

DE ROL VAN RUIMTELIJKE VAARDIGHEDEN EN DE RUIMTELIJKE REPRESENTATIE VAN GETALLEN VOOR ONZE WISKUNDIGE VAARDIGHEDEN

EEN VERGELIJKING TUSSEN THEORETISCHE EN PRAKTISCHE
OPLEIDINGEN

Aantal woorden: 18591

Laura Soen

Studentennummer: 01705778

Promotoren: Prof. dr. Wim Fias, dr. Jean-Philippe van Dijck

Masterproef voorgelegd voor het behalen van de graad master in de Theoretische en Experimentele
Psychologie

Academiejaar: 2021 – 2022

Abstract

Volgens grootschalig PISA onderzoek gaan de wiskundige vaardigheden in Vlaanderen voor leerlingen uit het secundair onderwijs al enkele jaren achteruit. Daarom is er in de praktijk nood aan een antwoord op de vraag waarom dit zo is en hoe we de wiskundige vaardigheden van de schoolgaande jeugd weer kunnen verbeteren. Een verklaring zou kunnen zijn dat leerlingen die goed scoren op ruimtelijke taken ook beter zijn in wiskunde. Een andere nog niet onderzochte piste is dat wiskundige vaardigheden ook misschien samenhangen met de ruimtelijke representatie van getallen. Ten slotte wordt er in Vlaanderen enerzijds onderwijs gegeven met een theoretische aanpak en anderzijds een praktische aanpak. Daarom werd er in deze thesis onderzocht of leerlingen in een theoretische context anders scoren op ruimtelijke taken en wiskundige vaardigheden dan leerlingen in een praktische context met eenzelfde pakket wiskunde. Hierbij werd het verband tussen ruimtelijke en wiskundige vaardigheden onderzocht alsook de rol van de ruimtelijke numerieke representatie van getallen. Vier ruimtelijke taken werden afgenomen bij leerlingen uit het vijfde secundair ASO wetenschappen wiskunde en TSO industriële wetenschappen waarbij de intrinsieke, extrinsieke, statische en dynamische ruimtelijke vaardigheden werden gemeten. Ten slotte werden ook de wiskundige vaardigheden gemeten met twee wiskundige taken en de ruimtelijke numerieke representatie van getallen met de pariteitstaak en de ordinale positie effect taak. Resultaten tonen aan dat leerlingen uit een theoretische context beter scoren op zowel ruimtelijke als wiskundige vaardigheden dan leerlingen uit een praktische context. Bovendien zijn er positieve correlaties tussen de ruimtelijke en wiskundige taken, waarbij de correlatie het sterkst was tussen de spatiale oriëntatietoets en wiskundige vaardigheden. Hierbij was er geen link met de ruimtelijke numerieke representatie van getallen. In de praktijk kan bijgevolg ingezet worden op het trainen van ruimtelijke vaardigheden en het aanleren van wiskunde op een abstracte manier.

Sleutelwoorden: Ruimtelijke vaardigheden, ruimtelijke numerieke representatie van getallen, wiskundige vaardigheden, theoretisch onderwijs, praktisch onderwijs

Dankwoord

Het einde van een hoofdstuk voor mij, het begin van een hoofdstuk voor u als lezer. Na vijf mooie jaren in mijn studie aan de faculteit Psychologie en Pedagogische Wetenschappen is het einde aangebroken en daarbij kan deze masterproef niet ontbreken. Ik hoop dat u even graag mijn masterproef leest zoals ik plezier had in het voeren van dit onderzoek. Nu volgen enkele typische woorden van dank, maar zonder de mensen die de vorige vijf jaar op mijn pad kwamen zou deze masterproef niet tot stand kunnen gekomen zijn, dus ben ik ook iedereen oprecht dankbaar.

Allereerst wil ik alle lesgevers en professoren bedanken die mijn interesse in psychologie, cognitie, het brein en het onderzoek zo groot hebben gemaakt. Ik ben hen dankbaar voor alle feedback die ik mocht ontvangen de voorbije jaren die mij als persoon en als wetenschapper hebben doen groeien. Verder wil ik ook mijn promotoren Prof. Wim Fias en Dr. Jean-Philippe van Dijck bedanken om mij te ondersteunen in dit proces van twee jaar boeiend onderzoek wat geleid heeft tot deze masterproef.

Vervolgens wil ik ook graag alle scholen bedanken die wilden deelnemen aan dit onderzoek. Natuurlijk ook grote dank aan de leerlingen die twee lessen hebben opgeofferd om extra wiskundige en ruimtelijke taken te maken. Graag wil ik ook de derde bachelor studenten van de Thomas Moore hogeschool Antwerpen bedanken om mee te helpen in de dataverzameling. Ook wil ik Laurence De Wilde bedanken waarmee ik ook samenwerkte tijdens het onderzoeksproces.

Tenslotte wil ik natuurlijk mijn ouders niet vergeten bedanken. Zij hebben mij altijd gesteund in alle keuzes die ik maakte en hebben mij laten kiezen voor een studierichting die ik met veel goesting en passie wilde voltooien. Dankjewel ook aan alle mensen die op mijn pad kwamen en mijn vijf jaren aan de universiteit Gent heel boeiend en interessant hebben gemaakt.

Tot in een volgend hoofdstuk!

Inhoudsopgave

Inleiding	1
Wiskunde in Vlaanderen	1
Eindtermen wiskunde	1
<i>Eindtermen per graad</i>	2
<i>Eindtermen peilingsonderzoek</i>	3
PISA onderzoek.....	4
Theoretisch en Praktisch Onderwijs	5
Vergelijking ASO en TSO.....	5
Abstract en concreet	6
Wiskundige Vaardigheden	7
Ruimtelijke numerieke representatie en wiskundige vaardigheden	7
<i>SNARC-effect</i>	8
<i>Ordinale positie effect</i>	8
Ruimtelijke vaardigheden en wiskundige vaardigheden	9
Ruimtelijke vaardigheden, ruimtelijke numerieke representatie en wiskundige vaardigheden ..	10
Doel van de Thesis	11
Methode	13
Participanten	13
Materiaal	13
Wiskundige vaardigheden.....	14
Figuur 1	15
Ruimtelijke numerieke representaties.....	15
<i>Lange termijn ruimtelijke numerieke representatie: SNARC</i>	15
<i>Pariteitstaak</i>	15
Figuur 2	16
<i>Ruimtelijke representaties in het werkgeheugen: OPE</i>	16
<i>OPE-taak</i>	16
Figuur 3	18
Figuur 4	19
Ruimtelijke vaardigheden	19
<i>Intrinsiek-statisch</i>	19
<i>Leuven Embedded Figures Test (L-EFT)</i>	19
Figuur 5	20
<i>Intrinsiek-dynamisch</i>	20

<i>Mentale rotatietaak</i>	20
Figuur 6	21
<i>Extrinsiek-statisch</i>	21
<i>Ruimtelijke schaaltaak</i>	21
Figuur 7	22
Figuur 8	23
<i>Extrinsiek-dynamisch</i>	23
<i>Spatiale oriëntatietaak</i>	23
Figuur 9	24
Procedure	24
Analyses	25
Wiskundige Taken	26
Pariteitstaak	26
Ordinale Positie Effect Taak	27
Leuven Embedded Figures Test	27
Mentale Rotatietaak	28
Ruimtelijke Schaaltaak	28
Spatiale Oriëntatietaak	28
Resultaten	28
Ruimtelijke Numerieke Representatie van Getallen	28
SNARC-effect	28
OPE	29
Figuur 10	29
Vergelijking Studierichtingen	30
Figuur 11	31
Figuur 12	31
Figuur 13	32
Figuur 14	32
Figuur 15	33
Figuur 16	33
Figuur 17	34
Tabel 1	34
Correlationeel Verband	35
Tabel 2	36
Tabel 3	37

Tabel 4	37
Figuur 18	38
Discussie	38
Verschil ASO Wetenschappen Wiskunde en TSO Industriële Wetenschappen	39
Verband Ruimtelijke Vaardigheden en Wiskundige Vaardigheden	40
Ruimtelijke Numerieke Representatie van Getallen	42
Praktische Richtlijnen voor de Toekomst	42
Beperkingen en Richtlijnen Toekomstig Onderzoek	43
Conclusie	45
Bijlage 1	46
Bijlage 2	48
Bijlage 3	50
Bijlage 4	51
Bijlage 5	52
Referenties	54

Inleiding

Wiskunde bestaat al duizenden jaren, maar toch ontbreekt nog heel wat inzicht in dit vak. In de praktijk is er nood naar dit inzicht. Onder meer uit onderzoek blijkt dat wiskundige prestaties van leerlingen uit het secundair onderwijs in Vlaanderen de laatste jaren een dalende trend hebben. Vlaamse secundaire leerlingen hebben immers de op één na grootste daling in wiskundige geletterdheid wereldwijd (OECD, 2019). Meer inzicht in het verwerven van wiskundige vaardigheden is dus noodzakelijk en kan helpen om wetenschappelijk onderbouwde adviezen en aanbevelingen te vormen die gebruikt kunnen worden in de praktijk. Gezien wiskunde aangeleerd wordt in verschillende studiecontexten, praktisch enerzijds en theoretisch anderzijds, is het bovendien belangrijk om de rol van verschillende studiecontexten bij het ontwikkelen van wiskundige vaardigheden te onderzoeken. In deze inleiding wordt eerst de situatie in Vlaanderen geschetst, dan wordt er gekeken wat er in de literatuur vermeld wordt over praktisch en theoretisch onderwijs. Tenslotte worden wiskundige vaardigheden in relatie met ruimtelijke numerieke representaties en ruimtelijke vaardigheden besproken. Hierbij ligt de focus op mogelijke verschillen tussen concreet versus abstract onderwijs.

Wiskunde in Vlaanderen

Vooraleer er dieper ingegaan wordt op het cognitief aspect van wiskunde, is het belangrijk om een kort beeld te schetsen over hoe wiskunde onderwezen wordt in Vlaanderen. Wat de verschillen zijn tussen opleidingen en hoe Vlaanderen scoort ten opzichte van de rest van de wereld.

Eindtermen Wiskunde.

Hoe wordt wiskunde onderwezen in Vlaanderen en welke vaardigheden moeten verworven worden door leerlingen? Dit wordt vastgelegd in eindtermen voor wiskunde. In Vlaanderen gebeurt dit door de Vlaamse Overheid. De eindtermen worden vervolgens weergegeven in leerplannen, opgesteld door instellingsbesturen (het Vlaams Ministerie van Onderwijs en Vorming, z.d.). Dit zijn onder andere het GO! onderwijs van de Vlaamse Gemeenschap en het Katholieke onderwijs. De eindtermen verschillen per graad in het secundair onderwijs (Agentschap voor Hoger Onderwijs, Volwassenenonderwijs, Kwalificaties en Studietoelagen, z.d.). Er zijn dus verschillende eindtermen voor de eerste graad (eerste en tweede secundair), de tweede graad (derde en vierde secundair) en de derde graad (vijfde en zesde secundair). Bovendien zijn er ook verschillen in eindtermen afhankelijk van welke studierichting gekozen

wordt. Zo wordt er in de eindtermen een basispakket van wiskundige vaardigheden omschreven, die alle leerlingen op het einde van het schooljaar moeten verworven hebben. Leerlingen die kiezen voor een uitbreiding wiskunde (6u wiskunde of meer) moeten supplementaire doelstellingen bovenop het basispakket verwerven. Deze doelstellingen staan beschreven in de specifieke eindtermen. De eindtermen zijn door iedereen vrij te raadplegen op de website van de Vlaamse overheid (Agentschap voor Hoger Onderwijs, Volwassenenonderwijs, Kwalificaties en Studietoelagen, z.d.).

Tenslotte is het belangrijk om op te merken dat de huidige eindtermen en leerplannen voor de tweede en derde graad dateren van 20 jaar geleden (Willems, 2021). Nieuwe eindtermen voor de eerste graad zijn reeds van kracht sinds september 2019 en september 2020 voor het eerste en tweede middelbaar respectievelijk. Mits toestemming van het Grondwettelijke Hof worden nieuwe eindtermen in de nabije toekomst gradueel toegepast in de tweede en derde graad.

Eindtermen per graad.

Om een vergelijking te maken tussen verschillende studierichtingen is het ook van belang om na te gaan of wiskunde op een gelijkaardige manier onderwezen wordt over studierichtingen heen. Hierbij kan gekeken worden naar de inhoud van de eindtermen. In de eerste graad krijgen leerlingen een algemene vorming, waarbij aan elke leerling eenzelfde basispakket van vakken wordt aangeboden (Vlaamse overheid, z.d.). Het eerste leerjaar wordt opgesplitst in een A-stroom en B-stroom. De B-stroom is bedoeld voor leerlingen die nood hebben aan een trager lestempo. In het tweede leerjaar is er een keuze uit verschillende opleidingen. De leerlingen krijgen hierbij een gemeenschappelijk basispakket aan vakken. Naast dit basispakket kan er gekozen worden voor humane richtingen (bijvoorbeeld ‘Maatschappij en Welzijn’), STEM richtingen (bijvoorbeeld ‘STEM wetenschappen’) of een andere optie naar eigen keuze (bijvoorbeeld ‘Latijn’). In de eerste graad krijgen alle leerlingen uit de A-stroom dezelfde inhoud voor wiskunde onderwezen (Katholiek onderwijs Vlaanderen, 2020).

Vanaf de tweede graad is er een opsplitsing in theoretische studierichtingen, het algemeen secundair onderwijs (ASO), en praktische studierichtingen, het technisch secundair (TSO) en het kunst secundair onderwijs (KSO). Het beroeps secundair onderwijs (BSO) dient ter voorbereiding van een beroep, zonder oog op verdere hogere studies (CLB, 2020). In de tweede graad is er een gemeenschappelijk leerplan voor wiskunde (leerplan A) voor alle studierichtingen uit het ASO (Katholiek onderwijs Vlaanderen, 2002a). Bij het KSO en TSO is er een gemeenschappelijk leerplan voor het eerste leerjaar (Katholiek onderwijs

Vlaanderen, 2002b). Voor het tweede leerjaar zijn er verschillende leerplannen uitgewerkt afhankelijk van de gekozen basisoptie, er werd onder meer een leerplan A en een leerplan B opgesteld (Katholiek onderwijs Vlaanderen, 2002b). De studierichtingen die het leerplan A volgen in het TSO en KSO (bijvoorbeeld industriële wetenschappen en handel), voldoen aan dezelfde eindtermen als degene beschreven in het leerplan wiskunde voor ASO.

Vanaf de derde graad kan er gekozen worden voor een studierichting met of zonder de uitbreiding wiskunde, zowel in het ASO, TSO en KSO (CLB, 2020). Wat betreft de derde graad worden voor ASO, TSO en KSO-studierichtingen met meer dan zes lessen wiskunde dezelfde doelstellingen voor wiskunde opgesteld in het leerplan. Hetzelfde geldt voor studierichtingen met drie lessen wiskunde. De leerplannen voor theoretische (ASO) en praktische studierichtingen (TSO en KSO) zijn dus vergelijkbaar met elkaar op het vlak van wiskunde in Vlaanderen.

Eindtermen peilingsonderzoek.

Hoe scoren de verschillende studierichtingen in de praktijk op het behalen van de vooropgestelde eindtermen? Jaarlijks worden er op vraag van de Vlaamse Overheid ook peilingen gedaan naar de beheersing van de eindtermen wiskunde. In de eerste graad van het secundair onderwijs in de A-stroom vonden onderzoekers in 2018 dat leerlingen die kozen voor de basisopties Latijn en Grieks-Latijn over de gehele lijn het best scoorden (Steunpunt toetsontwikkeling en peilingen, 2018). Net zoals de leerlingen die kozen voor industriële wetenschappen en techniek-wetenschappen. De leerlingen die het slechts scoorden kozen voor andere technische en artistieke opties. Een belangrijk aspect dat samenhangt met deze resultaten is hoeveel motivatie de leerlingen hebben voor wiskunde en hoe belangrijk ze het vak vinden. Deze kenmerken zijn opnieuw het hoogst voor leerlingen die kozen voor de basisoptie klassieke talen, industriële wetenschappen en techniek-wetenschappen.

Uit peilingen in 2014 van de derde graad blijkt dat slechts een zeer kleine minderheid uit het TSO en KSO met het minimumaantal uur wiskunde de eindtermen beheerst (Steunpunt toetsontwikkeling en peilingen & AKOV, 2014). Daartegenover, de leerlingen uit industriële wetenschappen en techniek-wetenschappen met het hoogst aantal uren wiskunde scoren goed tot zeer goed. De groep ertussen scoort slechts matig. Wanneer er gekeken wordt naar het ASO behaalt slechts een klein deel van de leerlingen de eindtermen voor wiskunde. De leerlingen die de uitbreiding wiskunde volgen scoren goed tot zeer goed. De leerlingen zonder de uitbreiding wiskunde scoren matig. Bovendien keken de onderzoekers naar het verschil

tussen de prestaties op de basis eindtermen en de specifieke eindtermen. Basis eindtermen worden verwacht gekend te zijn door elke secundaire leerling. Hierbij werden onder meer de onderdelen reële functies, goniometrische functies, afgeleiden, problemen oplossen en exponentiële functies onderzocht. De specifieke eindtermen zijn enkel van toepassing voor leerlingen die kozen voor een uitbreiding wiskunde. In dit peilingsonderzoek werd als extra naar algebra, analyse, ruimtemeetkunde en statistiek vaardigheden gekeken bij leerlingen die de uitbreiding wiskunde volgen. Wat de onderzoekers vaststelden is dat de basis eindtermen voor de leerlingen met de uitbreiding wiskunde worden behaald, maar dat de prestaties op de specifieke eindtermen zwak zijn. Zo behaalt minder dan 40 procent van deze leerlingen de specifieke eindtermen voor algebra, analyse en statistiek. Voor ruimtemeetkunde is dit 48 procent.

Samengevat, studierichtingen met een hoog aantal uren wiskunde, zowel uit theoretische als praktische studierichtingen, beheersen de basis eindtermen van wiskunde goed, maar scoren zwak op specifieke eindtermen.

PISA onderzoek.

Hoe goed scoren Vlaamse leerlingen op wiskunde in vergelijking met de rest van de wereld? Driejaarlijks vindt het Programme for International Student Assessment (PISA) plaats (OECD, 2019). In deze internationale studie wordt de leesvaardigheid alsook de wiskundige en wetenschappelijke geletterdheid van 15-jarigen getest. De laatste studie vond plaats in 2018 waarbij 4822 Vlaamse studenten deelnamen uit diverse scholen en studierichtingen (OECD, 2019). Hierbij werden de studenten onderworpen aan cognitieve testen en moesten ze ook een vragenlijst invullen. De ouders en scholen vulden ook een vragenlijst in.

Uit de resultaten blijkt dat Vlaanderen tussen de zevende en dertiende plaats staat op de internationale ranking voor de gemiddelde prestatie op wiskundige geletterdheid. Aziatische landen zoals onder meer China en Singapore lopen op kop. Een opvallend gegeven is echter dat het aantal toppresterders in Vlaanderen de voorbije jaren significant gedaald is voor wiskunde. Waar er in 2003 nog 34,3% van de leerlingen een topniveau behaalde, is dit gedaald in 2018 naar 18,8%. Anderzijds, het aantal Vlaamse leerlingen dat het wiskundig referentieniveau niet behaalt, is gestegen van 11,4% in 2003 naar 17,3% in 2018. Bovendien zakten de algemene wiskundeprestaties van de 10% zwakste en 10% sterkste Vlaamse presteerders significant over de jaren heen. De gemiddelde score in Vlaanderen op wiskundige geletterdheid daalt bovendien met 35 punten. Dit is de op één na sterkste daling

van alle deelnemende landen. Het is van praktisch belang om na te gaan waarom deze daling plaatsvindt en hoe er ingegrepen kan worden.

Theoretisch en Praktisch Onderwijs

Hiervoor gaan we kijken naar de schoolcontext in Vlaanderen. Wiskunde wordt immers onderwezen in verschillende opleidingscontexten. Enerzijds zijn er leerlingen die kiezen voor een theoretische opleiding, anderzijds zijn er ook leerlingen die een praktische aanpak prefereren. Wiskunde leren in een verschillende context heeft dus mogelijks een impact op het bezitten van bepaalde wiskundige vaardigheden.

Vergelijking ASO en TSO.

Uit het peilingsonderzoek blijkt dat leerlingen in studierichtingen met het hoogst aantal uren wiskunde, zowel voor ASO als voor TSO goed tot zeer goed scoren, vooral op het basispakket wiskunde (Steunpunt toetsontwikkeling en peilingen & AKOV, 2014). Ook scores behaald in het ASO en TSO met een lager aantal uren wiskunde zijn vergelijkbaar met elkaar. Hoewel het wiskunde pakket gelijkaardig is, zijn er toch een aantal verschillen tussen de studierichtingen van het ASO en TSO in de derde graad. Een belangrijk verschil is dat er in het TSO gefocust wordt op heel wat technische en praktische vakken. Neem bijvoorbeeld leerlingen die een studierichting met een hoog aantal uren wiskunde volgen, zoals industriële wetenschappen. Zij krijgen vakken als mechanica en elektronica onderwezen. (Wittoek, Verrychken, Devos, & Veulemans, 2021a). Bovendien leren ze ook wiskunde toe te passen in technologie en wordt er gebruik gemaakt van software om ruimtelijke vormen te ontwerpen (Wittoek, Verrychken, Devos, & Veulemans, 2021a).

Wat betreft de studierichtingen met een laag aantal uren wiskunde, zoals sociaal technische wetenschappen, is er ook focus op meer praktijkgerichte vakken. Zo leren studenten onder meer hoe ze een sociale activiteit organiseren (Wittoek, Verrychken, Devos, & Veulemans, 2021b). In het ASO daarentegen wordt er meer gefocust op theoretische vakken, waarbij er minder focus is op praktijk. Bovendien bereidt het ASO leerlingen voor om door te stromen naar het hoger onderwijs. In de studierichting wetenschappen wiskunde is er focus op theoretische vakken zoals talen, maar leren de studenten ook empirische gegevens verzamelen en interpreteren (Wittoek, Verrychken, Devos, & Veulemans, 2021c). In een studierichting met een laag aantal uren wiskunde, zoals humane wetenschappen, worden cultuurwetenschappen en gedragswetenschappen theoretisch onderwezen (Wittoek, Verrychken, Devos, & Veulemans, 2021d). Waar er in het TSO de nadruk ligt om

aangeleerde vaardigheden toe te passen in de praktijk, ligt de focus van het ASO op het theoretisch onderwijzen van vakken. Het leren van wiskunde in verschillende contexten (theoretisch of praktisch) zou dus een invloed kunnen hebben op het verwerven van verschillende wiskundige vaardigheden.

Abstract of concreet.

In de literatuur is er discussie over wat beter werkt bij het aanleren van wiskunde. Is een abstracte theoretische aanpak beter of wordt wiskunde beter aangeleerd op een concrete, praktische manier? Een voordeel van een concrete aanpak is dat deze methode gemakkelijk te begrijpen is en dat studenten dan ook de link zien naar het gebruik van wiskunde in het dagelijkse leven (Goldstone & Son, 2005). Een nadeel ervan is dat concrete informatie veel specifieke details bevat waardoor het voor studenten soms moeilijk is om de essentie ervan te begrijpen. Vaak is het dan moeilijker om nieuw geleerde concrete informatie toe te passen in andere contexten (Ainsworth, 2006). Dit is niet het geval bij abstracte concepten, waarbij het gemakkelijker is om de essentie van een concept te begrijpen en dit toe te passen in andere situaties. Kaminski et al. (2008) toonden dit aan in een studie waarbij ze studenten een nieuw wiskundig concept aanleerden. Bij de ene groep werd dit aangeleerd op een abstracte manier, bij de andere werd het concept op een concrete manier aangeleerd. Vervolgens moesten de studenten een taak uitvoeren waarbij het aangeleerde concept toegepast moest worden in een nieuwe wiskundige oefening. De groep die het concept had aangeleerd op een abstracte manier scoorde beter hierop. Dit experiment werd later gerepliceerd door Bock et al. (2011) waarbij zij gelijkaardige resultaten vonden, maar ze vonden bovendien dat studenten die een concept concreet aanleerden dit concept ook konden toepassen in een andere concrete context.

Een andere studie toont dan weer aan dat het belangrijk is om beide te combineren (McNeil & Fyfe, 2012). Studenten werden opgedeeld in drie verschillende condities. In de ene conditie werd een nieuw wiskundig concept abstract aangeleerd, in de andere conditie werd dit concreet aangeleerd en in de laatste werd er gewisseld van een concrete naar een abstracte aanpak. De studenten in de abstracte conditie deden het beter dan in de concrete conditie, maar het beste resultaat werd behaald door studenten die wisselden van een concrete naar een abstracte aanpak.

De meeste studies rond abstracte of concrete wiskunde werden gedaan in isolatie, door gebruik te maken van slechts één nieuw aan te leren concept waarbij de ecologische validiteit in vraag gesteld kan worden. In de realiteit is het immers een ander verhaal, waar leerlingen

een volledige opleiding volgen in een theoretische of praktische context. In de peilingsonderzoeken in Vlaanderen werd bovendien gezien dat studenten uit praktische en theoretische opleidingen gelijkaardige resultaten behalen op wiskunde. Meer onderzoek en inzicht over de impact van theoretische en praktische opleidingen op wiskundige vaardigheden is dus noodzakelijk.

Wiskundige Vaardigheden

Vooraleer te kijken naar de impact van theoretische en praktische studierichtingen op het verwerven van wiskundige vaardigheden is het van belang om een stapje terug te zetten en te weten hoe wiskundige vaardigheden verworven worden. Wat is noodzakelijk om aan wiskunde te kunnen doen? Allereerst is het belangrijk dat getallen kunnen gerepresenteerd worden in een ruimte. Zonder deze vaardigheid is het onmogelijk om tot de wiskunde en al zijn ontdekkingen te komen die we op de dag van vandaag kennen (Lakoff & Núñez, 2011). Als je in het dagelijks leven met wiskunde in aanmerking komt, zie je de relatie tussen getallen en ruimte zeker en vast. Bijvoorbeeld als je een lat gebruikt, de klok leest of een grafiek bekijkt, komt deze relatie tevoorschijn.

Ruimtelijke numerieke representatie en wiskundige vaardigheden.

Uit onderzoek blijkt dat de ruimtelijke representatie van getallen gelinkt is aan wiskunde prestaties (Hawes & Ansari, 2020). De vraag is echter welke van die ruimtelijke numerieke associaties (SNAs) geassocieerd zijn met betere wiskunde prestaties en welke rol ze spelen in de ontwikkeling ervan. Een review van Cipora et al. (2018) toont aan dat niet alle SNAs gecorreleerd zijn met het behalen van wiskunde prestaties. Bepaalde hogere SNA-scores zijn gelinkt met betere wiskunde prestaties, en andere niet. Er zijn zelf SNA-scores die gelinkt worden met zwakkere wiskunde prestaties. Bovendien tonen de onderzoekers ook aan dat het trainen van SNAs kan leiden tot betere wiskunde prestaties. In een studie van Siegler en Booth (2004) werd er onderzoek gedaan naar het schatten van getallen op een lijn bij jonge kinderen. Hierbij kregen de kinderen een lijn te zien met de cijfers 0 in het begin en 100 op het einde. Vervolgens kregen ze een nummer te horen (bijvoorbeeld 72) en moesten ze schatten waar op de lijn dit nummer zich bevond. Kinderen die het beter deden op deze taak, deden het ook beter op wiskunde testen. Of SNAs gelinkt zijn met wiskundige vaardigheden hangt dus af van welke SNA gebruikt werd. Bovendien zijn verschillende types van SNAs gelinkt aan andere wiskundige vaardigheden (Cipora et al., 2020).

SNARC-effect.

Een reeds lang bestudeerde SNA is het SNARC effect (Spatial Numerical Association of Response Codes) (Dehaene et al., 1993). Participanten moeten in dit paradigma een linker of een rechter respons geven, afhankelijk van de grootte van getallen die ze te zien krijgen. Hierbij wordt er waargenomen dat participanten sneller zijn wanneer ze bij een laag cijfer moeten drukken op een linker toets (ten opzichte van een rechter toets) of bij een hoog cijfer moeten drukken op een rechter toets. Dit is een impliciete, automatische taak waarbij enkel kennis van nummergeepte nodig is. Bovendien werd dit effect al vaak gerepliceerd. Dit kan dus mogelijk een SNA type zijn dat gecorreleerd is met prestaties op wiskundige testen. Dit werd dan ook onderzocht door verschillende studies, maar de resultaten hiervan zijn niet eenduidig (Cipora et al., 2020).

Cipora et al. (2020) concluderen dat er voor de meeste studies geen significante correlatie werd gevonden tussen het SNARC-effect en wiskundige vaardigheden. Studies die wel een effect vonden maakten gebruik van participanten groepen die ofwel heel laag scoorden op wiskunde testen ofwel heel hoog. Bovendien was de correlatie anders voor kinderen en volwassenen. Kinderen met betere wiskunde prestaties vertoonden een sterker SNARC-effect, terwijl voor volwassenen het omgekeerde gold. Ten slotte gebruikten verschillende studies andere methodes om wiskunde vaardigheden te meten. Zo vergeleken Crollen et al. (2015) kinderen met non-verbale leerstoornissen (NVLD) met een controlegroep. De kinderen uit de NVLD-groep vertoonden geen SNARC-effect, de controlegroep wel. Hierbij worden algemene wiskundige vaardigheden dus vergeleken met het SNARC-effect. Dit zegt dus niets over specifieke wiskundige vaardigheden. In een andere studie (Cipora & Nuerk, 2013) werd het verband tussen het SNARC effect en specifiek rekenvaardigheid onderzocht, maar werd er geen significant verband gevonden.

Bij specifieke onderdelen van wiskunde is het dan weer moeilijker om resultaten van het SNARC-effect te generaliseren naar andere wiskundige onderdelen. De discrepanties tussen de verschillende studies kan dus te wijten zijn aan deze verschillende meetmethodes. Meer onderzoek moet uitwijzen welke relatie er is tussen het SNARC-effect en wiskundige vaardigheden.

Ordinale positie effect.

Een ander paradigma waar volgorde belangrijker is dan de grootte van getallen is het ordinale positie effect (OPE) (van Dijck & Fias, 2011). In dit paradigma moeten de participanten een volgorde van getallen onthouden. Na het zien van de reeks worden getallen getoond waarbij

de participanten de volgorde van de getallen moeten onthouden. Vervolgens moeten ze een linker of een rechter respons geven als het getal respectievelijk even of oneven is, maar enkel als dit getal ook in de te onthouden reeks voorkwam. Er werd gevonden dat participanten sneller zijn om met een linker toets te antwoorden wanneer ze een getal te zien kregen dat in het begin van de reeks stond. Omgekeerd waren ze sneller om met een rechter toets te antwoorden wanneer het woord op het einde van de reeks stond. Dit effect werd gevonden onafhankelijk van de grootte van getallen. Onderzoek naar de link met de OPE en wiskundige vaardigheden is gering. Een studie van Lyons en Beilock (2011) toonde aan dat participanten die beter scoorden op een numerieke-orde taak ook beter waren in rekenkunde. Het zou daarom dus mogelijk zijn dat ook het OP effect gerelateerd is aan wiskundige vaardigheden. Verder onderzoek moet dit nog uitwijzen.

Ruimtelijke vaardigheden en wiskundige vaardigheden.

Ook ruimtelijke vaardigheden spelen een rol in de wiskundige vaardigheden. Verschillende studies rapporteerden al een relatie tussen de twee (Hawes & Ansari, 2020). Zo werd er onder meer aangetoond dat studenten met een betere ruimtelijke visualisatie ook meer slagen voor STEM (science, technology, engineering and mathematics) opleidingen (Wai et al., 2009). Bovendien is er een relatie tussen ruimtelijke visualisatie en verschillende takken van wiskunde, waarbij studenten met een betere ruimtelijke visualisatie het telkens beter deden op deze specifieke wiskunde taken (Mix & Cheng, 2012). Er werd bijvoorbeeld een link gevonden met algebra (Tolar et al., 2009), geometrie (Delgado & Prieto, 2004), maar ook meer geavanceerde wiskunde (Wei et al., 2012). Ruimtelijke vaardigheden is een abstract begrip waartoe verscheidene cognitieve processen bij betrokken zijn en het is moeilijk om een alomvattende definitie te geven over wat ruimtelijke vaardigheden zijn (Hegarty & Waller, 2005).

Uttal et al. (2013) stelden een mogelijke classificatie voor, waarbij ze een onderscheiding maken tussen vier verschillende types van vaardigheden. Ten eerste is er een onderscheid tussen intrinsieke en extrinsieke ruimtelijke vaardigheden. Bij intrinsieke ruimtelijke vaardigheden gaat het om het herkennen van kenmerken van een individueel object en spelen enkel de kenmerken van de figuur zelf een rol. Een voorbeeld van zo een taak is de mentale rotatietaak (Vandenberg & Kuse, 1978), waarbij één object mentaal vanuit verschillende perspectieven moet voorgesteld worden. Een ander voorbeeld hiervan is de Leuven Embedded Figures Test (L-EFT) (Huygelier et al., 2018). Hierbij wordt een figuur getoond en moeten participanten deze figuur herkennen in andere lijntekeningen. Langs de andere kant

zijn er ook extrinsieke ruimtelijke vaardigheden. Daar gaat het om objecten die in relatie staan met andere objecten, hun omgeving of hun referentiekader. Een voorbeeld van zo een taak is de ruimtelijke schaaltaak (Möhring et al., 2014), waarbij participanten de plaats van eenzelfde object in de ene omgeving moeten aanduiden in een andere omgeving met een verschillende grootte. Een andere taak is de perspectief nemen taak (Kozhevnikov & Hegarty, 2001). Hierbij is het de bedoeling dat participanten perspectief van verschillende objecten kunnen nemen en kunnen aanduiden waar objecten in de omgeving zich bevinden ten opzichte van het eigen genomen perspectief. Bij de extrinsieke vaardigheden is het telkens belangrijk om te zien hoe verschillende items zich ruimtelijk verhouden ten opzichte van elkaar.

Ten tweede is er een onderscheid tussen statische en dynamische ruimtelijke vaardigheden. In een statische taak blijft het hoofdobject stilstaan, zoals bijvoorbeeld in de L-EFT (Huygelier et al., 2018). Bij dynamische vaardigheden moet het object bewogen en gemanipuleerd worden via inbeelding van de participanten, zoals bij de mentale rotatietaak. Een onderzoek naar deze vier types en hun relatie tot verschillende wiskundige domeinen en opleidingen heen werd nog niet uitgevoerd. Wel werd er al eerder gevonden dat sommige van deze types gerelateerd zijn aan bepaalde domeinen van de wiskunde (Gilligan et al., 2017). Zo is de mentale rotatietaak positief gecorreleerd met rekenvaardigheden bij kinderen (Cheng & Mix, 2014).

Ruimtelijke vaardigheden, ruimtelijke numerieke representatie en wiskundige vaardigheden.

Het SNARC-effect, het OP effect en ruimtelijke vaardigheden zijn of zouden gelinkt kunnen worden aan wiskundige vaardigheden. De volgende vraag die hierbij oprijst is welke rol ruimtelijke vaardigheden spelen in de ruimtelijke representatie van getallen. Hier opvolgend kan ook afgevraagd worden hoe ruimtelijke vaardigheden de relatie tussen wiskundige vaardigheden en de ruimtelijke representatie van getallen medieert. Om de rol van ruimtelijke numerieke representaties in wiskundige vaardigheden te begrijpen is het noodzakelijk om een inzicht te krijgen in hoe en in welke mate ruimtelijke vaardigheden hierbij een rol spelen. Eerder werd al aangetoond dat de mentale rotatietaak gecorreleerd is met het SNARC effect (Viarouge et al., 2014), maar verder onderzoek hiernaar ontbreekt.

Doel van de Thesis

Het doel van deze thesis is om meer inzicht te krijgen in de rol van de schoolcontext op de link tussen ruimtelijke vaardigheden en wiskunde. Uit het peilingsonderzoek naar de eindtermen van wiskunde blijkt dat minder dan de helft van de leerlingen die de uitbreiding wiskunde volgen, de eindtermen voor ruimtemeetkunde behalen. Bovendien toont het PISA onderzoek dat de wiskundige prestaties van Vlaamse leerlingen over de laatste jaren een significante dalende trend hebben (OECD, 2019). In de literatuur werd al eerder aangetoond dat leerlingen die een betere ruimtelijke visualisatie hebben, ook beter presteren in wiskundige en wetenschappelijke richtingen (Wai et al., 2009). Daarom kan een mogelijke verklaring voor de dalende trend in wiskundige prestaties gelinkt worden met verminderde ruimtelijke vaardigheden. Het is dus van belang om na te gaan of het geven van wiskunde in een verschillende context een invloed kan hebben op die ruimtelijke vaardigheden. In Vlaanderen wordt wiskunde gegeven in praktische en theoretische opleidingen. In praktische studierichtingen worden ruimtelijke vaardigheden toegepast in de praktijk, waarbij er bijvoorbeeld concreet gewerkt wordt met software om ruimtelijke vormen te ontwerpen (Wittoek, Verrychken, Devos, & Veulemans, 2021a). In theoretische opleidingen wordt er meer op een abstracte manier tewerk gegaan om wiskunde aan te leren (Wittoek, Verrychken, Devos, & Veulemans, 2021c). In deze thesis werd onderzocht of een praktische aanpak, waar ruimtelijke vaardigheden worden toegepast, leidde tot betere ruimtelijke vaardigheden en of er hierbij ook een link was met de wiskundige vaardigheden van leerlingen. Met dit inzicht kunnen concrete adviezen gegeven worden naar de praktijk toe om leerlingen beter te begeleiden of om op een andere manier wiskunde aan te leren, om zo het wiskundig niveau in Vlaanderen hoog te houden.

In dit onderzoek werd er gekozen voor de doelgroep leerlingen uit het 5^e jaar secundair ASO en TSO met de uitbreiding wiskunde. In de derde graad wordt immers een gespecialiseerde opleiding gekozen die eerder praktisch of theoretisch van aard is. In de uitbreiding wiskunde komt bovendien ook ruimtelijke meetkunde aan bod in het lessenpakket. De studierichting die onderzocht werd uit het ASO is wetenschappen wiskunde. De gekozen studierichting uit het TSO was industriële wetenschappen. In beide richtingen kregen de leerlingen een pakket van minstens zes uur wiskunde aangeboden. Ten eerste werd er nagegaan welke ruimtelijke vaardigheden een relatie hebben met wiskundige vaardigheden. De wiskundige vaardigheden van de leerlingen werden bekeken aan de hand van twee verschillende testen die verschillende sub domeinen van wiskunde maten. De ruimtelijke vaardigheden werden nagegaan voor de

vier types van ruimtelijke vaardigheden, voorgesteld door Uttal et al. (2013). De taken die hiervoor gebruikt werden zijn de Leuven Embedded Figures Test (L-EFT) (Huygelier et al., 2018), de mentale rotatietaak (Vandenberg & Kuse, 1978), de ruimtelijke schaaltaak (Möhring et al., 2014) en de perspectief nemen taak (Kozhevnikov & Hegarty, 2001). Er werd verwacht dat studenten die hoger scoorden op wiskundige vaardigheden ook beter scoorden op de ruimtelijke taken. Verder werd er gekeken of deze link meer uitgesproken was voor leerlingen uit praktische studierichtingen, die ruimtelijke taken in de praktijk leerden toepassen en of er ruimtelijke taken waren waarbij de ene groep beter scoorde dan de andere groep.

Tenslotte om ook meer inzicht te krijgen in ruimtelijke vaardigheden, werd er onderzocht of er een relatie was tussen de ruimtelijke numerieke representatie van getallen en ruimtelijke vaardigheden. Tot nu toe werden deze twee altijd apart onderzocht. Eén studie van Viarouge et al. (2014) onderzocht het SNARC effect in relatie met de mentale rotatietaak. Verder onderzoek hiernaar ontbreekt nog. Om de ruimtelijke numerieke representatie te meten werden het SNARC effect, via de pariteitstaak (Dehaene et al., 1993), en het ordinale positie effect (Ginsburg et al., 2014) onderzocht. Er werd ook gekeken of deze effecten verschillend waren voor studenten in een praktische en theoretische studierichting. Verder werd ook onderzocht (indien er een relatie gevonden werd tussen ruimtelijke vaardigheden en wiskundige prestaties) of ruimtelijke vaardigheden de relatie tussen de ruimtelijke numerieke representatie van getallen en wiskundige vaardigheden medieerde. Om samen te vatten werd in deze thesis onderzocht wat de link is tussen ruimtelijke vaardigheden en wiskundige vaardigheden en welke rol de schoolcontext speelt in deze link. Bovendien werd hierbij rekening gehouden met de rol van ruimtelijke numerieke representatie van getallen.

Methode

Participanten

In deze studie werden 217 Nederlandstalige leerlingen uit het vijfde jaar secundair ASO wetenschappen wiskunde, TSO industriële wetenschappen en TSO mechanische vormgevingstechnieken getest (109 mannen, 142 leerlingen ASO wetenschappen wiskunde, 47 leerlingen TSO industriële wetenschappen, $M_{leeftijd} = 16.07$, $SD_{leeftijd} = 0.53$). De leerlingen werden gerekruteerd uit verschillende middelbare scholen in Vlaanderen, waar de studie ook plaats vond. De inclusiecriteria waren normaal of gecorrigeerd zicht en leerling uit het vijfde jaar secundair met als studierichting ASO wetenschappen wiskunde of TSO industriële wetenschappen. Verder werden er ook nog 67 studenten met verschillende wiskundige achtergronden uit het eerste jaar toegepaste psychologie aan de Thomas Moore hogeschool in Antwerpen getest (22 mannen, 54 volgden een niet-wiskundige richting in het secundair, $M_{leeftijd} = 19.18$, $SD_{leeftijd} = 2.64$). Deze studie werd goedgekeurd door de Ethische Commissie van Faculteit Psychologie en Pedagogische wetenschappen van de Universiteit Gent. De deelnemers en hun ouders (van leerlingen uit het vijfde jaar secundair) werden geïnformeerd over de aard van de studie en gaven hun actieve toestemming voor de deelname aan het experiment en werden geïnformeerd dat ze elk moment hun deelname konden stopzetten zonder consequenties (zie bijlage 1 en bijlage 2). Ook de school kreeg een informatiebrief over het doel van de studie (zie bijlage 3). De geanonimiseerde data werden veilig bewaard volgens GDPR-protocollen.

Materiaal

De studie bestond uit zes verschillende testen waarbij zowel wiskundige vaardigheden als verschillende aspecten van ruimtelijke vaardigheden werden afgenomen. De testen bestonden uit een digitale testbatterij en één pen-en-papier taak. De digitale testbatterij werd geprogrammeerd in E-prime Go (Psychology Software Tools, 2020). Deze batterij werd online afgenomen of werd op de gebruikte laptop geplaatst aan de hand van een USB-stick. Aangezien de test werd afgenomen op verschillende laptops en computers (eigen laptop of schoolcomputer) met een verschillende grootte en schermresolutie, werd ervoor gezorgd dat de relatieve verhouding van de stimuli constant bleef door alles te schalen naar een 16:9 schermverhouding. Afhankelijk van de gebruikte test konden responsen gegeven worden door middel van een externe USB-muis of via het azerty toetsenbord. De leerlingen zaten op een afstand van ongeveer 50 cm van het scherm.

Wiskundige vaardigheden.

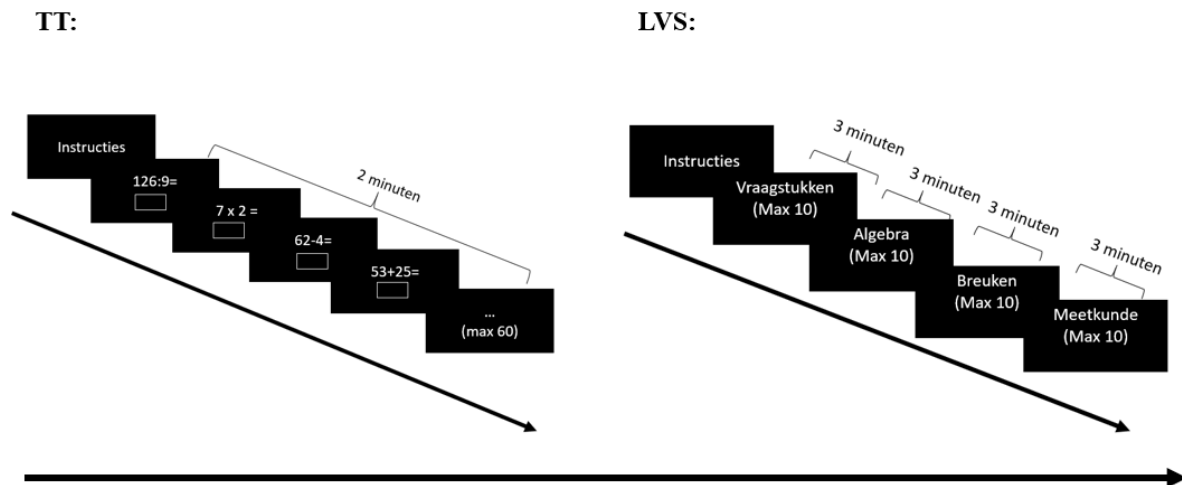
Om de wiskundige vaardigheden van studenten digitaal te meten werden de Tempo Test (TT) (Artemenko et al., 2018) en een verkorte versie van het leerlingenvolgsysteem (LVS) (Deloof, 2005) achtereenvolgens afgenomen (zie Figuur 1). Deze originele pen-en-papier taken werden gedigitaliseerd met Eprime Go (Psychology Software Tools, 2020).

De TT (Artemenko et al., 2018) is een korte hoofdrekentest en bestaat uit een reeks van 60 eenvoudige vermenigvuldigingen, delingen, optellingen en aftrekkingen (zie bijlage 4). Deze test kijkt naar de automatiseringsgraad van hoofdrekentaken en werd oorspronkelijk ontwikkeld en genormaliseerd voor leerlingen uit het zesde leerjaar. Onderzoek toont echter aan dat deze test ook voldoende discrimineert bij jongvolwassenen (van Dijck et al., 2022). Na de instructies verschenen hoofdrekentaken volgens een vast patroon (eerst een deling, dan een vermenigvuldiging, dan een aftrekking en dan een som; maximaal 60 hoofdrekentaken in totaal) gedurende twee minuten in het midden van het scherm op een zwarte achtergrond met een wit lettertype. De leerlingen werden geïnstrueerd om zo snel mogelijk het juiste antwoord in te vullen in het bijhorende invulhokje aan de hand van het numpad en de “enter” toets. De taak bleef staan tot een antwoord gegeven werd. De leerlingen kregen geen feedback op deze taak.

De verkorte versie van de LVS bestond uit 40 opdrachten (zie bijlage 5) gekozen uit de volledige LVS-versie (Deloof, 2005). Hierbij werden er na het krijgen van instructies telkens tien opdrachten aangeboden uit respectievelijk de volgende wiskundige domeinen: vraagstukken, algebra, breuken en meetkunde. De domeinen en taken werden in vaste volgorde afgenomen en de leerlingen kregen per domein drie minuten de tijd om zoveel mogelijk opdrachten correct op te lossen. De opdrachten verschenen in het midden van het scherm op een zwarte achtergrond met een wit lettertype. De leerlingen dienden het correcte antwoord in te vullen door middel van het numpad of het toetsenbord en de “enter” toets. Indien het antwoord niet gekend was, konden ze de letter “x” invullen. De leerlingen werden echter aangemoedigd om dit zo weinig mogelijk te doen. De volgende opdracht verscheen nadat een respons gegeven werd. De leerlingen kregen geen feedback op deze taak.

Figuur 1.

Design van de wiskundige vaardigheden testen



Notitie. De pijlen tonen het tijdsverloop van de taak. Eerst vervulde de leerlingen de TT waarbij ze twee minuten kregen om zoveel mogelijk hoofdrekeningen op te lossen. Hierbij was er een limiet van 60 hoofdrekeningen. Vervolgens vulden ze de LVS in waarbij telkens vier verschillende wiskundige domeinen aan bod kwamen. De leerlingen kregen per domein drie minuten de tijd om zoveel mogelijk opdrachten juist op te lossen. Er waren maximaal 10 opdrachten per domein. De hoofdrekeningen en opdrachten werden in vaste volgorde aangeboden.

Ruimtelijke numerieke representaties.

Lange termijn ruimtelijke numerieke representatie: SNARC.

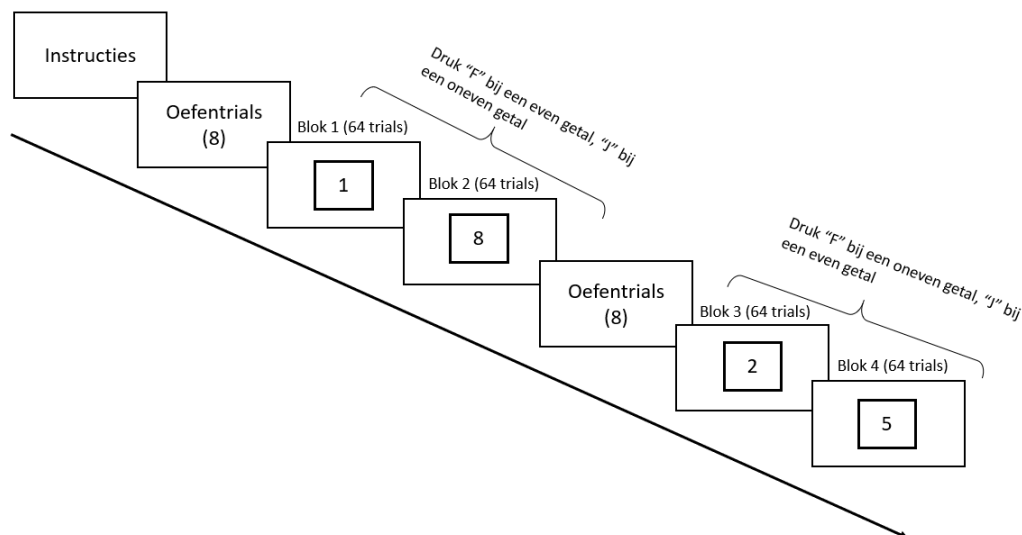
Pariteitstaak.

In de pariteitstaak (Figuur 2), gebaseerd op Dehaene et al. (1993), verscheen na de instructies een leeg, zwart omlijnd kader op een witte achtergrond (22% x 35% van de schermgrootte). In dit kader werd er per trial één cijfer aangeboden (van 1 tot en met 9) gedurende 2000 ms (Arial font, puntgrootte 48). De participanten werden geïnstrueerd om respectievelijk een linker respons te geven met de “F”-toets indien het cijfer even was en een rechter respons te geven met de “J”-toets indien het cijfer oneven was. Deze stimulus-respons mapping werd omgewisseld na het spelen van twee blokken. Tussen elke trial was er een interval van 1000 ms. In totaal speelden de leerlingen vier blokken van 64 trials met een pauze tussen elke blok. Elk cijfer werd per blok acht keer pseudo-random aangeboden. Hierbij werd ervoor gezorgd dat eenzelfde cijfer niet twee keer na elkaar verscheen. Aan het begin van de taak en bij het

omwisselen van de stimulus-respons mapping kregen de participanten acht oefentrials aangeboden. In tegenstelling tot de taak zelf kregen de participanten bij de oefentrials feedback over hun respons. Deze taak duurde ongeveer tien minuten.

Figuur 2.

Design pariteitstaak



Notitie. De pijl toont het tijdsverloop van de taak. De deelnemers speelden vier blokken van 64 trials waarbij ze moesten aangeven of het getal in het vierkant even of oneven was, met respectievelijk een linker en rechter respons. Deze respons-mapping werd omgewisseld in de derde en vierde blok.

Ruimtelijke representaties in het werkgeheugen: OPE.

OPE-taak.

Voor de ordinale positie effect taak (Ginsburg et al., 2014) werd er gebruik gemaakt van twee verschillende versies van de taak met dezelfde meetpretentie. De eerste taak werd afgenomen door de masterstudenten, de tweede taak door de bachelor studenten.

In de eerste versie van de taak (OPE 1) (Figuur 3) werden in een eerste memorisatie fase telkens vier woorden aangeboden, waarvan telkens twee woorden fruit waren en twee woorden groenten (random gekozen uit een lijst van 16 groenten en fruit woorden). De vier woorden verschenen één voor één 1500 ms in het midden van het scherm met een zwarte achtergrond in een wit lettertype, met telkens een interval van 500 ms tussen de woorden. Vervolgens werden de deelnemers geïnstrueerd om de woorden in volgorde te onthouden.

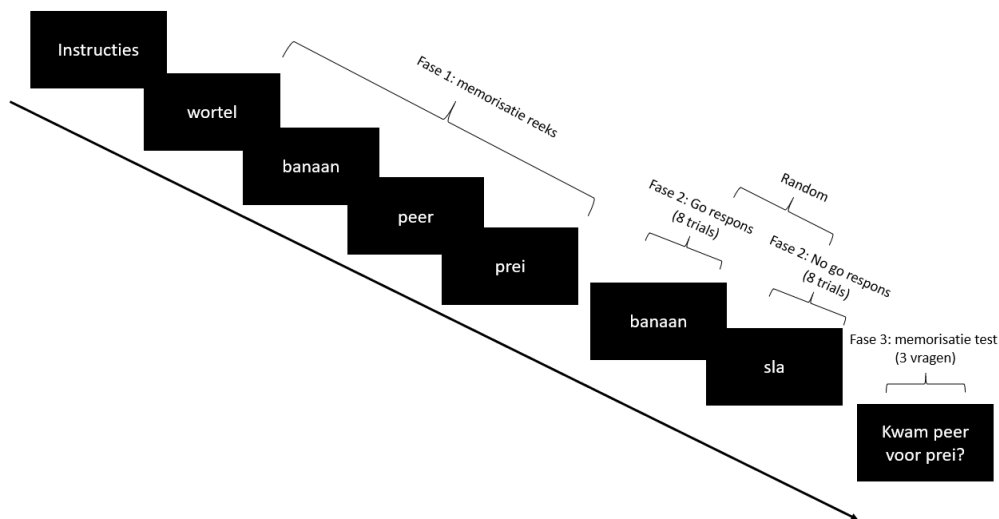
Hiervoor kregen ze 2000 ms. In een tweede fase werden 16 woorden gerandomiseerd één voor één aangeboden in het midden van het scherm tot een respons gegeven werd of na het verstrijken van 1500 ms. Dit waren woorden die eerder werden aangeboden in de eerste fase of nieuwe woorden. De deelnemers moesten enkel reageren indien het woord voorkwam in de eerste fase (8 trials van de 16). Dit deden ze door de linker “F” toets in te drukken als het woord een fruit was, en de rechter “J” toets als het woord een groente was. Deze respons-mapping werd omgewisseld na het spelen van negen blokken. De woorden uit de reeks van fase één werden allemaal één keer links en één keer rechts aangeboden. Indien deelnemers te traag waren verscheen de boodschap op het scherm om sneller te reageren. Vervolgens in de derde fase werd de memorisatie getest door het stellen van drie ja-nee vragen. Hierbij werd er gevraagd naar de volgorde van de te herinneren woorden uit fase één (bv. Kwam het woord ‘druif’ voor het woord ‘wortel’ in de reeks?). De participanten konden de vraag beantwoorden met ja of nee door respectievelijk de “j” en de “n” toets te gebruiken. In totaal speelden participanten 18 blokken van telkens drie fases. Voor de test startte kregen de participanten één oefenblok waarbij feedback gegeven werd op hun respons. De feedback werd niet gegeven bij de test zelf. Deze taak duurde ongeveer 25 minuten.

De tweede versie van de taak (OPE 2) (Figuur 4) bestond ook uit drie fases. In de eerste memorisatie fase werden vier letters voor 1500 ms aangeboden op het scherm met een witte achtergrond en zwart lettertype, met een interval van 500 ms tussen de letters waarbij een fixatiekruis werd gepresenteerd in het midden van het scherm. De letters werden telkens random gekozen uit een reeks van acht letters (T, R, S, L, F, K, Z, V). De deelnemers kregen de instructie om de letters in volgorde te onthouden. In de tweede fase werd er eerst een fixatiekruis aangeboden in het midden van het scherm voor 750 ms. Vervolgens werden 16 trials voltooid, waarbij twee vierkanten links en rechts op het scherm verschenen (respectievelijk het midden van het vierkant op 25% en 75% van de horizontale schermafstand). In het midden van de vierkanten stond ofwel een letter die aangeboden werd in fase één, ofwel een andere letter. De deelnemers dienden een linker “F” toets respons te geven indien de letter van de reeks in het linker vierkant verscheen en een rechter “J” toets respons indien de letter van de reeks in het rechter vierkant verscheen. Het gekozen vierkant lichtte groen op na het drukken op de overeenkomende toets. Elke letter uit de reeks verscheen twee keer in het linker vierkant en twee keer in het rechtervierkant. De letters bleven op het scherm staan totdat een respons gegeven werd of na het verstrijken van 1500 ms. Indien de deelnemers te traag waren verscheen op het scherm de boodschap om sneller te

reageren. Tenslotte in de derde fase werd getest of de reeks in correcte volgorde werd onthouden. Hiervoor verschenen drie keer twee letters onder elkaar op het scherm (op 33% en 67% van de verticale schermgrootte) en moesten de deelnemers aangeven welke letter eerst verscheen in de reeks van fase één. Dit konden ze doen door te klikken op de juiste letter. Beide letters bleven op het scherm staan totdat een respons gegeven werd. In totaal waren er 12 blokken van drie fases. Voor de test was er een oefenblok waarbij er feedback gegeven werd over de accuraatheid van de respons (aan de hand van een boze of blije smiley). Deze feedback werd niet gegeven in de testfase. Deze taak duurde ongeveer 15 minuten.

Figuur 3

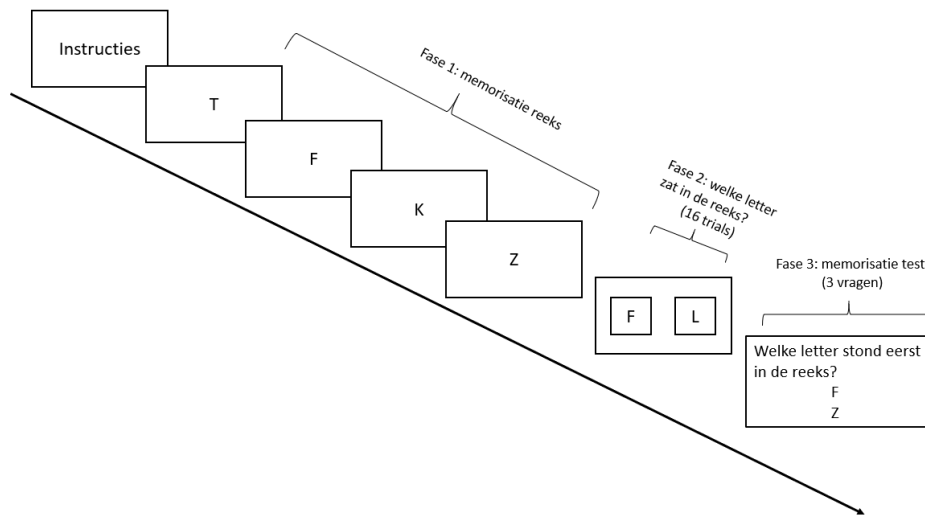
Design OPE 1



Notitie. De pijl toont het tijdsverloop van de taak. Deze taak bestond uit drie fases. De eerste fase was de memorisatie fase waarbij een reeks van vier woorden onthouden moest worden. De tweede fase van 16 trials bestond eruit enkel te reageren indien het woord dat verscheen op het scherm ook in de reeks van fase één voorkwam, door middel van de linker “F” toets bij een fruit en de rechter “J” toets bij een groente. Deze respons-mapping werd omgewisseld na negen blokken. In de derde fase kwamen drie vragen over de volgorde van de woorden in de reeks. Deelnemers speelden 18 blokken van drie fases en één oefenblok.

Figuur 4

Design OPE 2



Notitie. De pijl toont het tijdsverloop van de taak. Deze taak bestond uit drie fases. De eerste fase was de memorisatie fase waarbij een reeks van vier letters onthouden moest worden. De tweede fase van 16 trials bestond eruit het vierkant te kiezen met de letter die ook voorkwam in de reeks van fase één, door middel van de linker “F” en de rechter “J” toets. In de derde fase kwamen drie vragen over de volgorde van de letters in de reeks. Deelnemers speelden 12 blokken van drie fases en één oefenblok.

Ruimtelijke vaardigheden.

Intrinsiek-statisch.

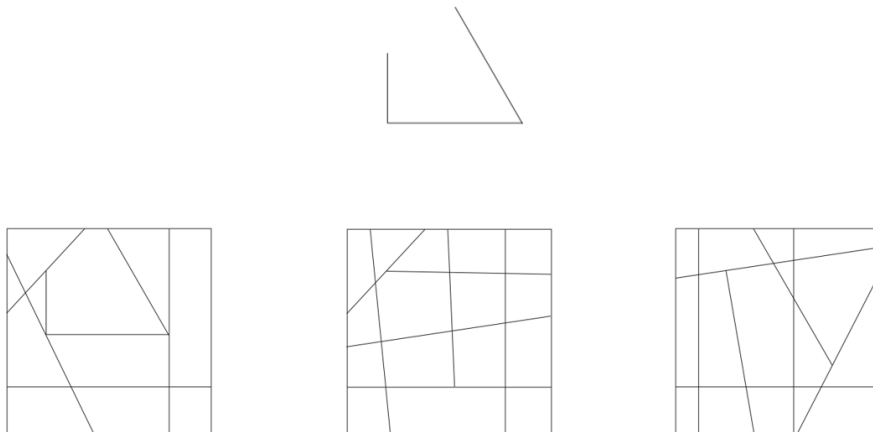
Leuven Embedded Figures Test (L-EFT).

In de Leuven Embedded Figures Test (L-EFT) (Figuur 5) (Huygelier et al., 2018) werd gebruik gemaakt van 16 verschillende doelfiguren (eenvoudige lijntekeningen) die voorkwamen in verschillende hoofdfiguren (willekeurige lijntekeningen). Bovenaan in het midden van het scherm (op 25% van de schermhoogte) werd telkens de doelfiguur gepresenteerd. Simultaan werden er onderaan drie hoofdfiguren getoond (op 75% van de schermhoogte), waarbij één van de hoofdfiguren de doelfiguur bevatte. De doelfiguur had dezelfde grootte en oriëntatie in de hoofdfiguur als in de afbeelding van de doelfiguur bovenaan. De deelnemers kregen de instructie om te klikken op de hoofdfiguur die ook de doelfiguur bevatte. De figuren bleven staan totdat er een antwoord gegeven werd of tot er

3000 ms verstreken waren. In totaal waren er 64 testtrials zonder feedback en één oefentrial waarbij er feedback gegeven werd. Deze taak duurde ongeveer vijf minuten.

Figuur 5

Design L-EFT



Notitie. In deze taak moesten de participanten zo snel mogelijk de doelfiguur bovenaan herkennen in één van de drie hoofdfiguren onderaan. Hiervoor moesten ze klikken op de correcte hoofdfiguur, in dit voorbeeld de figuur links onderaan.

Intrinsiek-dynamisch.

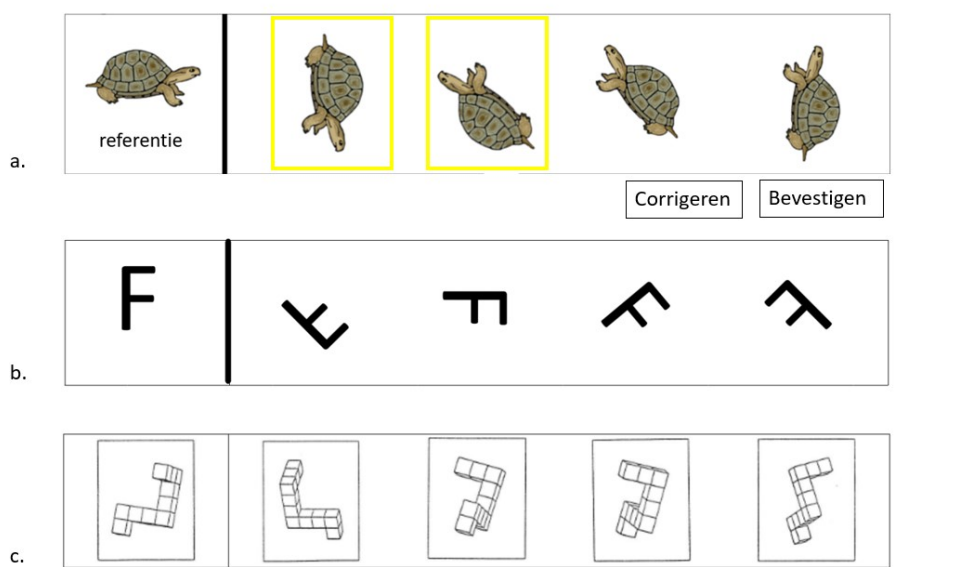
Mentale rotatietaak.

De mentale rotatietaak (Shepard & Metzler, 1971) bestond uit drie verschillende delen. In het eerste deel (Figuur 6a) werd er gebruik gemaakt van tweedimensionale dierenafbeeldingen uit de verzameling van Snodgrass en Vanderwart (1980). In het midden van het scherm op een witte achtergrond werden vijf (dieren) figuren aangeboden (alle stimuli waren 17% breed en 20% hoog). De linker figuur was de referentiefiguur, de overige vier figuren waren een geroteerde versie van de referentiefiguur (twee van de vier figuren, de correcte items) of de gespiegelde versie van de referentiefiguur (twee van de vier figuren, de incorrecte items). De figuren hadden een rotatie van 45°, 90°, 135°, 225°, 270° of 315°. De deelnemers kregen de instructie om de twee juiste items aan te duiden aan de hand van een muisklik en vervolgens op “bevestigen” te drukken. De aangeklikte items werden telkens omringd door een gele rechthoek waardoor de participanten, alvorens hun keuze te bevestigen, hun keuze konden aanpassen door op “corrigeren” te drukken. De participanten kregen de instructie om zoveel mogelijk trials te doorlopen in 90 seconden. Er konden maximaal 16 trials doorlopen worden.

Het volgende deel (Figuur 6b) was dezelfde taak als het eerste deel, maar in plaats van dieren werden nu tweedimensionale letters geroteerd. Het derde deel (Figuur 6c) was opnieuw dezelfde taak als de eerste twee taken, maar nu moesten driedimensionale blokfiguren geroteerd worden (Shepard & Metzler, 1971). In dit deel waren er maximaal 24 trials waarbij de participanten 180 seconden de tijd kregen om er zoveel mogelijk op te lossen. Deze taak duurde ongeveer zeven minuten.

Figuur 6

Design mentale rotatietaak



Notitie. De pijl toont het tijdsverloop van de taak. Deze taak bestond uit drie delen. De opdracht was telkens dezelfde: participanten moesten de twee figuren aanduiden die de geroteerde versie waren van de referentiefiguur (in voorbeeld a de twee schildpadden omringd door de gele rechthoeken). Na het aanduiden van twee figuren konden participanten hun keuze bevestigen of corrigeren.

Extrinsiek-statisch.

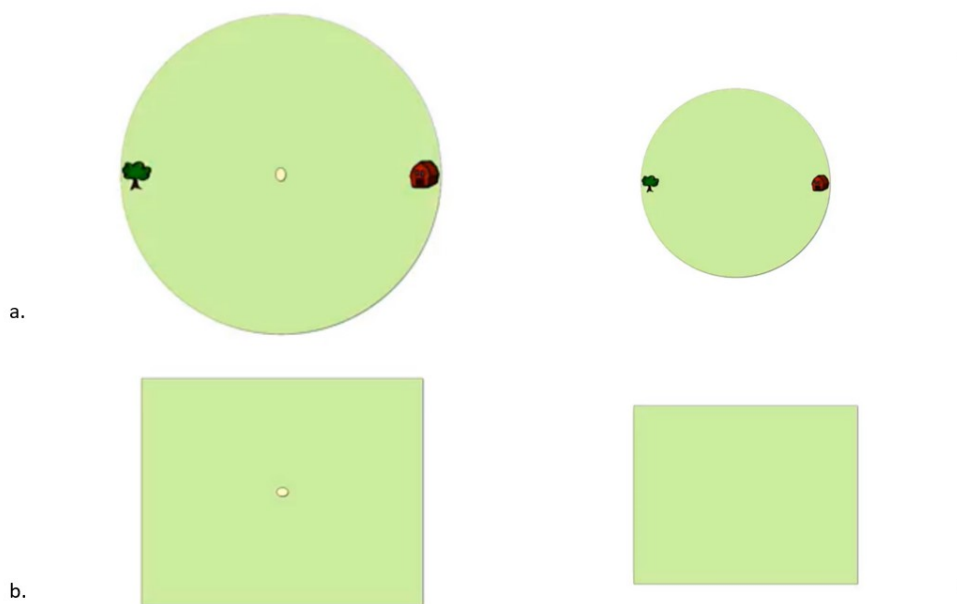
Ruimtelijke schaaltaak.

Het doel van de ruimtelijke schaaltaak (Möhring et al., 2014) was om het doelobject (een ei), willekeurig gepresenteerd op het linker groene veld (25% van de breedte, en 50 % van de hoogte van het scherm), aan te duiden op het rechter groene lege veld aan de hand van een muisklik (75% van de breedte en 50% van de hoogte van het scherm). De manipulatie hierbij was dat de grootte van het linker veld verschillende schaalverhoudingen kon aannemen (1:4,

1:2.6, 1:2, 1:1.6, 1:1.3, 1:1.14 of 1:1). Deze taak bestond uit twee verschillende condities. In de eerste conditie (Figuur 7a) van 49 trials waren de velden cirkelvormig (40% x 64%) en verscheen het ei op een random plaats op de middellijn van de cirkel (op 7 mogelijke locaties) (Figuur 8a). De participanten moesten dan zo nauwkeurig mogelijk op het rechterveld aanduiden waar het ei zich bevond. De tweede conditie (Figuur 7b) van 63 trials was gelijkaardig aan de eerste conditie, maar nu waren de velden rechthoekig (41% x 50%) en kon het ei zich op twee dimensies bevinden (op 9 mogelijke locaties) (Figuur 8b). Voor elke trial verscheen een blauwe vingerafdruk op het scherm met een witte achtergrond (75% van de breedte en 75% van de hoogte van het scherm, 6% x 12%). De trial ging van start wanneer de participanten op de vingerafdruk klikte met de muis. Voor elke conditie waren er telkens drie oefentrials waarbij feedback werd gegeven aan de hand van smileys. Bij de oefentrials werd het ei gepresenteerd in het midden van het linker veld en kon het veld een schaalverhouding aannemen van 1:1 of 1:4. Deze taak duurde ongeveer tien minuten.

Figuur 7

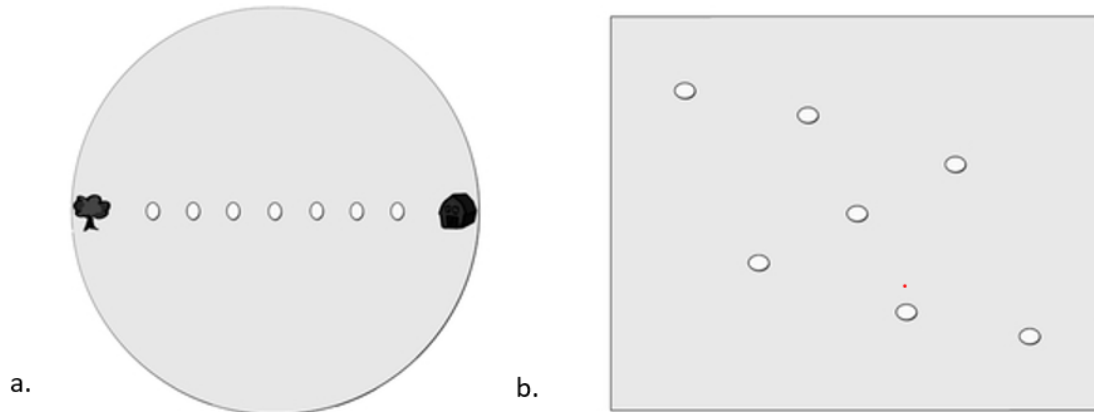
Design ruimtelijke schaaltaak



Notitie. De pijl toont het tijdsverloop van de taak. Deze taak bestond uit twee condities (a en b) waarbij de participanten een ei te zien kregen in het linker veld en zo nauwkeurig mogelijk het ei op de juiste plaats in het rechter veld moesten proberen te situeren. Het linker veld kon hierbij verschillende schaalverhoudingen aannemen.

Figuur 8

Locaties doelobject ruimtelijke schaaltaak



Notitie. Deze afbeelding toont de mogelijke locaties van het doelobject in het cirkelvormige linker veld (a) en het rechthoekige rechter veld (b).

Extrinsiek-dynamisch.

Spatiale oriëntatietaak

Voor de spatiale oriëntatietaak (Kozhevnikov & Hegarty, 2001) (Figuur 9) kregen de participanten een bundel met 12 opdrachten op pen-en-papier. Hierbij kregen ze telkens dezelfde tekening te zien waarop zeven objecten waren getekend. Hierbij werd aan de participanten gevraagd om zich in te beelden dat ze een bepaald object waren (hoofdobject) (bijvoorbeeld het stopteken) en dat ze keken naar een ander object (bijvoorbeeld het huis). De opdracht was om vanuit dit perspectief aan te geven waar een derde object (de target) zich bevond (bijvoorbeeld het verkeerslicht). Een voorbeeld van een vraag was: “Beeld je in dat je het stopteken bent. Vanuit deze plaats kijk je naar het huis, wijs het verkeerslicht aan.”. Om dit object aan te duiden kregen ze onder de tekening een cirkel met een punt in het midden, dit was dan het hoofdobject van waaruit ze perspectief moesten nemen (het stopteken). Uit dit punt was er een pijl verticaal omhoog getekend, dit is het object naar waar ze keken (het huis). De participant moesten dan zelf met een pijl op de cirkel aan geven waar het derde object zich bevond (het verkeerslicht) volgens hun ingebeelde perspectief. Hiervoor maakten ze gebruik van een lat en een balpen. Deze procedure werd herhaald voor alle objecten (12 opdrachten). De participanten kregen vijf minuten de tijd om de 12 opdrachten te voltooien. Voor aanvang

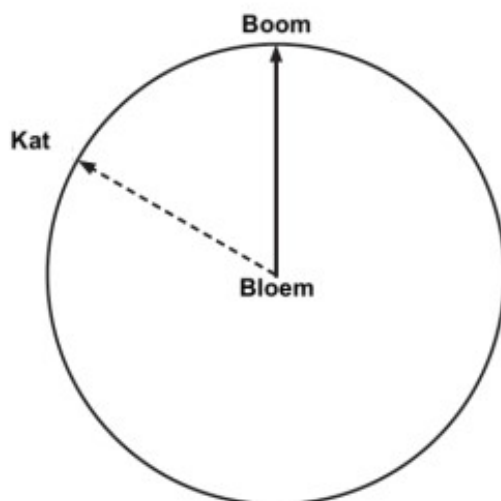
van de taak kregen ze ook een voorbeelditem te zien waarop de correcte pijl al was aangebracht.

Figuur 9

Design spatiale oriëntatietoets



Voorbeeld: Stel je voor dat je bij de bloem staat en naar de boom kijkt. Wijs naar de kat.



Notitie. Deze afbeelding toont het voorbeeld dat elke participant kreeg voor aanvang van de taak. Hierbij moesten de participanten het correcte item aanduiden op de cirkel volgens het ingenomen perspectief. In de testitems moesten de participanten zelf de stippellijn op de cirkel aanbrenge.

Procedure

Voor deze studie werden verschillende Vlaamse Scholen uit de provincies West-Vlaanderen, Oost-Vlaanderen en Antwerpen via email gecontacteerd waarbij er een informatiebrief werd gegeven over het doel van de studie (zie bijlage 3) en gevraagd werd naar hun interesse tot

deelname aan de studie. Vervolgens werd naar de deelnemende scholen de brief verstuurd met meer informatie als ook het document voor de geïnformeerde toestemming van de ouders en de leerlingen. De ouders en leerlingen gaven hun actieve toestemming tot deelname alvorens het experiment startte. De leerlingen werden getest per klasgroep in een rustig klaslokaal van hun school. De data werden afgenomen door studenten uit de derde bachelor toegepaste psychologie van de Thomas More hogeschool Antwerpen en studenten uit de tweede master experimentele psychologie van de UGent. De overige deelnemers werden gerekruteerd door de Thomas Moore hogeschool in Antwerpen waar ook de deelname voor hun plaatsvond. De studenten kregen algemene instructies voor de testsessie startte waarbij ze vervolgens op eigen tempo de verschillende taken konden doorlopen. Voor elke taak werden ook geschreven instructies gegeven. De volgorde van de taken was voor elke leerling hetzelfde. Eerst was er de Spatiale Oriëntatie taak op pen-en-papier. Vervolgens werden digitaal de Ordinale Positie taak, Leuven Embedded Figures Test (L-EFT), de pariteitstaak, de spatial scaling taak en de mentale rotatietaak in respectievelijke volgorde afgenomen. Ten slotte werden de testen voor wiskundige vaardigheden (TTA en LVS) digitaal afgenomen (enkel door studenten van de derde bachelor). De testafname duurde ongeveer één uur en dertig minuten en de leerlingen werden na afloop bedankt voor hun deelname. Wie achteraf meer info wenste omtrent de resultaten van het onderzoek kon zijn of haar mailadres neerschrijven in het informed consent.

Analyses

De analyses van deze studie werden uitgevoerd in drie verschillende delen. Voor de analyses werden de data van de specifieke taken niet in rekening gebracht indien de deelnemer de taak niet voltooide. De analyses werden uitgevoerd in JASP (JASP Team, 2018) en IBM SPSS (Versie 28).

In het eerste deel werd er gebruik gemaakt van een within-subject repeated measures ANOVA (type III) in de OPE-taak en de pariteitstaak om te bepalen of er op groepsniveau een ruimtelijke numerieke representatie was van getallen, waarbij een significant interactie-effect wees op een groepseffect. Indien er een significant interactie-effect was, werd een post-hoc analyse uitgevoerd om de richting van het effect te bepalen. Ook werd een lineaire regressieanalyse uitgevoerd om de ruimtelijke numerieke representatie van getallen te bekijken op individueel niveau.

In het tweede deel werd er gebruik gemaakt van een between-subjects design. Hierbij was studierichting de onafhankelijke variabele. De focus lag op het vergelijken van de

studierichtingen ASO wetenschappen wiskunde en TSO industriële wetenschappen, maar ook niet-wiskundige richtingen (TSO mechanische vormgeving en niet-wiskundige richtingen toegepaste psychologie studenten) werden meegenomen in de analyses. Hierbij werd er nagegaan of er een verschil was tussen de vier ruimtelijke taken, het ordinale positie effect, de pariteitstaak en wiskundige vaardigheden (LVS en TT) in de drie verschillende groepen. De scores op de verschillende taken waren de afhankelijke variabelen (zie verder voor de specifieke afhankelijke variabelen). Aangezien er werd gebruik gemaakt van twee verschillende taken bij het ordinale positie effect en de afnames werden gedaan door verschillende proefleiders werd ook de proefleider als onafhankelijke variabele meegenomen in de analyses. Om deze data te analyseren werd een MANOVA gebruikt. Voor de vergelijking tussen de drie groepen werden post-hoc analyses uitgevoerd op de significante resultaten.

In het derde deel van de analyses werd er nagegaan of er een correlationeel verband was tussen ruimtelijke taken, wiskundige vaardigheden en ruimtelijke numerieke representaties van getallen. Hiervoor werd de data van zowel de leerlingen uit het vijfde secundair als de data van de eerstejaarsstudenten toegepaste psychologie in rekening gebracht en werden er Pearson's correlaties berekend tussen de verschillende ruimtelijke taken, wiskundige taken en de ruimtelijke numerieke representaties van getallen. Tenslotte werden correlaties berekend tussen wiskundige en ruimtelijke vaardigheden voor ASO wetenschappen wiskunde en TSO industriële wetenschappen en werd er gekeken of de correlaties significant verschillend waren voor beide groepen aan de hand van Z-scores.

Wiskundige Taken

Voor de analyses werden de Z-scores van beide taken (LVS en TT) berekend en vervolgens werd het gemiddelde genomen van de beide Z-scores om de algemene wiskundige prestatie te bepalen, dit was dan de afhankelijke variabele. Data van 200 deelnemers werden hiervoor geanalyseerd.

Pariteitstaak

Voor de pariteitstaak werden de data van 233 deelnemers geanalyseerd. Data boven 2,5 standaarddeviaties van het conditioneel gemiddelde werden weg-getrimd voor het uitvoeren van de analyses (2,2% van de data). In deze analyse werden de grootte van het getal in rekening genomen (met acht levels: 1-4 en 6-9) als ook de soort respons (linker of rechter respons). Om te kijken of er een SNARC-groepseffect was, werd een within-subject repeated

measures ANOVA (type III) uitgevoerd met grootte van het getal en soort respons als afhankelijke variabelen. De onafhankelijke variabele was reactietijd. Vervolgens werd een lineaire regressieanalyse uitgevoerd (Fias, 1996). Per deelnemer werd hiervoor het verschil in reactietijd berekend tussen een rechter respons en een linker respons. Vervolgens werden deze verschillen ingevoerd in een regressieanalyse met de grootte van het getal als voorspeller. Zo werd voor elke deelnemer het SNARC-effect uitgedrukt in een getal met een bepaalde hellingsgraad. Een negatieve hellingsgraad werd bekomen in een normaal SNARC-effect waarbij participanten sneller een linker respons gaven als het getal kleiner is dan vijf en sneller een rechter respons gaven als het getal groter is dan vijf. Een positieve hellingsgraad betekende dan een omgekeerd SNARC-effect (snellere rechter respons voor getal kleiner dan vijf en omgekeerd). Om te bepalen of een deelnemer het SNARC-effect al dan niet vertoonde, werd een t-test gebruikt om de grootte van de hellingsgraad te vergelijken met nul. De grootte van de hellingsgraad werd ten slotte gebruikt als afhankelijke variabele in de MANOVA-analyse.

Ordinale Positie Effect Taak

Voor de ordinale positie effect taak werden de data van 198 participanten geanalyseerd, waarbij beide afgenomen taken samen werden geanalyseerd. Data boven 2,5 standaarddeviaties van het conditioneel gemiddelde werden weg-getrimd voor het uitvoeren van de analyses (2,2% van de data). Opnieuw werd er eerst een within-subject repeated measures ANOVA (type III) uitgevoerd met positie in de reeks (1,2,3 en 4) en soort respons (linker of rechter respons) als afhankelijke variabelen en reactietijd als onafhankelijke variabele, om te kijken naar een OPE-groepseffect. Vervolgens werd ook hier een lineaire regressieanalyse uitgevoerd (Lorch & Myers, 1990). Per deelnemer werd het verschil in reactietijd berekend tussen een rechter-respons en een linker-respons. De voorspeller in de regressieanalyse was positie in de reeks. Voor elke deelnemer werd het OPE-effect vervolgens uitgedrukt in een getal met een bepaalde hellingsgraad. Een negatieve hellingsgraad wees op een OPE-effect waarbij participanten sneller een linker respons gaven als het woord of de letter eerder in de reeks voorkwamen en sneller een rechter respons gaven als het woord of de letter later in de reeks voortkwam. Een positieve hellingsgraad betekende dan een omgekeerd OPE-effect (snellere rechter respons voor een woord eerder in de reeks en omgekeerd). Om te bepalen of een deelnemer het OPE-effect al dan niet vertoonde, werd een t-test gebruikt om de grootte van de hellingsgraad te vergelijken met nul. De grootte van de hellingsgraad werd ten slotte gebruikt als afhankelijke variabele in de MANOVA-analyse.

Leuven Embedded Figures Test

Bij de Leuven Embedded Figures Test was de afhankelijke variabele het percentage van het aantal correcte trials. Hierbij werd het absolute aantal correcte trials gedeeld door 64. Voor deze taak werden de data van 280 participanten geanalyseerd.

Mentale Rotatietaak

In de mentale rotatietaak hadden deelnemers 1/6 kans om een juist paar aan te duiden. In de berekening van hun absolute totaalscore werd daarom een giscorrectie toegepast. Wanneer een juist antwoord gegeven werd, werd er 1 punt toegevoegd, wanneer het antwoord fout was, werden 0,2 punten afgetrokken. Hierbij was er dus ook een negatieve totaalscore mogelijk. De afhankelijke variabele was de totaalscore over de drie rotatietaaken heen. Voor deze taak werden de data van 283 participanten geanalyseerd.

Ruimtelijke Schaaltaak

Om het aantal juiste scores te bepalen in de ruimtelijke schaaltaak was er telkens rond elk ei een vierkant gedefinieerd. Wanneer de participanten in dit vierkant drukten werd een punt toegekend. De afhankelijke variabele was dan het percentage van het aantal correcte antwoorden. Voor deze taak werden de data van 278 participanten geanalyseerd.

Spatiale Oriëntatietaak

Voor de analyse van de spatiale oriëntatietaak werd in een eerste stap per opdracht berekend wat het absolute gradenverschil was tussen het correcte antwoord en het gegeven antwoord. Wanneer dit groter was dan 180° werd dit getal van 360° afgetrokken om de binnenhoek te bekomen. Vervolgens werd berekend dat 90° het gemiddelde antwoord was als iemand random antwoord gaf. Daarom werd per onopgeloste opdracht 90° als antwoord ingevuld. De afhankelijke variabele was dan het opgetelde absolute verschil tussen de gegeven antwoorden en de correcte antwoorden. Voor deze taak werden de data van 215 deelnemers geanalyseerd.

Resultaten

Ruimtelijke Numerieke Representatie van Getallen

SNARC-effect

De repeated measures ANOVA voor reactietijd toonde een significant hoofdeffect aan van getal grootte ($F_{7,226} = 9.44$, $p = 0.002$, $\eta^2=0.003$) en een significant hoofdeffect van

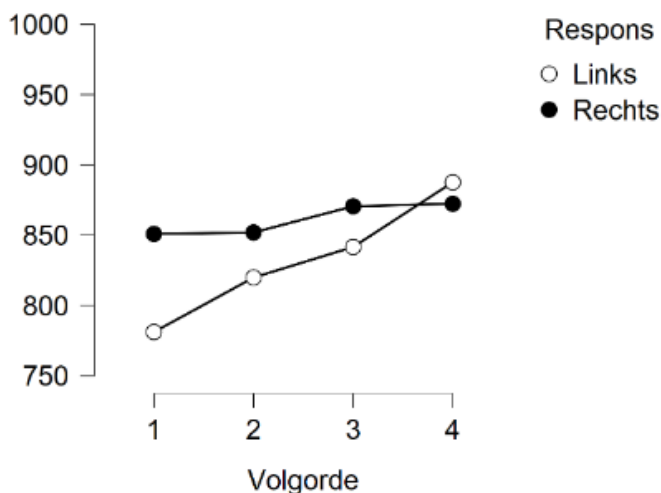
respons ($F_{1,232} = 25.85, p < 0.001, \eta^2=0.023$). Verder was er geen significant interactie-effect tussen getal grootte en respons ($F_{7,226} = 1.50, p = 0.16, \eta^2=0.004$), wat wijst op een niet significant SNARC-effect op groepsniveau. De logistische regressieanalyse toonde aan dat op individueel niveau 26% van de deelnemers een consistent SNARC-effect vertoonden.

OPE

De repeated measure ANOVA voor reactietijd toonde een significant hoofdeffect aan van woord/letter volgorde ($F_{3,195} = 44.03, p < 0.001, \eta^2=0.03$) en een significant hoofdeffect van respons ($F_{1,197} = 4.31, p = 0.04, \eta^2=0.01$). Verder was er een significant interactie-effect tussen woord/letter volgorde en respons ($F_{3,195} = 15.38, p < 0.001, \eta^2=0.01$) wat wijst op een significant effect van OPE op groepsniveau. De gemiddelde vergelijking post-hoc analyse voor het interactie-effect van woord/letter volgorde en respons toonde snellere reactietijden bij een linker respons dan een rechter respons voor het eerste woord of letter in de reeks ($p < 0.001$) (Figuur 10). Er waren geen significante verschillen tussen responsen voor de volgende woorden/letters in de reeksen. De logistische regressieanalyse toonde aan dat op individueel niveau 33% van de deelnemers een consistent OPE-effect vertoonden.

Figuur 10

OPE op groepsniveau



Notitie. Deze figuur toont het ordinaal positie effect op groepsniveau. Hier is te zien dat deelnemers gemiddeld significant sneller antwoorden met een linker respons dan met een rechter respons als het woord vooraan in de reeks staat.

Vergelijking Studierichtingen

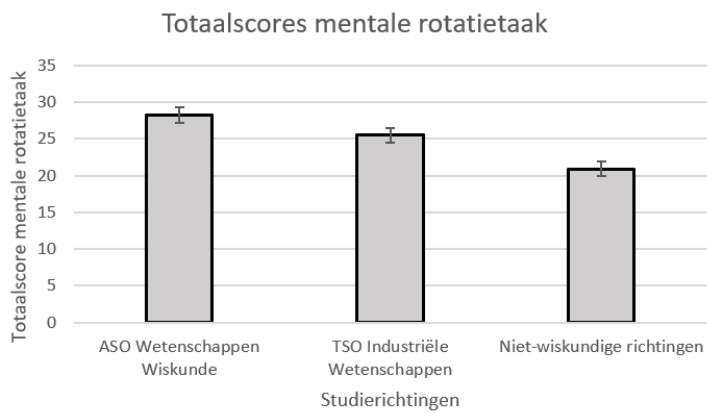
De MANOVA voor het verschil tussen de studierichtingen ASO wetenschappen wiskunde, TSO industriële wetenschappen en niet-wiskundige richtingen was significant ($F_{16,145} = 13.02, p < 0.001$). Univariante testen toonden dat dit resultaat significant was voor de mentale rotatietaak ($F_{2,159} = 6.09, p = 0.015$) (Figuur 11), de spatiale oriëntatietaak ($F_{2,159} = 15.22, p < 0.001$) (Figuur 12) en wiskundige vaardigheden ($F_{2,159} = 7.74, p = 0.006$) (Figuur 13). Er was geen significant verschil tussen studierichtingen voor de ordinale positie effect taak ($F_{2,159} = 0.65, p = 0.42$) (Figuur 14), de pariteitstaak ($F_{2,159} = 0.006, p = 0.94$) (Figuur 15), de Leuven Embedded Figures Test ($F_{2,159} = 1.87, p = 0.17$) (Figuur 16) en de ruimtelijke schaaltaak ($F_{2,159} = 0.90, p = 0.34$) (Figuur 17).

De post-hoc analyses toonden een significant betere score op de mentale rotatietaak aan voor ASO wetenschappen wiskunde ten opzichte van niet-wiskundige richtingen ($p < 0.001$). Er was ook een significant verschil in score tussen TSO industriële wetenschappen en niet-wiskundige richtingen ($p = 0.04$), maar niet tussen ASO wetenschappen wiskunde en TSO industriële wetenschappen ($p = 0.26$). Verder was er een significant betere score op de spatiale oriëntatietaak voor ASO wetenschappen wiskunde ten opzichte van TSO industriële wetenschappen ($p = 0.02$), maar niet tussen ASO wetenschappen wiskunde en niet-wiskundige richtingen ($p = 0.61$), noch tussen TSO industriële wetenschappen en niet-wiskundige richtingen ($p = 0.53$). Ten slotte was er ook een significant betere score op de wiskundige vaardigheden voor ASO wetenschappen wiskunde ten opzichte van TSO industriële wetenschappen ($p = 0.027$) maar geen significant verschil tussen ASO wetenschappen wiskunde en niet-wiskundige richtingen ($p = 0.26$), noch tussen TSO industriële wetenschappen en niet-wiskundige richtingen ($p = 0.84$).

Ten slotte werd er gekeken of er een proefleider effect was bij de afnames van de verschillende testen, maar dit was niet het geval ($F_{16,145} = 1.284, p = 0.258$).

Figuur 11

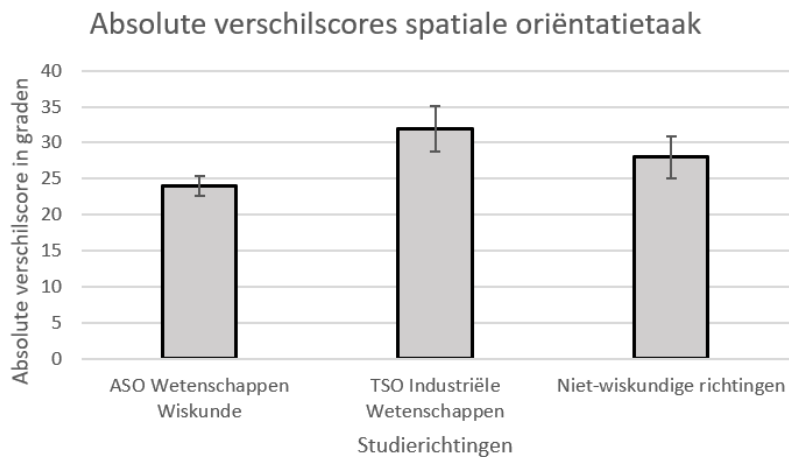
Vershil studierichtingen mentale rotatietaak



Notitie. De foutenbalken representeren de standaardafwijking van het gemiddelde. De x-as representeert de verschillende studierichtingen, de y-as de totaalscore op de mentale rotatietaak. Post hoc analyses tonen aan dat de studenten uit ASO wetenschappen wiskunde en TSO industriële wetenschappen een hogere totaalscore behalen op de mentale rotatietaak in vergelijking met niet-wiskundige richtingen.

Figuur 12

Vershil studierichtingen spatiale oriëntatietaak

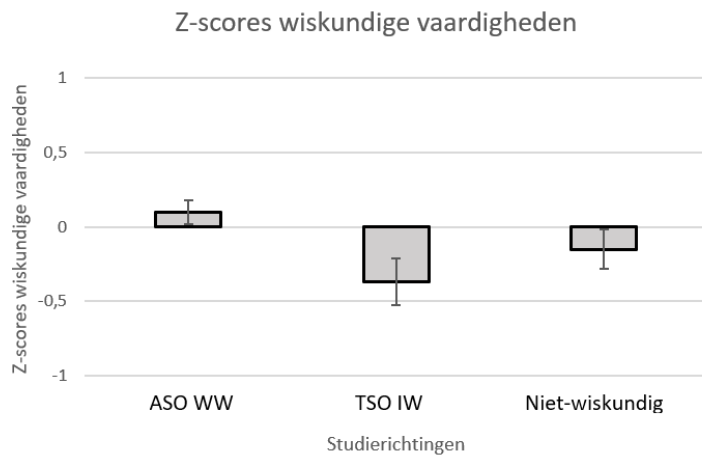


Notitie. De foutenbalken representeren de standaardafwijking van het gemiddelde. De x-as representeert de verschillende studierichtingen, de y-as toont de absolute verschil scores in graden tussen de gegeven antwoorden en de juiste antwoorden. Een hogere score komt overeen met een slechtere testprestatie. Post hoc analyses tonen aan dat de studenten uit ASO

wetenschappen wiskunde een betere totaalscore behalen op de spatiale oriëntatietoets in vergelijking met TSO industriële wetenschappen.

Figuur 13

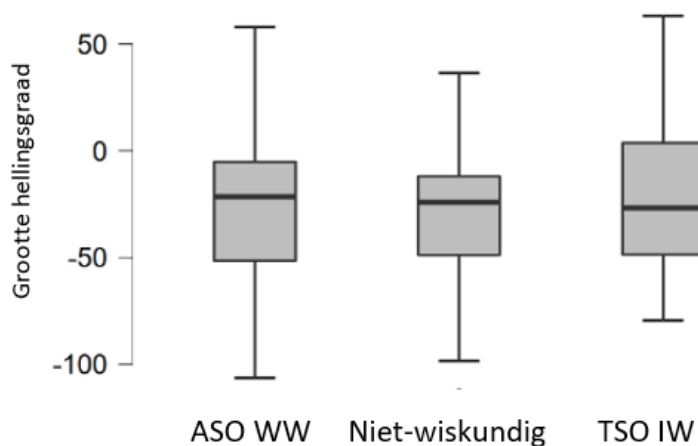
Verskil studierichtingen wiskundige vaardigheden



Notitie. De foutenbalken representeren de standaardafwijking van het gemiddelde. De x-as representeert de verschillende studierichtingen, de y-as toont de Z-scores van wiskundige vaardigheden. Post hoc analyses tonen aan dat de leerlingen uit ASO wetenschappen wiskunde beter scoren op wiskundige vaardigheden dan leerlingen uit TSO industriële wetenschappen.

Figuur 14

Boxplot OPE

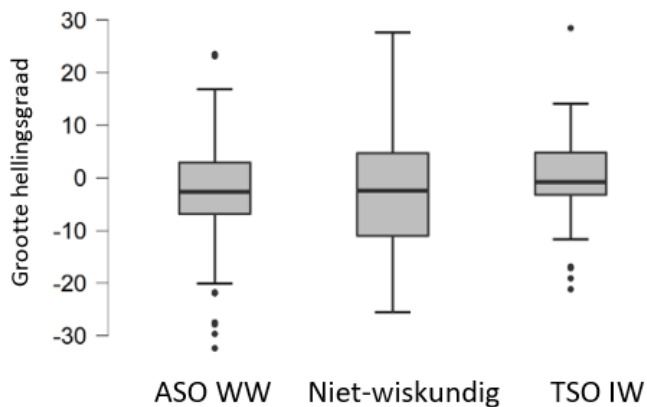


Notitie. De boxplots tonen de verdeling van de data per studierichting. De x-as representeert de verschillende studierichtingen, de y-as de grootte van de hellingsgraad in de OPE-taak. Er

werd geen significant verschil gevonden tussen de groepen. De boxplot toont aan dat er meer spreiding in data is bij ASO wetenschappen wiskunde en TSO industriële wetenschappen in vergelijking met niet-wiskundige richtingen.

Figuur 15

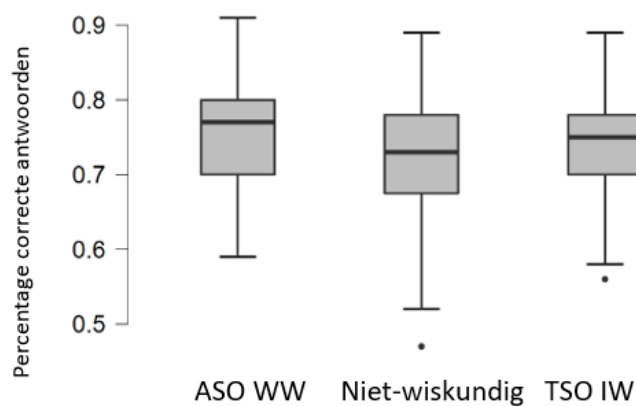
Boxplot pariteitstaak



Notitie. De boxplots tonen de verdeling van de data per studierichting. De x-as representeert de verschillende studierichtingen, de y-as de grootte van de hellingsgraad in de paritetstaak. Er werd geen significant verschil gevonden tussen de groepen. De boxplot toont aan dat er meer spreiding in data is bij niet-wiskundige richtingen in vergelijking met ASO wetenschappen wiskunde en TSO industriële wetenschappen. Die laatste twee richtingen vertonen beide wel meer extreme waarden.

Figuur 16

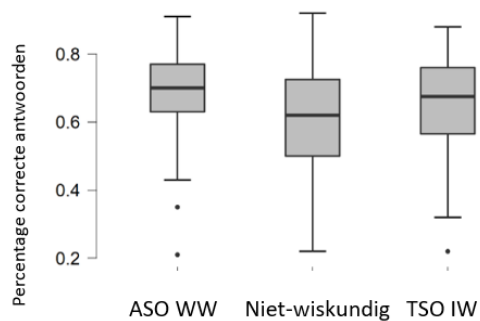
Boxplot LEF-T



Notitie. De boxplots tonen de verdeling van de data per studierichting. De x-as representeert de verschillende studierichtingen, de y-as het percentage correcte antwoorden in de LEF-T. Er werd geen significant verschil gevonden tussen de groepen. De boxplot toont aan dat voor de studierichtingen ASO wetenschappen wiskunde en TSO industriële wetenschappen de data schuin verdeeld zijn naar rechts, wat erop wijst dat de meerderheid een hoge score behaalde op deze test. Er zijn enkele extreme waarden voor niet wiskundige richtingen en TSO industriële wetenschappen.

Figuur 17

Boxplot ruimtelijke schaaltaak



Notitie. De boxplots tonen de verdeling van de data per studierichting. De x-as representeert de verschillende studierichtingen, de y-as het percentage correcte antwoorden in de ruimtelijke schaaltaak. Er werd geen significant verschil gevonden tussen de groepen. De boxplot toont de minste spreiding in data aan voor de studierichting ASO wetenschappen wiskunde, waarbij de meerderheid een hoge score behaalt op de taak. De data zijn schuin verdeeld naar rechts voor ASO wetenschappen wiskunde. Er zijn enkele extreme waarden voor ASO wetenschappen wiskunde en TSO industriële wetenschappen.

Tabel 1

Gemiddelde scores op de ruimtelijke taken en wiskundige vaardigheden

Descriptive Statistics ▼

	LEFT(%)			MRT_TOTAAL			%SCT			SOT			Wiskunde		
	ASO	NW	TSOIW	ASO	NW	TSOIW	ASO	NW	TSOIW	ASO	NW	TSOIW	ASO	NW	TSOIW
Valid	141	74	45	142	74	47	141	71	46	141	27	47	105	47	28
Missing	1	0	2	0	0	0	1	3	1	1	47	0	37	27	19
Mean	0.757	0.725	0.746	28.224	20.865	25.532	0.693	0.605	0.644	24.169	27.667	32.255	0.099	-0.154	-0.369
Std. Deviation	0.063	0.083	0.071	9.759	10.621	10.576	0.115	0.163	0.149	16.757	15.291	21.575	0.827	0.854	0.819

Notitie. De tabel geeft de gemiddelde scores (mean) weer op de verschillende ruimtelijke taken en wiskundige vaardigheden. LEFT (%) staat voor de Leuven Embedded Figures Test, MRT_Totaal voor de mentale rotatietaak, %SCT voor de ruimtelijke schaaltaak en SOT voor

de spatiale oriëntatietaak. De gemiddelde scores worden weergegeven voor de richtingen ASO wetenschappen wiskunde (ASO), TSO industriële wetenschappen (TSOIW) en niet wiskundige richtingen (NW). Een hogere gemiddelde score komt overeen met een betere testprestatie. Voor de spatiale oriëntatietaak (SOT) komt een lagere score overeen met een betere testprestatie.

Correlationeel Verband

Om het correlationeel verband tussen ruimtelijke vaardigheden en wiskundige vaardigheden te berekenen werd telkens de Pearson's correlatie genomen tussen de ruimtelijke taak en de wiskundige vaardigheden over alle deelnemers heen (Tabel 2). Er was een significante kleine positieve correlatie tussen de Leuven Embedded Figures Test en wiskundige vaardigheden ($r(281)=0.15, p=0.03$), tussen de mentale rotatietaak en wiskundige vaardigheden ($r(281)=0.26, p<0.001$) en tussen de ruimtelijke schaaltaak en wiskundige vaardigheden ($r(281)=0.19, p=0.007$). Ten slotte was er een significante middelmatige negatieve correlatie tussen de spatiale oriëntatietaak en wiskundige vaardigheden ($r(281) = -0.43, p<0.001$). Een betere prestatie op de ruimtelijke vaardigheden taken correleert telkens met een betere prestatie op de wiskundige vaardigheden taken. Verder waren er geen significante correlaties tussen de ruimtelijke numerieke representaties van getallen (SNARC en OPE) en de ruimtelijke taken.

Vervolgens werden de Pearson's correlaties tussen ruimtelijke taken en wiskundige taken ook berekend voor ASO wetenschappen wiskunde en TSO industriële wetenschappen. Voor de studierichting ASO wetenschappen wiskunde (Tabel 3) was er geen significante correlatie tussen de wiskundige vaardigheden en de Leuven Embedded Figures Test ($r(173)=0.199, p=0.117$) noch tussen de wiskundige vaardigheden en de ruimtelijke schaaltaak ($r(173)=-0.042, p=0.59$). Er was een significante kleine positieve correlatie tussen de wiskundige vaardigheden en de mentale rotatietaak ($r(173) = 0.188, p=0.013$) en een significante middelgrote positieve correlatie tussen de wiskundige vaardigheden en de spatiale oriëntatietaak ($r(171) = -0.325, p<0.001$).

Voor de studierichting TSO industriële wetenschappen (Tabel 4) was er geen significante correlatie tussen wiskundige vaardigheden en de Leuven Embedded Figures Test ($r(39)=0.096, p=0.55$) noch tussen wiskundige vaardigheden en de mentale rotatietaak ($r(39)=0.236, p=0.17$). Er was een significante middelgrote positieve correlatie tussen wiskundige vaardigheden en de ruimtelijke schaaltaak ($r(39)=0.318, p=0.04$) en een

significante grote negatieve correlatie tussen wiskundige vaardigheden en de spatiale oriëntatietaak ($r(39)=-0.602, p<0.001$). Tenslotte was er een significant sterkere negatieve correlatie tussen de spatiale oriëntatietaak en wiskundige vaardigheden voor TSO industriële wetenschappen in vergelijking met ASO wetenschappen wiskunde ($Z=2.00, p=0.05$) (Figuur 18).

Tabel 2

Correlaties ruimtelijke vaardigheden, wiskundige vaardigheden en ruimtelijke numerieke representaties van getallen

Variable		Wiskunde	LEFT(%)	MRT_TOTAAL	%SCT	SOT	SNARC	OPE
1. Wiskunde	Pearson's r	—						
	p-value	—						
2. LEFT(%)	Pearson's r	0.152*	—					
	p-value	0.032	—					
3. MRT_TOTAAL	Pearson's r	0.285***	0.314***	—				
	p-value	< .001	< .001	—				
4. %SCT	Pearson's r	0.190**	0.281***	0.184**	—			
	p-value	0.007	< .001	0.002	—			
5. SOT	Pearson's r	-0.432***	-0.292***	-0.377***	-0.082	—		
	p-value	< .001	< .001	< .001	0.238	—		
6. SNARC	Pearson's r	-0.012	-0.038	-0.069	-0.035	-0.062	—	
	p-value	0.867	0.565	0.294	0.597	0.427	—	
7. OPE	Pearson's r	0.054	0.018	0.004	0.091	0.046	0.003	—
	p-value	0.452	0.805	0.960	0.201	0.600	0.968	—

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

Notitie. De tabel geeft de Pearson correlaties weer tussen ruimtelijke vaardigheden, wiskundige vaardigheden en ruimtelijke numerieke representaties van getallen. LEFT (%) staat voor de Leuven Embedded Figures Test, MRT_Totaal voor de mentale rotatietaak, %SCT voor de ruimtelijke schaaltaak, SOT voor de spatiale oriëntatietaak, SNARC voor de scores op pariteitstaak en OPE voor het ordinale positie effect. Alle ruimtelijke taken correleerden significant positief met wiskundige vaardigheden, behalve de spatiale oriëntatietaak die negatief correleerde aangezien daar een hogere score een slechtere prestatie weergaf. Er waren geen significante correlaties tussen ruimtelijke taken en ruimtelijke numerieke representaties van getallen.

Tabel 3

Correlaties ruimtelijke vaardigheden en wiskundige vaardigheden voor ASO wetenschappen wiskunde

Variable		Wiskunde	SOT	LEFT(%)	MRT_TOTAAL	%SCT
1. Wiskunde	Pearson's r	—				
	p-value	—				
2. SOT	Pearson's r	-0.325***	—			
	p-value	< .001	—			
3. LEFT(%)	Pearson's r	0.119	-0.227**	—		
	p-value	0.117	0.003	—		
4. MRT_TOTAAL	Pearson's r	0.188*	-0.360***	0.271***	—	
	p-value	0.013	< .001	< .001	—	
5. %SCT	Pearson's r	-0.042	-0.025	0.275***	-0.115	—
	p-value	0.585	0.746	< .001	0.131	—

* p < .05, ** p < .01, *** p < .001

Notitie. De tabel geeft de Pearson correlaties weer tussen ruimtelijke vaardigheden en wiskundige vaardigheden. LEFT (%) staat voor de Leuven Embedded Figures Test, MRT_Totaal voor de mentale rotatietaak, %SCT voor de ruimtelijke schaaltaak en SOT voor de spatiale oriëntatietaak. Er was een significante kleine positieve correlatie tussen wiskundige vaardigheden en prestaties op de mentale rotatietaak en een significante middelgrote negatieve correlatie tussen wiskundige vaardigheden en de spatiale oriëntatietaak.

Tabel 4

Correlaties ruimtelijke vaardigheden en wiskundige vaardigheden voor TSO industriële wetenschappen

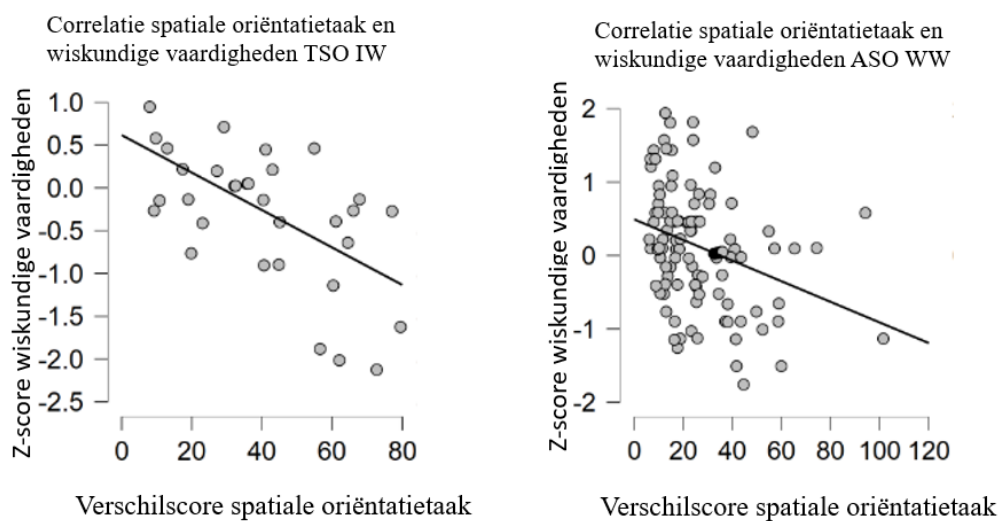
Variable		Wiskunde	SOT	LEFT(%)	MRT_TOTAAL	%SCT
1. Wiskunde	Pearson's r	—				
	p-value	—				
2. SOT	Pearson's r	-0.602***	—			
	p-value	< .001	—			
3. LEFT(%)	Pearson's r	0.096	-0.387*	—		
	p-value	0.552	0.012	—		
4. MRT_TOTAAL	Pearson's r	0.236	-0.331*	0.311*	—	
	p-value	0.137	0.034	0.048	—	
5. %SCT	Pearson's r	0.318*	-0.375*	0.319*	0.032	—
	p-value	0.043	0.016	0.042	0.842	—

* p < .05, ** p < .01, *** p < .001

Notitie. De tabel geeft de Pearson correlaties weer tussen ruimtelijke vaardigheden en wiskundige vaardigheden. LEFT (%) staat voor de Leuven Embedded Figures Test, MRT_Totaal voor de mentale rotatietaak, %SCT voor de ruimtelijke schaaltaak en SOT voor de spatiale oriëntatietaak. Er was een significante middelgrote positieve correlatie tussen wiskundige vaardigheden en prestaties op de ruimtelijke schaaltaak en een significante grote negatieve correlatie tussen wiskundige vaardigheden en de spatiale oriëntatietaak.

Figuur 18

Correlatie spatiale oriëntatietaak en wiskundige vaardigheden TSO industriële wetenschappen en ASO wetenschappen wiskunde



Notitie. De correlaties tussen de spatiale oriëntatietaak en wiskundige vaardigheden worden weergegeven voor TSO industriële wetenschappen (links) en ASO wetenschappen wiskunde (rechts). De x-as representeert de verschilscore tussen het correcte antwoord en het gegeven antwoord op de spatiale oriëntatietaak. De y-as representeert de gemiddelde Z-scores van de wiskundige vaardigheden taken. Er is een sterkere significante negatieve correlatie tussen de prestaties op de spatiale oriëntatietaak en wiskundige vaardigheden voor TSO industriële wetenschappen ten opzichte van ASO wetenschappen wiskunde.

Discussie

In deze thesis werd er onderzocht of er een link is tussen ruimtelijke vaardigheden en wiskundige vaardigheden, en of er hierbij een verschil was wanneer hetzelfde pakket wiskunde gegeven werd in een andere context (abstract of concreet). Bovendien werd er ook

nagegaan of er een link was van de ruimtelijke numerieke representatie van getallen bij het hebben van wiskundige en ruimtelijke vaardigheden.

Verschil ASO Wetenschappen Wiskunde en TSO Industriële Wetenschappen

De centrale vraag in deze thesis is of er een verschil was in ruimtelijke vaardigheden wanneer wiskunde op een abstracte manier onderwezen werd in vergelijking met wanneer wiskunde op een concrete manier onderwezen werd. Wanneer er gekeken wordt naar de gemiddelde scores op de ruimtelijke taken is er te zien dat de leerlingen uit ASO wetenschappen wiskunde betere gemiddelde scores behalen dan de leerlingen uit TSO industriële wetenschappen op alle ruimtelijke taken en de wiskundige vaardigheden (Tabel 1). Bovendien zijn de gemiddelde scores op de ruimtelijke taken ook beter voor ASO wetenschappen wiskunde en TSO industriële wetenschappen in vergelijking met niet wiskundige richtingen. De scores zijn enkel significant beter voor de spatiale oriëntatietoets en de wiskundige vaardigheden bij de leerlingen uit ASO wetenschappen wiskunde ten opzichte van de leerlingen uit TSO industriële wetenschappen. De leerlingen uit ASO wetenschappen wiskunde en TSO industriële wetenschappen scoren beide significant beter op de mentale rotatietoets ten opzichte van niet wiskundige richtingen.

Logischerwijs tonen de resultaten aan dat leerlingen met een hoger pakket wiskunde gemiddeld een betere score hebben op ruimtelijke taken. Aan de andere kant is het opvallend dat er ook een verschil is tussen leerlingen die eenzelfde pakket wiskunde krijgen aangeboden in hun leertraject, maar het lespakket volgen in een andere schoolcontext. Hierbij is het zo dat leerlingen die in een theoretische context les volgden beter scoorden dan leerlingen die in een praktische context les volgden, zowel op ruimtelijke als wiskundige taken. Dit sluit aan bij onderzoek dat aantoonde dat concepten beter begrepen en toegepast kunnen worden als ze worden aangeleerd op een abstracte manier (Kaminski et al., 2008). Een andere studie toonde aan dat mensen bij het oplossen van een vraagstuk beter zijn als ze een abstracte representatie maken van het vraagstuk dan wanneer ze een concrete representatie maken (Hegarty & Kozhevnikov, 1999). Terwijl dit in eerder onderzoek experimenteel werd aangetoond, wordt het belang van abstract onderwijs in deze studie voor het eerst ook aangetoond in verschillende leercontexten.

Deze resultaten beperken zich niet enkel tot een studie afgenomen op één moment in de tijd, maar zijn ook te zien op lange termijn. Dit is bijvoorbeeld te zien wanneer we de slaagpercentages bekijken voor wiskundige richtingen in het eerste jaar hoger onderwijs. Zo

hebben leerlingen in Vlaanderen die een vooropleiding ASO wetenschappen wiskunde hebben gevolgd een hoger slaagpercentage ten opzichte van de leerlingen met een vooropleiding van TSO industriële wetenschappen in de academische opleidingen industriële wetenschappen (67,27% versus 65,21%) en ingenieurswetenschappen (70,9% versus 61,95%) (Verrijcken and Wittoek, 2022). De leerlingen met een vooropleiding TSO industriële wetenschappen hebben wel een hoger slaagpercentage voor meer praktische opleidingen zoals bijvoorbeeld elektromechanica (87,89 versus 76,79) (Verrijcken and Wittoek, 2022). Het is dus praktisch van belang om leerlingen zo vroeg mogelijk te oriënteren in hun studiekeuze zodat die zo goed mogelijk aansluit bij hun volledige leertraject en toekomstplan (theoretisch of praktisch gericht).

Verband Ruimtelijke Vaardigheden en Wiskundige Vaardigheden

Een andere belangrijke bevinding van deze studie is het verband tussen ruimtelijke vaardigheden en wiskundige vaardigheden. Een beter score op de intrinsieke, extrinsieke, statische en dynamische ruimtelijke taken correleerde in onze studie positief met wiskundige vaardigheden wanneer we alle deelnemers in rekening brachten. De correlatie was het sterkst tussen wiskundige vaardigheden en spatiale oriëntatie (extrinsiek dynamisch).

Bovendien was dit verband anders voor de leerlingen van ASO wetenschappen wiskunde in vergelijking met de leerlingen van TSO industriële wetenschappen. De leerlingen van ASO wetenschappen wiskunde vertoonden enkel een significante kleine positieve correlatie tussen de mentale rotatietaak en de wiskundige vaardigheden en een significante middelgrote negatieve correlatie tussen de spatiale oriëntatietaak en de wiskundige vaardigheden. Voor de leerlingen van TSO industriële wetenschappen was er een significante middelgrote positieve correlatie tussen de ruimtelijke schaaltaak en wiskundige vaardigheden en een significante grote negatieve correlatie tussen de wiskundige vaardigheden en de spatiale oriëntatietaak. De leerlingen uit het ASO wetenschappen wiskunde vertoonden dus een correlatie tussen dynamische ruimtelijke taken en wiskundige vaardigheden terwijl leerlingen uit het TSO industriële wetenschappen een correlatie vertoonden tussen extrinsieke ruimtelijke taken en wiskundige vaardigheden. De schoolcontext zou dus een mediator kunnen zijn in het verband tussen specifieke ruimtelijke vaardigheden en wiskundige vaardigheden. Er werd wel al in eerder onderzoek aangetoond dat scores op de mentale rotatietaak en scores op de ruimtelijke schaaltaak beide unieke voorspellers zijn voor wetenschappelijke prestaties, met de mentale rotatietaak als sterkste voorspeller (Hodgkiss et al., 2018).

Tenslotte was er voor beide studierichtingen een significante negatieve correlatie tussen wiskundige vaardigheden en de spatiale oriëntatietaak en deze was ook significant sterker negatief voor de leerlingen van TSO industriële wetenschappen ten opzichte van de leerlingen van ASO wetenschappen wiskunde. Dit wijst erop dat het verband tussen een goede score op de spatiale oriëntatietaak en wiskundige vaardigheden nog sterker was voor de leerlingen van TSO industriële wetenschappen dan voor de leerlingen van ASO wetenschappen wiskunde. Het verband tussen een goede score op de spatiale oriëntatietaak en betere wiskundige vaardigheden komt overeen met een studie waarbij de prestaties op een spatiale oriëntatietaak werden gemeten bij kinderen. Vier maanden later werd vervolgens gekeken naar wiskundige vaardigheden. Uit de studie bleek dat de prestaties op de spatiale oriëntatietaak voorspellend waren voor de wiskundige prestaties van kinderen op een later tijdstip (Cornu et al., 2017).

Een andere meta-analyse van 73 studies toonde eerder ook al een verband aan tussen wiskundige vaardigheden en ruimtelijke vaardigheden (Xie et al., 2020). Ook werd al eerder aangetoond dat wanneer kinderen betere constructies konden bouwen met blokken zij ook beter waren in tellen (Verdine et al., 2014). Tenslotte werd er ook gevonden dat leerlingen met hogere prestaties op wiskundetoetsen ook betere ruimtelijke vaardigheden hadden (Gilligan et al., 2017). Bovendien zijn ruimtelijke vaardigheden niet enkel belangrijk voor wiskundige vaardigheden, maar is het ook belangrijk voor bepaalde beroepsuitoefeningen. Zo tonen studies aan dat ruimtelijke vaardigheden gelinkt zijn aan succes voor onder meer ingenieurs, designontwerpers en automechaniekers in hun beroepsuitoefening (Hegarty & Waller, 2005). Mensen met goede ruimtelijke vaardigheden komen ook meer terecht in STEM jobs (Gilligan et al., 2017). Dit is een belangrijke bevinding omdat we nu en in de toekomst meer mensen nodig hebben in een STEM carrière (Myers & Pavel, 2011). Tenslotte werd ook aangetoond dat in onderwijs waar meer tijd besteed wordt aan ruimtelijke vaardigheden, er ook een stijgende deelname is van leerlingen in wetenschappen, wiskunde en ingenieurswetenschappen (Uttal et al., 2013).

Aangezien ruimtelijke vaardigheden een belangrijke rol spelen in heel wat contexten is er ook de vraag: kunnen we beter worden in ruimtelijke vaardigheden? Het antwoord op deze vraag is ja, ruimtelijke vaardigheden kunnen immers getraind worden (Uttal et al., 2013).

Bovendien is er ook een transfer naar wiskundige vaardigheden. Zo werd er in studies al aangetoond dat wanneer kinderen getraind worden op ruimtelijke taken ze niet enkel beter werden op die specifieke ruimtelijke taken, maar ook beter werden in verschillende wiskundige vaardigheden (Cheng & Mix, 2014; Gilligan et al., 2017). Een verklaring waarom

ruimtelijke vaardigheden gelinkt zijn aan wiskundige vaardigheden en waarom er een transfer mogelijk is tussen beide is te danken aan de rol van de pariëtale lobus (Hawes & Ansari, 2020). Onderzoekers vonden dat deze breinregio zowel geactiveerd werd bij rekenkundige taken als bij de mentale rotatietaak (Hawes & Ansari, 2020). Wanneer ruimtelijke vaardigheden dus getraind worden, wordt dezelfde regio actief als wanneer we wiskundige vaardigheden gebruiken. Daarom verbeterden ook wiskundige vaardigheden nadat ruimtelijke vaardigheden getraind werden.

Niet enkel is het trainen van ruimtelijke vaardigheden van praktisch belang, zoals het belang bij STEM beroepen, participatie in wetenschappen en het effect op wiskundige prestaties, maar zou het ook kunnen verklaren waarom de wiskundige prestaties in de PISA test voor Vlaamse leerlingen tegenvallen (OECD, 2019). Het is dus van belang om de ruimtelijke vaardigheden niet uit het oog verliezen wanneer we in het beleid nadenken over hoe we de resultaten op wiskundige vaardigheden weer kunnen opkrikken.

Ruimtelijke Numerieke Representaties van Getallen

Tenslotte onderzochten we ook nog de ruimtelijke numerieke representaties van getallen in dit onderzoek. In de literatuur is er immers nog discussie over de link tussen de ruimtelijke numerieke representatie van getallen en wiskundige vaardigheden. Ten eerste zijn we nagegaan of er een ordinaal positie effect werd gevonden. Dit was inderdaad significant op groepsniveau. Gemiddeld gezien werd er sneller met een linker respons dan een rechter respons gereageerd wanneer woorden of letters eerder werden aangeboden in de reeks. Dit effect werd minder gevonden op individueel niveau waar slechts 33% van de deelnemers een consistent ordinaal positie effect vertoonden. Voor het SNARC-effect werd er geen groepsverschil gevonden en op individueel niveau vertoonden slechts 26% van de deelnemers een consistent SNARC-effect. Dit komt door de hoge binnen-subject variabiliteit en ruis op individueel niveau. Bovendien verschilden ook beide studierichtingen niet in het al dan niet hebben van een SNARC of OPE.

Vervolgens werd er gekeken of de OPE en het SNARC-effect gelinkt zijn aan wiskundige prestaties, maar er werd hiervoor geen significante correlatie gevonden. Dit sluit aan bij de studie van Cipora en Nuerk (2013) waarbij ze aantoonde dat er meestal geen correlatie gevonden wordt tussen het SNARC-effect en wiskundige vaardigheden. Ten slotte werd er ook gekeken of er ook een link is tussen de ruimtelijke numerieke representatie van getallen en de ruimtelijke vaardigheden, maar ook hier werd er geen significante correlatie gevonden

in tegenstelling tot Viarouge et al. (2014) die wel een verband vond tussen de mentale rotatietaak en het SNARC-effect. Toekomstig onderzoek moet aantonen of deze resultaten ook terug te vinden zijn in een doelgroep waarbij het SNARC-effect en het ordinale positie-effect wel teruggevonden kan worden.

Praktische Richtlijnen voor de Toekomst

In deze studie werd gevonden dat leerlingen uit het ASO wetenschappen wiskunde hoger scoren op ruimtelijke taken en wiskundige vaardigheden dan leerlingen uit het TSO industriële wetenschappen ondanks eenzelfde pakket wiskunde. Bovendien werd aangetoond dat ruimtelijke vaardigheden ook gecorreleerd zijn met wiskundige vaardigheden. Aangezien Vlaamse leerlingen minder goed scoren op de PISA test (OECD, 2019) en er ook wordt aangetoond dat eenzelfde pakket wiskunde in een andere schoolcontext zorgt voor een andere score op ruimtelijke en wiskundige taken en bovendien ook de slaagpercentages voor wiskundige richtingen in het hoger onderwijs lager liggen voor de leerlingen uit het TSO industriële wetenschappen, is het belangrijk om te weten wat we kunnen doen om de wiskundige vaardigheden weer op te krikken. Hierbij kunnen ruimtelijke vaardigheden een belangrijke rol spelen. Net zoals in eerder onderzoek toonden we hier opnieuw de link tussen ruimtelijke vaardigheden en wiskundige vaardigheden. Bovendien spelen ruimtelijke vaardigheden ook een belangrijke rol in STEM carrières die in de toekomst steeds meer belangrijker zullen worden (5 Reasons Why STEM Education Is Important in 2022, 2022). Daarom kunnen leerkrachten meer inzetten op ruimtelijke vaardigheden, al vroeg in het leertraject. Eerder onderzoek toonde immers aan dat het trainen van ruimtelijke vaardigheden bij kinderen ook zorgt voor een verbetering in wiskundige prestaties (Gilligan et al., 2017).

Bovendien kan het ook belangrijk zijn om wiskunde te onderwijzen op een abstracte manier, zodat de geleerde concepten ook kunnen getransfereerd worden naar nieuwe concepten en andere wiskundige problemen. Tenslotte is het belangrijk om na te gaan wat de interesses van de leerlingen zijn. Indien er geambieerd wordt om wiskunde toe te passen in meer academische opleidingen is het aangeraden om ook te kiezen voor een abstracte vooropleiding. Wanneer de ambities liggen bij een praktische opleiding kan het beter zijn om te kiezen voor een meer technische opleiding zoals TSO industriële wetenschappen, aangezien er hogere slaagpercentages zijn voor de leerlingen TSO industriële wetenschappen dan leerlingen ASO wetenschappen wiskunde in praktische opleidingen (Verrijcken and Wittoek, 2022). Een goede oriëntatietest zou hen hierbij kunnen helpen.

Beperkingen en Richtlijnen Toekomstig Onderzoek

Een beperking van dit onderzoek is dat er data verloren gingen door technische problemen. De set-up van dit onderzoek vond immers in scholen plaats waardoor leerlingen op hun eigen laptop de taken moesten uitvoeren. Hierdoor gebeurde het af en toe dat een laptop vastliep of dat de testen niet konden geladen worden op de desbetreffende laptop. Sommige scholen hadden ook geen goede wifi verbinding om de taken online te maken waardoor alle taken één voor één op alle deelnemers hun laptop moesten geplaatst worden. Dit zorgde voor een tijdsverlies waardoor soms niet alle taken voltooid werden in één testsessie (van twee lesuren). Ook de context van het samenzitten met alle leerlingen in één klaslokaal was niet altijd ideaal aangezien dit soms voor afleiding kon zorgen.

Verder gebeurde dit onderzoek ook op één tijdstip en kunnen we geen uitspraken doen over hoe de wiskundige vaardigheden samen met de ruimtelijke vaardigheden evolueren in de tijd. Door de setting van deze studie werden de testen ook afgenomen in het eerste en het tweede semester van het schooljaar 2021-2022 (oktober tot februari). Dit maakt dat leerlingen uit het vijfde jaar secundair niet op hetzelfde tijdstip werden getest. Bovendien waren er ook verschillende proefleiders en twee verschillende OPE-taken, maar in de analyses bleek dat dit geen significant effect had op de testresultaten. Ook hadden we een grotere groep leerlingen uit het ASO wetenschappen wiskunde. Dit kwam omdat de klasgroepen van TSO industriële wetenschappen vaak kleiner waren en het ook moeilijk was om scholen te vinden die bereid waren om deel te nemen aan ons onderzoek.

Tenslotte konden we in deze studie geen significant SNARC-effect terugvinden zowel op groepsniveau als op individueel niveau. Dit ondanks dat in eerder onderzoek het SNARC effect al vaak werd aangetoond (Dehaene et al., 1993). Voor het OPE was er wel een significant groepsverschil, maar ook op individueel niveau vertoonden weinig deelnemers een consistent ordinaal positie effect. Dit komt omdat er in de data veel ruis zat op individueel niveau.

Toekomstig onderzoek moet nog uitwijzen wat de effecten zijn van het trainen van ruimtelijke vaardigheden op lange termijn en op longitudinaal niveau. Ook is het onduidelijk waarom leerlingen uit het ASO wetenschappen wiskunde eerder een verband vertonen tussen dynamische ruimtelijke vaardigheden en wiskundige vaardigheden terwijl leerlingen uit het TSO industriële wetenschappen eerder een verband vertonen tussen extrinsieke ruimtelijke vaardigheden en wiskundige vaardigheden. Het zou interessant zijn om te kijken of het

trainen van die specifieke ruimtelijke vaardigheden per groep leiden tot betere wiskundige prestaties en of die verbetering ook afhangt van welke taak getraind wordt per groep. Verder moet toekomstig onderzoek nog uitwijzen waarom de correlatie het sterkst is tussen de spatiale oriëntatietaak en wiskundige vaardigheden. Bovendien is er ook nog meer onderzoek nodig om te weten of ruimtelijke numerieke representaties van getallen ook een rol kunnen spelen in de wiskundige of ruimtelijke vaardigheden aangezien dit door de ruis variabiliteit binnen de deelnemers in deze studie niet kon aangetoond worden. Ten slotte zou het interessant zijn om te zien hoe de resultaten van dit onderzoek evolueren over de tijd, of er ook een link is tussen de resultaten op onze ruimtelijke testen en de slaagpercentages in het hoger onderwijs.

Conclusie

Leerlingen met een theoretische wiskundige achtergrond scoren beter op ruimtelijke en wiskundige taken dan leerlingen met een praktische wiskundige achtergrond. Bovendien blijkt ook dat scores op ruimtelijke taken positief correleren met wiskundige vaardigheden. De link tussen wiskundige en ruimtelijke vaardigheden werd in deze studie opnieuw bevestigd, zowel op intrinsiek, extrinsiek, statisch en dynamisch niveau wanneer de data van alle deelnemers in rekening werden gebracht. De leerlingen uit het ASO wetenschappen wiskunde vertoonden een verband tussen dynamische ruimtelijke vaardigheden en wiskundige vaardigheden terwijl de leerlingen uit het TSO industriële wetenschappen een verband vertoonden tussen extrinsieke ruimtelijke vaardigheden en wiskundige vaardigheden. Bovendien was het verband voor beide studierichtingen het sterkst tussen de spatiale oriëntatietaak en wiskundige vaardigheden. Daarom is het belangrijk om in de toekomst de rol van ruimtelijke vaardigheden niet te miskennen en ook in te zetten op het trainen van ruimtelijke vaardigheden, gezien hiermee ook de wiskundige vaardigheden kunnen verbeteren. Verminderde ruimtelijke vaardigheden en de schoolcontext zouden ook kunnen verklaren waarom leerlingen in Vlaanderen minder goed scoren op wiskundige vaardigheden in het PISA onderzoek. Bovendien zijn ruimtelijke vaardigheden niet enkel belangrijk voor wiskundige vaardigheden, maar ook belangrijk in de beroepscontext, waarbij STEM beroepen steeds meer een belangrijke rol zullen spelen. Ten slotte is de rol van de ruimtelijke numerieke representatie van getallen bij wiskundige en ruimtelijke vaardigheden nog niet helemaal duidelijk. Verder onderzoek is nodig om hier meer duidelijkheid in te scheppen.

Bijlage 1

Informed consent leerlingen



Toestemming leerlingen onderzoeksproject "Ruimtelijke vaardigheden, een vergelijking tussen theoretische en praktische opleidingen"
--

<u>Contactpersoon</u>	<u>E-mail</u>	<u>Tel.</u>
Laura Soen	Laura.Soen@UGent.be	+32 471368968
Laurence De Wilde	Lndwilde@UGent.be	+32

Beste leerling,

Wij zijn twee masterstudenten experimentele psychologie. Via deze brief willen we jouw toestemming vragen om deel te nemen aan ons onderzoek over ruimtelijke vaardigheden. In dit onderzoek gaan we na wat de rol is van ruimtelijke vaardigheden in het ontwikkelen van wiskundige vaardigheden. Hierbij focussen we op het verschil tussen opleidingen waar theorie meer centraal staat, in vergelijking met opleidingen waar praktijk meer aan bod komt. Jouw deelname is daarom belangrijk voor ons wetenschappelijk onderzoek. Tijdens het onderzoek zal je zes taken doen die peilen naar jouw ruimtelijke vaardigheden, verspreid over twee lesuren. Voor elke taak zal je telkens uitleg krijgen wat er van jou verwacht wordt. Ten slotte zullen wij ook je examenresultaten wiskunde gebruiken in ons onderzoek.

De resultaten van de taken en de examenresultaten zullen worden geanonimiseerd, dit betekent dat jouw identiteit onherkenbaar zal worden gemaakt. De gegevens zullen enkel in het kader van het onderzoek worden gebruikt en zullen nooit worden verspreid naar derden. Bovendien hebben de resultaten op dit onderzoek geen invloed op jouw schoolresultaten.

In het Informed Consent formulier vragen we naar jouw toestemming om deel te nemen aan dit onderzoek. Als je toestemming wil geven om deel te nemen aan het onderzoek, gelieve dan dit formulier ingevuld en ondertekend te bezorgen aan ons.

Indien je nog vragen hebt kan je altijd een mailtje sturen naar Laura.Soen@UGent.be, Lndwilde@UGent.be of onze promotoren (wim.fias@ugent.be; jeanphilippe.vandijck@ugent.be).

Alvast bedankt!

Contactpersoon
Laura Soen
Laurence De Wilde

E-mail
Laura.Soen@UGent.be
Lndwilde@UGent.be

Tel.
+32 471368968
+32

Informed consent formulier

Ik, ondergetekende..... (naam en
voornaam) uit

.....
(klas)

verklaar hierbij dat ik, als participant aan een onderzoek aan de Vakgroep Experimentele Psychologie onder leiding van Wim Fias van de Universiteit Gent,

- (1) de uitleg over de aard van de vragen en de taken die tijdens dit onderzoek zullen worden aangeboden, heb gekregen en dat mij de mogelijkheid werd geboden om bijkomende informatie te verkrijgen;
- (2) totaal uit vrije wil deelneem aan het wetenschappelijk onderzoek;
- (3) de toestemming geef aan de onderzoekers om de resultaten op vertrouwelijke wijze te bewaren en te verwerken en anoniem te rapporteren;
- (4) op de hoogte ben van de mogelijkheid om mijn deelname aan het onderzoek op ieder moment stop te zetten en dit zonder opgave van reden;
- (5) weet dat niet deelnemen of mijn deelname aan het onderzoek stopzetten op geen enkele manier negatieve gevolgen heeft voor mij;
- (6) weet dat ik een samenvatting van de onderzoeksbevindingen kan krijgen nadat de studie is afgerond en de resultaten bekend zijn;
- (7) weet dat UGent de verantwoordelijke eenheid is m.b.t. persoonsgegevens verzameld tijdens het onderzoek. Ik weet dat de data protection officer me meer informatie kan verschaffen over de bescherming van de persoonlijke informatie van mijn kind. Contact: Hanne Elsen (privacy@ugent.be).

Ik wil graag een samenvatting van de onderzoeksresultaten ontvangen:

.....(e-mail)

Gelezen en goedgekeurd op (datum),

Handtekening van de participant

Naam van de verantwoordelijke onderzoeker

Bijlage 2

Informed consent ouders



Toestemming ouders onderzoeksproject “Ruimtelijke vaardigheden, een vergelijking tussen theoretische en praktische opleidingen”
--

<u>Contactpersoon</u>	<u>E-mail</u>	<u>Tel.</u>
Laura Soen	Laura.Soen@UGent.be	+32 471368968
Laurence De Wilde	Lndwilde@UGent.be	+32

Beste ouder,

Wij zijn twee studenten experimentele psychologie aan de UGent en binnen het kader van onze masterproef doen wij onderzoek naar de rol van ruimtelijke vaardigheden op het ontwikkelen van wiskundige kennis. Hierbij focussen we op het verschil tussen theoretische opleidingen, waar wiskunde abstract aangeleerd wordt, en praktische studierichtingen, waarbij wiskundige vaardigheden worden toegepast. Dit onderzoek kadert in een grootschalige studie gefinancierd door het Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek dat loopt in samenwerking met de Universiteit van Luxemburg en de Universiteit van Loughborough, Verenigd Koninkrijk. Binnen dit onderzoek zullen de leerlingen deelnemen aan zes verschillende taken die peilen naar hun ruimtelijke vaardigheden. Deze deelname zal ongeveer twee lesuren in beslag nemen. Ook zullen we hun examenresultaten van het examen wiskunde inkijken.

De resultaten van de taken en de examenresultaten zullen worden geanonimiseerd, dit betekent dat de identiteit van uw kind onherkenbaar zal worden gemaakt. De gegevens zullen enkel in het kader van het onderzoek worden gebruikt en zullen nooit worden verspreid naar derden. Bovendien hebben de resultaten op dit onderzoek geen invloed op de schoolresultaten van uw kind.

Om dit onderzoek te doen slagen is de deelname van uw zoon of dochter belangrijk. Daarom vragen wij u om uw toestemming voor zijn of haar deelname. Indien u uw toestemming wil geven, gelieve het bijgevoegde informed consent formulier te lezen, in te vullen en te ondertekenen.

Indien u nog vragen heeft over het onderzoek of meer informatie wenst kan u ons altijd contacteren via Laura.Soen@UGent.be, Lndwilde@UGent.be of onze promotoren (wim.fias@ugent.be; jeanphilippe.vandijck@ugent.be).

Alvast bedankt!

Contactpersoon
Laura Soen
Laurence De Wilde

E-mail
Laura.Soen@UGent.be
Lndwilde@Ugent.be

Tel.
+32 471368968
+32

Informed consent formulier

Ik, ondergetekende.....(naam en
voornaam),

ouder van (naam en
voornaam kind) uit

.....(k
las)

geef hierbij mijn kind de toestemming om deel te nemen aan een onderzoek aan de Vakgroep
Experimentele Psychologie onder leiding van Wim Fias van de Universiteit Gent. Ik verklaar dat ik

(8) de uitleg over de aard van de vragen en de taken die tijdens dit onderzoek zullen worden
aangeboden, heb gekregen en dat mij de mogelijkheid werd geboden om bijkomende informatie
te verkrijgen;

(9) volledig uit vrije wil mijn kind laat deelnemen aan het wetenschappelijk onderzoek;

(10) de toestemming geef aan de onderzoekers om de resultaten op vertrouwelijke wijze te bewaren
en te verwerken en anoniem te rapporteren;

(11) op de hoogte ben van de mogelijkheid om de deelname van mijn kind aan het onderzoek op ieder
moment stop te zetten en dit zonder opgave van reden;

(12) weet dat niet deelnemen of de deelname van mijn kind aan het onderzoek stopzetten op geen
enkele manier negatieve gevolgen heeft voor mijn kind;

(13) weet dat ik een samenvatting van de onderzoeksbevindingen kan krijgen nadat de studie is
afgerond en de resultaten bekend zijn;

(14) weet dat UGent de verantwoordelijke eenheid is m.b.t. persoonsgegevens verzameld tijdens het
onderzoek. Ik weet dat de data protection officer me meer informatie kan verschaffen over de
bescherming van de persoonlijke informatie van mijn kind. Contact: Hanne Elsen
(privacy@ugent.be).

Ik wil graag een samenvatting van de onderzoeksresultaten ontvangen:

.....(e-mail)

Gelezen en goedgekeurd op (datum),

Handtekening van de ouder/voogd van het kind

Naam van de verantwoordelijke onderzoeker

Bijlage 3

Voorbeeldbrief Scholen

Gent, 6 Mei 2021

Aan de directie

Geachte mevrouw/heer,

Wij zijn 2 studenten experimentele psychologie aan de UGent en binnen het kader van onze masterproef onder leiding van prof. Wim Fias en dr. Jean-Philippe van Dijck zijn wij op zoek naar scholen die willen meewerken aan een studie omtrent het belang van ruimtelijk inzicht voor de ontwikkeling van wiskundige kennis. Dit onderzoek kadert in een grootschalige studie gefinancierd door het Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek dat loopt in samenwerking met de Universiteit van Luxemburg en de Universiteit van Loughborough, Verenigd Koninkrijk. Waar vroegere studies zich fragmentarisch richten op kleine groepen leerlingen van specifieke leeftijden, bestudeert deze studie de samenhang tussen ruimtelijke en wiskundige vaardigheden doorheen het hele schoolse traject van kleuterschool tot hoger onderwijs. Wij richten ons op leerlingen uit het 5e middelbaar uit de richting "Wetenschappen-wiskunde" (ASO) en zouden graag een 90-tal leerlingen uit deze richting uit verschillende scholen bevragen.

Hierbij vragen wij u of u interesse heeft om mee te werken aan dit onderzoek. We zouden de afnames van dit onderzoek in de ICT-ruimte van uw school doen, om de impact op het lessenrooster zo klein mogelijk te houden. We staan uiteraard ook open voor andere mogelijkheden en bespreken graag met u wat het beste voor u past. De afnames zouden 2 lesuren in beslag nemen en zouden op 2 aparte momenten plaatsvinden binnen dezelfde week. Verder zouden we ook de examenresultaten van de deelnemende leerlingen voor het vak wiskunde graag inkijken, uiteraard op een vertrouwelijke wijze. Bovendien zullen wij ook een brief opstellen voor de ouders en vragen we de leerlingen om toestemming te geven in een informed consent. Wij willen graag ook iets tegenoverstellen voor jullie deelname. Voor leerlingen uit de wiskunde-wetenschappen is het interessant om deel te nemen aan een empirische studie, gezien dit ook aan bod komt in het hoger onderwijs. Daarom, als jullie dit wensen, geven we ook graag een les aan de leerlingen over ons onderzoek en de bevindingen zodat zij kunnen kennis maken met wetenschappelijk onderzoek. Bovendien geven we aan de leerkrachten ook graag een debriefing over ons onderzoek met adviezen die gebruikt kunnen worden in de toekomst.

Indien u verdere vragen hebt, dan zijn wij of onze promotoren (wim.fias@ugent.be; jeanphilippe.vandijck@ugent.be) graag bereid om verdere toelichting te geven. Als u bereid bent om deel te nemen aan dit onderzoek mag u een mailtje sturen naar laura.soen@ugent.be of Indwilde.DeWilde@Ugent.be.

Alvast bedankt,

Laurence De Wilde en Laura Soen

Bijlage 4

Reeks aangeboden sommen in de TT

$126 \div 9 =$	$7 \times 2 =$	$62 - 14 =$	$53 + 25 =$	$16 \div 8 =$	$96 - 12 =$	$48 \div 6 =$
$6 \times 3 =$	$67 - 52 =$	$63 + 34 =$	$27 \div 9 =$	$17 \times 2 =$	$16 + 37 =$	$6 \times 7 =$
$83 - 56 =$	$34 + 12 =$	$56 \div 7 =$	$6 \times 2 =$	$92 - 79 =$	$32 \div 4 =$	$69 - 24 =$
$14 + 57 =$	$30 \div 6 =$	$18 \times 7 =$	$67 - 39 =$	$58 + 26 =$	$6 \times 8 =$	$43 + 24 =$
$102 \div 6 =$	$9 \times 16 =$	$86 - 34 =$	$21 + 38 =$	$68 \div 4 =$	$98 - 45 =$	$14 \div 7 =$
$19 \times 4 =$	$75 - 43 =$	$37 + 52 =$	$12 \div 3 =$	$2 \times 19 =$	$43 + 36 =$	$12 \times 8 =$
$41 - 17 =$	$54 + 41 =$	$135 \div 15 =$	$3 \times 15 =$	$86 - 39 =$	$51 + 43 =$	$84 \div 6 =$
$9 \times 6 =$	$59 - 13 =$	$14 + 27 =$	$21 \div 7 =$	$3 \times 4 =$	$37 - 21 =$	$21 + 16 =$
$20 \div 4 =$	$7 \times 19 =$	$46 - 12 =$	$19 + 74 =$			

Bijlage 5

LVS verkorte versie

Vraagstukken

1. Bart verkoopt kranten en wordt betaald per krant. Gisteren verkocht hij 150 kranten en verdiende daarmee 15€. Vandaag verkocht hij 165 kranten. Hoeveel verdient hij vandaag?
2. Ik liep de vorige 6 dagen gemiddeld 9 km per dag. Ik wil op één week 65 km lopen. Hoeveel moet ik vandaag nog lopen?
3. In een onderzoek bij 1600 leerlingen bleek dat 5% problemen had met het lezen. Van de groep met leesproblemen had de helft ook problemen met spellen. Hoeveel leerlingen met leesproblemen hebben ook problemen met spellen?
4. Onze klas wil een week op reis. De totale prijs voor de klas bedraagt 2080 euro. Met de verkoop van pannenkoeken haalde de klas reeds 1700 euro op. Elke leerling moet nu nog 20 euro opleggen. Met hoeveel leerlingen zijn wij in de klas?
5. Onze tuin is rechthoekig. Hij meet 10m op 3m. $\frac{1}{3}$ van onze tuin is moestuin. De rest is gazon. Welk is de oppervlakte van onze gazon?
6. Een vliegtuig legt de afstand naar zijn bestemming af in 8 uur. Het vliegtuig haalt een gemiddelde snelheid van 750km per uur. Tijdens de vlucht is een half uur voorzien om een maaltijd op te dienen. Welke afstand legt het vliegtuig af van start tot bestemming?
7. Een chauffeur rijdt met zijn vrachtwagen gemiddeld 80 km per uur op de snelwegen. Op de gewone wegen haalt hij gemiddeld 40 km per uur. Hoeveel km heeft hij afgelegd na drie uur op de snelweg en één uur op de gewone weg?
8. Boer Willem heeft 2000 kippen. De aankoop en het kweken van al die kippen kostte 4000 euro, alles inbegrepen. Door een besmettelijke ziekte moet hij alle kippen wegdoen. Hij ontvangt van de regering een vergoeding van 0,50 euro per kip. Hoeveel verliest hij aan deze kippen?
9. Vijf koelkasten moeten worden vervoerd in hun verpakking. De verpakkingen zijn 2m hoog, 0,8m breed en 1m diep. Welke oppervlakte is nodig om de vijf koelkasten rechtop naast elkaar te plaatsen?
10. Een telefoonmaatschappij kon op een bepaalde plaats 1500 belkaarten aan de man brengen. Deze firma wil volgend jaar 10% meer verkopen. Hoeveel belkaarten wil het bedrijf volgend jaar verkopen?

Algebra

1. $28 \times 54 = 14 \times ?$
2. $1285 + 790 = 1300 + ?$
3. $1200 - 420 = 980 - ?$
4. $30 \times 21 = 10 \times ?$
5. $72 : 12 = 36 : ?$
6. $3283 - 483 = 3000 - ?$
7. $9 \times 120 = 3 \times ?$
8. $365 : 20 = 182,5 : ?$
9. $7000 - 4975 = 1025 + ?$
10. $3 \times 4505 = 15 \times ?$

Breuken

1. Schrijf als een breuk: Drie taarten verdelen onder zeven meisjes. Welk deel krijgt elk meisje?
2. Welke breuk is minder dan 0,6? (typ hieronder): $14/20$ $4/5$ $3/6$ $7/8$ $9/10$
3. 50% van $\frac{1}{2}$ is?
4. $\frac{8}{6}$ van 240 is?
5. $18/36 = 1/?$
6. $3 \times \frac{4}{20} =$ (vereenvoudig de uitkomst zoveel mogelijk)
7. Rangschik de volgende breuken van klein naar groot: $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{2}{6}$ $\frac{2}{24}$
8. Hoeveel vakjes komen overeen met $\frac{1}{2} : 3$?
9. Een varkenshouder verdeelt $\frac{1}{10}$ van de zak voeder over twee biggen. Welk deel van de voederzak krijgt elke big?
10. $\frac{1}{3}$ van 75% is

Meetkunde

1. Hoeveel gelijke hoeken heeft een gelijkzijdige driehoek?
2. Onderstaande rechthoek stelt een landkaart voor. De kaart is ingedeeld in 15 vakken. Vertrek in vak 8. Eerst ga je 2 vakken naar het noorden. Daarna ga je één vak naar het westen. In welk vak sta je nu?

1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12
13	14	15
3. Hoeveel blokken zijn er?
4. Als je twee kubussen op elkaar plaatst dan bekom je een nieuw ruimtelijk figuur. Type de corresponderende letter.
a.kubus
b.balk
c.trapezium
d.rechthoek
e.piramide
5. Schrijf het stijgingspercentage van deze helling in het vlak.
6. Hoeveel blokken zijn er?
7. Welke uitspraak over de parallellogram is fout?
a. De tegenovergestelde zijden zijn evenwijdig.
b. De diagonalen snijden elkaar loodrecht.
c. De overstaande hoeken zijn gelijk.
d. De zijden zijn twee aan twee gelijk.
8. Van Kortrijk tot Gent is het 40 km. Hoeveel cm bedraagt deze afstand op een kaart met schaal 1/100000?
9. Hoeveel symmetrieassen heeft een rechthoek?
10. In dit vierkant staan de diagonalen getekend. Daardoor ontstaan er scherpe hoeken. Wat is de som (in graden) van alle scherpe hoeken samen?

Referenties

- 5 Reasons Why STEM Education is Important in 2022*. (2022, 11 mei). Yeti Academy STEM. Geraadpleegd op 19 mei 2022, van <https://yetiacademy.com/reasons-why-stem-education-is-important-in-2022/>
- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction, 16*(3), 183–198.
<https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.03.001>
- Artemenko, C., Soltanlou, M., Ehlis, A.-C., Nuerk, H.-C., & Dresler, T. (2018). The neural correlates of mental arithmetic in adolescents: A longitudinal fNIRS study. *Behavioral and Brain Functions, 14*(1), 5. <https://doi.org/10.1186/s12993-018-0137-8>
- Bock, D. D., Deprez, J., Dooren, W. V., Roelens, M., & Verschaffel, L. (2011). Abstract or Concrete Examples in Learning Mathematics? A Replication and Elaboration of Kaminski, Sloutsky, and Heckler's Study. *Journal for Research in Mathematics Education, 42*(2), 109–126. <https://doi.org/10.5951/jresmetheduc.42.2.0109>
- Cheng, Y.-L., & Mix, K. S. (2014). Spatial Training Improves Children's Mathematics Ability. *Journal of Cognition and Development, 15*(1), 2–11.
<https://doi.org/10.1080/15248372.2012.725186>
- Cipora, K., He, Y., & Nuerk, H. (2020). The spatial–numerical association of response codes effect and math skills: Why related? *Annals of the New York Academy of Sciences, 1477*(1), 5–19. <https://doi.org/10.1111/nyas.14355>
- Cipora, K., & Nuerk, H.-C. (2013). Is the SNARC Effect Related to the Level of Mathematics? No Systematic Relationship Observed despite More Power, More Repetitions, and More Direct Assessment of Arithmetic Skill. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 66*(10), 1974–1991.
<https://doi.org/10.1080/17470218.2013.772215>

- Cipora, K., Schroeder, P. A., Soltanlou, M., & Nuerk, H.-C. (2018). *More Space, Better Mathematics: Is Space a Powerful Tool or a Cornerstone for Understanding Arithmetic?* [Preprint]. PsyArXiv. <https://doi.org/10.31234/osf.io/3vg9p>
- CLB. (2020). *Onderwijskiezer*. Geraadpleegd op 12 december 2020, van https://www.onderwijskiezer.be/v2/secundair/sec_detail.php?detail=1
- Cornu, V., Hornung, C., Schiltz, C., & Martin, R. (2017). How do different aspects of spatial skills relate to early arithmetic and number line estimation? *Journal of Numerical Cognition*, 3(2), 309–343. <https://doi.org/10.5964/jnc.v3i2.36>
- Crollen, V., Vanderclausen, C., Allaire, F., Pollaris, A., & Noël, M.-P. (2015). Spatial and numerical processing in children with non-verbal learning disabilities. *Research in Developmental Disabilities*, 47, 61–72. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2015.08.013>
- Dehaene, S., Bossini, S., & Giraux, P. (1993). The mental representation of parity and number magnitude. *Journal of Experimental Psychology: General*, 122(3), 371–396. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.122.3.371>
- Delgado, A. R., & Prieto, G. (2004). Cognitive mediators and sex-related differences in mathematics. *Intelligence*, 32(1), 25–32. [https://doi.org/10.1016/S0160-2896\(03\)00061-8](https://doi.org/10.1016/S0160-2896(03)00061-8)
- Deloof, G. (2005). *LVS - VCLB/Leerling Volg Systeem—Wiskunde: Toetsen 6/Basisboek*. Garant.
- Fias, W. (1996). The Importance of Magnitude Information in Numerical Processing: Evidence from the SNARC Effect. *Mathematical Cognition*, 2(1), 95–110. <https://doi.org/10.1080/135467996387552>
- Gilligan, K. A., Flouri, E., & Farran, E. K. (2017). The contribution of spatial ability to mathematics achievement in middle childhood. *Journal of Experimental Child Psychology*, 163, 107–125. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2017.04.016>

- Ginsburg, V., van Dijck, J.-P., Previtali, P., Fias, W., & Gevers, W. (2014). The impact of verbal working memory on number–space associations. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 40(4), 976–986.
<https://doi.org/10.1037/a0036378>
- Goldstone, R. L., & Son, J. Y. (2005). The Transfer of Scientific Principles Using Concrete and Idealized Simulations. *Journal of the Learning Sciences*, 14(1), 69–110.
https://doi.org/10.1207/s15327809jls1401_4
- Hawes, Z., & Ansari, D. (2020). What explains the relationship between spatial and mathematical skills? A review of evidence from brain and behavior. *Psychonomic Bulletin & Review*, 27(3), 465–482. <https://doi.org/10.3758/s13423-019-01694-7>
- Hegarty, M., & Kozhevnikov, M. (1999). Types of visual–spatial representations and mathematical problem solving. *Journal of Educational Psychology*, 91(4), 684–689.
<https://doi.org/10.1037/0022-0663.91.4.684>
- Hegarty, M., & Waller, D. A. (2005). Individual Differences in Spatial Abilities. In P. Shah & A. Miyake (Eds.), *The Cambridge Handbook of Visuospatial Thinking* (1st ed., pp. 121–169). Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511610448.005>
- het Vlaams Ministerie van Onderwijs en Vorming. (z.d.). *Leerplannen – vooronderwijspersoneel. Geraadpleegd op 22 februari 2021*, van <https://onderwijs.vlaanderen.be/nl/leerplannen>
- Hodgkiss, A., Gilligan, K. A., Tolmie, A. K., Thomas, M. S. C., & Farran, E. K. (2018). Spatial cognition and science achievement: The contribution of intrinsic and extrinsic spatial skills from 7 to 11 years. *British Journal of Educational Psychology*, 88(4), 675–697. <https://doi.org/10.1111/bjep.12211>

- Huygelier, H., Van der Hallen, R., Wagemans, J., de-Wit, L., & Chamberlain, R. (2018). The Leuven Embedded Figures Test (L-EFT): Measuring perception, intelligence or executive function? *PeerJ*, 6, e4524. <https://doi.org/10.7717/peerj.4524>
- IBM Corp. Released 2020. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 28.0. Armonk, NY: IBM Corp
- Kaminski, J. A., Sloutsky, V. M., & Heckler, A. F. (2008). LEARNING THEORY: The Advantage of Abstract Examples in Learning Math. *Science*, 320(5875), 454–455. <https://doi.org/10.1126/science.1154659>
- Katholiek onderwijs Vlaanderen. (2002a). *Leerplan secundair onderwijs wiskunde, tweede graad ASO, eerste leerjaar - tweede leerjaar*. Geraadpleegd van <http://ond.vvksoict.com/leerplannen/doc/Wiskunde-ASO-2002-047.pdf24>
- Katholiek onderwijs Vlaanderen. (2002b). *Leerplan secundair onderwijs wiskunde, tweede graad KSO/TSO, eerste leerjaar - tweede leerjaar*. Geraadpleegd van <http://ond.vvksoict.com/leerplannen/doc/Wiskunde-ASO-2002-048.pdf>
- Katholiek onderwijs Vlaanderen. (2016). *Leerplannen*. Geraadpleegd op 12 december 2020, van <http://ond.vvkso-ict.com/lele/leerplannen.asp>
- Katholiek onderwijs Vlaanderen. (2020). *Llinkid*. Geraadpleegd op 12 december 2020, van <https://llinkid.katholiekonderwijs.vlaanderen/#!/home/leerplan>
- Kozhevnikov, M., & Hegarty, M. (2001). A dissociation between object manipulation spatial ability and spatial orientation ability. *Memory & Cognition*, 29(5), 745–756. <https://doi.org/10.3758/BF03200477>
- Lakoff, G., & Núñez, R. E. (2011). *Where mathematics comes from: How the embodied mind brings mathematics into being* (Nachdr.). Basic Books.

- Lorch, R. F., & Myers, J. L. (1990). Regression analyses of repeated measures data in cognitive research. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *16*(1), 149–157. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.16.1.149>
- Lyons, I. M., & Beilock, S. L. (2011). Numerical ordering ability mediates the relation between number-sense and arithmetic competence. *Cognition*, *121*(2), 256–261. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2011.07.009>
- McNeil, N. M., & Fyfe, E. R. (2012). “Concreteness fading” promotes transfer of mathematical knowledge. *Learning and Instruction*, *22*(6), 440–448. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2012.05.001>
- Mix, K. S., & Cheng, Y.-L. (2012). The Relation Between Space and Math. In *Advances in Child Development and Behavior* (Vol. 42, pp. 197–243). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394388-0.00006-X>
- Möhring, W., Newcombe, N. S., & Frick, A. (2014). Zooming in on spatial scaling: Preschool children and adults use mental transformations to scale spaces. *Developmental Psychology*, *50*(5), 1614–1619. <https://doi.org/10.1037/a0035905>
- Myers, C. B., & Pavel, D. M. (2011). Underrepresented students in STEM: The transition from undergraduate to graduate programs. *Journal of Diversity in Higher Education*, *4*(2), 90–105. <https://doi.org/10.1037/a0021679>
- OECD. (2019). *PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do*. OECD. <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>
- Psychology Software Tools, Inc. [E-Prime Go]. (2020). Retrieved from <https://support.pstnet.com/>
- Shepard, R. N., & Metzler, J. (1971). Mental Rotation of Three-Dimensional Objects. *Science*, *171*(3972), 701–703. <https://doi.org/10.1126/science.171.3972.701>

- Siegler, R. S., & Booth, J. L. (2004). Development of Numerical Estimation in Young Children. *Child Development*, 75(2), 428–444. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2004.00684.x>
- Snodgrass, J. G., & Vanderwart, M. (1980). A standardized set of 260 pictures: Norms for name agreement, image agreement, familiarity, and visual complexity. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 6(2), 174–215. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.6.2.174>
- Steunpunt toetsontwikkeling en peilingen & AKOV. (2014). *Peiling wiskunde in de derde graad aso, kso en tso*. Geraadpleegd van <https://peilingsonderzoek.be/kennisdeling/peilingen/secundaironderwijs/?peiling=wiskunde>
- Steunpunt Toetsontwikkeling en Peilingen. (2018). *Peiling wiskunde in de 1ste graadsecundair onderwijs a-stroom*. Geraadpleegd van <https://peilingsonderzoek.be/kennisdeling/peilingen/secundaironderwijs/?peiling=wiskunde>
- Tolar, T. D., Lederberg, A. R., & Fletcher, J. M. (2009). A structural model of algebra achievement: Computational fluency and spatial visualisation as mediators of the effect of working memory on algebra achievement. *Educational Psychology*, 29(2), 239–266. <https://doi.org/10.1080/01443410802708903>
- Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. L., Alden, A. R., Warren, C., & Newcombe, N. S. (2013). The malleability of spatial skills: A meta-analysis of training studies. *Psychological Bulletin*, 139(2), 352–402. <https://doi.org/10.1037/a0028446>
- van Dijck, J.-P., & Fias, W. (2011). A working memory account for spatial–numerical associations. *Cognition*, 119(1), 114–119. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2010.12.013>

- van Dijck, J-P, Fias, W, Cipora, K (2022) *Spatialization in working memory and its relation to math anxiety*, *Annals of the New York Academy of Sciences*, ISSN: 0077-8923.
<https://doi.org/10.1111/nyas.14765>
- Vandenberg, S. G., & Kuse, A. R. (1978). Mental Rotations, a Group Test of Three-Dimensional Spatial Visualization. *Perceptual and Motor Skills*, 47(2), 599–604.
<https://doi.org/10.2466/pms.1978.47.2.599>
- Verdine, B. N., Golinkoff, R. M., Hirsh-Pasek, K., Newcombe, N. S., Filipowicz, A. T., & Chang, A. (2014). Deconstructing Building Blocks: Preschoolers' Spatial Assembly Performance Relates to Early Mathematical Skills. *Child Development*, 85(3), 1062–1076. <https://doi.org/10.1111/cdev.12165>
- Viarouge, A., Hubbard, E. M., & McCandliss, B. D. (2014). The Cognitive Mechanisms of the SNARC Effect: An Individual Differences Approach. *PLoS ONE*, 9(4), e95756.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095756>
- Wai, J., Lubinski, D., & Benbow, C. P. (2009). Spatial ability for STEM domains: Aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance. *Journal of Educational Psychology*, 101(4), 817–835.
<https://doi.org/10.1037/a0016127>
- Wei, W., Yuan, H., Chen, C., & Zhou, X. (2012). Cognitive correlates of performance in advanced mathematics: Cognitive correlates of advanced mathematics. *British Journal of Educational Psychology*, 82(1), 157–181. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8279.2011.02049.x>
- Xie, F., Zhang, L., Chen, X., & Xin, Z. (2020). Is Spatial Ability Related to Mathematical Ability: A Meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 32(1), 113–155.
<https://doi.org/10.1007/s10648-019-09496-y>

Willems, F. (2021, 10 februari). *Nieuwe eindtermen in secundair onderwijs zijn goedgekeurd: wat zijn ze en wat betekenen ze voor uw kind?* Geraadpleegd van <https://www.vrt.be/vrtnws/nl/2021/02/09/duiding-eindtermen/>

Wittoek, G., Verrychken, D., Devos, B., & Veulemans, D. (2021a). *Onderwijskiezer*. Geraadpleegd op 14 maart 2021, van https://www.onderwijskiezer.be/v2/secundair/sec_detail.php?detail=218

Wittoek, G., Verrychken, D., Devos, B., & Veulemans, D. (2021b). *Onderwijskiezer*. Geraadpleegd op 14 maart 2021, van https://www.onderwijskiezer.be/v2/secundair/sec_detail.php?submit=lessentabel#lessentabel

Wittoek, G., Verrychken, D., Devos, B., & Veulemans, D. (2021c). *Onderwijskiezer*. Geraadpleegd op 14 maart 2021, van https://www.onderwijskiezer.be/v2/secundair/sec_detail.php?detail=172&var=3GASO

Wittoek, G., Verrychken, D., Devos, B., & Veulemans, D. (2021d). *Onderwijskiezer*. Geraadpleegd op 14 maart 2021, van https://www.onderwijskiezer.be/v2/secundair/sec_detail.php?detail=167&var=3GASO

Wittoek, G., Verrychken, D., Devos, B., & Veulemans, D. (2022) *Onderwijskiezer*. *Onderwijskiezer*. Geraadpleegd op 18 mei 2022, van https://www.onderwijskiezer.be/v2/secundair/sec_detail.php?detail=172&var=3GASO