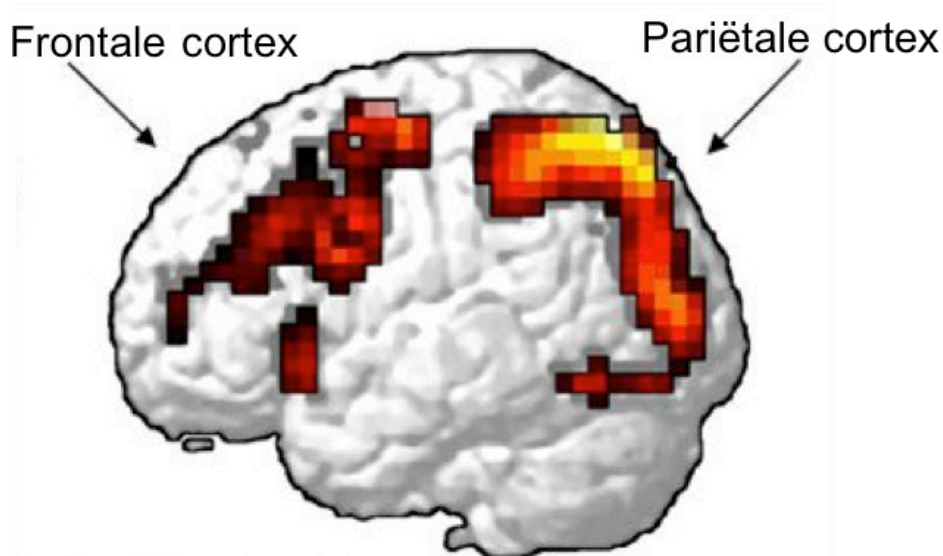


Onderzoeksverslag

Afstudeeronderzoek

Werkgeheugen en wiskunde.



Figuur: Tijdens het gebruik van het werkgeheugen, worden de frontale en pariëtale cortex geactiveerd

Uitgevoerd door: Ralph A. Meerholz (S1040160)

Student aan Hogeschool Windesheim te Zwolle

Opleiding: Docent VO wiskunde 2^{de} graads

Uitgevoerd aan: Greijdanus college Zwolle

Publicatiedatum: 19 december 2017

Begeleiders: Jos Alkemade

Willem van der Vegt

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	2
Samenvatting.....	4
1 Introductie	6
2 Theoretisch kader	7
Het werkgeheugen.	7
Getallen en rekenen in de hersenen	8
3 Probleemstelling, doelstelling en onderzoeksvragen	10
4 Onderzoeksopzet.....	12
Meetinstrumenten	12
Operationalisering van kernbegrippen	13
Werkgeheugen	13
Prestaties op een wiskundetoets	15
Reflectie.....	16
5 Resultaten.....	17
Werking van het werkgeheugen vaststellen	17
Prestaties op de wiskundetoets	18
Analyse gebruik werkgeheugen per deelnemer	20
Deelnemer 1	20
Deelnemer 2	20
Deelnemer 3	20
Deelnemer 4	20
Deelnemer 5	21
Vergelijken van resultaten.....	22
Cijfermatig	23
Verwerkingssnelheid en nauwkeurigheid	24
6 Conclusie en discussie	25
Conclusie deelvraag 1.....	25
Conclusie deelvraag 2.....	26
Samenvattend	27
Discussie	28
7 Reflectie	30
Bibliografie	31
Bijlage 1: Af te nemen tests zoals overeen gekomen met orthopedagoog	32

Bijlage 2: Wiskundetoets.....	33
Bijlage 3: Vragen t.b.v interview	35
Bijlage 4: Toestemmingsformulier deelname leerling	36
Bijlage 5: Uitslagen testresultaten	37
Bijlage 6: Reacties leerlingen op interview	42

Samenvatting

In het navolgende onderzoek is onderzocht of de omvang en werking van het werkgeheugen van een leerling van invloed is op de prestaties van zo'n leerling bij wiskunde.

In het onderwijs proberen docenten en didactici steeds meer rekening te houden met de ontwikkelingsstadia van het puberbrein. Er is in binnen- en buitenland al zeer veel onderzoek gedaan naar de werking van het brein in allerlei omstandigheden en in verschillende ontwikkelingsstadia. De uitkomsten van die onderzoeken doen vermoeden dat onderwijs niet noodzakelijkerwijs bij die ontwikkelingsstadia aansluit. Het onderzoek was opgezet aan de hand van de volgende onderzoeksvraag:

In hoeverre is er een verband waarneembaar tussen de grootte en werking van het werkgeheugen van 5 leerlingen uit VWO 3 en hun prestaties op een wiskundetoets?

Hierbij zijn twee deelvragen onderzocht, namelijk:

Hoe is de werking en omvang van het werkgeheugen van de 5 leerlingen uit VWO 3 die zich voor dit onderzoek aanmelden vast te stellen?

En vervolgens:

Wat kunnen we afleiden uit de literatuur over de wijzen waarop de 5 leerlingen uit VWO 3 hun werkgeheugen inzetten tijdens het maken van wiskundige opdrachten?

De eerste deelvraag is beantwoord door leerlingen te onderwerpen aan valide testen. Voor dit onderzoek werden delen van de WISC-III-NL en de CELF-4-NL intelligentietests gebruikt. Deze tests oen behalve op het werkgeheugen, ook een beroep op aandacht en concentratie. Dit zijn executieve functies van het brein die onlosmakelijk met een goed functionerend werkgeheugen verbonden zijn.

De tweede deelvraag is onderzocht door middel van een literatuuronderzoek. Aan de hand van de literatuur is vervolgens een wiskunde toets gemaakt die specifiek is ontworpen om per onderdeel een relatie met de belasting van het werkgeheugen te kunnen maken.

Het combineren van de testresultaten en de toetsresultaten leverde vervolgens de benodigde informatie.

De meest in het oog springend was dat een goed ontwikkeld werkgeheugen vooral de verwerkingssnelheid bij de leerling stimuleert. Verder zijn er nog vergelijkingen gedaan tussen jongens en meisjes en op de score op specifieke opgaven met betrekking tot de testresultaten.

Een interview dat na afloop van de tests en toets met elke deelnemer werd afgenomen liet zien dat een leerling niet altijd de bij hem of haar passende methodes gebruikt en dus van relatief weinig inzicht in de eigen ontwikkeling blijkt geeft.

Een mogelijk vervolgonderzoek zou gebruik kunnen maken van dezelfde onderzoeksopzet maar dan een complete jaarlaag onderzoeken om statistisch verantwoorde conclusies te kunnen trekken. Wel moet per jaarlaag de opzet van de wiskundetoets op niveau worden aangepast om te voorkomen dat deelnemers op kennis afhaken in plaats van op fysiologische onmogelijkheden.

1 Introductie

De wereld van het onderwijs is een dynamisch werkveld. Leertheorieën volgen elkaar op, bestrijden elkaar en bouwen op elkaar. Alleen al in de afgelopen eeuw zien we een ontwikkeling van behavioristisch naar constructivistisch naar connectivistisch leren. Een ontwikkeling die daarmee samen gaat, is de steeds toenemende aandacht voor hersenstructuren en mechanismen die leren mogelijk maken. De onderzoeken naar deze mechanismen maken steeds beter duidelijk dat de hersenen tot het vijftiengste levensjaar in ontwikkeling zijn. Daarbij lijken juist de structuren die met plannen en logisch redeneren te maken hebben zich als laatste te ontwikkelen.

Omdat het onderwijs zich voornamelijk richt op jonge mensen in de leeftijd van vier tot ongeveer achttien jaar is het van belang het onderwijs zodanig in te richten dat het zo goed mogelijk aansluit bij de ontwikkelingsfase van het brein op dat moment. Ook op het Greijdanus bestaat belangstelling voor die ontwikkeling. Die uit zich met name in de vorming van een Docent Ontwikkel Team (verder DOT genoemd) 'Breinbewust onderwijs'. Binnen dit DOT voeren op het moment van schrijven twee zaken de boventoon. De verwerking van feedback en de (on)mogelijkheden van leren in het zich ontwikkelende brein van een puber. Een belangrijk aandachtspunt in dat brein dat zich aan het ontwikkelen is, is de ontwikkeling van het werkgeheugen. In sommige publicaties ook wel kortetermijn geheugen genoemd. Het kan gezien worden als de eerste poging van het brein om informatie blijvend op te slaan. Een goede werking hiervan kan daarmee dus van belang zijn voor het leren van een persoon.

Aangezien ik één van de deelnemers van deze DOT en daarnaast wiskundeleraar ben, ligt het voor de hand dat ik mijn afstudeeronderzoek wijd aan de relatie tussen werkgeheugen en wiskunde. Binnen het DOT heb ik daarom ook het mandaat gekregen om me bezig te houden met het (aan)leren van wiskunde en rekenen. Dit uit zich in het kiezen van dit onderwerp voor het afstudeeronderzoek maar ook in het op de hoogte houden van de DOT van mijn bevindingen. Daarnaast probeer ik belanghebbenden als bijvoorbeeld docenten en ouders te informeren en te adviseren omtrent het leren van wiskunde en rekenen.

De onderzoeksvraag die na overleg binnen het DOT en met overige collegae ontstond is:

Is de omvang en werking van het werkgeheugen van leerlingen van invloed op hun prestaties bij wiskunde?

Het vermoeden bestaat namelijk dat ons onderwijs niet altijd aansluit bij de capaciteiten van de leerling. Dat is dan ook de probleemstelling waarvoor dit afstudeeronderzoek een aanzet tot een groter onderzoek hoopt te zijn.

2 Theoretisch kader

In dit stadium van het onderzoek zal ik de theoretische kaders rond het onderzoek en vooral van de kernbegrippen binnen dat onderzoek vanuit de literatuur analyseren.

Het werkgeheugen.

In dit onderzoek zijn twee kernbegrippen te onderscheiden. Eerst zullen we een idee moeten vormen van de manier waarop het werkgeheugen functioneert. Tevens is het van belang om te weten hoe het zich bij pubers ontwikkelt. Met die gegevens kunnen we namelijk wellicht iets zeggen over de groeimogelijkheden die een leerling heeft die op het moment van testen nog beneden het gemiddelde presteert. Deze materie wordt onder meer belicht door Johnson (2006). Hij haalt verschillende onderzoeken aan die een beeld geven van de werking van het brein. Daarbij is een apart hoofdstuk gewijd aan geheugen en de beperkende factoren in de ontwikkeling van dat geheugen. Bij de behandeling van het geheugen begint hij met het zintuiglijk geheugen. Dit is de mogelijkheid die ieder gezond mens bezit om zintuiglijke input een fractie van een seconde vast te houden. Vervolgens komt het korte-termijn geheugen aan bod. Dit wordt door wetenschappers verschillend omschreven. Het kan de eerste poging zijn om informatie in het lange termijn geheugen te krijgen. Een fase van het opslaan van informatie dus. Het wordt ook wel beschreven als het vermogen om informatie die door de zintuigen wordt opgenomen tijdelijk op te slaan en eventueel te combineren met informatie uit het lange termijn geheugen. Dan gaat het bijvoorbeeld om het tijdelijk onthouden van een telefoonnummer. Dit door Johnson als korte-termijn geheugen omschreven systeem heeft gemiddeld maar zeven posities beschikbaar. Hij geeft zelf aan dat dit ook wel het werkgeheugen wordt genoemd (Johnson, 2006, pp. 70,72).

Wanneer men dit vergelijkt met Crone (2008), dan spreekt zij bij beschrijving van dezelfde taken consequent over werkgeheugen. Daarnaast legt zij hier ook meteen een verband met rekenen. Het is namelijk mogelijk om de informatie die in het werkgeheugen is opgeslagen, te manipuleren. Dat is bijvoorbeeld wat je doet bij een lastige rekensom. Voor dit type werkgeheugen is het noodzakelijk dat de verschillende delen van de laterale prefrontale cortex goed samenwerken. Dit zijn de hersengebieden links en rechts in het voorhoofd. Onderzoek heeft namelijk een sterke correlatie aangetoond tussen activiteit in dit gebied van de hersenen en taken die specifiek op het gebruik van het werkgeheugen zijn gericht. Wanneer die manipulerende taken vervolgens ook nog een ruimtelijke component bevatten zoals het in je gedachten omdraaien van de volgorde van waarnemingen wordt ook nog een deel van de hersenen in het achterhoofd gebruikt dat met ruimtelijke organisatie in verband wordt gebracht. Dit zijn structuren die in een gezond volwassen brein volledig zijn uitgekristalliseerd. De ontwikkeling van het brein zet zich door tot in de vroege twintiger jaren. Daarbij is één van de laatste structuren die zich ontwikkelt de prefrontale cortex. De ontwikkeling van het werkgeheugen dat zich in die prefrontale cortex bevindt neemt vanaf het twaalfde levensjaar wel af maar het werkgeheugen heeft pas rond het vijftienvintigste levensjaar zijn volle potentie bereikt (Crone, 2008, pp. 52-55).

Het voorgaande geeft aanleiding om de invloed van de breinontwikkeling op het beheersen van wiskunde te onderzoeken. Want ruimtelijk inzicht, planningsvaardigheden en logica zijn allemaal vaardigheden die of rechtstreeks met de capaciteit van het werkgeheugen te maken hebben of hersengebieden nodig hebben die zich in de, traag ontwikkelende, prefrontale cortex bevinden (Sitskoorn, 2007, pp. 116,117).

Welke informatie met betrekking tot het werkgeheugen is van belang voor dit onderzoek? Ik kies voor de definitie van het werkgeheugen als een actief model dat verantwoordelijk is voor het opslaan en verwerken van informatie binnen een korte tijdsduur.

Dit model bestaat uit vier componenten, de *central executive*, *phonological loop*, *visuospatial sketchpad* en de *episodic buffer*. De *central executive* reguleert de stroom van informatie naar de andere componenten en werkt mediërend bij het opslaan van informatie in het korte termijngeheugen en terughalen van informatie uit het lange termijngeheugen. De *phonological loop* zorgt voor het opslaan van auditieve informatie, zoals gesproken woorden. Tijdens het tellen en het onthouden moeten kinderen de verbale codes die gebruikt worden encoderen en vasthouden. Het niet juist functioneren van deze component kan leiden tot individuele rekenproblemen.

De *visuospatial sketchpad* draagt zorg voor opslaan van visuele informatie. Die informatie toont een duidelijke correlatie met getalbegrip en tellen. De *episodic buffer* is een algemeen geïntegreerd opslagsysteem. Dit systeem interacteert tussen het lange termijn geheugen en de componenten van het werkgeheugen (Stokman & van Vugt, 2013, p. 6).

De *episodic buffer* is voor te stellen als een communicatieprotocol tussen werkgeheugen en lange-termijn geheugen. De informatie die in het werkgeheugen terecht komt, doet dat via de ogen (*visuospatial sketchpad*), de oren (*phonological loop*) of komt uit het lange-termijn geheugen. De processor die alle informatiestromen beheert is de *central executive*. In dit model wordt dus geen uitspraak gedaan over de grootte van het werkgeheugen.

Om verantwoorde uitspraken te kunnen doen over de werking van het werkgeheugen zoals hierboven beschreven zal een leerling een valide test moeten ondergaan. Een beschouwing van de Wechsler Intelligence Scale for Children of kortweg WISC-III-NL leert dat hierin twee subtests zijn opgenomen die het werkgeheugen testen. Dit zijn de subtests 'rekenen' en 'cijferreeksen' (Libranet, 2004). Deze testen respectievelijk de werking en de grootte van het werkgeheugen.

Een andere test die een goede bijdrage aan het inzicht in de werking van het werkgeheugen kan geven, is het onderdeel 'reeksen opsommen' van de Clinical Evaluation of Language Fundamentals vierde Nederlandse editie of kortweg de CELF-4-NL. Ook deze test is met name bedoeld om de werking van het werkgeheugen en de interactie met andere hersengebieden te beoordelen (Semel, Wiig, & Secord, 2003).

Getallen en rekenen in de hersenen

Het tweede kernbegrip is de werking van het brein. Voor dit onderzoek ligt daarbij de focus op de wijze waarop de hersenen met wiskunde omgaan. Er is al veel onderzoek gedaan naar de mechanismen die hierbij spelen. Twee bronnen die we in het DOT gebruiken zijn 'Ons feilbare denken' van de hand van Daniël Kahneman (2011) en 'De lerende mens' van Jurjen van der Helden en Harold Bekkering (2015). Vooral van der Helden & Bekkering geven een goed beeld van de verwerking van getallen in de hersenen en geven daarnaast aanwijzingen hoe die verwerking gestimuleerd kan worden. De hersengebieden die de schakel zijn tussen waarnemen en doen liggen heel dicht bij de gebieden die gebruikt worden voor getallenbesef. Beide bevinden zich namelijk in de pariëtale cortex, een gebied dat ook met het manipuleren van gegevens in het werkgeheugen in verband wordt gebracht (Crone, 2008, p. 54). Dat mensen vaak gebaren met de handen en armen maken bij het manipuleren van getallen komt door de activering van deze hersengebieden. Daarnaast worden kleine en grotere getallen in het brein anders verwerkt. Omdat we als kind op onze vingers leren tellen, hebben de meeste mensen een besef van de numerieke grootte van de getallen 1 tot en met 10. Daarboven hebben mensen symbolische kennis van de getallen nodig. Wanneer die symbolische kennis niet is aan te leren, kan het zijn dat er sprake is van dyscalculie. Er is

dan geen sprake van numerositeit, ofwel gevoel voor grootte van een getal (van Helden & Bekkering, 2015, pp. 161-164). Kahneman (2011) laat zien dat de interpretatie van getallen ook mis kan gaan omdat onze hersenen twee systemen naast elkaar gebruiken. Een snel intuïtief systeem en een rationeel maar langzamer systeem. In specifieke gevallen heeft niet altijd het juiste systeem de overhand. Sterker nog: meestal wint het intuïtieve systeem het van de ratio. Het intuïtieve systeem gaat uit van het idee dat 'What you see is all there is'. Het trekt conclusies op basis van de aanwezige informatie maar neemt niet de tijd om terug te koppelen naar bestaande kennis en informatie. Het geeft wel een, in sommige gevallen, misleidende eerste indruk van een probleem (Kahneman, 2011, p. 93).

Een onderzoek uit 2009 aan de VU in Amsterdam geeft goede adviezen met betrekking tot het aanbrengen van context in wiskundesommen en het stimuleren van meerdere zintuigen bij het aanbieden van de lesstof (van Lieshout & Berends, 2009). Kort gezegd komt het er op neer dat context goed kan zijn maar dat zwakkere rekenaars door teveel context worden afgeleid en minder goed presteren. Dit verschijnsel wordt veroorzaakt door het feit dat het werkgeheugen zwaarder wordt belast wanneer er meerdere prikkels via dezelfde zintuigen binnenkomen. Bijvoorbeeld geschreven tekst en een plaatje in tegenstelling tot gesproken tekst en een plaatje. Refererend aan het model dat Stokman en van der Vugt (2013) gebruiken, kan men stellen dat de *phonological loop* of de *visuospatial sketchpad* dan overbelast raakt. Enerzijds wil je de leerling een context bieden die het geleerde in de 'min of meer' dagelijkse praktijk plaatst. Deze vraagstelling doet echter wel een zwaarder beroep op het werkgeheugen.

In hun artikel behandelen Kirschner, Sweller, & Clark (2011) twee verschillende methoden om wiskunde aan te leren. Enerzijds is er de populaire methode van het aanleren van probleemoplossende strategieën. Daarbij moet de leerling zelf uiteindelijk bepalen welke strategie het beste voor een specifiek probleem gebruikt kan worden. Een andere mogelijkheid is om de leerlingen veel volledig uitgewerkte voorbeelden voor te schotelen. In het artikel wordt de voorkeur gegeven aan het bieden van goed uitgewerkte voorbeelden zodat leerlingen in hun lange termijn geheugen een database opbouwen met specifieke wiskundige problemen met de daarbij behorende oplossingen. Ze vergelijken deze methode met de werkwijze van schaakgrootmeesters die over een enorme database van stellingen inclusief succesvolle vervolgzetten beschikken in hun lange-termijn geheugen en deze informatie snel weten op te roepen wanneer ze met een dergelijke stelling geconfronteerd worden.

Deze methode wordt door specialisten op allerlei terreinen en dus ook door de genieën in rekenen en wiskunde gebruikt. Deze mensen trainen zeer intensief op één specifieke vaardigheid. Hierdoor wordt het lange-termijn geheugen gevuld met informatie die voor het goed beheersen van die vaardigheid van belang is. Een bijkomend voordeel hierbij is, dat er neurale paden worden gevormd die de koppeling van het werkgeheugen naar het lange-termijn geheugen sneller en sterker maken. Die koppeling is zo snel en sterk dat het lange-termijn geheugen als een uitbreiding van het werkgeheugen kan worden gezien. Op het moment dat ze een som moeten oplossen waarvan ze het antwoord niet in het lange-termijn geheugen hebben, gebruiken ze dezelfde methode om tot een oplossing te komen als ieder ander. Het voordeel is alleen dat hun werkgeheugen als het ware veel meer posities heeft en zij bij complexere taken sneller een beroep op het lange-termijn geheugen kunnen doen voor tussenantwoorden dan iemand anders. Enerzijds omdat de koppeling soepeler verloopt en anderzijds omdat het lange-termijn geheugen met meer relevante gegevens is gevuld (Sitskoorn, 2007, pp. 141,142).

3 Probleemstelling, doelstelling en onderzoeksvragen

Het brein van een tiener is voortdurend in ontwikkeling. Vanuit dat gegeven is het gewenst om jezelf als docent de vraag te stellen of jouw manier van lesgeven wel aansluit bij de actuele mogelijkheden van de tieners in jouw klas. Stel bijvoorbeeld dat een leerling een complex probleem moet oplossen. Dan wordt juist een beroep gedaan op werkgeheugen, logica en planning. Het werkgeheugen en de genoemde vaardigheden bevinden zich volgens Sitskoorn (2007) juist in dat deel van de hersenen dat het laatst tot volledige ontwikkeling komt. Crone (2008) stelt dat die ontwikkeling pas rond het vijftiende levensjaar volledig is. De probleemstelling is dat ons onderwijs niet altijd aansluit bij wat de leerling kan. Er treedt bijvoorbeeld niet voldoende herhaling op van nieuwe stof om nieuwe neurale paden aan te leggen of te versterken. Intensieve training, herhaling dus, zorgt namelijk voor de aanleg van nieuwe neurale paden in de hersenen. (Sitskoorn, 2007, pp. 141, 142)

Het doel van dit onderzoek is dan ook om op één onderdeel te onderzoeken wat de invloed van de ontwikkeling van het brein is met betrekking tot het leren van wiskunde. Dit onderdeel is het werkgeheugen. Dit kleinschalige onderzoek moet daarnaast een aanzet zijn voor een groter, kwantitatief onderzoek zodat er statistisch verantwoorde conclusies getrokken kunnen worden. Aan de hand van de conclusies kan dan beleid worden ontwikkeld om, specifiek in het wiskundeonderwijs aan het Greijdanus, het leren van de leerling nog beter te laten aansluiten op de ontwikkelingsfase van diens brein.

Omdat een onderzoek van in totaal 10 ec's niet de gelegenheid biedt om een grote groep leerlingen te onderzoeken tijdens de verwerking van allerlei wiskundige activiteiten is er een beperking in het aantal onderzochte leerlingen gemaakt en is de onderzoeksvraag als volgt geformuleerd:

In hoeverre is er een verband waarneembaar tussen de grootte en werking van het werkgeheugen van 5 leerlingen uit VWO 3 en hun prestaties op een wiskundetoets?

Als we de invloed van het werkgeheugen willen onderzoeken moeten we wel eerst een onafhankelijk beeld hebben van het functioneren van dat werkgeheugen.

De eerste deelvraag is daarom ook:

Hoe is de werking en omvang van het werkgeheugen van de 5 leerlingen uit VWO 3 die zich voor dit onderzoek aanmelden, vast te stellen?

Alleen vaststellen is zelfs niet genoeg. Er zal een classificatie aan verbonden moeten worden zodat we ook de verschillen in werking kunnen beoordelen.

Het brein wordt tijdens het actief bezig zijn met wiskunde heel divers ingezet. Het is aannemelijk dat het werkgeheugen tijdens het maken van een wiskundetoets zwaar wordt belast.

Daarom is de tweede deelvraag:

Wat kunnen we afleiden uit de literatuur over de wijzen waarop de 5 leerlingen uit VWO 3 hun werkgeheugen inzetten tijdens het maken van wiskundige opdrachten?

Wanneer we dat helder hebben is het namelijk mogelijk om de resultaten van een leerling op een wiskundetoets vanuit die optiek te analyseren. Daarna kunnen die resultaten met de prestaties van

de betreffende leerling op de geheugentests worden vergeleken en kunnen er conclusies aan verbonden worden.

De verwachting is dat er een duidelijke invloed van een goed of minder goed functionerend werkgeheugen zichtbaar zal worden. De leerlingen die een beter functionerend werkgeheugen hebben, zullen waarschijnlijk beter presteren op een toets omdat ze meer gegevens tegelijk kunnen hanteren of deze gegevens iets langer kunnen vasthouden om er daarna mee verder te werken.

4 Onderzoeksopzet

Meetinstrumenten

Voor het beantwoorden van de beide deelvragen zal ik drie meetinstrumenten gebruiken. Het praktische onderzoek zal daarom driedelig zijn van opzet.

De eerste deelvraag die we moeten beantwoorden is:

Hoe kan de werking van het werkgeheugen van een leerling worden vastgesteld?

Wanneer er een vermoeden is van een afwijkende prestatie van het brein op welk gebied dan ook heeft de orthopedagogiek een breed scala aan tests om deze eventuele afwijking vast te stellen en op basis van ervaring eventuele behandelingen te adviseren. In het geval van mijn onderzoek is er geen vermoeden van een afwijking maar wil ik een verifieerbaar beeld van de werking van het werkgeheugen van een deelnemer. De eerste stap in het onderzoek zal daarom zijn om de deelnemers meerdere valide tests te laten afnemen die een beeld geven van de huidige capaciteit van het werkgeheugen. Zowel kwalitatief als kwantitatief.

Dit onderzoek is wat mij betreft een aanzet tot breed kwantitatief onderzoek om het gevraagde verband uit de hoofdvraag te onderzoeken. Er moet een stevige analyse van de gemaakte toets plaatsvinden en dat kost tijd. Daarom zal de onderzoeksgroep nu uit 5 leerlingen bestaan. Deze leerlingen moeten vrijwillig aan dit onderzoek mee willen doen. Deelnemers krijgen wel een kleine beloning als incentive. Omdat een actieve deelname van de leerling gewenst is, wil ik leerlingen selecteren uit een jaarlaag die bekend staat om een, over het algemeen, goede motivatie. De leerlingen die nog volop in de ontwikkeling van hun brein zitten en voldoen aan de bovengenoemde criteria zitten naar mijn mening in VWO 3. Dit zeker gezien het feit dat Greijdanus een VWO-Delta variant heeft die qua niveau gelijk staat aan Gymnasium maar ook de ontwikkeling van academische vaardigheden blijft stimuleren wanneer een leerling niet met Grieks en/of Latijn uit de voeten kan. De huidige VWO 3 groep heeft de hele Delta variant doorlopen en bestaat voor het overgrote deel uit gemotiveerde leerlingen.

De validiteit moet gewaarborgd worden door het afnemen van tests die al zoveel resultaten hebben opgeleverd dat er sprake is van een op leeftijd gebaseerde peergroup. Verder zal/zullen de test(s) door een erkend orthopedagoog worden afgenomen om niet op het afnameniveau fouten te genereren.

Een bijkomend issue waarmee ik tot op het moment van overleg met de orthopedagoge nog geen rekening had gehouden was het feit dat de deelnemers allemaal toestemming van hun ouders nodig hadden om te mogen deelnemen. Omdat het valide testen zijn, mogen leerlingen niet binnen een half jaar opnieuw worden getest. De ouders weten of er eventuele diagnostiek in de nabije toekomst zit aan te komen en kunnen dan ook inschatten of hun kind zonder problemen kan meedoen (Bijlage 4: Toestemmingsformulier deelname leerling).

De tweede deelvraag is:

Op welke manieren wordt het werkgeheugen ingezet tijdens het maken van wiskundige opdrachten?

Vanwege de verschillende strategieën die door Kirschner, Sweller, & Clark (2011) worden weergegeven en de fysiologische implicaties die Sitskoorn (2007) hieraan verbindt, is het van belang

om deze strategieën en hun implicaties te beoordelen. De beantwoording van deze vraag zit hem dan ook in het opstellen van een wiskundetoets die het brein van de leerling heel divers belast. Door specifiek het werkgeheugen te belasten meet je alleen de belastbaarheid van dit specifieke deel terwijl de vraag is of de conditie van het werkgeheugen is terug te zien in de prestaties op wiskunde in het algemeen.

Er moet daarom, op basis van de theoretische werking van het brein, een toets worden opgesteld die mentaal uitdagend is. Daarnaast moet de toets afwisseling bieden om frustratie te voorkomen. Tot slot moet de toets een zodanige lengte hebben of moet de beschikbare tijd zodanig beperkt worden dat een eventueel verschil in snelheid van verwerken tussen de deelnemers ook meetbaar is. Een groot en goed functionerend werkgeheugen wordt namelijk ook aan een hogere verwerkingssnelheid verbonden (van Helden & Bekkering, 2015, p. 173).

Een analyse van elke opgave in de toets op basis van de verwerking van de aangeboden wiskunde geeft handvatten voor het juiste niveau en de juiste indeling van de toets. Die analyse wordt dus gemaakt vanuit de in de theorie beschreven werking van het brein.

Bij de keuze voor de deelnemers ga ik van enkele criteria uit: motivatie, geen frustratie. Om naderhand te verifiëren hoe de deelnemer de test en toets heeft ervaren zal deze nog kort worden geïnterviewd. Het interview wordt mondeling afgenomen omdat er vooral om reflectie wordt gevraagd. In het interview probeer ik ook een beeld te krijgen van de leerstrategieën die een leerling gebruikt. Dit om te onderzoeken of een leerling bepaalde werkwijzen gebruikt die goed aansluiten bij de gevonden resultaten terwijl de leerling zich niet bewust is van de capaciteiten van het werkgeheugen en, sterker nog, waarschijnlijk nauwelijks een idee heeft van de werking van het brein.

Operationalisering van kernbegrippen

Werkgeheugen

Het eerste kernbegrip dat in mijn onderzoek gebruikt wordt, is werkgeheugen.

Volgens Stokman en van Vugt (2013) is het werkgeheugen in vier componenten te verdelen die allen een belangrijke bijdrage leveren aan het tijdelijk vasthouden, bewerken en combineren van gegevens in dat werkgeheugen. Deze functies en componenten dienen getest te worden met een valide test.

Deze vier componenten zijn als zodanig niet eenvoudig op hun functioneren te beoordelen. Wel is het mogelijk om een indicatie te krijgen van de grootte van het werkgeheugen in relatie tot een peer group. Johnson (2006) geeft aan dat het aantal posities in het werkgeheugen gemiddeld ongeveer zeven bedraagt.

Daarnaast is het van belang om te weten hoe efficiënt de samenwerking tussen de verschillende hersengebieden is die door belasting van het werkgeheugen in actie moeten komen. Dan hebben we het over de pre-frontale en de pariëtale cortex (van Helden & Bekkering, 2015, p. 164).

Om zowel de grootte als de werking van het werkgeheugen in beeld te krijgen leverde overleg met één van de orthopedagogen op het Greijdanus het volgende voorstel voor de af te nemen tests.

Onderdeel Rekenen WISC-III-NL:

Aan de hand van een aantal (deels voorgelezen) redactiesommen wordt gekeken naar het rekenkundig inzicht. Daarbij wordt een beroep gedaan op concentratie, auditief onmiddellijk geheugen, werkgeheugen (informatie even kunnen 'vasthouden' en er vervolgens een bewerking op uitvoeren) en hoofdrekenvaardigheden.

Onderdeel Cijferreeksen Voorwaarts en Achterwaarts WISC-III-NL:

Een aantal voorgelezen reeksen cijfers (toenemend in lengte) moet in de goede volgorde worden nagezegd. Vervolgens moeten voorgelezen reeksen cijfers (ook toenemend in lengte) in omgekeerde volgorde worden nagezegd. Dit doet een beroep op het auditieve onmiddellijke geheugen, aandacht en concentratie. Daarnaast doet het (m.n. bij het achterwaarts nazeggen) een beroep op het werkgeheugen. Een verschil >3 tussen de ruwe scores van Cijferreeksen Voorwaarts en Achterwaarts (ten nadele van het deel Cijferreeksen Achterwaarts) kan indiceren dat er sprake is van zwakte in het werkgeheugen.

Onderdeel Reeksen Opsommen CELF-4-NL:

Dit onderdeel beoordeelt de vaardigheid om vlot om te gaan met auditieve en verbale informatie, en die te ordenen. Er moeten diverse reeksen (o.a. voor- en achterwaarts tellen, maanden van jaar voor- en achterwaarts, tellen met 4 en 6 etc.) worden opgesomd, met de expliciete instructie dit zo snel mogelijk te doen. Hierbij wordt een beroep gedaan op aandacht en concentratie, verwerkingssnelheid en het auditief/verbaal werkgeheugen (Bijlage 1: Af te nemen tests zoals overeen gekomen met orthopedagoog).

Opvallend is dat alle tests een beroep doen op aandacht en concentratie. Werkgeheugen is net als concentratie en metacognitie te scharen onder de executieve functies van het brein. De samenhang is zodanig sterk dat men kan stellen dat aandacht en concentratie vereisten zijn voor een goed functionerend en uitgebreid werkgeheugen (Dawson & Guare, 2010).

De orthopedagoge zal de ruwe scores van de deelnemers interpreteren en deze aan de hand van een vergelijking met een peer group vertalen naar een 5 puntsschaal: 'zeer goed', 'goed', 'gemiddeld', 'zwak' en 'zeer zwak'.

De peer group voor de WISC-III-NL test bestaat uit 1239 kinderen uit Vlaanderen en Nederland, verdeeld over 11 leeftijdscategorieën. De verhouding Vlaamse en Nederlandse kinderen is naar rato van de bevolkingsomvang. In de steekproef is rekening gehouden met geslacht, opleidingsniveau, culturele achtergrond, regionale herkomst en bevolkingsdichtheid (Pearson Clinical, sd).

De testresultaten voor de onderdelen van de CELF-4-NL test worden vergeleken met een peer group bestaande uit 1560 kinderen in 13 leeftijdscategorieën. Gezien het karakter van de test zijn allochtone kinderen en kinderen uit het speciaal onderwijs nadrukkelijk in de steekproef meegenomen. Van de bijzondere groepen zijn extra gegevens verzameld, waaronder allochtone kinderen, kinderen met een ernstige spraak- en taalstoornis, kinderen met gehoorproblemen, dyslectische kinderen, kinderen met autismespectrum stoornissen (Pearson Clinical, sd).

Prestaties op een wiskundetoets

Een uitnodiging aan de mentoren van VWO 3 leverde al snel zes namen van leerlingen die aan mijn onderzoek wilden deelnemen. De zesde deelnemer heb ik als reserve gehouden voor het geval één van de overige vijf ziek zou worden of om een andere reden uiteindelijk niet mee zou kunnen doen. De groep leerlingen bestond uiteindelijk uit 2 meisjes en 3 jongens. Eén van de meisjes was 13 jaar en de overige vier leerlingen waren 15 jaar. De uitdaging is nu om een toets op te stellen waarbij de werking van het werkgeheugen een rol speelt. Die toets moet daarom uitdagend zijn. De leerling moet niet alle antwoorden uit het lange-termijn geheugen kunnen reproduceren. Dit moet overigens wel een deel van de toetsing zijn omdat de gegevens uit het lange-termijn geheugen ook in het werkgeheugen opgeroepen moeten worden kunnen voor verdere bewerking.

Om de koppeling tussen het werkgeheugen en het lange-termijn geheugen te testen kunnen het beste algebra opgaven worden gebruikt. De leerlingen hebben al kennis gemaakt met verschillende methoden voor het oplossen van vergelijkingen. Deze opgaven doen dus een beroep op de kennis in het lange-termijn geheugen, de gegevens van de som moeten tijdelijk in het werkgeheugen worden opgeslagen en er moeten bewerkingen op worden uitgevoerd (Crone, 2008, pp. 52-55).

Vervolgens is er de wijze waarop context wordt aangebracht. Om die belasting van het werkgeheugen te testen zijn contextrijke opdrachten en wellicht opgaven met overbodige (redundante) context nodig (van Lieshout & Berends, 2009).

Om ook de pariëtale cortex te stimuleren zijn opgaven nodig waarvoor ruimtelijk inzicht nodig is en opgaven die manipulatie van de gegevens in het werkgeheugen vereisen (Crone, 2008, p. 54).

Uitgaande van alle voorgaande eisen is de volgende toets ontstaan (Bijlage 2: Wiskundetoets). Vanuit mijn ervaring als docent weet ik dat het niveau van deze toets stevig is maar niet ondoenlijk voor een VWO 3 leerling.

Opgaven 1, 5, 6, 8, 11, 13 en 15 doen vooral een beroep op de verbinding tussen werkgeheugen en lange-termijn geheugen. Er zijn strategieën bekend om de opgaven op te lossen.

Opgaven 4, 7, 9 en 12 zijn opgaven waarbij vooral de grootte van het werkgeheugen wordt beproefd. Een enkele leerling zal misschien weten dat 25×35 gelijk is aan $30^2 - 5^2$. Ik ga er vanuit dat de meesten deelvermenigvuldigingen zullen uitvoeren en deze optellen.

Opgaven 2, 3 en 14 zijn bedoeld om het ruimtelijk inzicht en daarmee de verbinding tussen de prefrontale en de pariëtale cortex te beproeven.

Opgaven 2, 10 en 14 zijn tevens contextrijk waarbij opgave 14 zelfs overbodige context bevat. Het werkgeheugen wordt in eerste instantie wel met gegevens uit deze context gevuld maar vervolgens moet door middel van redeneren worden beoordeeld welke informatie relevant is. Een uitdaging voor de samenwerkende delen in de prefrontale cortex.

Opgave 4 maakt tot slot nog op een specifieke wijze gebruik van het werkgeheugen. Doordat de op te tellen getallen staan uitgeschreven, wordt het werkgeheugen gevuld met duizendtallen, honderdtallen, tientallen en eenheden. De overeenkomstige eenheden moeten vervolgens bij elkaar worden opgeteld en het resultaat als een getal genoteerd. Hiervoor is een zeer intensief contact tussen werkgeheugen en lange-termijn geheugen noodzakelijk.

De tijdsduur van een half uur is gebaseerd op de snelheid waarmee ik de toets zonder kladpapier heb weten te maken. Mochten leerlingen toch sneller zijn, dan kan de surveillant bij de toetsafname de tijd ook stoppen wanneer de eerste leerling het werk klaar heeft. Zodoende blijft er een differentiatie in snelheid zichtbaar.

Reflectie

Tot slot vraag ik na de afname van de geheugentests en de wiskundetoets in een kort interview naar het vermoeden van de eigen prestaties op beide. In de interview leidraad is verder te lezen dat ik naar de ontwikkeling van leerstrategieën vraag om daarmee iets van de ontwikkeling van met name het werkgeheugen en de overige delen van de prefrontale cortex te zien (Bijlage 3: Vragen t.b.v interview).

5 Resultaten

Zoals gezegd zijn er twee deelvragen die door middel van dit onderzoek worden beantwoord. Bij de behandeling van de resultaten zullen deze vragen eerst afzonderlijk worden beantwoord. Daarna zal ik de resultaten van de beide deelvragen met elkaar vergelijken. De antwoorden die de deelnemers in het interview gaven zal ik pas bij conclusie en discussie verwerken aangezien deze een analyserend karakter hebben.

Werking van het werkgeheugen vaststellen

De eerste van de twee deelvragen luidt:

Hoe kan de werking van het werkgeheugen van een leerling worden vastgesteld?

Om deze vraag te beantwoorden zijn bij de vijf deelnemers aan het onderzoek 3 tests afgenomen. Aangezien de deelnemers alleen toestemming hebben gegeven voor anonieme deelname begin ik met de toekenning van een nummer voor elke deelnemer. De deelnemers krijgen eenvoudigweg een nummer van 1 tot en met 5. Hierbij zijn de nummers 1 en 2 de meisjes in alfabetische volgorde en de nummers 3 tot en met 5 de jongens in alfabetische volgorde.

Voor de beantwoording van de vraag vanuit het theoretisch kader dat ik heb geschetst, is het niet voldoende om alleen de resultaten op de tests te vermelden. Er dient per test een koppeling te worden gemaakt naar de delen en eigenschappen van het werkgeheugen zoals die in de theorie zijn beschreven.

Het onderdeel rekenen van de WISC-III-NL doet vooral een beroep op, en geeft daarmee een indicatie van, de grootte van het werkgeheugen. Er moet vrij veel informatie worden vastgehouden omdat deze informatie alleen mondeling wordt gegeven. Daarnaast moeten er eenvoudige bewerkingen op de opgeslagen informatie worden uitgevoerd. Die bewerkingen worden uit het lange-termijn geheugen opgehaald en moeten ook tijdelijk in het werkgeheugen worden geplaatst. De koppeling tussen werkgeheugen en lange-termijn geheugen wordt hiermee dus ook gekwantificeerd.

De cijferreeksen voor- en achterwaarts van de WISC-III-NL geven wederom een indicatie van de grootte van het werkgeheugen. Nu moet echter bij het achterwaarts herhalen ook een manipulatie van de gegevens plaatsvinden. Hierbij moet het werkgeheugen volgens Sitskoorn (2007) dus samenwerken met de ruimtelijke component in pariëtale hersenschors.

Tot slot het reeksen opsommen uit de CELF-4-NL. Deze test doet het zwaarste beroep op de snelheid van het werkgeheugen en de koppeling met het lange-termijn geheugen. Er moeten telkens bekend veronderstelde reeksen uit het lange-termijn geheugen worden gehaald en vervolgens moeten er bewust delen tijdens het opsommen worden overgeslagen of moet de volgorde veranderd worden. Er wordt dus ook een beroep gedaan op de koppeling met de pariëtale hersenschors maar u met de nadruk op snelheid.

In (Bijlage 5: Uitslagen testresultaten) zijn de geanonimiseerde testresultaten van de vijf deelnemers opgenomen.

Dit resulteert in de volgende tabel met resultaten.

Deelnemer	Geslacht	Grootte werkgeheugen	Snelheid werkgeheugen	Koppeling met ruimtelijke component	Koppeling met lange-termijn geheugen
1	meisje	Goed	Gemiddeld	Gemiddeld	Gemiddeld
2	meisje	Zeer goed	Zeer goed	Goed	Gemiddeld
3	jongen	Gemiddeld	Gemiddeld	Gemiddeld	Gemiddeld
4	jongen	Gemiddeld	Gemiddeld	Goed	Gemiddeld
5	jongen	Gemiddeld	Gemiddeld	Gemiddeld	Gemiddeld

Tabel 1: Resultaten werkgeheugentests

De bovenstaande classificaties zijn, zoals in de operationalisering te lezen is, gerelateerd aan een peer group van leeftijdsgenoten uit Nederland en België.

Er is geen grote spreiding in resultaten en wellicht is dat ook te verwachten bij vijf leerlingen die allen uit dezelfde VWO jaarlaag komen. Wel verdient de vergelijking tussen deelnemer 2 en de deelnemers 3 en 5 aandacht omdat tussen hen het grootste verschil in functioneren van het werkgeheugen is waar te nemen.

Deelnemer 2 scoorde zeer goed op de beide eerste tests en gemiddeld op de laatste. Aangezien de koppeling met de ruimtelijke component bij beide tests een belangrijke rol speelt heb ik er voor gekozen om die koppeling bij deelnemer 2 met goed te beoordelen. Allen hebben een gemiddelde koppeling met het lange-termijn geheugen ofwel een classificatie die bij een leerling van die leeftijd past.

Tot slot scoren de meisjes in deze groep gemiddeld beter op de afgenomen tests dan de jongens.

Prestaties op de wiskundetoets

De tweede deelvraag was als volgt geformuleerd:

Wat kunnen we afleiden uit de literatuur over de wijzen waarop de 5 leerlingen uit VWO 3 hun werkgeheugen inzetten tijdens het maken van wiskundige opdrachten?

Daarom zal de behandeling van de resultaten uit twee delen moeten bestaan. Ten eerste zal ik per deelnemer de score op de toets per opgave uitwerken. Vervolgens zal ik per opgave de koppeling maken naar het gebruik van het werkgeheugen in dat geval. Voor deze koppeling maak ik weer gebruik van de operationalisering zoals deze in hoofdstuk 4 is beschreven.

De deelnemers hebben de toets gekregen met in de uitleg nog de vermelding dat ze 30 minuten de tijd hadden. Met de uitdrukkelijke vermelding dat de toets niet geheel af hoefde te zijn binnen die tijd omdat tijdsdifferentiatie bij het onderzoek hoort. In de praktijk bleek dat de eerste leerlingen al na 20 minuten bij de laatste opgaven belandden. Daarom heb ik, als surveillant, op dat moment besloten om de tijdsduur tot 20 minuten in te korten.

In de navolgende tabellen wordt allereerst een overzicht gecreëerd van de prestaties per onderdeel per deelnemer. In deze tabellen is ook te zien welke opgaven niet meer gemaakt zijn vanwege tijdgebrek. In deze tabellen maak ik gebruik van de volgende codering: '+' voor een juist antwoord, '-' voor een fout antwoord en '0' voor een ontbrekend antwoord. In enkele gevallen heb ik voor een '+/-' notatie gekozen omdat zoveel van de opdracht wel goed was gemaakt, dat het niet gerechtvaardigd was om er helemaal geen waardering aan te geven.

Opgave	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Score	-	-	-	+	+	-	+	-	+	-	-	+	0	0	0

Tabel 2: Toetsresultaten deelnemer 1

Opgave	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Score	+	-	-	+	+	-	+	+/ -	+	+/ -	-	+	+	+	+/ -

Tabel 3: Toetsresultaten deelnemer 2

Opgave	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Score	+	-	-	+	+	-	+	+/ -	+	-	0	0	0	0	0

Tabel 4: Toetsresultaten deelnemer 3

Opgave	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Score	-	+	+	+	+	-	+	-	+	-	+	+	+	-	-

Tabel 5: Toetsresultaten deelnemer 4

Opgave	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Score	-	-	-	+	+	-	+	-	+	-	-	+	0	0	0

Tabel 6: Toetsresultaten deelnemer 5

Analyse gebruik werkgeheugen per deelnemer

Deelnemer 1

Deelnemer 1 heeft de opgaven 4, 5, 7, 9 en 12 correct beantwoord. Opgave 5 beproeft met name de koppeling tussen het lange-termijn geheugen en het werkgeheugen. De overige vier opgaven geven een indicatie voor de grootte van het werkgeheugen. Die grootte lijkt bij deze deelnemer in orde te zijn.

In totaal heeft de deelnemer bij 12 van de 15 vragen een antwoord ingevuld en daarmee heeft de deelnemer dus 80% van de toets afgekregen. Van wat de deelnemer gemaakt heeft was 42% correct beantwoord.

Deelnemer 2

Deelnemer 2 heeft de hele toets af gekregen. Daarbij waren de opgaven 1, 4, 5, 7, 9, 12, 13 en 14 correct beantwoord. Daarnaast waren de opgaven 8, 10 en 15 ook nog eens half goed.

Ook deze deelnemer laat met de juiste beantwoording van opgaven 4, 7, 9 en 12 zien dat de grootte van het werkgeheugen in orde is. De correcte oplossing van opgaven 1, 5 en 13 en de bijna volledige oplossing van opgaven 8 en 15 tonen verder een goede verbinding tussen het lange-termijn geheugen en het werkgeheugen. Het ruimtelijk inzicht en de mogelijkheid om hoofd- en bijzaken te onderscheiden, lijken minder goed te functioneren aangezien van de opgaven 2, 3, 10 en 14 alleen 14 helemaal goed is beantwoord.

Al met al heeft deze deelnemer 63% van de toets goed beantwoord.

Deelnemer 3

Deelnemer 3 heeft het minst sterke resultaat neergezet op de toets.

De correcte beantwoording van opgaven 1 en 5 en de bijna correcte oplossing van 8 geven aan dat de deelnemer wel een goede koppeling heeft tussen het lange-termijn geheugen en het werkgeheugen. Ook opgaven 11, 13 en 15 behoorden tot deze categorie maar deze heeft de deelnemer niet meer kunnen maken. Het juist beantwoorden van opgaven 4, 7 en 9 zijn verder een indicatie voor voldoende grootte van het werkgeheugen. De verbinding met de ruimtelijke component en het samenwerken van de verschillende delen in de prefrontale cortex lijken onder de maat te zijn waardoor de contextrijke opgaven niet op te lossen bleken.

Van de 15 opgaven heeft deze deelnemer er 10 kunnen beantwoorden wat op een percentage gereed van 67% neerkomt. Net als bij deelnemer 2 reken ik een gedeeltelijk antwoord half goed, daarmee heeft deze deelnemer dan 55% van het gemaakte werk correct beantwoord.

Deelnemer 4

Deze deelnemer heeft ook de gehele toets af gekregen.

Op basis van de juiste beantwoording van opgaven 4, 7, 9 en 12 mogen we concluderen dat ook van deze deelnemer de grootte van het werkgeheugen in orde is. Opgaven 2 en 3 doen daarnaast een beroep op de ruimtelijke component. De koppeling met het lange-termijn geheugen kan beter. Van de 7 opgaven die met name deze component onderzoeken beantwoordt de deelnemer er 3 correct.

De veelheid aan context in de opgaven 2, 10 en 14 levert voor deze deelnemer wel moeite op gezien het feit dat alleen opgave 2 correct is beantwoord.

De 9 juiste antwoorden geven een percentage correct beantwoorde opgaven van 60%.

Deelnemer 5

De resultaten van deze deelnemer laten eigenlijk maar één sterk punt van het werkgeheugen zien.

De juiste beantwoording van de opgaven 4, 7, 9 en 12 indiceren namelijk een voldoende grootte van het werkgeheugen. Opgave 4 is verder ook een opgave die de koppeling tussen lange-termijn geheugen en werkgeheugen op de proef stelt. Van de overige 7 opgaven die deze koppeling testen is alleen opgave 5 juist beantwoord.

De deelnemer heeft met 12 van de 15 opgaven 80% van de toets beantwoord. Van deze gegeven antwoorden was 42% correct. Daarmee vertonen deze deelnemer en deelnemer 1 een vergelijkbaar beeld.

Vergelijken van resultaten

Nu we per deelnemer en per opgave de resultaten hebben beoordeeld, is het wellicht ook mogelijk om de resultaten op de geheugentest van elke deelnemer te vergelijken met diens prestaties op de wiskundetoets. Wanneer we 'Tabel 1: Resultaten werkgeheugentests' vergelijken met de hierboven gegeven analyse van de resultaten op de wiskundetoets, dan levert dat de volgende tabel op.

		Werkgeheugentests				Wiskundetoets			
Deel-nemer	Sekse	Grootte	Snelheid	Ruimtelijke component	lange-termijn geheugen	Grootte	Snelheid	Ruimtelijke component	Lange-termijn geheugen
1	♀	Goed	Gemiddeld	Gemiddeld	Gemiddeld	Goed	Gemiddeld	Zeer zwak	Zwak
2	♀	Zeer goed	Zeer goed	Goed	Gemiddeld	Zeer goed	Goed	Zwak	Goed
3	♂	Gemiddeld	Gemiddeld	Gemiddeld	Gemiddeld	Gemiddeld	Zwak	Zwak	Goed
4	♂	Gemiddeld	Gemiddeld	Goed	Gemiddeld	Goed	Goed	Gemiddeld	Zwak
5	♂	Gemiddeld	Gemiddeld	Gemiddeld	Gemiddeld	Goed	Gemiddeld	Zeer zwak	Zwak

Tabel 7: Resultaten geheugentests en wiskundetoets gecombineerd

In bovenstaande tabel geeft een groene kleur een perfect voorspelde score op de toets aan op basis van de geheugentests. De oranje kleur geeft een afwijking van één op een vijfpunts schaalverdeling weer en de rode kleur een afwijking van twee of meer posities.

De schaalverdeling bestaat uit: zeer goed, goed, gemiddeld, zwak en zeer zwak.

Er lijkt een sterke correlatie te zijn tussen de grootte van het werkgeheugen zoals die gemeten is bij de geheugentests en de score op opgaven die maatgevend zijn voor de grootte van het werkgeheugen. Op de toets is de score zelfs iets hoger. Hetzelfde kan gezegd worden van de snelheid van het werkgeheugen. Hierbij heb ik bij de analyse van de toets alleen naar het aantal gemaakte opgaven gekeken. Op die wijze gemeten, zijn de resultaten op de toets juist iets minder goed dan op de tests.

De ruimtelijke component, en dit omvat dan het manipuleren van gegevens in het werkgeheugen, blijft duidelijk achter bij de testresultaten van de deelnemers. Waar op de tests gemiddeld tot goed werd gescoord, is dit op de toets zeer zwak tot gemiddeld. Dit terwijl toch twee van de opgaven die dit deel van het werkgeheugen testen in het begin van de toets waren geplaatst.

De koppeling met het lange-termijn geheugen treedt bij de wiskunde toets als een vrij discriminerende kwaliteit op. Waar alle deelnemers gemiddeld scoren op dit onderdeel tijdens de geheugentests, zijn de resultaten op de toets verdeeld in zwak en goed.

Cijfermatig

Tot slot kunnen we aan de gebruikte classificering van 'Zeet goed' tot en met 'Zeet zwak' nog een meer cijfermatig beeld toekennen. Wanneer we daar een cijferschaal van 5 tot en met 1 van maken waarbij 'Zeet goed' met een 5 en 'Zeet zwak' met een 1 wordt weergegeven, kunnen we de totale score van een deelnemer in één cijfer vatten. Het zelfde geldt natuurlijk voor de resultaten op de wiskundetoets. Een score van 3 betekent dus dat de deelnemer volgens het in de peergroup gemeten gemiddelde heeft gescoord (Pearson Clinical, sd).

Deze verwerking is weergegeven in de navolgende tabel.

Deel- nemer	Seks	Werkgeheugentests	Wiskundetoets
		Gemiddelde score als cijfer	Gemiddelde score als cijfer
1	♀	3,25	2,50
2	♀	4,25	3,75
3	♂	3,00	2,75
4	♂	3,25	3,25
5	♂	3,00	2,50

Tabel 8: Cijfermatige verwerking scores

Hieruit blijkt dat alleen deelnemer vier zeer consistent heeft gescoord en zowel op de tests als op de toets een net bovengemiddelde werkgeheugencapaciteit laat zien. Alle vier de overige deelnemers laten een minder goede prestatie zien op de wiskundetoets. Verder is te zien dat de jongens gemiddeld lager scoren dan de meisjes. Op de geheugentests scoren de meisjes gemiddeld een 3,75 en de jongens een 3,08. Op de wiskundetoets scoren de meisjes gemiddeld een 3,13 en de jongens een 2,83.

Verwerkingssnelheid en nauwkeurigheid

De laatste vergelijkingen die ik hier nog wil delen zijn de volgende

Als eerste de cijfermatige score op de geheugentests zoals deze in 'Tabel 8: Cijfermatige verwerking scores' is te vinden vergeleken met het percentage dat de deelnemer van de toets heeft afgekregen binnen de gegeven tijd. In de volgende tabel zijn deze gegevens te vinden.

Deel- nemer	Seks	Werkgeheugentests	Wiskundetoets
		Gemiddelde score als cijfer	Percentage af
1	♀	3,25	80
2	♀	4,25	100
3	♂	3,00	67
4	♂	3,25	100
5	♂	3,00	80

Tabel 9: Relatie werkgeheugen tot werksnelheid

De deelnemers die het verst zijn gekomen met de toets hadden ook het hoogst gescoord op de werkgeheugentests. Deelnemer 3 was één van de twee laagst scorenden op de geheugentests en is ook het minst ver gekomen tijdens de wiskundetoets. Er is wel sprake van enige overlap in de gegevens. Omdat er maar 3 verschillende scores op de werkgeheugentests zijn in deze opzet en deze ook nog dicht bij elkaar liggen, zit deelnemer 1 op 80% gereed bij eenzelfde score op de geheugentests als deelnemer 4 die 100% heeft afgekregen.

De zelfde vergelijking kunnen we tot slot uitvoeren in relatie tot het percentage juiste antwoorden van het deel van de toets dat de deelnemers hebben afgekregen. Deze gegevens zijn in tabel 10 weergegeven.

Deel- nemer	Seks	Werkgeheugentests	Wiskundetoets
		Gemiddelde score als cijfer	Percentage correct
1	♀	3,25	42
2	♀	4,25	63
3	♂	3,00	55
4	♂	3,25	60
5	♂	3,00	42

Tabel 10: Relatie werkgeheugen tot nauwkeurigheid

Ook hier lijkt een minder goed ontwikkeld werkgeheugen van invloed te zijn op de prestaties op de wiskundetoets wanneer alleen naar de correcte beantwoording van de opgaven wordt gekeken. Die invloed lijkt overigens minder groot dan de invloed op de snelheid.

6 Conclusie en discussie

In dit hoofdstuk zult u een overzicht aantreffen van de conclusies die naar mijn mening uit het uitgevoerde onderzoek en de theoretische omlijsting van dat onderzoek getrokken kunnen worden. Allereerst zult u de conclusies naar aanleiding van de deelvragen aantreffen waarna ik een samenvattende conclusie over het hele onderzoek en de onderliggende theorie zal geven.

In de navolgende discussie is vervolgens ruimte om het onderzoek nog een keer onder de loep te nemen en aanbevelingen te doen met het oog op vervolgonderzoeken of een eventuele herhaling van het beschreven onderzoek.

Conclusie deelvraag 1

Hoe kan de werking van het werkgeheugen van een leerling worden vastgesteld?

Vanuit de literatuur worden verschillende omschrijvingen van het werkgeheugen gegeven. Johnson (2006) omschrijft het werkgeheugen of korte-termijn geheugen als een eerste stap om data in het brein op te slaan. Het zintuiglijke geheugen dat hij voorafgaand beschrijft is slechts een momentopname die onbewust bij iedereen plaatsvindt.

In de beschrijving die Crone (2008) geeft, spreekt ze consequent van werkgeheugen en vanwege de positie in de pre-frontale cortex legt ze meteen een verband met rekenen en wiskunde. Dat verband wordt bevestigd door Sitskoorn (2007) die ook aangeeft dat de meeste vaardigheden die nodig zijn voor een goed begrip van getallen, rekenen en wiskunde ontstaan in de pre-frontale cortex. Daarbij geven beiden aan dat dit deel van het brein zich pas laat ontwikkelt en geeft Crone (2008) zelfs aan dat dit proces pas rond het 25^{ste} levensjaar is afgerond.

Om een betere indruk te krijgen van de werking en de samenstellende componenten van het werkgeheugen hebben we deze componenten beschreven zien worden in een masterthesis waarin wederom het verband werd gelegd tussen werkgeheugen en rekenprestaties (Stokman & van Vugt, 2013). Zij beschrijven deze delen in een viertal termen die in andere bewoordingen ook in de andere bronnen zijn te vinden. Vooral Sitskoorn (2007) legt verbanden tussen activiteit in de pariëtale cortex en het herordenen van gegevens in het werkgeheugen die dan volgens Stokman en van Vugt (2013) weer worden aangeduid als acties van de episodische buffer.

Uiteindelijk heb ik, in samenspraak met een orthopedagoge, een keuze gemaakt voor 3 valide tests die de werking en grootte van het werkgeheugen van de onderzochte deelnemers kan relateren aan een voldoende grote peer group. Dit waren de onderdelen rekenen en cijferreeksen voor- en achterwaarts van de WISC-III-NL en reeksen opsommen van de CELF-4-NL (Dawson & Guare, 2010), (Pearson Clinical, sd).

Uitsluitend aan de hand van de resultaten op de afgenomen tests kan worden geconcludeerd dat er geen grote spreiding in die resultaten waarneembaar was. Wel scoorden de 2 meisjes gemiddeld iets beter dan de 3 jongens. De kleine spreiding zal te verklaren zijn vanuit het feit dat de deelnemers allen in dezelfde VWO-3 jaarlaag zaten en op dat niveau blijkbaar minimaal een gemiddeld functionerend werkgeheugen dienen te bezitten. Dat de meisjes iets beter presteerden dan de jongens kan worden veroorzaakt doordat meisjes iets lijken voor te lopen op jongens in hun neurobiologische ontwikkeling (Vreugdenhil, pp. 5,6).

Tot slot kunnen we nog concluderen dat de deelnemers, waar het de grootte van het werkgeheugen betreft, iets boven het peer group gemiddelde presteren. Op de overige onderdelen is de score vrijwel gelijk met het gemiddelde van de peer group.

Conclusie deelvraag 2

Wat kunnen we afleiden uit de literatuur over de wijzen waarop de 5 leerlingen uit VWO 3 hun werkgeheugen inzetten tijdens het maken van wiskundige opdrachten?

Voor de beantwoording van deze vraag is het ook van belang om de verschillende delen van het werkgeheugen te onderscheiden. Deze delen worden, zoals in de beantwoording van de eerste deelvraag al naar voren kwam, op verschillende wijzen beschreven door de auteurs waarnaar in het theoretisch kader wordt verwezen.

Zowel Crone (2008) als Sitskoorn (2007) als Stokman en van Vugt (2013) leggen een duidelijk verband tussen werkgeheugen en rekenen of getalsbesef. Alle drie geven ze aan dat voor de verwerking van getallen een intensief contact tussen het werkgeheugen en de pariëtale cortex gewenst is. Sitskoorn (2007) geeft daarbij voorbeelden van rekenkundige genieën waarbij aantoonbaar fysiologische veranderingen optreden in de verbinding tussen die delen van het brein die voor die specifieke taak nodig zijn. Het gaat dan bijvoorbeeld om een zeer sterke verbinding tussen het werkgeheugen en het lange-termijn geheugen. Mede om die reden gaan er al jaren geluiden op om het wiskunde onderwijs zo in te richten dat de leerlingen een grote database met oplossingen aanleggen. Ze zouden dan als schaakgrootmeesters een juiste oplossing van een probleem uit hun lange-termijn geheugen kunnen halen (Kirschner, Sweller, & Clark, 2011).

Deze wijze van wiskunde aanleren staat tegenover het didactisch systeem van het zelf ontdekken van de oplossing voor een probleem door veel abstracter en theoretischer met de wiskundige grondlagen om te gaan. Hiervoor is echter wel een sterk redenerend vermogen en doorzettingsvermogen nodig. Dit zijn executieve functies die volgens Sitskoorn (2007) in de traag ontwikkelende pre-frontale cortex zitting hebben. Aangezien ook het werkgeheugen in diezelfde plaats in het brein zit, zullen beide methodes hun voor- en nadelen hebben en is het aan de docent om te ontdekken hoe hierin te differentiëren.

Afhankelijk van de wijze waarop een wiskundige opgave wordt aangeboden zal het werkgeheugen lichter of zwaarder worden belast en zullen ook andere delen van dat werkgeheugen belast worden. In het geval van contextrijke vragen zal de *visuospatial sketchpad* sneller overbelast raken. Daardoor worden bijvoorbeeld niet alle relevante gegevens daadwerkelijk in het werkgeheugen opgeslagen omdat er een te groot aanbod is. Dit is ook in onderzoek aangetoond (van Lieshout & Berends, 2009).

Opgaven waarbij oplossingen standaard in het lange-termijn geheugen zitten zoals de tafels van vermenigvuldiging vereisen een robuuste koppeling tussen werkgeheugen en lange-termijn geheugen. Daarmee wordt dan de episodische buffer belast. Opgaven die een beroep doen op ruimtelijk inzicht of waarbij gegevens in het werkgeheugen herschikt moeten worden vergen beide een koppeling met een zelfde hersengebied in de pariëtale cortex. Sitskoorn (2007) en van Helden en Bekkering (2015) maken hier beiden melding van. De laatstgenoemde ziet hier ook een hersengebied ingeschakeld worden dat de koppeling verzorgt tussen waarnemen en bewegen. Zij verklaren op deze manier de bijna niet te onderdrukken handbewegingen wanneer we met getallen bezig zijn.

Samenvattend

Wanneer we nu de conclusies naar aanleiding van deelvraag 1 en 2 samenvoegen, kunnen we de volgende zaken onder woorden brengen die een antwoord kunnen zijn op de hoofdvraag met de daarbij horende verwachtingen.

Laten we ons eerst de hoofdvraag nog weer in herinnering brengen.

In hoeverre is er een verband waarneembaar tussen de grootte en werking van het werkgeheugen van 5 leerlingen uit VWO 3 en hun prestaties op een wiskundetoets?

Op basis van de waarnemingen kunnen we in ieder geval zeggen dat er een invloed merkbaar is. Die invloed manifesteert zich vooral in de snelheid waarmee een leerling de opgaven maakt, ongeacht of deze antwoorden nu correct zijn of niet. Het feit dat er meer opgaven worden gemaakt, geeft aanleiding om aan te nemen dat de verwerking van de gegevens sneller verloopt. Wanneer we er vervolgens vanuit gaan dat het werkgeheugen hiervan de reden is, zou een groter werkgeheugen dus snelheid leveren. Een leerling die de kennis in huis heeft om een toets te maken maar een minder goed ontwikkeld werkgeheugen heeft zou dus gebaat zijn bij extra tijd. Daarnaast moet het werkgeheugen wel door training gestimuleerd worden. Onderzoek wijst uit dat gerichte training goede resultaten kan geven (Sitskoorn, 2007, pp. 141,142).

De resultaten uit 'Tabel 7: Resultaten geheugentests en wiskundetoets gecombineerd' laten ook zien dat de scores op grootte en snelheid redelijk lijken te correleren. De minst voorspelbare eigenschap in het werkgeheugen, in deze opzet, is de koppeling met de ruimtelijke component. Hierin wijken de resultaten op tests en toets het meest af. Aan deze observatie zal ik in de discussie meer aandacht besteden.

Tot slot: is een leerling zich er nu van bewust hoe hij of zij leert en of de gebruikte methodes ook de meest effectieve voor deze leerling zijn? Voor de beantwoording van deze vraag verwijs ik naar Bijlage 6: Reacties leerlingen op interview. Alle 5 deelnemers geven in het interview aan dat ze tijdens de les vooral luisterend bezig zijn. Alleen deelnemer 3 geeft aan dat hij de aantekeningen nodig heeft om te kunnen teruglezen. Deze leerling had een gemiddelde score op de geheugentests maar scoorde het minst goed op de toets. Hij gebruikt dus meerdere vormen van zintuiglijke input en gebruikt daarmee zijn minder goed ontwikkelde werkgeheugen wel optimaal.

Deelnemer 2 laat in de afsluitende vraag zien dat ook zij van deze diverse input mogelijkheden gebruik maakt. Ze gebruikt kleuren om structuur in teksten aan te brengen en ze heeft veel tijd nodig om nieuwe kennis te consolideren. Ze past in mijn ogen daarmee ook technieken toe die ze nodig heeft vanwege de minder sterke koppeling met de ruimtelijke component en het lange-termijn geheugen zoals dat in de wiskundetoets zichtbaar is.

Het is verder opmerkelijk dat de leerling met de beste score op de geheugentests het minst met leren bezig is. Alles lijkt haar aan te komen waaien. Ze verwacht desondanks wel veel van zichzelf. Wanneer de hoeveelheid stof toeneemt heeft ze naar mijn mening niet een systeem van leren achter de hand. Ze is gezegend met een sterk werkgeheugen met stevige verbindingen naar het lange-termijn geheugen en daar vertrouwt ze blindelings op.

Twee observaties die tot slot nog opvallen zijn de volgende. Allereerst vinden de deelnemers het erg lastig om de processen onder woorden te brengen die horen bij het leren. Ze komen niet verder dan een beschrijving van hun leermethoden maar geven niet aan wat die in hun hoofd voor gevolgen hebben. Verder maken de deelnemers in de les vrijwel geen gebruik van meerdere vormen van het opnemen van het geleerde. Alleen de derde deelnemer is daarbij een uitzondering. Alle vijf geven de deelnemers aan dat ze verwachten gemiddeld te hebben gescoord. De enige die er geen uitspraak over durfde doen was deelnemer 2 en zij had juist het hoogst gescoord. Zij is twee jaar jonger dan de overige deelnemers en heeft daardoor misschien nog een minder compleet beeld van zichzelf.

We kunnen tot slot dus concluderen dat de hypothese dat er een gunstige invloed merkbaar zou moeten zijn van een goed ontwikkeld werkgeheugen op de prestaties op een wiskundetoets reëel is. Deze manifesteert zich voornamelijk in de snelheid waarmee een toets kan worden gemaakt en in mindere mate in de juistheid van de antwoorden. Leerlingen zouden dus per saldo beter kunnen scoren wanneer er in de lessen meer aandacht is voor de ontwikkelingsfase waarin de leerling zich op dat moment bevindt.

Discussie

Op basis van de resultaten uit dit kleine onderzoek lijkt de aanname gerechtvaardigd dat een beter ontwikkeld werkgeheugen leidt tot betere resultaten bij wiskunde. Wanneer we breinbewust onderwijs voor ogen hebben, moeten we rekening houden met de beperkingen die het puberbrein met zich meebrengt. De ontwikkeling van het brein heeft dus niet alleen invloed op de sociale aspecten in het leven van een puber maar ook zeker op diens vaardigheden om te leren. Als docent kun je soms verzuchten waarom een leerling niet begrijpt dat iets dat hij vorig jaar geleerd heeft, nu weer op een ander concept toegepast kan worden. Misschien is het geleerde wel in het lange-termijn geheugen aanwezig maar is de koppeling van werkgeheugen en dit lange-termijn geheugen nog niet op orde.

In de praktijk van het onderwijs geven moet daarnaast rekening worden gehouden met de belastbaarheid van het werkgeheugen. Biedt de stof daarom via meerdere zintuigen aan zodat de kans groter wordt dat het werkgeheugen en vervolgens het lange-termijn geheugen op de juiste manier wordt gevuld. Door veel docenten wordt het nut hiervan wel onderkend maar eerder om verschillende leerstijlen te bedienen dan om de individuele leerling beter ter wille te zijn.

In het beschreven onderzoek zijn 5 leerlingen in vrijwel dezelfde leeftijd en van hetzelfde niveau onderzocht. Vanuit het theoretisch kader is dit prima te verantwoorden. Wel was merkbaar dat de gebruikte wiskundetoets zeker niet te eenvoudig was. Er werden nog vrij veel incorrecte antwoorden gegeven. Wanneer we vervolgonderzoek in andere leerjaren en met grotere aantallen leerlingen willen doen, moet een wiskundetoets worden ontwikkeld die bij elk leerjaar past. Daarbij moet wel rekening worden gehouden met de verdeling van opgaven die verschillende onderdelen van het werkgeheugen belasten.

Tijdens de afname van de wiskundetoets werd ik verrast door het feit dat leerlingen toch sneller klaar waren met de toets dan ik had geanticipeerd. Het is daarom van belang om de toets door enkele leerlingen uit de doelgroep te laten maken zodat bij voorbaat de tijdsduur goed aan de deelnemers kan worden meegedeeld. Omdat de tijdsduur nu onverwachts met 10 minuten werd ingekort, kan dit het resultaat van de langzamere deelnemers hebben beïnvloed. Wanneer een deelnemer bij voorbaat zijn of haar tijd over het half uur had verdeeld kan dat ook een reden zijn geweest voor het

waargenomen tempo. Geen van de deelnemers gaf dit overigens aan tijdens of na afloop van de toets.

Wat verder nog opviel, was dat de grootte en snelheid van het werkgeheugen wel een vrij grote correlatie met de prestaties op de wiskundetoets leken te hebben maar dat dit voor de koppeling met de ruimtelijke component en de koppeling met het lange-termijn geheugen niet nadrukkelijk te zien was. Om dit te verklaren is meer onderzoek nodig naar de ontwikkeling van de verschillende delen van het werkgeheugen. Misschien ontwikkelen die twee eigenschappen zich het laatst. Een afname van dit onderzoek onder een grotere groep kan natuurlijk ook voor andere resultaten zorgen.

Een aspect dat nu niet onderzocht kon worden vanwege de keuze van de doelgroep en de grootte ervan, is de ontwikkeling van het werkgeheugen ten opzichte van het niveau van het gevolgde onderwijs. De WISC-III-NL is in essentie een intelligentietest en werkgeheugen is dus ook een deel van het brein dat in het onderzoek naar intelligentie wordt meegewogen. Een onderzoek naar het verband tussen deze twee kenmerken zou handvatten kunnen bieden voor de wijze waarop wiskunde op de verschillende niveaus van onderwijs wordt aangeboden.

7 Reflectie

Voordat ik daadwerkelijk met dit onderzoek van start ging had ik al op verschillende wijzen mijn interesse geuit in de mogelijkheden en onmogelijkheden van het puberbrein. Dit heeft voor mij geresulteerd in een onderwijsvisie waarin ik bij elke leerling het onderste uit de kan probeer te halen. Dit zal naar mijn mening elke docent nastreven. Ik ben me daarnaast wel altijd bewust geweest van de verschillen in ontwikkeling tussen de leerlingen en heb daarin altijd al mijn verwachtingen op de mogelijkheden van de leerling afgestemd. In die zin is het voorgaande onderzoek een bevestiging gebleken van het intuïtieve vermoeden volgens welke ik mijn lessen gaf.

In mijn lessen probeer ik wel vaak meerdere zintuigen van de leerlingen te stimuleren door te schrijven en te spreken. Door voorbeelden uit te werken en juist de leerlingen aan het werk te zetten. Dit deed ik om, naar mijn mening, de verscheidenheid aan leerlingen binnen een klaslokaal zo goed mogelijk te bedienen. Nu heb ik ook ontdekt dat individuele leerlingen profijt hebben van deze meervoudige aanpak.

Verder ben ik me er van bewust geworden dat ik niet altijd goed kan inschatten wat een juiste lengte is voor een toets. Ik moet me er beter van bewust worden hoe lang juist de leerling over een voor een docent automatische stap doet. Mezelf verplaatsen in een puberbrein met weinig relativiseringsvermogen en een minder goed ontwikkeld werkgeheugen zou me daar al bij kunnen helpen.

Tot slot ben ik me er van bewust dat een docent altijd een onderzoekende grondhouding moet hebben. Hij constateert gedrag of denkt correlatie tussen twee variabelen te zien en moet dat gaan onderzoeken om adequaat te kunnen reageren en zijn beroepspraktijk te kunnen verbeteren. Wanneer ik echter zie hoe veel moeite het me heeft gekost om dit onderzoek met mijn beroepspraktijk te combineren vraag ik me wel af hoe ik die houding moet vasthouden.

De praktische uitwerking van het onderzoek ging precies zoals ik had gehoopt en verwacht. De verwerking van de verworven gegevens was vervolgens veel tijdrovender dan ik had kunnen voorspellen. Vaak heb ik zinsneden opnieuw moeten formuleren om beter recht te doen aan de gevonden gegevens. De tijd die het uiteindelijk gekost heeft, is ook wel eens juist ten koste gegaan van de kwaliteit van mijn lessen. Terwijl ik ook vanuit dit onderzoek zie wat de leerlingen nodig zouden hebben aan diversiteit, herhaling en creativiteit breng ik daar in de praktijk op dit moment te weinig van terecht.

Het feit dat ik de behoeften voor deze leerlingen nu wel helder voor ogen heb maakt dat ik de beschreven tekortkomingen in de komende tijd kan voorkomen. Het onderzoek heeft me denk ik tot een creatiever en meer divers docent gemaakt. Het onderzoek verdient nog zeker een stuk schaalvergroting. De behoeften die ik nu herken worden mij voornamelijk vanuit de literatuur kenbaar gemaakt. Om dit ook in de praktijk handen en voeten te geven is een groter onderzoek nodig waarmee de vermoedens die naar aanleiding van dit onderzoek zijn ontstaan te bevestigen dan wel te ontkrachten.

Bibliografie

- Crone, E. (2008). *Het puberende brein: over de ontwikkeling van de hersenen in de unieke periode van de adolescentie*. Amsterdam: Bert Bakker.
- Dawson, P., & Guare, R. (2010). *Executieve functies bij kinderen en adolescenten* (2de ed.). Amsterdam: Hogreve Uitgevers BV.
- Johnson, S. (2006). *Op reis door je brein: ontdek hoe je hersenen werken*. Schiedam: Scriptum.
- Kahneman, D. (2011). *Ons feilbare denken*. Amsterdam: Uitgeverij Business Contact.
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2011, mei). Wiskunde leren? Kijk de kunst af van schaakmeesters. *Didaktief*, 2011(5), 30-31.
- Libranet. (2004). *Info over geheugentests*. Opgeroepen op 9 26, 2017, van Website van Libranet: https://www.libranet.nl/media/1402/download_sn_psychologie_wisc-iii-nl.pdf
- Pearson Clinical. (sd). *Info over CELF-4-NL*. Opgeroepen op juli 19, 2017, van Website van Pearson Clinical: <http://www.pearsonclinical.nl/celf-4-nl-test-diagnose-evaluatie-taalproblemen>
- Pearson Clinical. (sd). *Info over WISC-III-NL*. Opgeroepen op juli 19, 2017, van Website van Pearson Clinical: <http://www.pearsonclinical.nl/wisc-iii-nl-wechsler-intelligence-scale-children>
- Semel, E. M., Wiig, E. H., & Secord, W. (2003). *Clinical Evaluation of Language Fundamentals (CELF-4)*. San Antonio: The Psychological Corporation.
- Sitskoorn, M. (2007). *Het maakbare brein* (15e ed.). Amsterdam: Uitgeverij Bert Bakker.
- Stokman, F. H., & van Vugt, J. W. (2013). *Het effect van motivatie, werkgeheugen en non-verbale intelligentie op rekenprestaties*. Masterthesis, Universiteit Utrecht, Masteropleiding pedagogische wetenschappen, Utrecht.
- van Helden, J., & Bekkering, H. (2015). Van getallen tot wiskunde. In *De lerende mens* (2e ed., pp. 153-190). Amsterdam: Boom uitgeverij.
- van Lieshout, E., & Berends, I. (2009). *The effect of illustrations in arithmetic problem-solving: Effects of increased cognitive load*. VU, Learning and Instruction. Amsterdam: Elsevier Ltd. doi:10.1016/j.learninstruc.2008.06.012
- Vreugdenhil, C. (sd). *Info over breinbewust onderwijs*. Opgeroepen op 12 11, 2017, van Website van breinbewust-onderwijs: www.breinbewust-onderwijs.nl/files/brein-meisjes-jongens.pdf

Bijlage 1: Af te nemen tests zoals overeen gekomen met orthopedagoog

Onderdeel Rekenen WISC-III-NL:

Aan de hand van een aantal (deels voorgelezen) redactiesommen wordt gekeken naar het rekenkundig inzicht. Daarbij wordt een beroep gedaan op concentratie, auditief onmiddellijk geheugen, werkgeheugen (informatie even kunnen 'vasthouden' en er vervolgens een bewerking op uitvoeren) en hoofdrekenvaardigheden.

Onderdeel Cijferreeksen Voorwaarts en Achterwaarts WISC-III-NL:

Een aantal voorgelezen reeksen cijfers (toenemend in lengte) moet in de goede volgorde worden nagezegd. Vervolgens moeten voorgelezen reeksen cijfers (ook toenemend in lengte) in omgekeerde volgorde worden nagezegd. Dit doet een beroep op het auditieve onmiddellijke geheugen, aandacht en concentratie. Daarnaast doet het (m.n. bij het achterwaarts nazeggen) een beroep op het werkgeheugen. Een verschil >3 tussen de ruwe scores van Cijferreeksen Voorwaarts en Achterwaarts (ten nadele van het deel Cijferreeksen Achterwaarts) kan indiceren dat er sprake is van zwakte in het werkgeheugen.

Onderdeel Reeksen Opsommen CELF-4-NL:

Dit onderdeel beoordeelt de vaardigheid om vlot om te gaan met auditieve en verbale informatie, en die te ordenen. Er moeten diverse reeksen (o.a. voor- en achterwaarts tellen, maanden van jaar voor- en achterwaarts, tellen met 4 en 6 etc.) worden opgesomd, met de expliciete instructie dit zo snel mogelijk te doen. Hierbij wordt een beroep gedaan op aandacht en concentratie, verwerkingssnelheid en het auditief/verbaal werkgeheugen.

Interpretatie normscores

>15	Zeer goed
13-15	Goed
8-12	Gemiddeld
5-7	Zwak
<5	Zeer Zwak

Bijlage 2: Wiskundetoets



Naam: _____

Tel. i.v.m. interview: _____

Toets V3

Onderzoek 'Werkgeheugen en wiskunde'

!!!! Maak de vragen in de aangegeven volgorde. Ga pas verder met de volgende vraag wanneer je de voorgaande goed denkt te hebben. Je hebt 30 minuten de tijd maar daarmee kun je de toets waarschijnlijk niet af krijgen. Dit is ook onderdeel van het onderzoek. Een rekenmachine is niet toegestaan.

1 Los op: $2 + (3x + 2)^2 = 66$

- 2 Een vierkant wordt door een rechte lijn in twee rechthoeken verdeeld. De omtrekken van de twee rechthoeken samen zijn 30 centimeter. Hoeveel centimeter lang is de zijde van het vierkant?



- 3 Bereken de totale oppervlakte van een balk van $10 \times 7 \times 6$ centimeter.

- 4 Hoeveel is zeshonderd vierenvijftig plus duizend tachtig?

5 Bereken: $11^2 - 16 =$

6 Bereken: $2\frac{4}{9} \times 4\frac{5}{6} + 4\frac{6}{9} =$

7 Bereken: $25 \times 35 =$

8 Los op: $(x + 3)^2 = 81$

Z.O.Z.

9 Bereken: $3 \times 98,95 =$

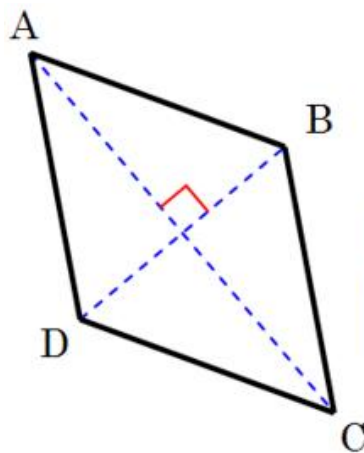
- 10 In een vijver zwemmen rode en gele karpers. Twee vijfde van de karpers is geel, de rest is rood.
Drie kwart van de gele karpers is een vrouwtje. In totaal zijn er evenveel vrouwtjeskarpers als mannetjeskarpers.
Welk gedeelte van de totale karperpopulatie bestaat uit rode mannetjeskarpers?
-
-

11 Los op: $x^3 = 512$

12 Bereken: $\frac{12+21}{2+9} =$

13 Los op: $2(w + 1) = 9$

14



De oppervlakte van een ruit wordt als volgt berekend:

$$\text{oppervlakte} = \frac{\text{eerste diagonaal} \times \text{tweede diagonaal}}{2}$$

Een ruit is orthodiagonaal, dat wil zeggen dat de diagonalen loodrecht op elkaar staan.

Een ruit is een raaklijnvierhoek, dus heeft een ingeschreven cirkel.

Zoals bij elke vierhoek is de som van de hoeken van een ruit gelijk aan 360° .

De bissectrices van overstaande hoeken in een ruit beschrijven dezelfde lijn.

De diagonalen van een ruit vallen gelijk met de bissectrices.

De diagonalen van een ruit delen elkaar in twee gelijke delen.

Hoek A van deze ruit is: 32° . Hoe groot is hoek D?

15 Bereken: $3\frac{4}{8} \div \frac{2}{7} =$

Einde

Bijlage 3: Vragen t.b.v interview

Interview met leerlingen t.b.v. 'Werkgeheugen en wiskunde' onderzoek.

Naam:.....

1 Wat is je leeftijd?

2 Hoe vond je de geheugentest gaan? Hoe denk je dat je gescoord hebt ten opzichte van andere kinderen van je leeftijd?

3 Wat is jouw methode om rijtjes te leren? Bijvoorbeeld idioom bij een taal. Heb je dat altijd zo gedaan of is je systeem in de loop van de jaren veranderd? Waarom is het dan veranderd?

4 Wat vind je de prettigste manier om de stof in de les op te pikken? Luister je alleen, schrijf je mee, heb je behoefte aan plaatjes of doe je nog iets anders? Zijn daar ook verschillen in per vak?

5 Hoe werkt dat bij wiskunde? Welke methodes gebruik je om wiskunde te leren beheersen en werken die methodes ook?

6 Hoe belangrijk vind jij de rol van de docent bij het aanleren van wiskunde?

7 Hoe verwerk je de aangeleerde wiskunde thuis? Hoe lang zit je aan je wiskunde huiswerk? Ben je dan vooral aan het nadenken of juist aan het maken?

8 Kon jij op de basisschool de tafels van vermenigvuldiging eenvoudig uit je hoofd leren? Hoe deed je dat? Steeds herhalen of de dag van tevoren even een keer doornemen?

9 Zijn er bij wiskunde onderwerpen waarvan je het idee hebt dat je ze vroeger niet goed onder de knie hebt gekregen en daar nu last van hebt? Zo ja, kun je één of meerdere voorbeelden noemen?

10 Heb je zelf een idee hoe je je geheugen gebruikt bij het leren?

Bijlage 4: Toestemmingsformulier deelname leerling



Formulier toestemming onderzoek door orthopedagoog op school

Hierbij verleen ik toestemming aan Het Greijdanus College voor het afnemen van een werkgeheugentest (aan de hand van onderdelen uit de WISC-III-NL en de CELF) ten behoeve van het afstudeeronderzoek 'Werkgeheugen en wiskunde' van R.A. Meerholz bij bxxxx Bxxxx door mevrouw drs. G. Lassche (orthopedagoog, lid NVO)

Datum:	Handtekening ouder of wettelijk gezagdrager Naam: Handtekening:
Datum:	Handtekening ouder of wettelijk gezagdrager Naam: Handtekening:
Datum:	Handtekening leerling zelf Naam: Handtekening:

De uitkomsten van het onderzoek zullen anoniem gebruikt worden in het genoemde afstudeeronderzoek en zullen worden vergeleken met de resultaten van een wiskundetoets waarin een beroep wordt gedaan op werkgeheugen en langetermijn geheugen. Daarnaast zal meneer Meerholz in het kader van het onderzoek de leerling nog kort interviewen met betrekking tot gebruikte en favoriete leerstijlen van de leerling.

NB.

Deze ondertekening dient voor aanvang van het onderzoek in ons bezit te zijn, anders kan het onderzoek niet uitgevoerd worden. Toestemming voor het onderzoek dient te worden gegeven door de wettelijke gezagsdrager(s) van het kind/de jongere. Indien beide ouders gezagsdragers zijn is het van belang dat beide ouders toestemming verlenen voor het onderzoek en daar hun handtekening voor plaatsen. Als hieromtrent vragen zijn dan verzoeken wij u even contact op te nemen met dhr. Meerholz. (r.a.meerholz@greijdanus.nl).

Indien gewenst kan een kopie van de schriftelijke verslaglegging in het schooldossier van de leerling bewaard worden.

Bijlage 5: Uitslagen testresultaten

Resultaten tests voor werkgeheugen, **deelnemer 1**, V3B, afnamedatum 23-6-2016

Testleeftijd: 15;3;29.

Onderdeel Rekenen WISC-III-NL, normgroep 15;0;0 - 15;3;30 jaar

Ruwe score 29, **normscore 14 (goed)**

Onderdeel Cijferreeksen WISC-III-NL, normgroep 15;0;0 - 15;3;30 jaar

Ruwe score Voorwaarts: 7

Ruwe score Achterwaarts: 6

Totale ruwe score 13, **normscore 8 (gemiddeld)**

Onderdeel Reeksen Opsommen CELF-4-NL, normgroep 15;0 - 15;11 jaar

Ruwe score 56, **normscore 11 (gemiddeld)**

Resultaten tests voor werkgeheugen, **deelnemer 2**, V3B, afnamedatum 23-6-2016

Testleeftijd: 13;6;20.

Onderdeel Rekenen WISC-III-NL, normgroep 13;4;0 - 13;7;13;jaar

Ruwe score 31, **normscore 16 (zeer goed)**

Onderdeel Cijferreeksen WISC-III-NL, normgroep 13;4;0 - 13;7;13;jaar

Ruwe score Voorwaarts: 11

Ruwe score Achterwaarts: 9

Totale ruwe score 20, **normscore 15 (zeer goed)**

Onderdeel Reeksen Opsommen CELF-4-NL, normgroep 13;0 – 13;11 jaar

Ruwe score 51, **normscore 10 (gemiddeld)**

Resultaten tests voor werkgeheugen, **deelnemer 3**, V3B, afnamedatum 23-6-2016

Testleeftijd: 15;7;12

Onderdeel Rekenen WISC-III-NL, normgroep 15;4;0 - 15;7;30 jaar

Ruwe score 26, **normscore 11 (gemiddeld)**

Onderdeel Cijferreeksen WISC-III-NL, normgroep 15;4;0 - 15;7;30 jaar

Ruwe score Voorwaarts: 9

Ruwe score Achterwaarts: 7

Totale ruwe score 16, **normscore 11 (gemiddeld)**

Onderdeel Reeksen Opsommen CELF-4-NL, normgroep 15;0 - 15;11 jaar

Ruwe score 54, **normscore 10 (gemiddeld)**

Resultaten tests voor werkgeheugen, **deelnemer 4**, V3B, afnamedatum 23-6-2016

Testleeftijd: 15;6;16

Onderdeel Rekenen WISC-III-NL, normgroep 15;4;0 - 15;7;30 jaar

Ruwe score 24, **normscore 10 (gemiddeld)**

Onderdeel Cijferreeksen WISC-III-NL, normgroep 15;4;0 - 15;7;30 jaar

Ruwe score Voorwaarts: 10

Ruwe score Achterwaarts: 8

Totale ruwe score 18, **normscore 13 (goed)**

Onderdeel Reeksen Opsommen CELF-4-NL, normgroep 15;0 - 15;11 jaar

Ruwe score 56, **normscore 11 (gemiddeld)**

Resultaten tests voor werkgeheugen, **deelnemer 5**, V3B, afnamedatum 23-6-2016

Testleeftijd: 15;4;29

Onderdeel Rekenen WISC-III-NL, normgroep 15;4;0 - 15;7;30 jaar

Ruwe score 26, **normscore 11 (gemiddeld)**

Onderdeel Cijferreeksen WISC-III-NL, normgroep 15;4;0 - 15;7;30 jaar

Ruwe score Voorwaarts: 10

Ruwe score Achterwaarts: 6

Totale ruwe score 16, **normscore 11 (gemiddeld)**

NB: het verschil tussen de scores op Voorwaarts en Achterwaarts is groter dan 3. Dit kan indiceren dat er sprake is van enige zwakte in het werkgeheugen.

Onderdeel Reeksen Opsommen CELF-4-NL, normgroep 15;0 - 15;11 jaar

Ruwe score 46, **normscore 8 (gemiddeld)**

Bijlage 6: Reacties leerlingen op interview

Interview met leerlingen t.b.v. 'Werkgeheugen en wiskunde' onderzoek.

Naam: **Leerling 1**

1 Wat is je leeftijd?

15 jaar

2 Hoe vond je de geheugentest gaan? Hoe denk je dat je gescoord hebt ten opzichte van andere kinderen van je leeftijd?

Ik denk wel redelijk, zo rond het gemiddelde

3 Wat is jouw methode om rijtjes te leren? Bijvoorbeeld idioom bij een taal. Heb je dat altijd zo gedaan of is je systeem in de loop van de jaren veranderd? Waarom is het dan veranderd?

Eerst in volgorde leren, na een fout opnieuw beginnen en uiteindelijk in meerdere volgordes. Nooit veranderd.

4 Wat vind je de prettigste manier om de stof in de les op te pikken? Luister je alleen, schrijf je mee, heb je behoefte aan plaatjes of doe je nog iets anders? Zijn daar ook verschillen in per vak?

Bij natuurkunde en geschiedenis schrijf ik mee. Andere vakken niet. Soms vind ik een plaatje prettig voor het overzicht.

5 Hoe werkt dat bij wiskunde? Welke methodes gebruik je om wiskunde te leren beheersen en werken die methodes ook?

Thuis gebruik ik internet om de theorie helder te krijgen en dan maak ik de oefenopgaven

6 Hoe belangrijk vind jij de rol van de docent bij het aanleren van wiskunde?

Nog geen ervaring met goede docent gehad

7 Hoe verwerk je de aangeleerde wiskunde thuis? Hoe lang zit je aan je wiskunde huiswerk? Ben je dan vooral aan het nadenken of juist aan het maken?

Vooral maakwerk en dan 3 uur achter elkaar door

8 Kon jij op de basisschool de tafels van vermenigvuldiging eenvoudig uit je hoofd leren? Hoe deed je dat? Steeds herhalen of de dag van tevoren even een keer doornemen?

Die leerde ik door een liedje op de computer. Ik heb ze nog steeds paraat

9 Zijn er bij wiskunde onderwerpen waarvan je het idee hebt dat je ze vroeger niet goed onder de knie hebt gekregen en daar nu last van hebt? Zo ja, kun je één of meerdere voorbeelden noemen?

Grafieken tekenen

10 Heb je zelf een idee hoe je je geheugen gebruikt bij het leren?

Ik heb een beetje een fotografisch geheugen. Ik zie de pagina van het boek voor me tijdens de toets. Verder gebruik ik gekleurde briefjes om structuur in de stof te brengen. Vooral bij geschiedenis heb ik dat nodig

Interview met leerlingen t.b.v. 'Werkgeheugen en wiskunde' onderzoek.

Naam: **Leerling 2**

1 Wat is je leeftijd?

13 jaar

2 Hoe vond je de geheugentest gaan? Hoe denk je dat je gescoord hebt ten opzichte van andere kinderen van je leeftijd?

Lastig in te schatten, ik heb altijd hoge verwachtingen. Ik denk dat ik ook wel hoog heb gescoord en zou het vervelend vinden als dat niet zo was

3 Wat is jouw methode om rijtjes te leren? Bijvoorbeeld idioom bij een taal. Heb je dat altijd zo gedaan of is je systeem in de loop van de jaren veranderd? Waarom is het dan veranderd?

WRTS alleen de mondelinge overhoring. Blijkt altijd goed te zijn.

4 Wat vind je de prettigste manier om de stof in de les op te pikken? Luister je alleen, schrijf je mee, heb je behoefte aan plaatjes of doe je nog iets anders? Zijn daar ook verschillen in per vak?

Ik schrijf niet mee, ik luister en als de aandacht verslapt, lees ik mee.

5 Hoe werkt dat bij wiskunde? Welke methodes gebruik je om wiskunde te leren beheersen en werken die methodes ook?

Ik doe weinig in de les. Ik ben geheel zelfstandig bezig met wiskunde.

6 Hoe belangrijk vind jij de rol van de docent bij het aanleren van wiskunde?

Als vraagbaak als ik hem nodig heb.

7 Hoe verwerk je de aangeleerde wiskunde thuis? Hoe lang zit je aan je wiskunde huiswerk? Ben je dan vooral aan het nadenken of juist aan het maken?

Vooraf de gemengde opgaven aan het eind van een hoofdstuk maken en hiaten vullen

8 Kon jij op de basisschool de tafels van vermenigvuldiging eenvoudig uit je hoofd leren? Hoe deed je dat? Steeds herhalen of de dag van tevoren even een keer doornemen?

Automatiseren is lastig voor mij. Dat is dus nooit goed gelukt.

9 Zijn er bij wiskunde onderwerpen waarvan je het idee hebt dat je ze vroeger niet goed onder de knie hebt gekregen en daar nu last van hebt? Zo ja, kun je één of meerdere voorbeelden noemen?

Alleen de tafels van vermenigvuldiging

10 Heb je zelf een idee hoe je je geheugen gebruikt bij het leren?

Ik hoef niets maar een paar keer te zien dan weet ik het ook na langere tijd nog

Interview met leerlingen t.b.v. 'Werkgeheugen en wiskunde' onderzoek.

Naam: **Leerling 3**

1 Wat is je leeftijd?

15 jaar

2 Hoe vond je de geheugentest gaan? Hoe denk je dat je gescoord hebt ten opzichte van andere kinderen van je leeftijd?

Ging wel goed, ik denk een gemiddelde score

3 Wat is jouw methode om rijtjes te leren? Bijvoorbeeld idioom bij een taal. Heb je dat altijd zo gedaan of is je systeem in de loop van de jaren veranderd? Waarom is het dan veranderd?

Eerst de vertalingen afdekken en op volgorde leren. Daarna nog met WRTS

4 Wat vind je de prettigste manier om de stof in de les op te pikken? Luister je alleen, schrijf je mee, heb je behoefte aan plaatjes of doe je nog iets anders? Zijn daar ook verschillen in per vak?

Ik luister en maak aantekeningen zodat ik kan teruglezen wat in de les is gezegd.

5 Hoe werkt dat bij wiskunde? Welke methodes gebruik je om wiskunde te leren beheersen en werken die methodes ook?

De uitleg pik ik op in de les, dan maak ik ca. 3 opgaven per paragraaf en de test jezelf. Soms kijk ik nog naar extra uitleg op internet.

6 Hoe belangrijk vind jij de rol van de docent bij het aanleren van wiskunde?

Als ik zijn uitleg mis, dan moet ik thuis meer doen

7 Hoe verwerk je de aangeleerde wiskunde thuis? Hoe lang zit je aan je wiskunde huiswerk? Ben je dan vooral aan het nadenken of juist aan het maken?

Zie antwoorden bij 5 en 6

8 Kon jij op de basisschool de tafels van vermenigvuldiging eenvoudig uit je hoofd leren? Hoe deed je dat? Steeds herhalen of de dag van tevoren even een keer doornemen?

Heel veel herhalen in verschillende volgordes

9 Zijn er bij wiskunde onderwerpen waarvan je het idee hebt dat je ze vroeger niet goed onder de knie hebt gekregen en daar nu last van hebt? Zo ja, kun je één of meerdere voorbeelden noemen?

Ontbinden in factoren

10 Heb je zelf een idee hoe je je geheugen gebruikt bij het leren?

Geen idee

Interview met leerlingen t.b.v. 'Werkgeheugen en wiskunde' onderzoek.

Naam: **Leerling 4**

1 Wat is je leeftijd?

15 jaar

2 Hoe vond je de geheugentest gaan? Hoe denk je dat je gescoord hebt ten opzichte van andere kinderen van je leeftijd?

Ging goed, ik denk bovengemiddeld. Soms kwam ik er wel na afloop achter dat ik iets verkeerd had geïnterpreteerd.

3 Wat is jouw methode om rijtjes te leren? Bijvoorbeeld idioom bij een taal. Heb je dat altijd zo gedaan of is je systeem in de loop van de jaren veranderd? Waarom is het dan veranderd?

Herhalen en met een blaadje de vertalingen afdekken. Steeds meer tijd tussen de herhalingen.

4 Wat vind je de prettigste manier om de stof in de les op te pikken? Luister je alleen, schrijf je mee, heb je behoefte aan plaatjes of doe je nog iets anders? Zijn daar ook verschillen in per vak?

Ik luister vooral, aantekeningen maak ik alleen wanneer nodig. Een plaatje is soms tot steun.

5 Hoe werkt dat bij wiskunde? Welke methodes gebruik je om wiskunde te leren beheersen en werken die methodes ook?

Ik maak alle opdrachten in delen. Ik stel vragen en maak altijd een samenvatting

6 Hoe belangrijk vind jij de rol van de docent bij het aanleren van wiskunde?

De docent lost te vaak zelf op en dat biedt geen uitdaging. Ik werk nu zelfstandig

7 Hoe verwerk je de aangeleerde wiskunde thuis? Hoe lang zit je aan je wiskunde huiswerk? Ben je dan vooral aan het nadenken of juist aan het maken?

Thuis doe ik vrijwel niets voor wiskunde

8 Kon jij op de basisschool de tafels van vermenigvuldiging eenvoudig uit je hoofd leren? Hoe deed je dat? Steeds herhalen of de dag van tevoren even een keer doornemen?

Heel veel herhalen, ik ken ze nog steeds

9 Zijn er bij wiskunde onderwerpen waarvan je het idee hebt dat je ze vroeger niet goed onder de knie hebt gekregen en daar nu last van hebt? Zo ja, kun je één of meerdere voorbeelden noemen?

Nee.

10 Heb je zelf een idee hoe je je geheugen gebruikt bij het leren?

Ik kan makkelijk rijtjes stampen. Verbanden leggen en begrijpend lezen vind ik lastig. Ik weet niet hoe dat in mijn geheugen werkt.

Interview met leerlingen t.b.v. 'Werkgeheugen en wiskunde' onderzoek.

Naam: **Leerling 5**

1 Wat is je leeftijd?

15 jaar

2 Hoe vond je de geheugentest gaan? Hoe denk je dat je gescoord hebt ten opzichte van andere kinderen van je leeftijd?

Ik denk dat ik gemiddeld heb gescoord maar ik vond het wel lastig

3 Wat is jouw methode om rijtjes te leren? Bijvoorbeeld idioom bij een taal. Heb je dat altijd zo gedaan of is je systeem in de loop van de jaren veranderd? Waarom is het dan veranderd?

Doorlezen, dan afdekken en zowel voor- als achterwaarts oefenen. Niet door elkaar.

4 Wat vind je de prettigste manier om de stof in de les op te pikken? Luister je alleen, schrijf je mee, heb je behoefte aan plaatjes of doe je nog iets anders? Zijn daar ook verschillen in per vak?

Ik luister vooral en vind voorbeelden prettig. De exacte vakken maak ik meer opgaven

5 Hoe werkt dat bij wiskunde? Welke methodes gebruik je om wiskunde te leren beheersen en werken die methodes ook?

Ook luisteren en de belangrijkste sommen maken. Dat geeft de docent aan.

6 Hoe belangrijk vind jij de rol van de docent bij het aanleren van wiskunde?

Ik kan een docent wel missen.

7 Hoe verwerk je de aangeleerde wiskunde thuis? Hoe lang zit je aan je wiskunde huiswerk? Ben je dan vooral aan het nadenken of juist aan het maken?

Tussen de lessen door en nog een keer overkijken drie kwartier tot een uur voor de toets

8 Kon jij op de basisschool de tafels van vermenigvuldiging eenvoudig uit je hoofd leren? Hoe deed je dat? Steeds herhalen of de dag van tevoren even een keer doornemen?

Gewoon stampen. Ik moet nu wel langer nadenken.

9 Zijn er bij wiskunde onderwerpen waarvan je het idee hebt dat je ze vroeger niet goed onder de knie hebt gekregen en daar nu last van hebt? Zo ja, kun je één of meerdere voorbeelden noemen?

Misschien haakjes wegwerken

10 Heb je zelf een idee hoe je je geheugen gebruikt bij het leren?

Geen idee!