK

Het is natuurlijk niet te vermijden om aan het eind van een odyssee als deze in het land van de wetenschap enige woorden te wijden aan de aansturing of wat daar voor doorgaat

door bestuurders en politici. Ik kan moeilijk ontkennen dat ik mij met die aansturing van tijd tot tijd heb bemoeid. Wat ik echter verafschuw en toch in steeds toenemende mate zie gebeuren is dat steeds meer sexy vlaggen de lading van het schip van wetenschap moeten dekken. Natuurlijk is wetenschap gebaat bij aanstekelijke onderwerpen die in steeds grotere samenwerkingsverbanden worden bestudeerd, ook over disciplines heen. Ik heb dat zelf hartstochtelijk bepleit en gedaan. Toch moet er ook ruimte (en geld!) zijn voor de onderzoekers die het fundament en bouwskelet van de wetenschap overeind houden. Politici en met hen bestuurders laten zich er alsmaar meer toe verleiden om grote projectmatige financiering van onderzoek op te zetten. Die projecten zijn prachtig maar als degenen die met financiering uit de eerste geldstroom die projecten moeten bedenken en begeleiden steeds meer in de verdrukking komen, en ik kan u verzekeren dat dat steeds meer is gebeurd de laatste jaren, zal ook de bron van innovatie opdrogen.



Figuur 7. Het verticale Yogitype toetsenbord, gezien vanuit de positie van de gebruiker. De gebruiker typt, met de polsen op de steunen en de handen in verticale positie, op de toetsen aan de achterkant van de twee rechtopstaande toetsenbordhelften, terwijl aan de voorkant de identiteit van de toetsen te zien is.

DANK!

Een afscheidscollege is er ook om passende woorden van dank uit te spreken. Ik heb in mijn synopsis van veertig jaar onderzoek en onderwijs reeds menig collega, student of postdoc genoemd. Dat was niet zomaar om een naam bij een onderwerp te hebben maar vooral omdat ik mijn onderzoek en ook mijn onderwijs zonder die samenwerking nooit had kunnen doen. In mijn verhaal lag de nadruk op het werk vanuit de sectie motoriek maar ik heb vaak en met vrucht dingen ondernomen met onderzoekers in andere secties, andere faculteiten en andere universiteiten. Ik wil een paar dingen memoreren. Om te beginnen heb ik de samenwerking met biofysica en medische fysica altijd heel inspirerend gevonden. Menige dissertatie is uit die samenwerking met Stan Gielen, met Jaak Duysens en met anderen voortgekomen. Ook heb ik heel leuke ontwikkelingspsychologische projecten mogen begeleiden samen met Ad Smitsman aan de RU, en met Lex Kalverboer, Reint Geuze, Jan Schellekens en anderen in Groningen en Leiden. Eveneens met Ad Smitsman heb ik de exploratieve motoriek van blinde baby's onderzocht en voor volwassenen samen met Roelof Schellingerhout en anderen een blindenstok ontwikkeld. Ik heb deel mogen nemen in een al jaren lopende researchlijn over Developmental Coordination Disorder met Bouwien Smits waarin we ook met vrucht het concept neuromotorische ruis hebben toegepast, een vergelijkbare aanpak werd met succes toegepast in een promotieproject door Ria Nijhuis die vanuit de afdeling kindergeneeskunde en kinderfysiotherapie een studie deed naar de motorische implicaties van het Turner-syndroom. Met Karin Roelofs, Ger Keijsers en Cees Hoogduin heb ik fascinerend fundamenteel onderzoek op het gebied van gestoorde executieve controlefuncties bij hysterische verlammingen kunnen doen, dat we recent weer kortsloten met onderzoek in onze eigen afdeling met Wouter Hulstijn en Ellen de Bruijn over Event Related Negativity (ERN) in het brein. Met collega's van de ru Eindhoven en de ru Delft liepen en lopen interessante projecten over mens-computerinteractie die vaak weer parallellen hadden in projecten van eigen promovendi zoals het juist gereed gekomen proefschrift van Paul Lemmens over *affective computing*. Het is onmogelijk om alles en iedereen te noemen maar neem van mij aan dat ik zonder al die samen ondernomen onderzoekjes die vaak uitgroeiden tot grote projecten niets had kunnen doen. Het is boeiend en bemoedigend om te zien dat de afdeling motoriek, of AIM zoals je tegenwoordig moet zeggen, groeit en bloeit. Ik heb gelukkig al een paar jaar geleden het roer aan Harold Bekkering mogen overgeven en dat is mij en hopelijk ook hem goed bevallen. De onderzoeksgroep groeit en bloeit en timmert meer dan ooit aan de internationale weg.

Ten slotte, ik wil eindigen met warme woorden van waardering en dank voor mijn collega's van de vakgroep functieleer. Wij zijn op de golven van het zo plotseling opborrelende aardgas in de jaren zestig als vriendengroep maar ook als begeesterde onderzoekers begonnen. De toenmalige en eerst hoogleraar functieleer Sjeng Kremers

had naar mijn idee een gelukkige hand in het samenbrengen van een groep aan elkaar gewaagde, toen nog jonge honden die elkaar het vuur aan de schenen legden. Pim Levelt wist als zijn opvolger met dat vuur in sneltreinvaart een respectabel aantal dissertaties te smeden en Ar Thomassen heeft toen Pim zijn vleugels naar Max Planck Instituut voor Psycholinguïstiek uitsloeg de groep in het gareel weten te houden en tot een bloeiende internationaal opererende onderzoeksgroep gebracht. Functieleer was beroemd en berucht om zijn scherpe debatcultuur maar het is voor mij een onmisbare leerschool geweest. Zo veel vrijheid van onderzoek en ruimte van middelen hebben degenen die na ons kwamen geloof ik niet meer gehad. Ik ben ook dank verschuldigd aan de toenmalige en huidige universitaire bestuurders die ons de vrijheid van onderzoek gunden. Ik hoop dat we die academische vrijheid door onze bijdragen aan wetenschap en onderwijs hebben verdiend.

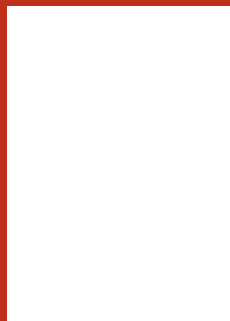
Niet helemaal figuurlijk is mijn laatste woord van dank gericht tot Hanna. Partners van wetenschappers komen vaak in de hectiek van de dagelijkse prioriteiten op een laatste plaats terecht. In ieder geval heb ik mij daar zeker schuldig aan gemaakt. Dat is onrechtvaardig en vaak ook onaangenaam. Ik ben je heel veel dank verschuldigd voor je geduld en begrip. Ik hoop dat vanaf nu stijfheidregulatie plaats gaat maken voor ontspanning en dat wij daar samen van mogen genieten.

Ik heb gezegd.

REFERENTIES

- Bloemsaat, J. G., Ruijgrok, J. M. , & Van Galen, G.P. (2004). Patients suffering from nonspecific Work Related Upper Extremity Disorders exhibit insufficient movement strategies. *Acta Psychologica*, 115, 17-33.
- Donders, F.C. (1868-69). Over de snelheid van psychische processen [On the speed of mental processes]. *Onderzoekingen gedaan in het Physiologisch Laboratorium der Utrechtse Hogeschool, Tweede Reeks*, 2: 92-120. Published also, in 1869, in *Nederlands Archief voor Genees- en Natuurkunde*, 4: 117-145. Translated by W.G. Koster, in Koster 1969, pp. 412-431.
- Goldstein, I.B. (1964). Role of muscle tension in personality theory. *Psychological Bulletin*, 61, 413-425.
- Harris, C. M., & Wolpert, D. M. (1998). Signal-dependent noise determines motor planning. *Nature*, 394, 780-784.
- Koster, W.G. (Ed.). (1969). *Attention and Performance II: Proceedings of the Donders Centenary Symposium on ReactionTime*. Amsterdam-London: North-Holland Publishing Company.
- Meulenbroek, R.G.J., Van Galen, G.P., Hulstijn, W., Hulstijn, M., & Bloemsaat, G. (2005). Muscular co-contraction covaries with task load to control the flow of motion in fine motor tasks. *Biological Psychology*, 68, 331-352.
- Mojet, J.W. (1991). Characteristics of the developing handwriting skill in elementary education. In Wann, J., Wing, A.M., & Sovik, N. (Eds.), *Development of graphic skills* (pp. 53-75). London: Academic Press.
- Schomaker, L.R.B., & Van Galen, G.P. (1996). Computer models of handwriting. In A. Dijkstra, & K. J. M. J. de Smedt (Eds.), *Computational psycholinguistics: AI and connectionist models of language processing* (pp. 386-420). London: Taylor & Francis.
- Seelen, L.P.J., Beek, P.J., & Van Dieen, J.H. (in press). Impedance is modulated to meet accuracy during goal-directed arm movements. *Experimental Brain Research*.
- Slifkin, A., & Newell, K. M. (1999). Noise, information transmission, and force variability. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25, 837-851.
- Slifkin AB, Newell KM. (2000). Variability and noise in continuous force production *Journal of Motor Behavior*, 32, 141-150.
- Steinwachs F. (1952). The improved mechanical writing scales; apparatus and methods for exact evaluation of psychomotorics. *Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten - Zeitschrift für die Gesamte Neurologie und Gesamte Neurologie und Psychiatrie*, 187, 521-536.
- Van Galen, G.P. (1991). Handwriting: Issues for a psychomotor theory. *Human Movement Science*, 10, 165-191.
- Van Galen, G.P. (in press, 2005). Repetitive Strain Injury. In: Ayers, S., Baum, A., McManus, C., Newman, S., Wallston, K., Weinman, J., & West, R. (Editors), *Cambridge Handbook of Psychology, Health & Medicine* (2nd Edition). Cambridge: Cambridge University Press.
- Van Galen, G.P., & De Jong, W.P. (1995). Fitts' law as the outcome of a dynamic noise filtering model of motor control. *Human Movement Science*, 14, 539-572.
- Van Galen, G.P., Liesker, H., & De Haan, A. (in press). Effects of a vertical keyboard design on typing performance, user comfort and muscle tension. *Applied Ergonomics*.

- Van Galen, G.P., Meulenbroek, R.G.J., & Hylkema, H. (1986). On the simultaneous processing of words, letters and strokes in handwriting: Evidence for a mixed linear and parallel model. In H.S.R.Kao, G.P. Van Galen, & R.Hoosain (Eds.), *Graphonomics: Contemporary research in handwriting* (pp. 5-20). Amsterdam: North-Holland.
- Van Galen, G.P., & Müller, M. L. T. M., Meulenbroek, R.G.J., & Van Gemmert, A.W.A. (2002). Forearm EMG response activity during motor performance in individuals prone to increased stress reactivity. *American Journal of Industrial Medicine*, 41, 406-419.
- Van Galen, G.P., & Schomaker, L.R.B. (1992). Fitts' law as a low-pass filter effect of muscle stiffness. *Human Movement Science*, 11, 11-22.
- 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.), *Computer recognition and human production of handwriting* (pp. 253-272). Singapore: World Scientific.
- Van Galen, G.P., Van Doorn, R.R.A., & Schomaker, L.R.B. (1990). Effects of motor programming on the power spectral density function of finger and wrist movements. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16, 755-765.
- Van Galen, G.P., & Van Gemmert A.W.A. (1996). Kinematic and dynamic features of forging another person's handwriting. *Journal of Forensic Document Examination*, 9, 1-25.
- Van Galen, G.P., & Van Huygevoort, M. A. E. (2000). Error, stress the role of neuromotor noise in space oriented behaviour. *Biological Psychology*, 51, 151-171.
- Van Gemmert, A. W. A. , & Van Galen, G. P. (1996). Dynamic features of mimicking another person's writing and signature. In M. L. Simner, C. G. Leedham, & A. J. W. M. Thomassen, (Eds.), *Handwriting and drawing research: Basic and applied issues* (pp. 459-472). Amsterdam: IOS Press.
- Van Gemmert, A. W. A. , & Van Galen, G. P. (1997). Stress, neuromotor noise and human performance: A theoretical perspective. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23, 1299-1313.
- Van Gemmert, A. W. A. , & Van Galen, G. P. (1998). Auditory stress effects on preparation and execution of graphical aiming: A test of the neuromotor noise concept. *Acta Psychologica*, 98, 81-101.
- Van Roon, D. (2005). *Strategies for accuracy containment during upper limb movements in cerebral palsy*. Academisch proefschrift Radboud Universiteit, NICI, Nijmegen. Promotoren: H. Bekkering en B. Steenbergen.
- Watson, J.B. (1919). *Psychology from the standpoint of a behaviorist*. Philadelphia: Lippincot Company.
- Weerdesteyn V, Schillings A.M., Van Galen, G.P., & Duysens, J. (2003). Distraction affects the performance of obstacle avoidance during walking. *Journal of Motor Behavior*, 35, 53-63.



Lange tijd was onderzoek naar bewegen onmogelijk vanwege de vluchtigheid van onze bewegingen. De komst van elektronische digitizers rond 1975 bracht verandering. Prof. Van Galen was een van de eersten in de wereld die hiermee studies deed naar hoe mensen handschrift produ-

ceren. Het onderzoek leidde tot de neuromotorische ruistheorie die stelt dat bewegen een ruisgevoelig proces is waarbij allerlei invloeden zoals stress, lawaai en mentale belasting een rol spelen. Mensen beschikken over strategieën om toch correct te bewegen door het spierspanningniveau te verhogen als de omstandigheden dat vragen. Dat blijkt bijvoorbeeld uit het feit dat stress en lawaai tot verhoging leiden van de druk op het schrijfblad, maar ook uit via electromyografie (EMG) gemeten spierspanningniveaus. Dit kan leiden tot overmaat aan lichaamsspanning zoals bij heftige emoties en werkstress. De theorie werd toegepast in onderzoek naar de rol van mentale belasting bij het ontstaan van RSI, naar de rol van ruzigheid op de motorische ontwikkeling van kinderen met bewegingsstoornissen, en bij het onderzoek van vallen en struikelen. Prof. Van Galen paste zijn theorie ook toe op forensisch onderzoek van handschriftvervalsingen.

Gerard van Galen (1941) studeerde psychologie aan de Radboud Universiteit Nijmegen en was na zijn afstuderen in 1965 jarenlang als onderzoeker verbonden aan de vakgroep Functieleer, die later opging in het onderzoeksinstituut dat nu bekend staat als het Nijmegen Institute for Cognition and Information (NICI). Van Galen was tussen 1996 en 2006 hoogleraar in de Psychologische Functieleer, in het bijzonder de motorische functies.