

Masterthesis Educational Sciences

2018-2019

Het Gebruik van Geogebra in Wiskundeonderwijs

bij Leerlingen op het VMBO



Universiteit Utrecht

Student	Madelon Groenheiden
Studentnummer	4250486
1 ^e beoordelaar	Dr. Marit Wijnen, Universiteit Utrecht
2 ^e beoordelaar	Dr. Casper Hulshof, Universiteit Utrecht
Aantal woorden	7732 (exclusief referentielijst)

Abstract

Veel onderzoeken hebben aangetoond dat ICT een nuttig hulpmiddel is bij het ondersteunen van leren en onderwijzen. In dit quasi-experimentele onderzoek werd de invloed van het gebruik van de gratis software Geogebra onderzocht bij het leren van meetkunde onder participanten uit de vierde klas voorbereidend middelbaar beroepsonderwijs kaderberoepsgerichte leerweg. In totaal namen 73 participanten deel aan het onderzoek verdeelt over zeven klassen. Vier klassen kregen de interventie waarbij de participanten werkten met Geogebra. De leerprestaties van de participanten werd gemeten met behulp van een posttest op het einde van de interventie, op papier of op de computer. Een 2×3 mixed ANOVA liet geen statistisch significant interactie-effect tussen tijd en groep zien, $F(2,69) = 2.66, p = .077$, partial $\eta^2 = .071$ en geen significant hoofdeffect van tijd op de pre- en posttest bij de totale groep, $F(1,69) = .65, p = .424$, partial $\eta^2 = .009$. Wel is er een significant hoofdeffect van conditie, $F(2,69) = 15.13, p < .001$, partial $\eta^2 = .305$. De participanten uit de experimentele groep die de posttest met Geogebra maakte, behaalden hogere scores op de leerprestaties. Daarom heeft Geogebra veel potentieel en is het gebruik ervan in de klas aanbevolen.

Keywords: wiskunde; ICT; Geogebra; vmbo; meetkunde; digitaal toetsen

Gebruik Geogebra in wiskundeonderwijs

Nederlands onderwijs loopt achter als het gaat om de inzet van technologie in de klas ten opzichte van andere landen (Nationale Onderwijsgids, 25 juli 2018). Dit is een verontrustende zaak, omdat technologie in het leven van leerlingen een steeds grotere rol speelt (Prensky, 2001). Het is een integraal onderdeel van hun sociale wereld en een fundamenteel element van hun dagelijkse bezigheden, leerlingen maken veel gebruik van technologie voor schoolopdrachten, buitenschoolse activiteiten en entertainment (Sezginsoy Seker & Gur Sahin, 2012). Technologie wordt gezien als een waardevol hulpmiddel om leerlingen voor te bereiden op beroepen van de toekomst (Voogt, Erstad, Dede, & Mishra, 2013; Dede, 2011; Voogt & Odenthal, 1997). De toekomstige beroepen vereisen andere en nieuwe vaardigheden van de huidige leerlingen, de zogenaamde *21st century skills* (Dede, 2010). Eén van die *21st century skills* is digitale geletterdheid (Binkley et al., 2012). Digitale geletterdheid is van belang voor leerlingen om toegang te krijgen tot informatie en actief deel te kunnen nemen aan de hedendaagse en de toekomstige maatschappij. In het huidige curriculum van het Nederlands onderwijs is nog te weinig aandacht voor digitale geletterdheid, maar deze vaardigheid staat in het nieuwe curriculum voor het primair en voortgezet onderwijs hoog op de agenda (<https://curriculum.nu>).

Wiskunde en technologie

Eén van de vakken waar digitale geletterdheid belangrijk is en waarbij technologie goed ingezet kan worden is bij wiskunde (Gravemeijer, Stephan, Julie, Lin, & Ohtani, 2017). Het gebruik van technologie in de wiskunde is door de komst van de rekenmachine toegenomen. Ook het gebruik van de computer, internet en wiskundige software in het klaslokaal neemt steeds meer toe. De rol van wiskunde groeit samen met de rol van technologie, omdat wiskunde de kern is van wat computers doen (Gravemeijer et al., 2017). Door de komst van rekenmachines en computers hebben er ingrijpende veranderingen in de wiskunde plaatsgevonden, waardoor een aanpassing van de balans en de aanpak van vrijwel elk onderwerp in de wiskunde op school noodzakelijk was (MSEB, 1990).

Technologie kan ervoor zorgen dat abstracte wiskundige concepten tot leven komen, het is voor gebruikers mogelijk om dieper op onderwerpen in te gaan en op meer interactieve manieren (Garofalo, Drier, Harper, Timmerman, & Shockey, 2000), bijvoorbeeld door een animatie digitaal aan te bieden. Op deze manier kunnen leerlingen de concepten beter begrijpen (e.g. Gadanidis & Geiger, 2010; Kastberg & Letham, 2005; Nelson, Christopher, & Mims, 2009; Pierce & Stacey, 2010; Roschelle et al., 2009, 2010; Suh & Moyer, 2007). De traditionele manier van lesgeven, lesgeven zonder het gebruik van technologie, legt meer nadruk op de formele, abstracte aspecten van het onderwerp en de procedure, terwijl met behulp van technologie er meer nadruk komt te liggen op het begrip (Saha, Ayub, & Tarmizi, 2010). Het verbeteren van begrip en prestaties op wiskunde kan leerlingen voorbereiden op toekomstige beroepen, door de manier waarop wiskunde de informatisering beïnvloedt en omgekeerd (Gravemeijer et al., 2017). In dit onderzoek zal de focus liggen op een wiskundige software voor het aanleren van wiskundige vaardigheden.

Effecten van technologie op leren

De effecten van nieuwe technologie op het leren is één van de meest besproken onderwerpen in het internationale onderwijs. In de laatste 20 jaren zijn er diverse onderzoeken gedaan naar het effect van technologie op het leren van leerlingen (e.g. Chandra & Lloyd, 2008; Crook, Harrison, Farrington-Flint, Tomás, & Underwood, 2010; Dwyer, 1994; Higgins, 2003; Jones & Issroff, 2007, Keogh, 2011; Mistler-Jackson & Songer, 2000; Ng, 2008; Ng & Gunstone, 2002; Pedretti, Mayer-Smith, & Woodrow, 1998; Pegrum, Oakley, & Faulkner, 2013; Pittard, Bannister, & Dunn, 2003; Trucano, 2005; Wallace, 2002). Een algemene consensus in de literatuur van de impact van educatieve technologieën op het leren van leerlingen is dat deze technologieën leerlingen motiveren en betrekken bij het leerproces (Ng, 2016). Passey, Rogers, Machell, en McHugh (2004) onderzochten de motivationele kenmerken van leerlingen bij het gebruik van technologie en laten zien dat ze positiever waren ten opzichte van leren en van prestatiedoelen die hen in staat stellen om meer succesvol te zijn. Diverse onderzoeken hebben aangetoond dat technologie een positieve invloed heeft op de leren van leerlingen (Hattie & Yates, 2013; Ruthven, 1990; Schmid et al., 2009;

Smith & Shotsberger, 1997; Tamim et al., 2011; Tolia, 1993). Toch blijft het in de literatuur discutabel welke impact technologie heeft op de leerprestaties en leerresultaten van de leerlingen (Ng, 2016). Zo blijkt uit een meta-analyse van Higgins, Xiao, en Katsipataki (2012) gebaseerd op de impact van technologie op de leerprestaties van leerlingen, dat er een kleine totale effectgrootte en een grote variantie in effectgroottes bij de 45 onderzoeken is gevonden. Zij tonen aan dat er in de loop van de tijd geen hele grote veranderingen zijn in de verschillen, wat suggereert dat wanneer technologie wordt gebruikt om de huidige praktijk te verbeteren, ook kleine winsten zullen worden behaald (Ng, 2016).

Wai, Lubinski, en Benbow (2009) tonen aan dat technologie een belangrijke potentie heeft om ruimtelijk inzicht te ontwikkelen. Hieruit volgt dat wiskunde en dan met name meetkunde een vak is waarbij de winst mogelijk groot is. Meetkunde is gedefinieerd als een basisvaardigheid door de *National Council of Teachers of Mathematics* (NCTM, 2008) en is ook in Nederland één van de domeinen in het curriculum van wiskunde. Omdat meetkunde is gebaseerd op vormen, figuren en ruimte (Güven & Kosa, 2008) en het visualisatievaardigheden van de leerlingen vereist (Battista, 1999) leent het zich uitstekend voor computer gebaseerd onderwijs, door de grafische en wiskundige capaciteiten die de computer heeft (Clements, Sarama, Yelland, & Glass, 2008). Leerlingen kunnen door middel van technologie dynamische eigenschappen van meetkundige constructies onderzoeken. Door meetkundige constructies te slepen, roteren of te transformeren, kunnen leerlingen observeren en hierdoor hun verbeelding verbeteren (Doğan & İçel, 2011).

Gravemeijer et al. (2007) deelt de kennisgebieden van meetkunde in naar ervaren, verklaren en verbinden. Veel leerlingen ontwikkelen geen adequaat begrip van meetkundige concepten, meetkundig redeneren en meetkundige probleemoplossende vaardigheden (Battista, 1999; Idris, 2006). Door het gebrek aan begrip in het leren van meetkunde raken leerlingen ontmoedigd, met als gevolg een slechte prestatie op meetkundig gebied (Idris, 2006). Doordat er in veel dagelijkse situaties en beroepen meetkundige inzichten en meetkundige activiteiten nodig zijn, is het essentieel

voor leerlingen om deze vaardigheden aan te leren, om als burger in de maatschappij te kunnen functioneren (Aktaş & Ünlü, 2017).

Meetkundige software

Er zijn steeds meer computer algebra systemen en dynamisch meetkunde software beschikbaar voor wiskundeonderwijs. Uit onderzoek blijken deze systemen een positief effect te hebben op het begrip van de leerlingen (Berry, Lapp, & Nyman, 2008; Cook, 2006; Kocsis, 2007; Noinang, Wiwatanapataphee, & Wu, 2008; Wiwatanapataphee, Noinang, Wu, & Nuntadilok, 2010). Tevens kan meetkundige software het vermogen van leerlingen om de wiskundige elementen te visualiseren vergroten en daardoor het leren verbeteren (Hodanbosi, 2001; July, 2001; Mohammad, 2004; Tarmizi, Ayub, & Bakar 2010).

Als dynamische wiskundesoftware wordt het gebruik van Geogebra over de hele wereld steeds gebruikelijker. Geogebra is een gratis open-source dynamisch softwareprogramma voor wiskunde. Het is ontwikkeld om functies van dynamische meetkunde softwareprogramma's en computer algebra systemen te combineren in een eenvoudig te gebruiken systeem (Hohenwarter, Jarvis, & Lavicza, 2009), om zo wiskunde inzichtelijk te maken. Geogebra heeft onder andere grafische mogelijkheden, hierdoor is het mogelijk om punten, lijnen, cirkels, veelhoeken en hoeken te tekenen. Tevens is het mogelijk om animaties te maken, waardoor leerlingen op een interactieve manier de eigenschappen binnen de wiskunde kunnen onderzoeken. Geogebra blijkt een effectieve impact te hebben op het wiskundeonderwijs en de potentie heeft om leerlinggericht en actief leren te bevorderen (Saha, et al., 2010), waarbij leerlingen zinvolle leeractiviteiten uitvoeren en nadenken over wat ze doen (Prince, 2004).

Saha et al. (2010) hebben onderzocht of er een effect is op de wiskundige prestatie van leerlingen met een laag of een hoog ruimtelijk inzicht met behulp van Geogebra bij leerlingen in de vierde klas van het voortgezet onderwijs in Maleisië. Er blijkt een significant effect te zijn ten gunste van de experimentele groep. In het onderzoek tonen ze aan dat er een klein effect is op de wiskundige prestatie van leerlingen met een hoog ruimtelijk inzicht, en een groot effect van

leerlingen met een laag ruimtelijk inzicht. De resultaten laten zien dat instructie die ondersteunt wordt door computers als aanvulling op de traditionele lesinstructie effectiever is dan traditionele lesinstructie alleen, met name voor leerlingen die aan laag ruimtelijk inzicht hebben.

Naast effecten op ruimtelijk inzicht, blijkt Geogebra ook het statistisch inzicht te verbeteren (Arbain & Shukor, 2015). Arbain en Shukor (2015) hebben onderzocht of er een effect is op de prestatie van leerlingen met het gebruik van Geogebra bij statistiek bij leerlingen in de vierde klas van het voortgezet onderwijs in Maleisië. Leerlingen uit de experimentele groep presteerden beter op een statistiek toets dan de leerlingen uit de traditionele groep. Ook blijkt dat de leerlingen uit de experimentele groep een positieve perceptie te hadden over het gebruik van Geogebra.

Doğan en İçel (2011) hebben onderzocht of er een positief leereffect is op de leerprestaties van leerlingen uit groep 8 in Turkije voor driehoeken in relatie tot de stelling van Pythagoras met behulp van Geogebra. Uit het onderzoek blijkt dat er een significant effect is geconstateerd tussen de twee groepen. Deze onderzoeken tonen aan dat dynamische software de prestatie van de leerling significant verbeterd.

Leerlingen moeten de mogelijkheid krijgen om in dezelfde omgeving hun vaardigheden te toetsen als waarin de lessen worden gegeven. Doordat er meer digitale middelen gebruikt worden tijdens de les, is hierdoor ook in de toetsing een verschuiving van papier naar digitale toetsing waarneembaar (Drijvers, 2018). Digitale middelen worden steeds vaker gebruikt voor het toetsen van kennis, vaardigheden en competenties in de wiskunde (Fife, 2011; Stacey & William, 2013). Deze digitale middelen kunnen bijvoorbeeld andere vraagtypen ondersteunen. Harmes en Wise (2016) hebben het over innovatieve vraagvormen, dit zijn vraagtypen die de mogelijkheid hebben om verder te gaan dan de traditionele op tekst gebaseerde vraagtypen. Het bijvoegen van audio, video en animaties zijn voorbeelden van innovatievere vraagvormen, maar ook het maken van grafieken bij wiskunde is mogelijk (Bennett, Morley, & Quardt, 2000). Naast de innovatievere vraagvormen biedt digitaal toetsen ook de mogelijkheid om plaats- en tijdsafhankelijk te toetsen (Bugbee, 1992), feedback toe te voegen (Van der Kleij, Eggen, Timmers, & Veldkamp, 2012) en het

niveau aan te passen aan de cognitie van de leerling (Mason, Patry, & Bernstein, 2001). Doordat er zoveel mogelijkheden zijn voor digitaal toetsen is het te verwachten dat digitaal toetsen in de toekomst de dominante variant zal zijn van het leveren van toetsen (Wang, Jiao, Young, Brooks, & Olson, 2008).

De verschuiving van schriftelijk naar digitale toetsing heeft naast vele mogelijkheden ook uitdagingen. Eén van de uitdagingen is bijvoorbeeld de beperking van de toetsomgeving (Drijvers, 2018). Digitale toetsing kan niet alles ondervangen wat op papier mogelijk is. Het tekenen van een cirkel is bijvoorbeeld op papier een andere vaardigheid dan met de computer. Vooral in het domein meetkunde zijn er weinig geschikte hulpmiddelen die de leerlingen de ruimte geven om zich wiskundig uit te drukken en te laten zien wat ze kunnen tijdens het toetsen (Drijvers, 2018). Een andere uitdaging is de implementatie in de onderwijspraktijk. Leerlingen moeten de mogelijkheid krijgen om te kunnen oefenen in dezelfde omgeving als waarin de toetsen worden afgenomen, om zo de wiskundevaardigheden te toetsen in plaats van de digitale vaardigheden. Als digitaal toetsen gemeengoed gaat worden, zal het implementeren van de software en de toetsomgeving in de wiskundelessen en het onderwijs noodzakelijk zijn. Deze implementatie kan stuiten op praktische problemen. Zo moeten er onder andere genoeg computers beschikbaar zijn voor de leerlingen en zal de docent vaardig moeten zijn/worden in de software.

Ongeveer 98% van de leerlingen op het voortgezet middelbaar beroepsonderwijs (vmbo-kb en bb) doen digitaal examen (CvTE, 2019), terwijl ze in de klas weinig leermiddelen gebruiken die digitaal aangeboden worden. Onderzoek heeft aangetoond dat er significante effecten zijn voor het gebruik van digitale hulpmiddelen, deze onderzoeken hebben voornamelijk betrekking op leerlingen van een ander niveau. Er is weinig onderzoek gedaan naar de invloed van Geogebra op de leerprestatie bij leerlingen op het vmbo. Daarom richt dit onderzoek zich op het observeren van mogelijke effecten van Geogebra op de prestatie van leerlingen op het vmbo-kb voor meetkunde. Saha et al. (2010) vonden grotere effecten voor leerlingen met een lager ruimtelijk inzicht. Leerlingen op het vmbo scoren gemiddeld lager op de wiskundige vaardigheid ten opzichte van hun

15-jarige leeftijdsgenoten (OECD, 2015) en de verwachting is dat hun ruimtelijk inzicht hierdoor ook minder ontwikkeld is. Het zou dus veelbelovend moeten zijn om te onderzoeken welke effecten zich voordoen bij leerlingen op het vmbo in verband met Geogebra.

Huidige studie

De onderzoeksvraag die centraal staat in dit onderzoek is: *In hoeverre heeft het gebruik van Geogebra invloed op de leerprestaties met betrekking tot meetkunde van leerlingen uit de vierde klas voorbereidend middelbaar beroepsonderwijs kaderberoepsgerichte leerweg (vmbo-kb) voor het vak wiskunde?* Het beantwoorden van deze vraag kan onderwijzers helpen bij het inzetten van digitale hulpmiddelen binnen hun klas om de leerprestaties van wiskunde te verbeteren.

In dit onderzoek worden twee soorten condities vergeleken met de leerprestatie: (a) de traditionele manier van meetkunde beoefenen met behulp van pen, potlood, liniaal, geometrische driehoek (geodriehoek) en passer en (b) de experimentele manier van meetkunde beoefenen met behulp van de software Geogebra.

Om de onderzoeksvraag te beantwoorden zijn de volgende twee deelvragen opgesteld:

1. Heeft les volgen aan de hand van Geogebra invloed op de leerprestatie van leerlingen uit de vierde klas vmbo-kb met betrekking tot meetkunde? De eerste hypothese is dat bij de experimentele manier, leren met Geogebra, hogere leerprestaties bij leerlingen verwacht worden op de posttest dan bij leerlingen die op de traditionele manier leren. Eerder onderzoek toont namelijk aan dat het gebruik van meetkundige software het vermogen van leerlingen om wiskundige elementen te visualiseren vergroot en daardoor het leren verbetert (Hodanbosi, 2001; July, 2001; Mohammad, 2004; Tarmizi, Ayub, & Bakar, 2010).

2. Heeft het toetsen aan de hand van Geogebra invloed op de leerprestatie van de leerlingen uit de vierde klas vmbo-kb dan de traditionele toetsvorm? De tweede hypothese is dat bij leerlingen die de posttest op dezelfde manier maken als waarin ze meetkunde leren (groep 1: controlegroep en groep 3: GGB-computer) een hoger resultaat halen op de leerprestatie, dan leerlingen die de posttest maken op een andere manier dan waarin ze meetkunde leren (groep 2: GGB-papier). Eerder

onderzoek heeft aangetoond dat leerstof die in een bepaalde leeromgeving aangeleerd wordt het beste in dezelfde leeromgeving opgehaald kan worden (Godden & Baddeley, 1975).

Methodie

Het onderzoeksdesign, de participanten, de gebruikte meetinstrumenten, de interventie, de gehanteerde procedure en het plan voor de data-analyse van het huidige onderzoek zullen nader worden toegelicht.

Design

In dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van een quasi-experimenteel pretest/posttest design om de invloed van Geogebra met de traditionele hulpmiddelen te vergelijken. Omdat gekeken wordt naar zowel de invloed van het aanbieden van Geogebra, als het toetsen met Geogebra, zullen er drie groepen zijn (Voetnoot 1). De participanten in de controle conditie krijgen op de traditionele manier les over meetkunde. Ze krijgen uitleg van hun eigen docent over meetkunde en maken opgaven uit hun lesmethode. De participanten mogen daarbij gebruik maken van de traditionele hulpmiddelen: liniaal, geometrische driehoek, passer en kleurpotloden. De participanten uit de experimentele conditie, groep 2 (GGB-papier) en groep 3 (GGB-computer), krijgen naast de traditionele les van hun eigen docent, uitleg over het gebruik van de software Geogebra. Alle groepen krijgen eerst de pretest op papier, die bepaalt de leerprestatie met betrekking tot meetkunde voorafgaande aan de interventie. De posttest bestaat uit vergelijkbare opgaven, zodat gemeten kan worden of de leerprestatie van de leerlingen is gegroeid door het gebruik van Geogebra (Tabel 1).

Tabel 1

Verdeling van de Groepen.¹

Groep	pretest	interventie	posttest
1 (controlegroep)	papier	geen	papier
2 (GGB-papier)	papier	geogebra	papier
3 (GGB-computer)	papier	geogebra	computer

Participanten

Door middel van een gemakssteekproef worden drie scholen geselecteerd om mee te doen aan het onderzoek. Per school worden twee vierde klassen vmbo-kb uitgenodigd om mee te doen. Er zijn 73 participanten (groep 1 $N = 26$, groep 2 $N = 13$ en groep 3 $N = 34$) uit de vierde klas vmbo-kb die mee hebben gedaan aan dit onderzoek (Tabel 2). De data van participanten die een deel van de pre- of posttest hebben gemaakt en de data van participanten waarvan de ouders/verzorgers en/of de participanten geen toestemming hebben gegeven, zijn niet meegenomen in het verdere onderzoek ($N = 113$). De participanten zijn in de leeftijdscategorie van 15 jaar tot en met 17 jaar. De groepen participanten zijn geselecteerd per klas. De participanten in de experimentele conditie worden random ingedeeld in groep 2 (GGB-papier) of groep 3 (GGB-computer). Hierdoor kan men ervan uitgaan dat er geen verschillen bestaan tussen de twee groepen en kan geconcludeerd worden dat mogelijke verschillen in groei van de leerprestatie met betrekking tot meetkunde verklaard worden door de condities. De participanten nemen deel aan dit onderzoek als onderdeel van hun curriculum voor wiskunde. Tussen de participanten onderling wordt geen verschil in voorkennis verwacht.

Alle participanten uit dit onderzoek zijn vanaf de eerste klas vmbo gewend om met behulp van de traditionele hulpmiddelen meetkundige vraagstukken op te lossen. De traditionele hulpmiddelen bestaan uit de liniaal, geometrische driehoek (geodriehoek) en passer. Vaak worden bij het oplossen van meetkundige vraagstukken gebruik gemaakt van verschillende kleuren, om aan te geven welke figuur of vorm er bedoeld wordt.

Tabel 2

Beschrijvende Statistieken 4 vmbo-kb

Conditie	<i>N</i>
Controlegroep	26
Experimenteel (GGB-papier)	13
Experimenteel (GGB-computer)	34

Meetinstrumenten

Pretest. Om de leerprestatie met betrekking tot meetkunde van iedere participant voorafgaande aan de interventie te berekenen, wordt een pretest (Bijlage A) van zes open meetkunde opgaven samengesteld uit oude centraal schriftelijke eindexamens wiskunde vmbo-kb van College van Toetsen en Examens (CvTE). De pretest duurt één lesuur van 45 minuten. De participanten kunnen voor de pretest een score krijgen die kan variëren van 0 (niets correct) tot en met 23 (alles correct). Deze score wordt omgezet naar een cijfer tussen de 0 en de 10, die aangeeft wat de leerprestatie van de participant is. Hoe hoger het cijfer van de participant, hoe hoger de leerprestatie van deze participant is.

De opgaven zijn ontwikkeld door toetsdeskundigen wiskunde van Cito. Alle meetkunde opgaven in de pretest zijn gebaseerd op vormen, figuren en ruimte (Güven & Kosa, 2008). Een voorbeeld van een meetkunde opgave uit de pretest is de vraag welke koershoek en afstand een helikopter moet vliegen om bij een bepaalde plaats te komen (Figuur 1). De opgaven sluiten aan bij het doel en de inhoud van het Nederlands curriculum voor wiskunde. Zo wordt de inhoudsvaliditeit van de toetsen gewaarborgd.

Helikopter

Om snel medische hulp te kunnen bieden, staan in vier plaatsen in Nederland speciale helikopters. Zie onderstaande kaartje.



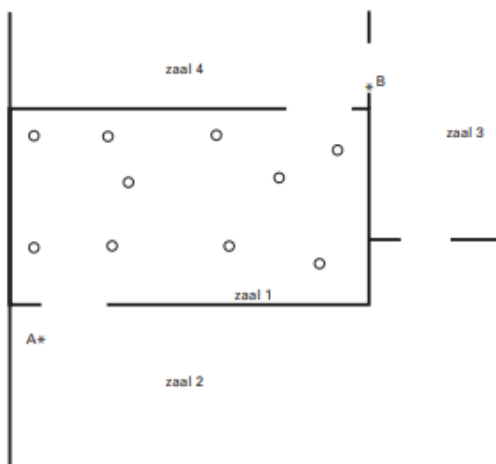
- 1 De helikopter uit Rotterdam wordt ingezet voor medische hulp. De piloot krijgt als aanwijzing een koers te vliegen onder een hoek van 170° over een afstand van 55 km.
 → Geef in de tekening op de uitwerkbijlage met de letter P de plaats aan waar de helikopter uit Rotterdam nodig is. Laat de hulplijnen staan om duidelijk te maken hoe je antwoord komt.

Figuur 1. Voorbeeld van een opgave uit de pretest.

Posttest. Om de leerprestatie van iedere participant na de interventie te bepalen wordt een posttest afgenomen (Bijlage B). De posttest bestaat uit zes open meetkunde opgaven, die gebaseerd zijn op vormen, figuren en ruimte. De posttest is opgesteld door de toetsdeskundigen wiskunde van Cito en duurt één lesuur van ongeveer 45 minuten. De score van de posttest kan variëren van 0 (niets correct) tot en met 21 (alles correct). Om de pre- en posttest met elkaar te kunnen vergelijken, worden de scores van de participanten omgezet naar een cijfer tussen de 0 en de 10. Deze cijfers geven de leerprestatie aan van de participanten. Twee opgaven uit de posttest zijn hetzelfde als uit de pretest. Deze twee opgaven worden gebruikt als anker opgaven. Figuur 2 is een voorbeeld van een anker opgave. Deze anker opgaven worden ingezet om de moeilijkheidsgraad van de pre- en posttest gelijk te kunnen houden. De uitvoering van de posttest is voor de drie groepen verschillend. Participanten uit groep 1 (de controlegroep) en groep 2 (GGB-papier) maken de posttest op papier met behulp van de traditionele hulpmiddelen, de participanten uit groep 3 (GGB-computer) maken de posttest op de computer met behulp van Geogebra.

Museumzaal

In een museum staan enkele beelden. Hieronder zie je een gedeelte van de plattegrond van het museum.



De plaatsen van de beelden zijn aangegeven met open rondjes. De zalen 1, 2, 3 en 4 in het museum worden bewaakt door de camera's A en B die op een vaste plaats hangen. Doordat ze draaibaar zijn, kunnen ze een groot deel van deze zalen overzien.

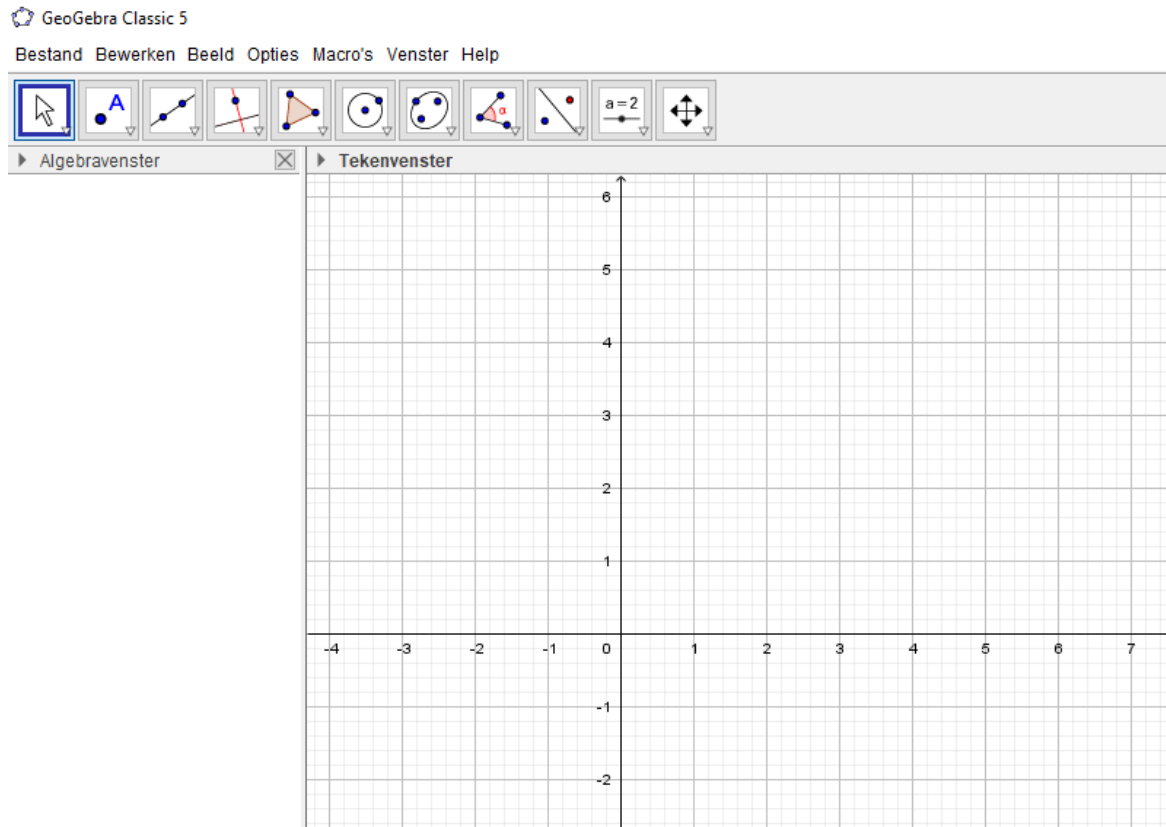
- 2 Een aantal beelden in zaal 1 wordt niet door de camera's A en B gezien.
 → Kleur of arceer in de plattegrond in de uitwerkbijlage bij de vragen 5 en 6 de open rondjes die door **geen** van de camera's gezien kunnen worden. Laat in de plattegrond duidelijk zien hoe je aan je antwoord bent gekomen.

Figuur 2. Voorbeeld van een anker opgave uit de posttest.

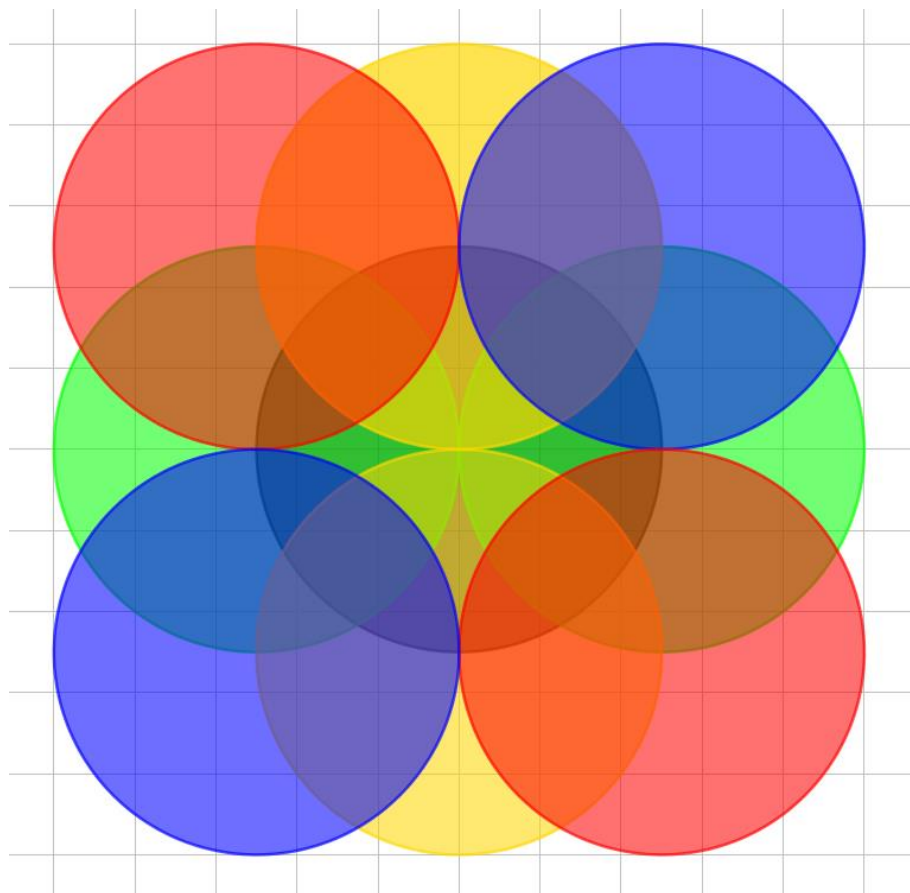
Interventie. De participanten in de controle conditie krijgen op de traditionele manier les over meetkunde. Ze krijgen uitleg van hun eigen docent over meetkunde en maken opgaven uit hun lesmethode. De participanten mogen daarbij gebruik maken van de traditionele hulpmiddelen: liniaal, geometrische driehoek, passer en kleurpotloden.

De participanten in de experimentele conditie krijgen naast de lessen van hun eigen docent, een instructieles van de onderzoeker over het gebruik van de software Geogebra. Hierbij is het doel om de participanten kennis te laten maken met de verschillende knoppen en hun functionaliteit die deze software bevat. Tijdens deze les leren de participanten met behulp van de software hoe ze lijnen, punten, cirkels en veelhoeken kunnen maken. Ook leren de participanten hoe ze hoeken kunnen opmeten en hoe ze verschillende kleuren kunnen gebruiken.

De onderzoeker heeft voor dit quasi-experimenteel onderzoek de instructieles voor Geogebra (Bijlage C) ontwikkeld, zodat deze les aansluit bij de leerstof en het niveau van de leerlingen uit de 4^e klas vmbo-kb. De instructieles Geogebra is door de onderzoeker zelf uitgevoerd, hierdoor is de uitvoer van de instructieles voor alle klassen gelijk. De instructieles bestaat uit een kleine demonstratie van de onderzoeker, een korte knoppencursus van de belangrijkste knoppen die de participanten nodig hebben voor dit onderzoek en een drietal opgaven om te oefenen met Geogebra. Tijdens de demonstratie laat de onderzoeker op het smartbord/digibord zien hoe Geogebra eruit ziet (Figuur 3), hoe je Geogebra opent, welke knoppen er zijn, hoe je tussen de verschillende knoppen kan navigeren en hoe je Geogebra bestanden kan openen en opslaan. De knoppencursus bestaat uit het leren van de verschillende knoppen die nodig zijn voor dit onderzoek, zoals de punt, lijn, cirkel en veelhoek tekenen en hoek meten. De participanten leren stapsgewijs waar deze knoppen zich bevinden in Geogebra, wat ze betekenen en welke functionaliteit ze hebben. Als laatste gaan de participanten aan het werk met oefenopgaven (Figuur 4). Deze opgaven zijn ontwikkeld om datgene wat de participanten in de knoppencursus hebben geleerd uit te proberen op een speelse manier.



Figuur 3. Beginscherm van Geogebra.



Figuur 4. Voorbeeld van een oefenopgave uit de instructies Geogebra.

Procedure

De onderzoeker heeft via haar netwerk, diverse sociale mediakanalen, de Nederlandse Vereniging voor Wiskundeleraren (NvVW) en de conferentie Nationale Wiskunde Dagen te Veldhoven oproepen gedaan om mee te doen aan het onderzoek. Er hebben drie wiskundedocenten gereageerd op deze oproep.

Nadat de klassen waren geselecteerd, ontvingen de docenten het materiaal: de toestemmingsbrieven, de introductieles van Geogebra, de pretest en de posttest.

Voorafgaande aan het onderzoek hebben de participanten tijdens de wiskundeles uitleg gekregen over het doel van het onderzoek. Zij hebben de toestemmingsverklaring getekend, waarin duidelijk vermeld stond dat de gegevens anoniem en vertrouwelijk behandeld zouden worden. Via de docent zijn er een week voor aanvang van het onderzoek toestemmingsbrieven voor deelname naar de ouders/verzorgers gestuurd. Van 20 participanten is er geen toestemming gegeven voor deelname aan dit onderzoek.

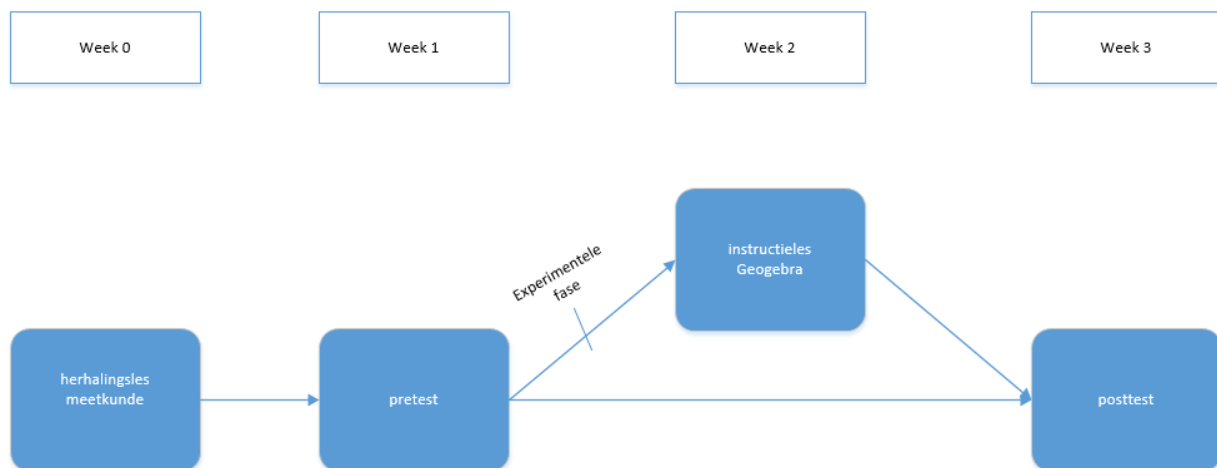
De eerste les krijgen alle participanten tijdens één lesuur een herhaling van hun wiskundedocent over de belangrijkste concepten die bij het domein meetkunde worden gebruikt. De concepten die besproken worden, hebben te maken met verschillende vormen, figuren en ruimte.

De tweede les maakten alle participanten individueel een pretest om de leerprestatie met betrekking tot meetkunde te meten. De participanten hadden hier in totaal 45 minuten de tijd voor. De docent of de onderzoeker nam de eerste vijf minuten met de participanten door hoe zij de persoonlijke gegevens, zoals hun naam en leerlingnummer moesten invullen. De participanten maakten de opgaven op een uitwerkbijlage, deze uitwerkbijlage werd door de onderzoeker nagekeken met behulp van een vooraf opgesteld correctievoorschrift (Bijlage A). Alle participanten mochten gebruik maken van de traditionele hulpmiddelen.

De derde les volgden alle participanten van de experimentele conditie, groep 2 (GGB-papier) en groep 3 (GGB-computer), een instructieles van de onderzoeker over de wiskundige software Geogebra. De onderzoeker legde uit hoe Geogebra werkt en liet de belangrijkste knoppen

zien die de participanten nodig hadden voor dit onderzoek. De participanten kregen een korte knoppencursus van deze knoppen en hun functionaliteit. Aan het eind van de knoppencursus kregen de participanten drie opdrachten waarmee ze konden oefenen met Geogebra. Aan het eind van de instructies vatte de onderzoeker de bevindingen van de les samen, door aan de participanten te vragen hoe ze aan de antwoorden gekomen zijn bij de verschillende opdrachten.

In de derde week maakten alle participanten individueel de posttest. De participanten hadden hier in totaal 45 minuten de tijd voor. De participanten uit groep 1 (controlegroep) en groep 2 (GGB-papier) maakten de pretest op papier met behulp van de traditionele hulpmiddelen. En de participanten uit groep 3 (GGB-computer) maakten de pretest met behulp van Geogebra op de computer. Figuur 5 geeft de procedure in een stroomdiagram weer.



Figuur 5. Stroomdiagram van de procedure.

Data-analyse

Per participant wordt er data verzameld met de geregistreerde antwoorden, de scores en het cijfer van de leerprestatie. Van de geregistreerde antwoorden op de meetkundige vraagstukken wordt bekeken of de responsen incorrect, correct of deels correct zijn of dat het antwoord ontbreekt.

Om een algemeen beeld van de pre- en posttest te krijgen, wordt eerst de moeilijkheidsgraad van ieder item bepaald. De moeilijkheid kan worden berekend door het percentage toegekende punten voor dat item te bepalen, de p' -waarden (Ebel, 1972). Door de p' -waarden te berekenen is

het mogelijk om de pretest en de posttest qua moeilijkheid met elkaar te vergelijken.

In dit onderzoek wordt gekeken of er een invloed van de interventie aanwezig is op de leerprestatie. De leerprestatie vormt hierbij de afhankelijke variabele, met meetmoment (pre- versus posttesten) als de within-subject factor en de drie groepen met interventie als between-subject factor (groep 1 = controlegroep; groep 2 = GGB-papier; groep 3 = GGB-computer). Dit levert een mixed design op. Om de onderzoeksvraag te beantwoorden is een 2×3 (Meetmoment [pretest, posttest] \times Groepen [controle, GGB-papier, GGB-computer]) mixed ANOVA uitgevoerd. De effectgroottes (partial eta squared, partial η^2) worden ook berekend, hiervoor worden de volgende criteria gehanteerd: $\eta^2 = .01$ = klein effect; $\eta^2 = .06$ = medium effect; $\eta^2 = .14$ = groot effect. Om een 2×3 mixed ANOVA uit te mogen voeren, moet er eerst voldaan worden aan de assumpties van onafhankelijkheid, normaliteit en homogeniteit van varianties. Omdat er sprake is van twee meetmomenten (pre- en posttest) wordt er automatisch voldaan aan de assumptie van sfericiteit.

Resultaten

De moeilijkheidsgraad (p') per item op de pretest en de posttest zijn weergegeven in Tabel 3. De p' -waarden geven informatie over hoe leerlingen die opgaven gemaakt hebben en of ze deze opgaven als moeilijk hebben ervaren. Een p' -waarde van 0.15 geeft aan dat de opgave moeilijk is, terwijl een p' -waarde van 0.80 een makkelijke opgave is. De gemiddelde p' -waarden van de pretest van alle participanten is $M = 0.48$ en van de posttest $M = 0.51$. De posttest is iets makkelijker ervaren dan de pretest. In de pretest zit één opgave die moeilijk ($p' = 0.24$) was, ten opzichte van twee opgaven in de posttest die moeilijk ($p' = 0.24$ en $p' = 0.27$) waren. De anker opgaven zijn op de posttest een klein beetje makkelijker ervaren door de participanten ($p' = 0.64$ en $p' = 0.27$) ten opzichte van de pretest ($p' = 0.58$ en $p' = 0.24$).

Tabel 3

Moeilijkheidsgraad (p'-waarden) per opgave

	Moeilijkheidsgraad													
	Pre-test							Post-test						
	<i>n</i>	1	2	3	4	5*	6*	<i>n</i>	1	2	3	4	5*	6*
Controlegroep	26	.38	.60	.29	.49	.68	.29	26	.68	.76	.44	.25	.72	.23
GGB-papier	13	.67	.67	.37	.56	.66	.26	13	.65	.65	.36	.31	.75	.15
GGB-computer	34	.70	.57	.57	.67	.74	.30	34	.81	.92	.63	.34	.82	.37
Totaal	178	.57	.63	.40	.46	.58	.24	109	.68	.77	.45	.24	.64	.27

Note. * dit zijn de anker opgaven.

Een two-way mixed ANOVA werd uitgevoerd om de invloed van Geogebra op de leerprestatie van meetkunde van de leerlingen uit de vierde klas vmbo-kb voor het vak wiskunde te onderzoeken. Een residuele analyse werd uitgevoerd om te testen op de aannames van een two-way mixed ANOVA. Uitschieters werden beoordeeld door inspectie van studentized residuals, normaliteit werd beoordeeld met behulp van de Q-Q plot, voor elke cel van het mixed design voor homogeniteit van varianties werd beoordeeld door Levene's test en homogeniteit voor covariances door Box's test.

Er werd een uitschieter gevonden voor een waarde groter dan ± 3 , namelijk -3.49 . Deze uitschieter is verwijderd uit de analyse. De residuen werden normaal verdeeld volgens de Normal Q-Q plot voor studentized residuals. Er was een homogeniteit voor varianties ($p > .05$) en voor covarianties ($p = .857$).

De gemiddelde scores en standaarddeviaties van de participanten uit alle drie de condities op de afhankelijke variabele 'leerprestatie' zijn weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4

Beschrijvende Statistieken Leerprestatie

	Leerresultaten			
	Pre-test		Post-test	
	<i>n</i>	<i>M (SD)</i>	<i>n</i>	<i>M (SD)</i>
controlegroep	26	5.22 (1.48)	26	5.87 (1.29)
GGB-papier	13	5.94 (1.20)	13	5.56 (1.07)
GGB-computer	33	6.94 (1.24)	33	7.08 (1.20)

De toename van alle groepen op de ‘leerprestatie’ was bij de verschillende afnames niet gelijk aan elkaar, want de mixed ANOVA liet geen statistisch significant interactie-effect tussen tijd en groep zien, $F(2,69) = 2.66, p = .077$, partial $\eta^2 = .071$. Hoewel er geen significant interactie-effect waargenomen is, lijkt er wel degelijk een verschil te zijn tussen de tijd en de groepen.

Er werd een analyse van het hoofdeffect op tijd en een analyse van het hoofdeffect op groepen uitgevoerd. Op de afhankelijke variabele ‘leerprestatie’ liet een mixed ANOVA geen statistisch significant hoofdeffect van tijd zien op de pre- en posttest bij de totale groep, $F(1,69) = 0.65, p = .424$, partial $\eta^2 = .009$. Dit betekent dat de totale groep gemiddeld niet significant vooruit is gegaan op de leerprestatie van de posttest ($M = 6.37, SD = 1.37$) ten opzichte van de pretest ($M = 6.14, SD = 1.52$). De mixed ANOVA liet een significant hoofdeffect zien op de onafhankelijke variabele ‘groep’, waarbij er een significant effect is tussen de verschillende groepen, $F(2,69) = 15.13, p < .001$, partial $\eta^2 = .305$ op de leerprestaties. Alle paarsgewijze vergelijkingen werden uitgevoerd en er wordt gerapporteerd met betrouwbaarheidsintervallen van 95% en p-waarden met de Bonferroni-correctie.

Post-hoc tests met behulp van Bonferroni-correctie toonde aan dat de gemiddelde score op leerprestaties van de leerlingen 1,47 (95% CI, .77 tot 2.16) punten hoger waren voor groep 3 (GGB-computer) ($M = 7.01, SE = .19$) vergeleken met groep 1 (controlegroep) ($M = 5.54, SE = .21$), een

statistisch significant verschil, $p < .001$. Ook was er een statistisch significant verschil ($p < .01$) van de gemiddelde score op de leerprestatie van leerlingen uit groep 3 (GGB-computer), die 1.26 (95% CI, .39 tot 2.12) punten hoger in vergelijking met groep 2 (GGB-papier) ($M = 5.75$, $SE = .30$).

Discussie

Het doel van dit onderzoek is om te kijken of Geogebra invloed heeft op de leerprestaties voor het vak wiskunde van participanten uit de vierde klas voorbereidend middelbaar beroepsonderwijs kaderberoepsgerichte leerweg (vmbo-kb) met betrekking tot meetkunde. In dit onderzoek worden de leerprestaties en de toetseffecten van participanten die de traditionele manier van lesgeven krijgen (geen Geogebra), vergeleken met participanten die les krijgen op de experimentele manier (wel Geogebra). De algemene hypothese is dat het gebruik van Geogebra de leerprestaties voor wiskunde van participanten uit de vierde klas vmbo-kb zou verbeteren voor het domein meetkunde.

De eerste specifieke hypothese is dat bij de experimentele manier, leren met Geogebra, hogere leerprestaties bij participanten verwacht worden dan bij participanten op de traditionele manier. Het onderzoek toont een statistisch significant effect aan dat participanten uit groep 3 (GGB-computer) hogere leerprestaties halen dan participanten uit groep 1 (controlegroep) en groep 2 (GGB-papier). Het onderzoek toonde geen verbetering aan op de leerprestaties van participanten uit groep 2 (GGB-papier) ten opzichte van participanten uit groep 1 (controlegroep).

De tweede hypothese is dat bij participanten die de posttest op dezelfde manier maken als waarin ze meetkunde leren (groep 1: controlegroep en groep 3: GGB-computer) een hoger resultaat halen op de leerprestatie, dan participanten die de posttest maken op een andere manier dan waarin ze meetkunde leren (groep 2: GGB-papier). Het onderzoek toont aan dat participanten uit groep 1 (controlegroep) en groep 3 (GGB-computer) hogere resultaten halen op de leerprestatie op de posttest, dan participanten die de posttest maken op papier terwijl ze de interventie hebben ontvangen (groep 2: GGB-papier). Participanten uit groep 2 (GGB-papier) gaan achteruit op de gemiddelde score op leerprestatie op de pretest.

Verklaringen en factoren die van invloed zijn

De resultaten van dit onderzoek geven aan dat er een significant verschil is tussen de gemiddelde scores op de leerprestatie van participanten op de posttest ten gunste van groep 3 (GGB-computer). Deze bevindingen laten zien dat computerondersteund onderwijs als aanvulling op traditionele klassikale instructie effectiever is dan traditionele instructie alleen. De bevindingen van deze studie komen overeen met onderzoeken van onder andere Ayub et al. (2010), Hannafin en Foshay (2008), Hennessy, Fung, en Scanlon (2001), Saha et al. (2010) en Tarmizi et.al. (2010), die een positief effect van het gebruik van wiskundige software hebben gevonden, waardoor het leren en begrijpen van leerlingen verbeterden. De manier waarop participanten meetkunde aangeleerd krijgen, kan van invloed zijn op de leerprestaties. Het ophalen van kennis is mede afhankelijk van de context hoe de bijbehorende kennis aangeleerd is (Godden & Baddeley, 1975). Als meetkunde met behulp van Geogebra aangeleerd is, dan is het makkelijker om deze kennis op te roepen met Geogebra, dit wordt ook wel het context afhankelijk geheugen genoemd. Hetzelfde geldt voor participanten die meetkunde op de traditionele manier hebben geleerd, zij kunnen makkelijker de kennis oproepen op de traditionele manier. Participanten die Geogebra gebruikt hebben, maar geen toets op de computer hebben gemaakt (groep 2: GGB-papier) laten als enige groep zien dat de gemiddelde scores van de leerprestatie op de posttest afnemen ten opzichte van de pretest. Het testen in een andere leeromgeving (papier) dan het leren (computer) lijkt een hinderlijk effect te hebben op de leerprestatie. Dit is in lijn met het hierboven genoemde onderzoek.

Er waren waarneembare verschillen tussen groep 3 (GGB-computer) en de andere groepen, zo bleek uit de hogere gemiddelde scores op de pretest en posttest van deze groep. Een verklaring zou kunnen zijn dat in groep 3 (GGB-computer) participanten zitten die afkomstig zijn van twee verschillende scholen komen. Op de ene school zijn het participanten die een technisch profiel hebben gekozen. Deze participanten zijn over het algemeen vaardiger voor wiskunde en ze zijn hoogstwaarschijnlijk technisch beter ontwikkeld dan participanten die geen technisch profiel hebben. Op de andere school gaf de docent aan dat het een klas is die wiskundig vaardiger is dan zijn andere klassen. Het zou kunnen dat de participanten uit deze groep hierdoor positiever reageren

op dit onderzoek en daardoor een verschil in leerprestatie kunnen hebben. Deze verschillen zijn daarmee niet sec toe te kennen aan het gebruik van Geogebra.

Uit de analyses blijkt dat de gemiddelde scores op de leerprestatie na instructie van Geogebra toenemen, maar niet per se met hele grote toenames. Dit is in lijn met eerder onderzoek, waar werd aangetoond dat er kleine winsten zullen worden behaald, wanneer technologie wordt gebruikt om de huidige praktijk te verbeteren (Ng, 2016). Een mogelijke verklaring waarom de invloed van Geogebra in dit onderzoek niet duidelijk naar voren komt, kan het tijdsbestek zijn waarin de participanten dit onderzoek moesten uitvoeren. In totaal hebben participanten drie weken les gehad, waarin ze een pretest, interventie en posttest moesten doen. Naast het aanleren van Geogebra, blijkt ook meetkunde voor veel participanten een lastig domein. Een groot aantal leerlingen slaagt er niet in om voldoende kennis te ontwikkelen voor geometrische concepten, redeneren en probleemoplossende vaardigheden (Battisa, 1999; Idris, 2006; Saha et.al. 2010). Het tijdsbestek voor het aanleren van een nieuwe software, deze software eigen maken en het leren van meetkunde was misschien te kort.

Een andere mogelijke verklaring waarom de invloed van Geogebra niet duidelijk naar voren komt is de beperkte steekproef van dit onderzoek. De meeste onderzoeken over de invloed van digitale hulpmiddelen is erg kleinschalig, vaak één of een klein aantal klassen. Er is geen overtuigend bewijs van directe positieve invloed van technologiegebruik (Means, Toyama, Murphy, Bakia, & Jones, 2010). Hoewel technologie op zich niet leidt tot verbetering van de resultaten van leerlingen, kan het wel worden gebruikt om pedagogische factoren, bijvoorbeeld het geven van formatieve feedback, te versterken waarvan is aangetoond dat ze een positieve impact hebben. In de huidige informatiemaatschappij is er behoefte aan het ontwikkelen van effectieve methoden voor het implementeren van sleutelfactoren voor leren, waarbij optimaal gebruik wordt gemaakt van ICT-innovaties.

Limitaties van het onderzoek

Dit onderzoek bracht ondanks de zorgvuldige opzet nog enkele praktische limitaties met zich mee. De eerste limitatie van dit onderzoek is dat dit onderzoek erg kleinschalig is. Hierdoor zijn de resultaten niet overtuigend om aan te tonen dat gebruik van Geogebra een positieve invloed heeft op de leerprestaties van de participanten uit de vierde klas vmbo-kb. Het bleek voor de onderzoeker lastig om participanten te vinden die mee wilden doen aan dit onderzoek. Docenten gaven aan dat ze “geen tijd hebben voor onderzoek in de vierde klas”, “het nut niet van wetenschappelijk onderzoek zien”, “het heeft geen (directe) invloed op mijn dagelijkse lespraktijk” en “ik heb nog nooit met Geogebra gewerkt”. Voor sommige scholen bleek het niet altijd realistisch om het hele onderzoek uit te voeren. Een andere oorzaak voor de vele data die niet meegenomen kon worden in de analyses, lijkt de nieuwe wet op de privacy (AVG-wet) te zijn. Niet alle participanten en/of ouders hebben toestemming gegeven voor het gebruik van de gegevens voor dit onderzoek.

De tweede limitatie van dit onderzoek is de kennis en vaardigheid van technologie van participanten. Tussen de participanten onderling werd geen verschil in voorkennis verwacht. Toch waren er tijdens de lesbezoeken waarneembare verschillen te zien tussen de participanten, die bevestigd werden door de scores op de pretest. Niet elke participant was even comfortabel met het gebruik van de computer, en ook niet elke participant was even enthousiast over het inzetten van de computer bij wiskunde. Bennett, Maton en Kervin (2008) hebben aangetoond dat hoewel leerlingen tegenwoordig in een technologische rijke wereld opgroeien, ze niet per definitie fanatieke en bekwame gebruikers van technologie zijn.

De derde limitatie van dit onderzoek is dat het onduidelijk is in hoeverre docenten met de participanten hebben geoefend met meetkunde en met Geogebra tijdens de lessen tussen de pretest en de posttest. Leerlingen zullen verschillende mogelijkheden aangeboden moeten krijgen om te kunnen oefenen met meetkunde om zo actief cognitieve schema's te organiseren en bepaald gedrag te ontwikkelen om kennis en vaardigheden met betrekking te ontwikkelen (Glaser & Baxter, 1999). De participanten in de experimentele conditie kregen een instructieles van de onderzoeker, de participanten uit de traditionele conditie krijgen deze instructieles niet. Deze instructieles was om

handigheid te krijgen in de wiskundige software Geogebra, maar het is mogelijk dat participanten hierdoor een extra mogelijkheid hadden om kennis en vaardigheden voor meetkunde te ontwikkelen.

Inzichten van het onderzoek

Ondanks de verschillende limitaties, levert dit onderzoek ook enkele relevante inzichten op. Tot op heden is er weinig onderzoek gedaan naar de invloed van Geogebra bij meetkunde voor leerlingen op het vmbo-kb. Onderzoeken tonen aan hoge verwachtingen te hebben van Geogebra als effectief hulpmiddel. Met name omdat men door deze software wiskundige concepten inzichtelijk kan maken (Hohenwarter et al., 2009) en zo recht gedaan kan worden aan de verschillen tussen de leerlingen en een rijke leeromgeving gecreëerd kan worden voor leerlingen waarin actief leren centraal staat (Saha et al., 2010; Prince, 2004). Geogebra is gratis te downloaden, hierdoor is er geen financiële investering vanuit de school en/of de ouders nodig. De software is gebruiksvriendelijk voor leerlingen en docenten en mede daardoor is het makkelijk in te voeren in het onderwijs. Huidig onderzoek kan bijdragen aan en input bieden voor docenten omtrent software gebruik binnen het wiskundeonderwijs. Gezien de actuele situatie waar veel digitalisering zijn plek vindt binnen het onderwijs, biedt dit onderzoek praktische handvatten voor wiskundedocenten. Dit onderzoek moet gezien worden als een eerste verkenning van Geogebra bij het wiskundeonderwijs op het vmbo. Vervolgonderzoek kan onderzoeken waar en wanneer Geogebra effectief kan worden ingezet.

Suggesties voor vervolgonderzoek en aanbevelingen

De resultaten uit dit onderzoek onderstrepen de vraag naar verder empirisch onderzoek over de invloed van Geogebra op de leerprestaties. Ten eerste, is het voor vervolgonderzoek raadzaam om een langere periode met de wiskundige software Geogebra te werken. Tijdens de lesbezoeken kwam naar voren dat deze software gebruiksvriendelijk voor de participant is. Maar ook dat deze software na zo'n korte periode nog niet door alle participanten geïnternaliseerd en geautomatiseerd

is. Indien participanten langere tijd met Geogebra gewerkt zouden hebben, zou de invloed mogelijk duidelijker zichtbaar zijn.

Ten tweede, is het wenselijk om Geogebra naast de vlakke meetkunde ook in te zetten bij ruimtemeetkunde. Uit onderzoek blijkt dat Geogebra een positieve invloed heeft om het ruimtelijk inzicht van leerlingen te vergroten, vooral bij leerlingen met een laag ruimtelijk inzicht is er sprake van een groot effect (Saha, et al., 2010). Door Geogebra in te zetten voor participanten met een laag ruimtelijk inzicht bij ruimtemeetkunde, zou de invloed meer zichtbaar kunnen zijn.

Ten derde, is het aanbevelingswaardig om onderzoek te doen naar het verschil tussen jongens en meisjes. De Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling heeft een rapport “Closing the Gender Gap Act Now” (OECD, 2012) uitgebracht, waaruit blijkt dat jongens uit de landen die aangesloten zijn bij de Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling beter presteren in wiskunde dan meisjes. Op de basisschool is er voor meetkunde een significant negatief effect voor de meisjes (PPON, 2013), hierdoor hebben meisjes op het voortgezet onderwijs al een achterstand ten opzichte van de jongens voor meetkunde. Ook voor techniek is er een negatief effect bij het vergelijken van de prestaties van de meisjes met die van de jongens (PPON, 2011). Door meisjes dezelfde technische vaardigheden aan te leren en deze vaardigheden in te zetten om wiskunde beter te begrijpen door het gebruik van Geogebra, zou de invloed bij meisjes meer zichtbaar kunnen zijn.

Ten slotte, is het raadzaam om dit onderzoek uit te voeren bij docenten die ervaring hebben met de wiskundige software Geogebra om te kijken of deze software effectiever werkt bij leerlingen. Hoewel de hoeveelheid computers en andere technologieën in de scholen toeneemt, betekent dit niet dat docenten gebruik zullen maken van technologie en deze noodzakelijk effectief zullen gebruiken (Cuban, 2003). Docenten die gebruik maken van de software, zullen dit voornamelijk doen om hun lessen te ondersteunen en in de les demonstreren. Kumar, Rose, & D’Silva (2008) tonen aan dat de computer voor grote innovatie heeft geleid binnen de scholen en dat docenten competent moeten zijn met het gebruik van computers, zodat ze het gebruik ervan in

het lesgeven en leren zouden maximaliseren. Het ontbreken van specifieke technologische vaardigheden van docenten en attitudes en negatieve overtuigingen van docenten zijn veel voorkomende redenen om geen gebruik te maken van technologie (Hew & Brusch, 2007). Uit onderzoek blijkt dat de rol en de expertise van docenten cruciaal is, omdat ze aan het begin staan van het ontwerpen en uitvoeren van leerervaringen (Eady & Lockyer, 2013). Kennis en vaardigheden van docenten zijn belangrijke factoren bij het gebruik van technologie in de klas. De docenten die technologische vaardigheden ontwikkelen voor hun professionele ontwikkeling, zullen eerder technologie integreren in hun dagelijkse onderwijspraktijk (Mueller et al., 2008). Resultaten van internationale onderzoeken geven aan dat lesstrategieën voor 21^e eeuwse vaardigheden vaak niet worden geïmplementeerd in de onderwijspraktijk (e.g., Law, Pelgrum, & Plomp, 2008; Voogt, 2008; Voogt et al., 2013). Onder andere het gebrek aan integratie van 21^e eeuwse vaardigheden in het curriculum (Dede, 2010; Voogt & Pelgrum, 2005), onvoldoende voorbereiding van docenten (Voogt, 2011) en de afwezigheid van systematische aandacht voor strategie en innovatieve onderwijs- en lespraktijk zijn hiervoor de redenen (Voogt & Pareja Roblin, 2012).

Hoewel het huidige onderzoek vooral indicatief is, zijn er voldoende aanwijzingen dat Geogebra de leerprestaties in het wiskundeonderwijs voor leerlingen van het vmbo-kb bevordert. Met name het inzichtelijk maken van wiskundige concepten, waar Geogebra onder andere voor bedoeld is, heeft een positieve invloed op de leerprestatie. Geogebra (en andere technologische hulpmiddelen) zijn aanvullende middelen die een docent kan inzetten om zijn of haar leerlingen meetkunde bij te brengen.

Referenties

- Aktaş, G. S., & Ünlü, M. (2017). Understanding of eight grade students about transformation geometry: Perspective on students' mistakes. *Journal of Education and Training Studies*, 5(5). doi: 10.11114/jets.v5i5.2254
- Arbain, N., & Shukor, N.A. (2015). The effects of Geogebra on students achievement. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 172, 208-214. doi: 10.1016/j.sbspro.2015.01.356
- Ayub, A. F. M., Mokhtar, M. Z., Luan, W. S., & Tarmizi, R. A. (2010). A comparison of two different technologies tools in tutoring calculus. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 481-486. doi: 10.1016/j.sbspro.2010.03.048
- Battista, M. T. (1999). Geometry results from the third international mathematics and science study. *Teaching Children Mathematics*, 5(6), 367-373.
- Bennett, S., Maton, K., & Kervin, L. (2008). The 'digital natives' debate: A critical review of the evidence. *British Journal of Educational Technology*, 39(5), 775-786. Doi: 10.1111/j.1467-8535.2007.00793.x
- Bennett, R.E., Morley, M., & Quardt, D. (2000). Three response types for broadening the conception of mathematical problem solving in computerized-adaptive tests. *Applied Psychological Measurement*, 24(4), 294-309. doi: 10.1177/01466210022031769
- Berry, J. S., Lapp, D. A., & Nyman, M. A. (2008). Using technology to facilitate reasoning: lifting the fog from linear algebra. *Teaching Mathematics and Its Applications*, 27(2), 102-111. doi:10.1093/teamat/hrn005
- Binkley, M., Erstadt, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., Miller-Ricci, M., & Rumble, M. (2012). Defining twenty-first century skills. In P. Griffin, B. McGaw, & E.Care (Eds.), *Assessment and teaching of 21st century skills* (pp.17-66). Springer, Dordrecht. doi:10.1007/978-94-007-2324-5
- Bugbee, A.C. (1992). Examination on demand: Findings in ten years of testing by computer 1982-1991. *Edina, MN: TRO Learning*.

- Chandra, V., & Lloyd, M. (2008). The methodological nettle: ICT and student achievement. *British Journal of Educational Technology*, 39(6), 1087–1098. doi:10.1111/j.1467-8535.2007.00790.x
- Clements, D.H., Sarama, J., Yelland, N.J., & Glass, B. (2008). Learning and teaching geometry with computers in the elementary and middle school. *Research on Technology and the Teaching and Learning of Mathematics*, 1, 109-154.
- College van Toetsen en Examens [CvTE] (2019). *Persmap Centraal Examen 2019*. Ontleend aan <file:///C:/Users/Asus/Downloads/Persmap+centraal+examen+2019.pdf>
- Cook, D. (2006). Maple graphing tools for calculus III. *Mathematics and Computer Education*, 40(1), 36-41.
- Crook, C., Harrison, C., Farrington-Flint, L., Tomás, C., & Underwood, J. (2010). *The Impact of technology: Value-added classroom practice*. Coventry, England: BECTA.
- Cuban, L. (2003) *Oversold and underused: Computers in the classroom*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Curriculum.nu (2019). *Conceptvoorstellen Leergebied Digitale Geletterdheid*. Ontleend aan <https://curriculum.nu/wp-content/uploads/2019/05/Conceptvoorstellen-Digitale-geletterdheid.pdf>
- Dede, C. (2010). Comparing frameworks for 21st century skills. *21st century skills: Rethinking how students learn*, 20, 51-76.
- Dede, C. (2011). Reconceptualizing technology integration to meet the challenges of educational transformation. *Journal of Curriculum and Instruction*, 5(1), 4-16.
- Doğan, M. & İçel R. (2011). The role of dynamic geometry software in the process of learning: Geogebra example about triangles. *International Journal of Human Sciences*, 8(1), 2011.
- Drijvers, P. (2018). Digital assessment of mathematics: opportunities, issues and criteria. *Mesure et évaluation en éducation*. doi:10.7202/1055896ar

- Dwyer, D. (1994). Apple classrooms of tomorrow: What we've learned. *Educational Leadership*, 51(7), 4–10.
- Eady, M. J. & Lockyer, L. (2013). Tools for learning: technology and teaching strategies. Learning to Teach in the Primary School, Queensland University of Technology, Australia. pp. 71
- Ebel, R.L. (1972). *Essentials of Educational Measurement* (2 ed.). Englewood Cliffs, NJ.: Prentice-Hall Inc.
- Fife, J.H. (2011). Automated scoring of CBAL mathematics tasks with m-rater. Research Memorandum. Princeton, NJ: ETS. Ontleend aan <http://www.ets.org/Media/Research/pdf/RM-11-12.pdf>.
- Gadanidis, G., & Geiger, V. (2010). A social perspective on technology enhanced mathematical learning- from collaboration to performance. *ZDM: the International Journal on Mathematics Education*, 42(1), 91-104. doi:10.1007/s11858-009-0213-5
- Garofalo, J., Drier, H., Harper, S., Timmerman, M.A., & Shockey, T. (2000). Promoting appropriate uses of technology in mathematics teacher preparation. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 1(1), 66-88.
- Glaser, R., & Baxter, G. P. (1999). Assessing active knowledge. Paper presented at the 1999 CRESST conference, Benchmarks for Accountability: Are we there yet? September 16–17, University of California at Los Angeles.
- Godden, D.R., & Baddeley, A.D. (1975). Context-dependent memory in two natural environments: On land and underwater. *British Journal of Psychology*, 66(3), 325-331.
- Gravemeijer, K., Figueiredo, N., Feijs, E., Van Galen, F., Keijzer, R., & Munk, F. (2007). Meten en meetkunde in de bovenbouw. Tussendoelen Annex Leerlijnen. Bovenbouw basisschool. Wolters-Noordhoff: Groningen.
- Gravemeijer, K., Stephan, M., Julie, C., Lin, F., & Ohtani, M. (2017). What mathematics education may prepare students for the society of the future? *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(1), 105-123. doi:10.1007/s10763-017-9814-6

- Güven, B., & Kosa, T. (2008). The effect of dynamic geometry software on student mathematics teachers' spatial visualization skills. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 7(4), 100-107.
- Hannafin, R. D., & Foshay, W. R. (2008). Computer-based Instruction's (CBI) Rediscovered Role in K-12; An evaluation case study of one high school's use of CBI to improve pass rates on high-stakes tests. *Educational Technology Research & Development*, 56(2), 147-160. doi: 10.1007/s11423-006-9007-4
- Harmes, J.C., & Wise, S.L. (2016). *Assessing engagement during the online assessment of real-world skills*. In Handbook of Research on Technology Tools for Real-World Skill Development, 805-824. doi: 10.4018/978-1-4666-9441-5.ch031
- Hattie, J., & Yates, G. C. (2013). *Visible learning and the science of how we learn*. New York: Routledge.
- Hennessy, S., Fung, P., & Scanlon, E. (2001). The Role of the Graphic Calculator in Mediating Graphing Activity. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 32(2). doi: 10.1080/00207390010022176
- Hew, K. F. & Brush, T. (2007). Integrating technology into K–12 teaching and learning: Current knowledge gaps and recommendations for future research. *Educational Technology Research & Development*, 55(3), 223–52. doi:10.1007/s11423-006-9022-5
- Higgins, S. (2003). *Does ICT improve learning and teaching in schools? A professional user review of UK research*. London: British Educational Research Association.
- Higgins, S., Xiao, Z., & Katsipataki, M. (2012). *The impact of digital technology on learning: A summary for the Education Endowment Foundation*. Ontleend op 4 november 2018 van <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Impact-of-Digital-Technology-on-Learning-%3A-A-Higgins-Xiao/3ab64a3b6c020865e2d891ccd5bafa275a9757bc#paper-header>

- Hodanbosi, C.L. (2001). A comparison of the effects of using a dynamic geometry software program and construction tools on learner achievement. Kent State University, United States, Ohio.
- Hohenwarter, M., Jarvis, D., & Lavicza, Z. (2009). Linking geometry, algebra and mathematics teachers: GeoGebra software and the establishment of the international GeoGebra institute. *International Journal for Technology in Mathematics Education*, 16(2), 83-87.
- Idris, N. (2006). Teaching and learning of mathematics, making sense and developing cognitive abilities. Kuala Lumpur: Utusan Publications & Distributors Sdn. Bhd.
- Jones, A., & Issroff, K. (2007). Motivation and mobile devices: Exploring the role of appropriation and coping strategies. *Research in Learning Technology*, 15(3), 247–258. doi: 10.1080/09687760701673675
- July, R.A. (2001). Thinking in three dimensions: Exploring students' geometric thinking and special ability with the Geometer's Sketchpad. Florida International University, United States: Florida.
- Kastberg, S., & Leatham, K. (2005). Research on graphing calculators at the secondary level: Implications for mathematics teacher education. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 5(1), 25-37.
- Keogh, K. (2011). Using mobile phones for teaching, learning and assessing Irish in Ireland: Processes, benefits and challenges. In W. Ng (Ed.), *Mobile technologies and handheld devices for ubiquitous learning: Research and pedagogy* (pp. 236–258). Hershey, PA: IGI Global.
- Kocsis, I. (2007). Application of Maple ODE analyzer in investigation of differential equations in higher engineering education. *International Journal for Engineering and Information Sciences*, 2 (Suppl.), 177-183. doi:10.1556/Pollack.2.2007.S.16
- Kumar, N., Rose, C., & D'Silva, J.L. (2008). Teachers' readiness to use technology in the classroom: an empirical study. *European Journal of Scientific Research*, 21(4), 603-616.

Law, N., Pelgrum, W. J., & Plomp, T. (2008). Pedagogy and ICT use in schools around the world.

Findings from the IEA SITES 2006 study. CERC Studies in comparative education. Hong Kong/ Dordrecht: Comparative Education Research Centre, University of Hong Kong/Springer.

Mason, B. J., Patry, M., & Bernstein, D. J. (2001). An examination of the equivalence between non-adaptive computer-based and traditional testing. *Journal of Educational computing research*, 24(1), 29-39. doi:10.2190/9EPM-B14R-XQWT-WVNL

Mathematical Sciences Education Board (1990). Reshaping school mathematics: A philosophy and framework for curriculum. Washington, DC: National Academy Press.

Means, B., Toyama, Y., Murphy, R., Bakia, M., & Jones, K. (2010). Evaluation of evidence-based practices in online learning: A meta-analysis and review of online learning studies. Washington, D.C.

Mistler-Jackson, M., & Songer, N. B. (2000). Student motivation and internet technology: Are students empowered to learn science? *Journal of Research in Science Teaching*, 37(5), 459–479. doi:10.1002/(SICI)1098-2736(200005)37:5<459::AID-TEA5>3.0.CO;2-C

Mohammad, A.H. (2004). Teaching and learning with technology: Kuwaiti mathematics pre-service teachers' competencies and attitudes. Pennsylvania State University, United States: Pennsylvania.

Mueller, J., Wood, E., Willoughby, T., Ross, C., & Specht, J. (2008). Identifying discriminating variables between teachers who fully integrate computers and teachers with limited integration. *Computers & Education*, 51(4), 1523-1537. doi: 10.1016/j.compedu.2008.02.003

National Council of Teachers of Mathematics (2008). The role of technology in the teaching and learning of mathematics. Ontleend aan www.nctm.org/about/content.aspx?id=14233.

Nationale Onderwijsgids. Ontleend op 31 juli 2018 aan

<https://www.nationaleonderwijsgids.nl/onderwijsnieuws>

- Nelson, J., Christopher, A., & Mims, C. (2009). TPACK and web 2.0: Transformation of teaching and learning. *Tech Trends*, 53(5), 80–85. doi: 10.1007/s11528-009-0329-z
- Ng, W. (2008). Self-directed learning with web-based sites: How well do students' perceptions and thinking match with their teachers? *Teaching Science*, 54(2), 26–30.
- Ng, W. (2016). New digital technology in education: Conceptualizing professional learning for educators. New York/Dordrecht/London: Springer. doi: 10.1007/978-3-319-05822-1.
- Ng, W., & Gunstone, R. (2002). Students' perceptions of the effectiveness of the World Wide Web as a research and teaching tool in science learning. *Research in Science Education*, 32(4), 489–510. doi: 10.1023/A:1022429900836
- Noinang, S., Wiwatanapataphee, B., & Wu, Y. H. (2008). Teaching-Learning Tool for Integral Calculus. Paper presented at the The 13th Asian Technology Conference in Mathematics, Suan Sunandha Rajabhat University, Bangkok, Thailand.
- Organization for Economic Co-operation and Development [OECD] (2012). *Closing the gender gap: Act now*. OECD Publishing. doi: 10.1787/9789264179370-en
- Organization for Economic Co-operation and Development [OECD] (2015). Resultaten PISA 2015 Praktische kennis en vaardigheden van 15-jarigen. Arnhem: Cito.
- Passey, D., Rogers, C., Machell, J., & McHugh, G. (2004). *The motivational effect of ICT on students*. London: Department of Educational Research Lancaster University DFES.
- Pedretti, E., Mayer-Smith, J., & Woodrow, J. (1998). Technology, text and talk: Students' learning in a technology enhanced secondary science classroom. *Science Education*, 82(5), 569–589.
- Pegrum, M., Oakley, G., & Faulkner, R. (2013). Schools going mobile: A study of the adoption of mobile handheld technologies in Western Australian independent schools. *Australasian Journal of Educational Technology*, 29(1), 66–81. doi:10.14742/ajet.64
- Periodieke Peiling van het Onderwijsniveau [PPON] (2011). Balans van het natuurkunde-en techniekonderwijs aan het einde van de basisschool 4. Cito: Arnhem.

Periodieke Peiling van het Onderwijsniveau [PPON] (2013). Balans van het reken-

wiskundeonderwijs aan het einde van de basisschool 5. Cito: Arnhem.

Pierce, R., & Stacey, K. (2010). Mapping pedagogical opportunities provided by mathematics analysis software. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 15(1), 1–20. doi:10.1007/s10756-010-9158-6

Pittard, V., Bannister, P., & Dunn, J. (2003). The big pICTure: The impact of ICT on attainment, motivation and learning. London: DfES.

Prensky, M. (2001). Digital Natives, Digital Immigrants Part 1, *On the Horizon*, 9(5), 1-6. doi: 10.1108/10748120110424816

Prince, M. (2004). Does Active Learning Work? A Review of the Research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223-231. doi:10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x

Roschelle, J., Rafanan, K., Bhanot, R., Estrella, G., Penuel, W. R., Nussbaum, M., Claro, S. (2009). Scaffolding group explanation and feedback with handheld technology: Impact on students' mathematics learning. *Educational Technology Research and Development*, 58, 399–419. doi:10.1007/s11423-0009-9142-9

Roschelle, J., Shechtman, N., Tatar, D., Hegedus, S., Hopkins, B., Empson, S., Knudsen, J., & Gallagher, L. (2010). Integration of technology, curriculum, and professional development for advancing middle school mathematics: Three large-scale studies. *American Educational Research Journal*, 47(4), 833–878. doi:10.3102/0002831210367426

Ruthven, K. (1990). The influence of graphic calculator use on translation from graphic to symbolic forms. *Educational Studies in Mathematics*, 21, 431-450. doi:10.1007/BF00398862

Saha, R. A., Ayub, A. F. M., & Tarmizi, R. A. (2010). The effects of GeoGebra on mathematics achievement: enlightening coordinate geometry learning. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 8, 686-693. doi: 10.1016/j.sbspro.2010.12.095

Schmid, R. F., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Tamim, R., Abrami, P. C., Wade, C. A., et al. (2009). Technology's effect on achievement in higher education: A stage I meta-analysis of

classroom applications. *Journal of Computing in Higher Education*, 21(2), 95–109. doi: 10.1007/s12528-009-9021-8

Sezginsoy Seker, B. & Gur Sahin, G. (2012). Images of future technology generated by primary school students through their paintings. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 55, 178-186. doi: 10.1016/j.sbspro.2012.09.492

Smith, K. B., & Shotsberger, P. G. (1997). Assessing the use of graphing calculators in college algebra: reflecting on dimensions of teaching and learning. *School Science and Mathematics*, 97(7), 368-373. doi: 10.1111/j.1949-8594.1997.tb17378.x

Stacey, K., & William, D. (2013). Technology and assessment in mathematics. In M.A. Clements, A. Bishop, C. Keitel, J. Kilpatrick, & F. Leung (Eds.), *Third International Handbook of Mathematics Education* (pp. 721-751). New York/Berlin: Springer.

Suh J., & Moyer, P. S. (2007). Developing students' representational fluency using virtual and physical algebra balances. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 26(2), 155–173.

Tamim, R. M., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Abrami, P. C., & Schmid, R. F. (2011). What forty years of research says about the impact of technology on learning: A second-order meta-analysis and validation study. *Review of Educational Research*, 81 (1), 4–28. doi: 10.3102/0034654310393361

Tarnizi, R.A., Ayub, A.F.M., & Bakar, K.A. (2010). Effects of technology enhanced teaching on performance and cognitive load in calculus. *International Journal of Education and Information Technologies*, 2(4), 109-119.

Tolias, G. (1993). The effects of using graphing technology in college precalculus. Dissertation Abstracts International, 50(04), 1274A-1275A.

Trucano, M. (2005). Knowledge maps: ICT in education . Washington, DC: Infodev/World Bank. Ontleend op 30 april 2019 van <http://www.infodev.org/en/Publication.8.html>

- Van der Kleij, F. M., Eggen, T. J., Timmers, C. F., & Veldkamp, B. P. (2012). Effects of feedback in a computer-based assessment for learning. *Computers & Education*, 58(1), 263-272. doi: 10.1016/j.compedu.2011.07.020
- Voogt, J. (2008). IT and curriculum processes: Dilemmas and challenges. In J. Voogt & G. Knezek (Eds.), *International handbook of information technology in primary and secondary education* (pp. 117–132). New York, NY: Springer
- Voogt, J. (2011). Teacher competencies for 21st century pedagogy. In M. Koehler & P. Mishra (Eds.), *Proceedings of SITE 2011--Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (pp. 1721-1726). Nashville, Tennessee, USA: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). Ontleend op 10 mei 2019 van <https://www.learntechlib.org/p/36545>.
- Voogt, J., Erstad, O., Dede, C., & Mishra, P. (2013). Challenges to learning and schooling in the digital networked world of the 21st century. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29, 403-41. doi: 10.1111/jcal.12029
- Voogt, J., & Odenthal, L. E. (1997). Emergent practices geportretteerd. Conceptueel raamwerk [A portrait of emerging practices: A conceptual framework]. Enschede: University of Twente.
- Voogt, J., & Pareja Roblin, N. (2012). Teaching and learning in the 21st century: A comparative analysis of international frameworks. *Journal of Curriculum Studies*, 44, 299– 321.
- Voogt, J., & Pelgrum, H. (2005). ICT and curriculum change. *Human Technology*, 1(2), 157-175. doi: 10.17011/ht/urn.2005356
- 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. doi:10.1037/a0016127
- Wallace, R. (2002). The internet as a site for changing practice: The case of Ms Owens. *Research in Science Education*, 32 (4), 465–487. doi: 10.1023/A:10224778

Wang, S., Jiao, H., Young, M.J., Brooks, T., & Olson, J. (2008). Comparability of computer-based and paper-and-pencil testing in K-12 reading assessments: A meta-analysis of testing mode effects. *Educational and Psychological Measurement*, 68(1), 5-24. doi: 10.1177/0013164407305592

Wiwatanapataphee, B., Noinang, S., Wu, Y. H., & Nuntadilok, B. (2010). An Integrated Powerpoint-Maple Based Teaching-Learning Model for Multivariate Integral Calculus. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 5(1), 5-31.

Voetnoot

¹ Om goed verantwoord wetenschappelijk onderzoek te kunnen doen zou er sprake moeten zijn van meerdere groepen. Een vierde groep die de pretest op de computer maakt en de posttest op papier. En een vijfde groep die de pretest op de computer maakt en de posttest ook op de computer (Tabel 5). Om praktische redenen gekozen om groep vier en vijf niet mee te nemen in dit onderzoek. De verwachting is dat leerlingen eerst moeten leren hoe om te gaan met de wiskundige software Geogebra, voordat ze een pretest kunnen maken op de computer.

Tabel 5.

Verdeling van de groepen.

Groep	voormeting	interventie	nameting
1 (controlegroep)	papier	geen	papier
2 (papier-GGB-papier)	papier	geogebra	papier
3 (papier-GGB-computer)	papier	geogebra	computer
4 (computer-GGB-papier)	computer	geogebra	papier
5 (computer-GGB-computer)	computer	geogebra	computer

PRETEST
2018

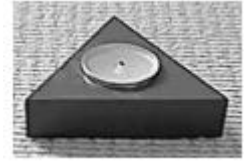
MEETKUNDE

Bij deze pretest hoort een uitwerkbijlage.

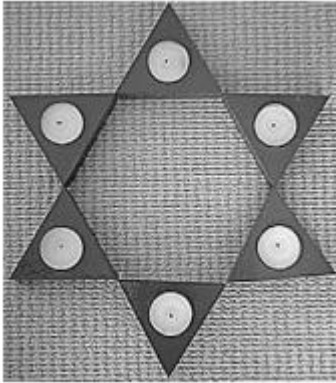
Deze pretest bestaat uit 6 vragen.
Voor deze pretest zijn maximaal 23 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Sfeerlicht

Op de foto hiernaast zie je een houder waarin een sfeerlichtje zit. Deze sfeerlichthouder heeft de vorm van een prisma met een gelijkzijdige driehoek als grondvlak.



- 4p 1 Op de foto hieronder zie je het bovenaanzicht van een figuur gemaakt van zes van deze sfeerlichthouders. In de uitwerkbijlage zie je een tekening van het bovenaanzicht van deze figuur.



→ Teken op de uitwerkbijlage alle symmetrieassen van deze figuur.

Spiegelen

Op de foto hiernaast zie je een aantal gevelvlaggen. Door de vorm hangen deze vlaggen altijd recht naar beneden; de afbeelding erop is dan volledig zichtbaar.



- 4p 2 Aan beide zijden van een straat hangen gevelvlaggen. Op de uitwerkbijlage is een gevelvlag getekend met een afbeelding zoals je die aan de linkerkant van de straat ziet. Aan de rechterkant van de straat hangt dezelfde vlag, maar dan in spiegelbeeld.
→ Teken op de uitwerkbijlage in de rechtervlag nauwkeurig het spiegelbeeld van de linkervlag.

Helikopter

Om snel medische hulp te kunnen bieden, staan in vier plaatsen in Nederland speciale helikopters. Zie onderstaande kaartje.



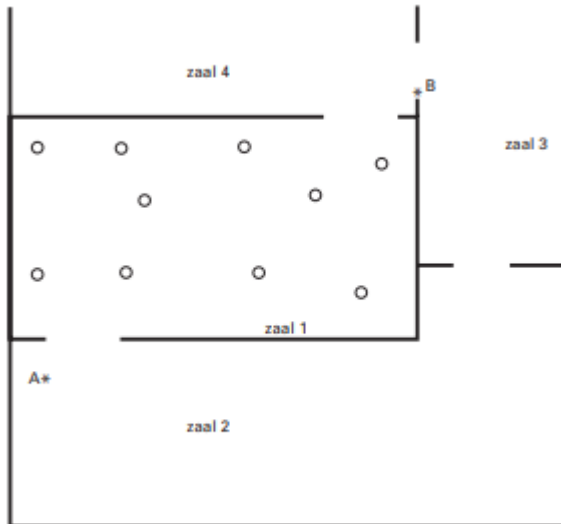
- 4p 3 De helikopter uit Rotterdam wordt ingezet voor medische hulp. De piloot krijgt als aanwijzing een koers te vliegen onder een hoek van 170° over een afstand van 55 km.
→ Geef in de tekening op de uitwerkbijlage met de letter P de plaats aan waar de helikopter uit Rotterdam nodig is. Laat de hulplijnen staan om duidelijk te maken hoe je aan je antwoord komt.

In de uitwerkbijlage bij de vraag 4 is voor de plaatsen Groningen en Nijmegen het gebied aangegeven waar de helikopters ingezet kunnen worden. Dit heet het bereikbare gebied van de helikopters.

- 3p 4 Het bereikbare gebied van een nieuw type helikopter heeft een straal van 75 km. De helikopter van Amsterdam wordt vervangen door een helikopter van dat nieuwe type.
→ Kleur of arceer het bereikbare gebied van de nieuwe helikopter uit Amsterdam.

Museumzaal

In een museum staan enkele beelden. Hieronder zie je een gedeelte van de plattegrond van het museum.



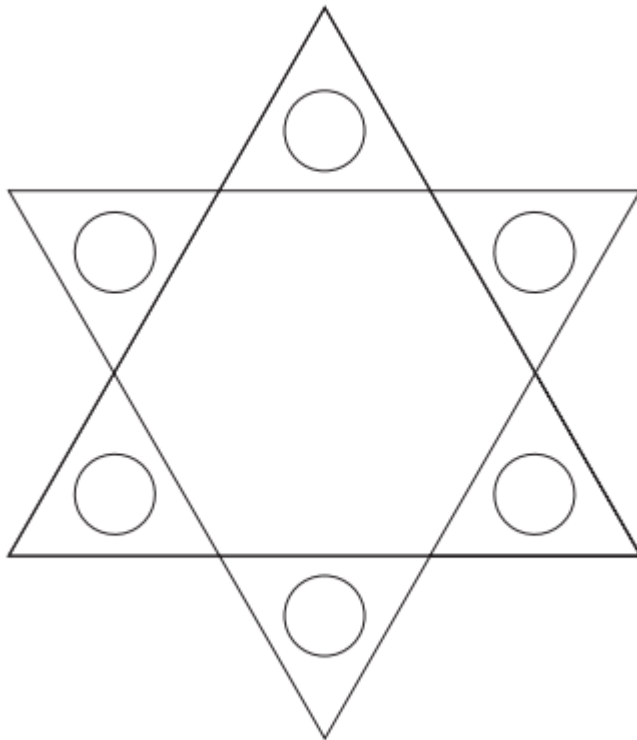
De plaatsen van de beelden zijn aangegeven met open rondjes. De zalen 1, 2, 3 en 4 in het museum worden bewaakt door de camera's A en B die op een vaste plaats hangen. Doordat ze draaibaar zijn, kunnen ze een groot deel van deze zalen overzien.

- 5p **5** Een aantal beelden in zaal 1 wordt niet door de camera's A en B gezien.
 → Kleur of arceer in de plattegrond in de uitwerkbijlage bij de vragen 5 en 6 de open rondjes die door **geen** van de camera's gezien kunnen worden. Laat in de plattegrond duidelijk zien hoe je aan je antwoord bent gekomen.
- 3p **6** In zaal 1 wordt een nieuw beeld geplaatst. Rondom het beeld moet een vrije ruimte zijn van 3 meter, zodat je het aan alle kanten goed kunt bekijken. In die vrije ruimte mag dus geen ander beeld staan.
 → Zet in de uitwerkbijlage een kruisje op een geschikte plaats voor het nieuwe beeld. Geef een toelichting met behulp van een tekening.

Naam Kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

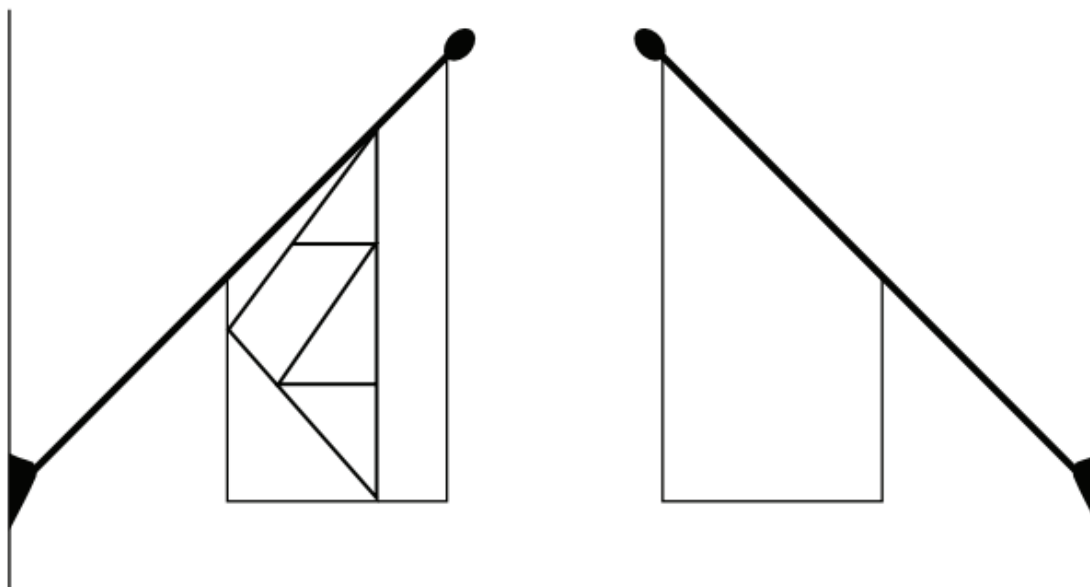
Sferlicht

1



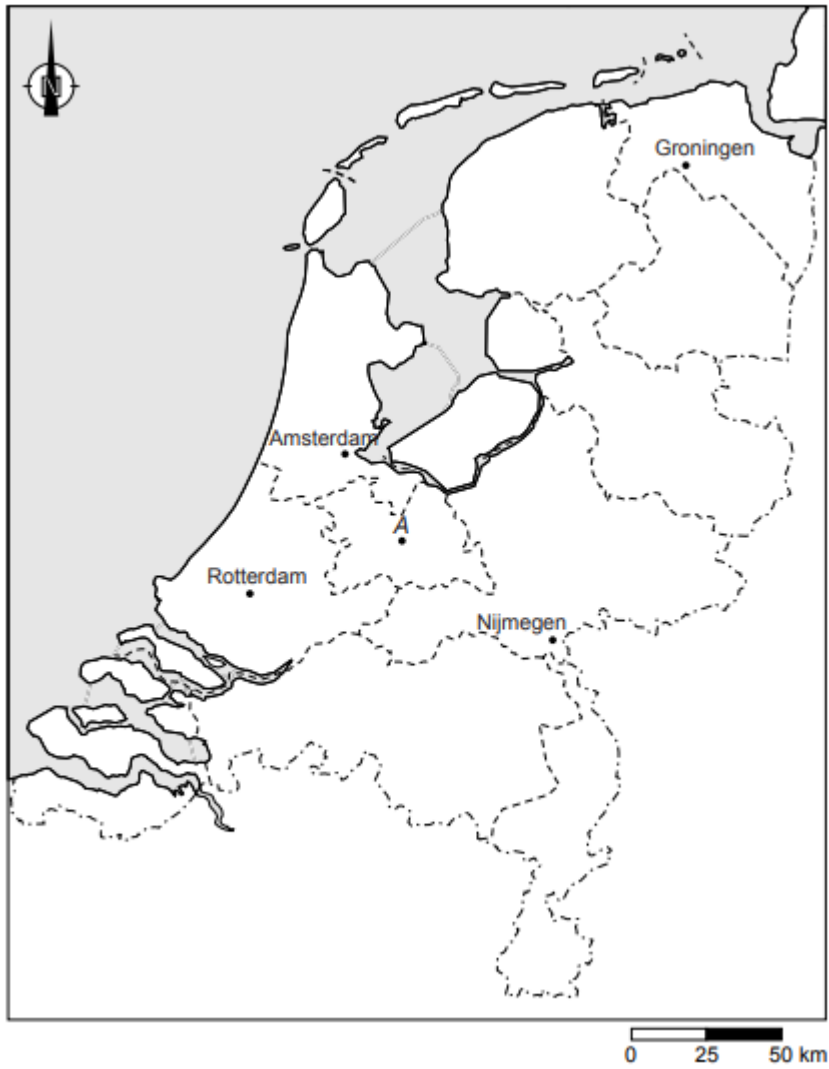
Spiegelen

2



Helikopter

3

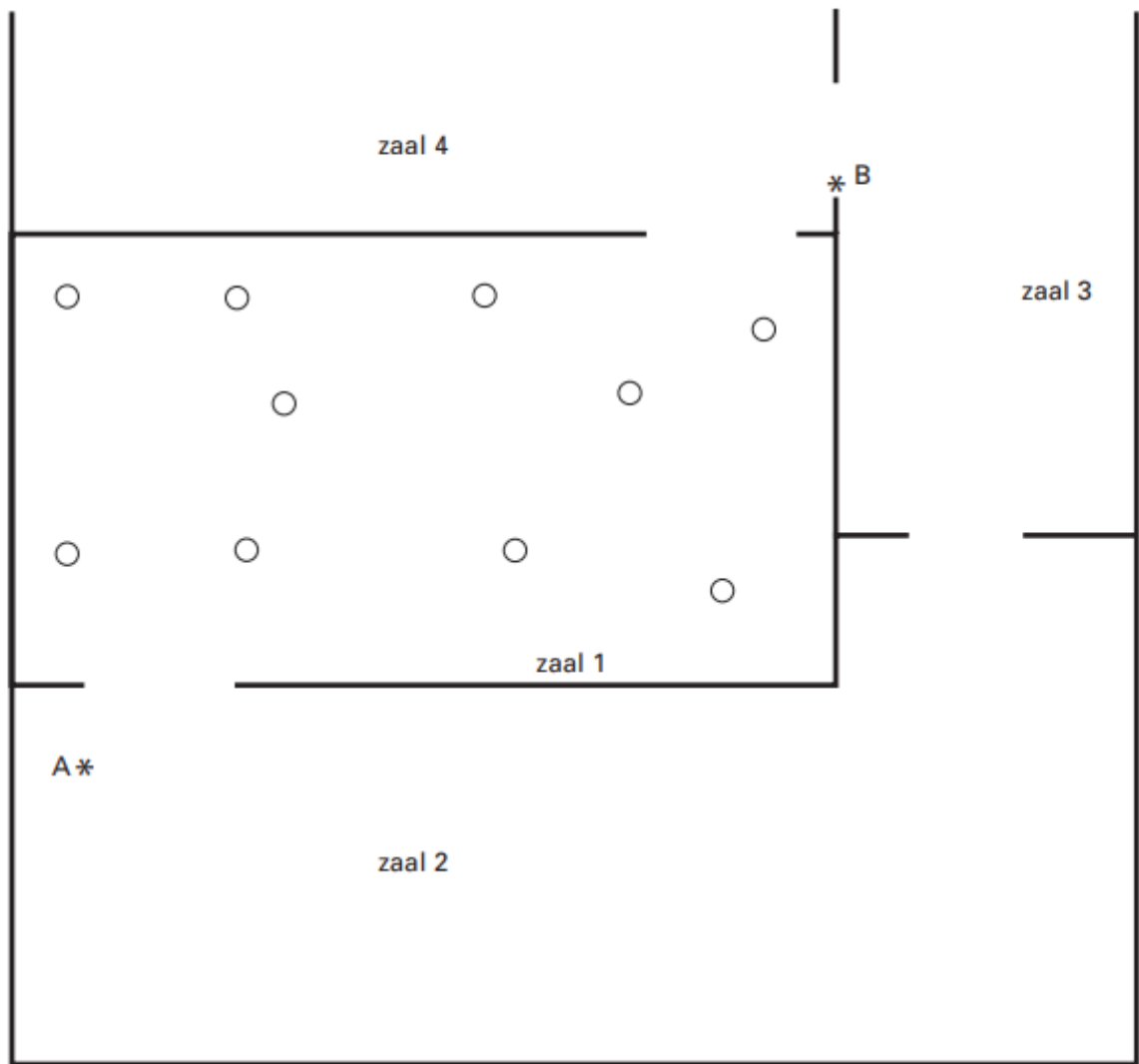


4



Museumzaal

5 en 6



schaal 1 : 200

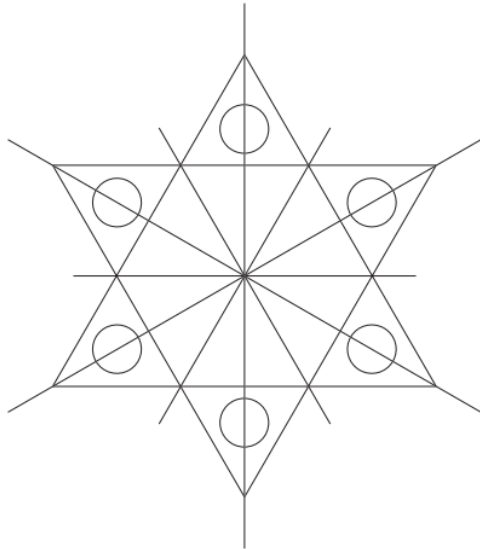
VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beoordelingsmodel Pretest

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

Sfeerlicht

1 maximumscore 4



- De drie symmetrieassen door de buitenste hoekpunten 2
- De drie symmetrieassen door de binnenste hoekpunten 2

Opmerking

Voor elk vergeten symmetrieas 1 scorepunt aftrekken.

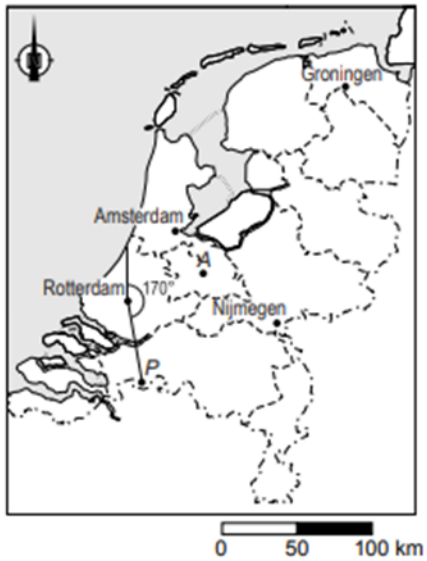
Spiegelen

2 maximumscore 4

- Juiste hoogte van de drie punten van de driehoek 1
- Juiste afstand van de driehoek tot de linkerkant van de vlag (1 cm) 1
- Juiste hoogte van de horizontale poten van de letter Z 1
- Spiegelbeeld verder juist getekend 1

Helikopter

3 maximumscore 4



- De juiste hoek vanuit het noorden tekenen 2
- De afstand Rotterdam naar de plaats is $(\frac{55}{25} \Rightarrow) 2,2$ cm 1
- De letter *P* op de juiste plaats tekenen 1

Opmerking

De hoek mag 1° en de lengte mag 1 mm in de tekening afwijken.

4 maximumscore 3

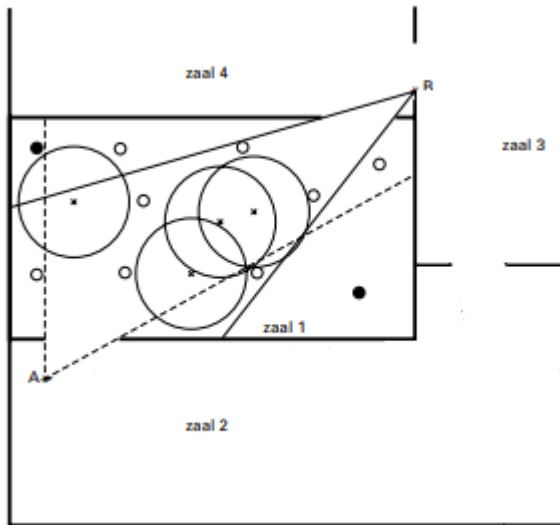
- Een cirkel met straal 3 cm bij Amsterdam tekenen 2
- Het juiste gebied kleuren of arceren 1

Opmerking

De straal mag 1 mm in de tekening afwijken.

Museumzaal

5 maximumscore 5



- Het tekenen van de kijklijnen vanuit A naar zaal 1 2
- Het tekenen van de kijklijnen vanuit B naar zaal 1 2
- Het inkleuren van de twee rondjes buiten de kijklijnen 1

6 maximumscore 3

- Bij schaal 1 : 200 is 3 meter in de tekening 1,5 cm 1
- Het aangeven van een geschikte plaats (er zijn in het voorbeeld vier mogelijkheden aangegeven) 1
- Het tekenen van de cirkel eromheen (straal 15 mm of iets meer vanwege de dikte van het beeld) 1

Bij deze posttest hoort een uitwerkbijlage.

Deze posttest bestaat uit 6 vragen.

Voor deze posttest zijn maximaal 21 punten te behalen.

Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Droste

Droste chocolaatjes worden verpakt in een doosje dat je op de foto hieronder ziet.

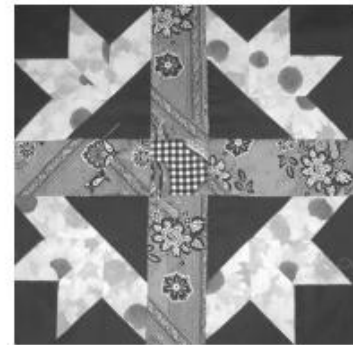


De deksel en de bodem van een Droste doosje hebben de vorm van een regelmatige achthoek.

- 4p 1 Op de uitwerkbijlage is een regelmatige achthoek getekend.
→ Teken alle symmetrieassen in deze achthoek.



Vierkanten

Van restjes stof worden verschillende vierkanten gemaakt. Deze vierkanten zijn allemaal even groot. Op de foto hieronder staat zo'n vierkant.



Vaak is het ontwerp van zo'n vierkant symmetrisch.

- 4p 2 Op de uitwerkbijlage is ander ontwerp getekend. Elk van de 21 vlakken moet met de kleuren rood, blauw of geel worden ingekleurd. Daarbij moet het ontwerp lijnsymmetrisch blijven. Alle drie kleuren moeten gebruikt worden. Vlakken die met een lijn aan elkaar grenzen, moeten verschillende kleuren krijgen.

Dus  mag niet, maar  mag wel.

→ Kleur op deze manier het ontwerp op de uitwerkbijlage. Je mag ook de naam van de kleur in de vlakken schrijven.

Zoek de schat

Juan heeft een spel dat 'Zoek de schat' heet. Bij dit spel moet je op een kaart met behulp van aanwijzingen de plaats aangeven waar de schat zich op het eiland bevindt.

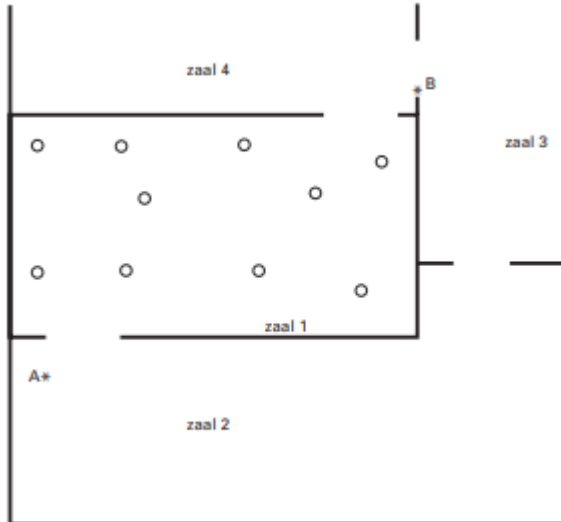


Op de uitwerkbijlage is een kaart van het eiland getekend. De roosterhokjes op de kaart zijn in werkelijkheid 10 bij 10 meter.

- 3p **3** Op de kaart staat de palmboom P aangegeven. De eerste aanwijzing is dat de schat zich op 70 meter afstand van de palmboom P bevindt.
→ Teken op de kaart op de uitwerkbijlage alle plaatsen op het eiland die voldoen aan de eerste aanwijzing. Laat zien hoe je aan je antwoord komt.
- 2p **4** De tweede aanwijzing is dat de koershoek vanuit palmboom P naar de schat 220° is.
→ Geef met een kruis de plaats aan waar de schat zich volgens de twee aanwijzingen bevindt. Laat zien hoe je aan je antwoord komt.

Museumzaal

In een museum staan enkele beelden. Hieronder zie je een gedeelte van de plattegrond van het museum.



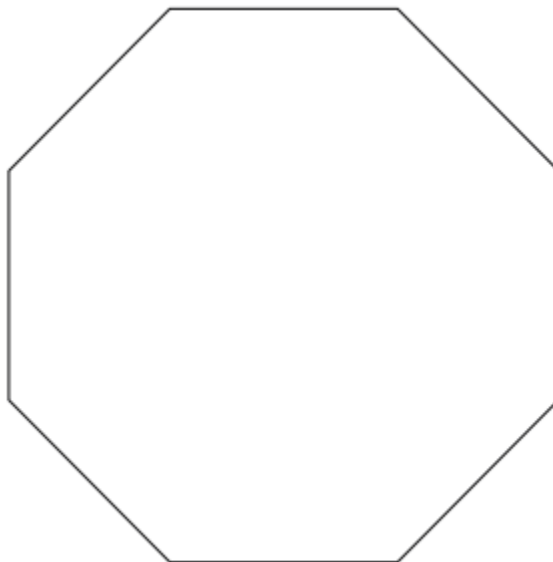
De plaatsen van de beelden zijn aangegeven met open rondjes. De zalen 1, 2, 3 en 4 in het museum worden bewaakt door de camera's A en B die op een vaste plaats hangen. Doordat ze draaibaar zijn, kunnen ze een groot deel van deze zalen overzien.

- 5p **5** Een aantal beelden in zaal 1 wordt niet door de camera's A en B gezien.
 → Kleur of arceer in de plattegrond in de uitwerkbijlage bij de vragen 5 en 6 de open rondjes die door **geen** van de camera's gezien kunnen worden. Laat in de plattegrond duidelijk zien hoe je aan je antwoord bent gekomen.
- 3p **6** In zaal 1 wordt een nieuw beeld geplaatst. Rondom het beeld moet een vrije ruimte zijn van 3 meter, zodat je het aan alle kanten goed kunt bekijken. In die vrije ruimte mag dus geen ander beeld staan.
 → Zet in de uitwerkbijlage een kruisje op een geschikte plaats voor het nieuwe beeld. Geef een toelichting met behulp van een tekening.

Naam Kandidaat _____ Kandidaatnummer _____

Droste

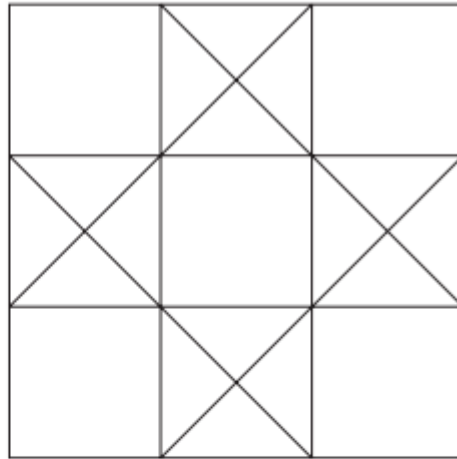
1



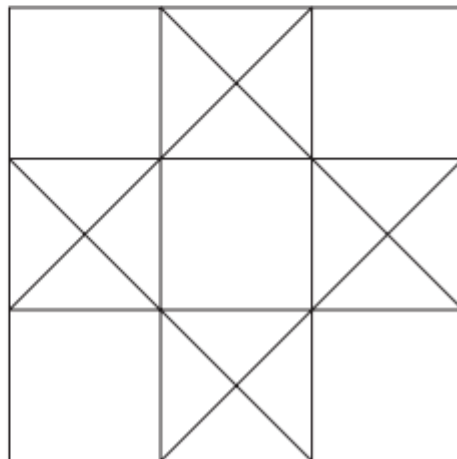
Vierkanten

2

Deze is om te proberen:

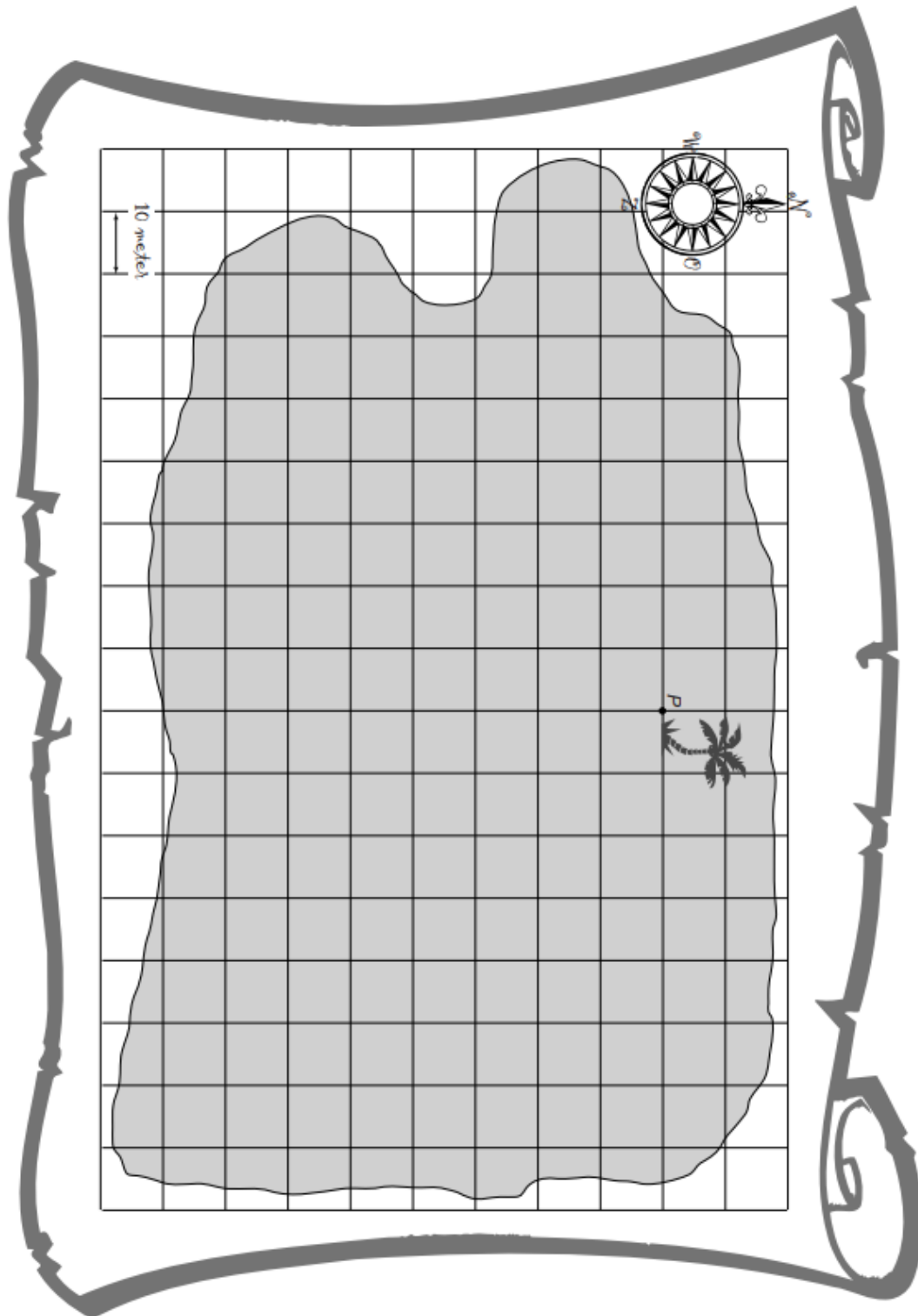


Deze is definitief:



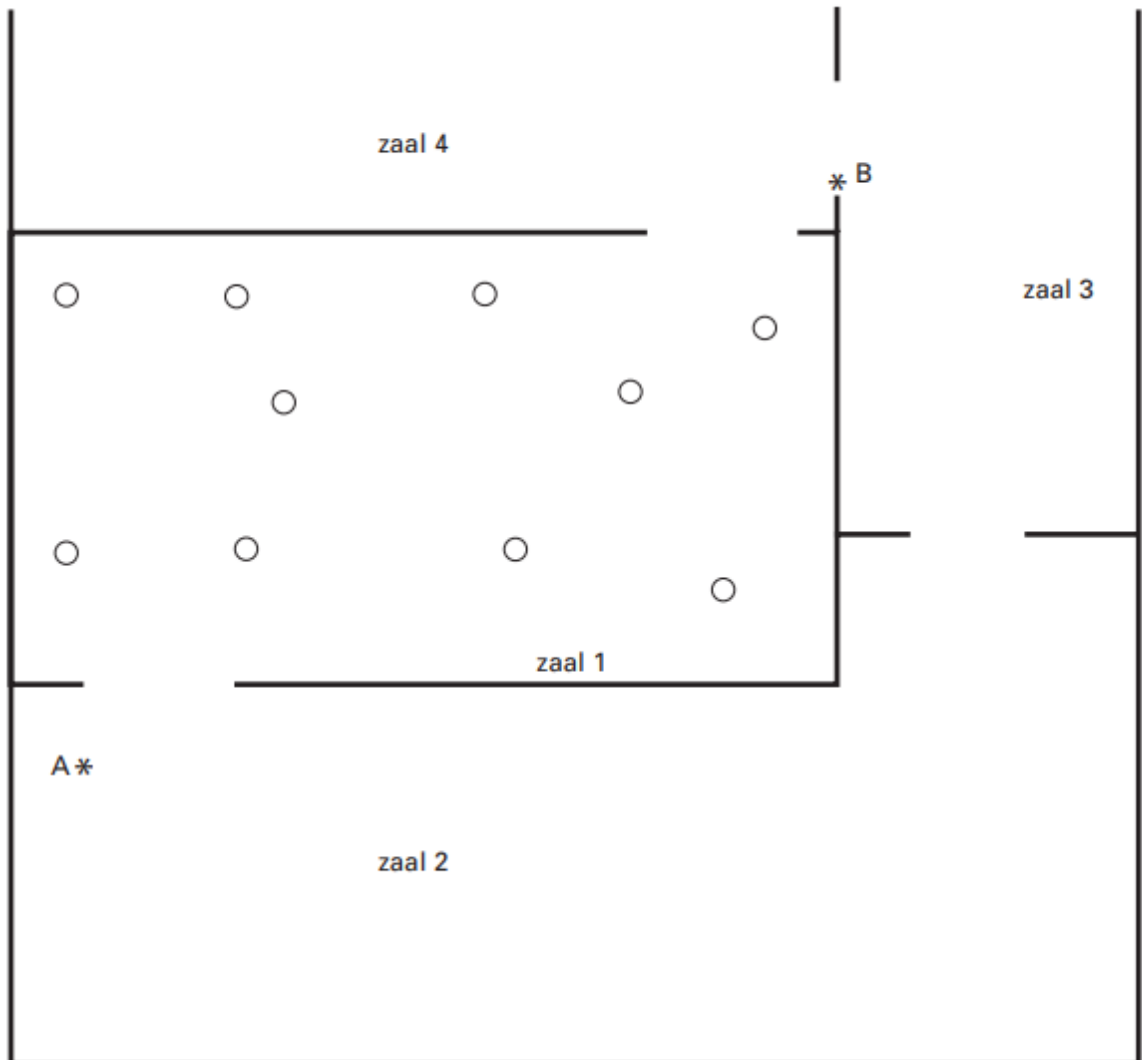
Zoek de schat

3 en 4



Museumzaal

5 en 6



schaal 1 : 200

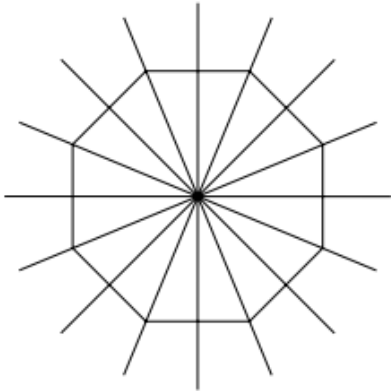
VERGEET NIET DEZE UITWERKBIJLAGE IN TE LEVEREN

Beoordelingsmodel Posttest

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

Droste

1 maximumscore 4

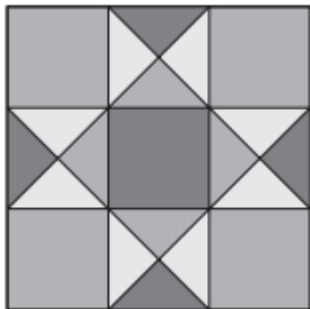


- De vier symmetrieassen door de hoekpunten 2
- De vier symmetrieassen door de middens van de zijden 2

Vierkanten

2 maximumscore 4

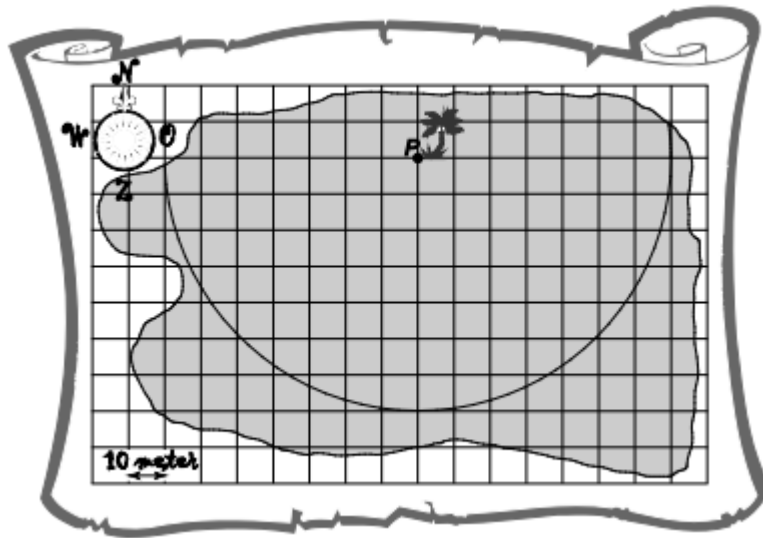
Bijvoorbeeld:



- Alle drie kleuren zijn gebruikt 1
- Alle 21 vlakken zijn ingekleurd 1
- Het ontwerp is na inkleuring lijnsymmetrisch 1
- Aangrenzende vlakken hebben verschillende kleuren 1

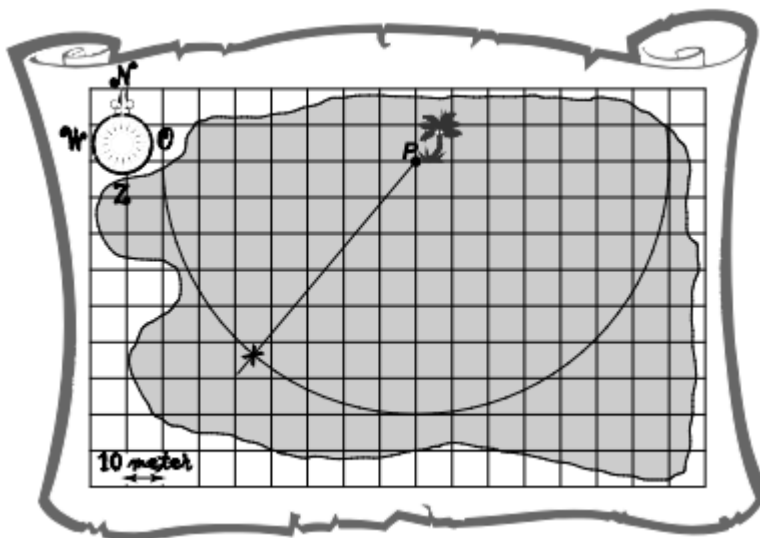
Zoek de schat

3 maximumscore 3



- Het tekenen van een cirkelboog met middelpunt P en straal 7 cm 2
- De cirkelboog heeft als begin- en eindpunt de rand van het eiland 1

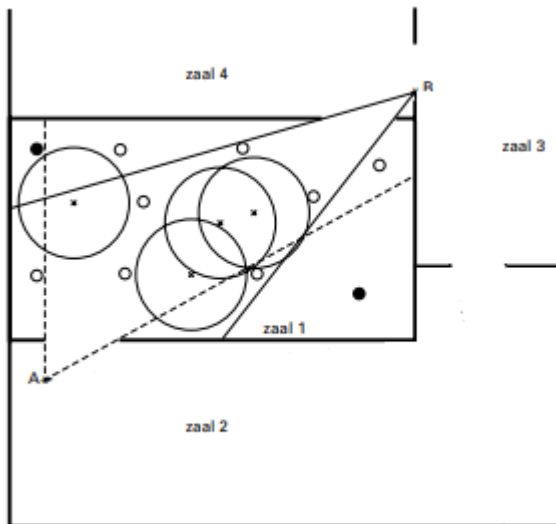
4 maximumscore 2



- Een koershoek van 220° vanuit punt P getekend 1
- Het snijpunt van de lijn met de cirkelboog aangegeven met een kruis 1

Museumzaal

5 maximumscore 5



- Het tekenen van de kijklijnen vanuit A naar zaal 1 2
- Het tekenen van de kijklijnen vanuit B naar zaal 1 2
- Het inkleuren van de twee rondjes buiten de kijklijnen 1

6 maximumscore 3

- Bij schaal 1 : 200 is 3 meter in de tekening 1,5 cm 1
- Het aangeven van een geschikte plaats (er zijn in het voorbeeld vier mogelijkheden aangegeven) 1
- Het tekenen van de cirkel eromheen (straal 15 mm of iets meer vanwege de dikte van het beeld) 1

Handleiding Geogebra 5.0

Inleiding en starten met Geogebra

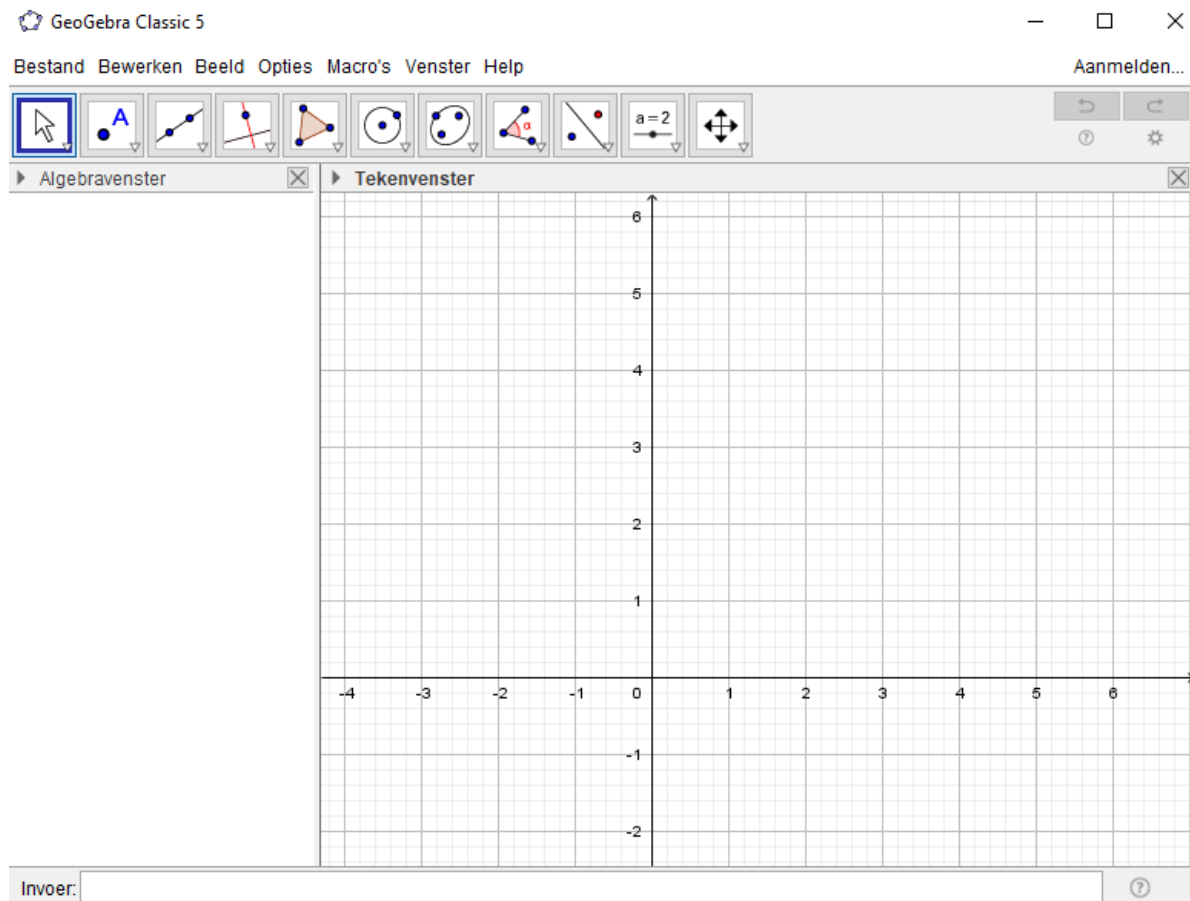
Met Geogebra kun je onder andere punten, lijnen, cirkels en veelhoeken tekenen.

Je start Geogebra op de volgende manier.

- Dubbelklik op het symbool GeoGebra.exe dat op het bureaublad staat.



Er verschijnt nu een nieuw scherm.



Het scherm bestaat uit een knoppenbalk, een algebrafenster en een tekenvenster. Dit wordt hieronder uitgelegd.

Knoppen van Geogebra

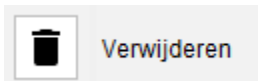
In Geogebra worden er gebruik gemaakt van verschillende knoppen. De knoppen vind je bovenin het scherm.



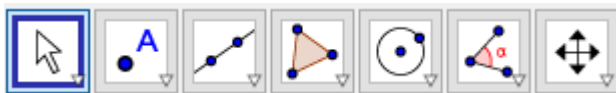
- Ga met je muis over de knoppen en kijk wat de knoppen betekenen.





Bij elke knop staat er in de rechteronderhoek een pijltje. Als je op dit pijltje klikt, dan verschijnen er nog meer knoppen.

- Onder welke knop staat de knop “Verwijderen”?

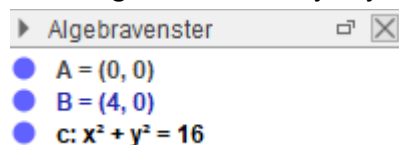


Niet alle knoppen heb je nodig. Tijdens deze les maken we gebruik van de volgende knoppen:




- Klik op  en klik daarna ergens in het tekenvenster. Er verschijnt een punt A.
- Klik op  en klik op punt A en klik daarna ergens anders in het tekenvenster. Je hebt een lijn getekend door punt A en punt B.
- Klik op  en klik op punt A en punt B. Je hebt nu een leeg scherm.
- Klik op  en klik op 2 plaatsen in het tekenvenster. Je hebt nu een cirkel getekend met middelpunt A en door punt B.

In het Algebra-venster zie je bijvoorbeeld het volgende staan:



- Klik op de blauwe bolletjes in het Algebra-venster en kijk wat er gebeurt.
- Verwijder de cirkel en de punten. Je begint met een leeg scherm.

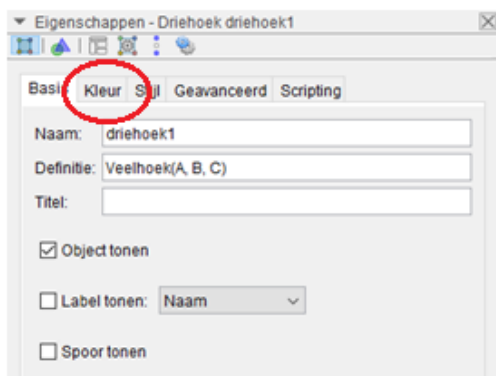
- Klik op  en klik op 3 verschillende plaatsen in het tekenvenster. Daarna klik je nog een keer op punt A. Je hebt driehoek ABC getekend.

Je kan de kleur van de driehoek zelf veranderen. Dat doe je zo:

- Ga met je muis in de driehoek staan en klik met je rechtermuisknop. Er verschijnt het volgende scherm




- Klik op eigenschappen. Er verschijnt een nieuw scherm




- Klik op **Kleur** en kies zelf een kleur. Onderaan zie je een blauwe pijl bij **Ondoorschijnendheid**, die kan je verschuiven. Verschuif de pijl naar rechts en links om te zien wat er gebeurt.

- Om het Eigenschappen-scherm te sluiten, klik je op het kruisje in de rechterbovenhoek.

- Klik op  en klik nu eerst op punt B, dan op punt A en vervolgens op punt C.
 - Doe het nog eens, maar klik dan eerst op punt C, dan op punt A en vervolgens op punt B. Wat is er anders?

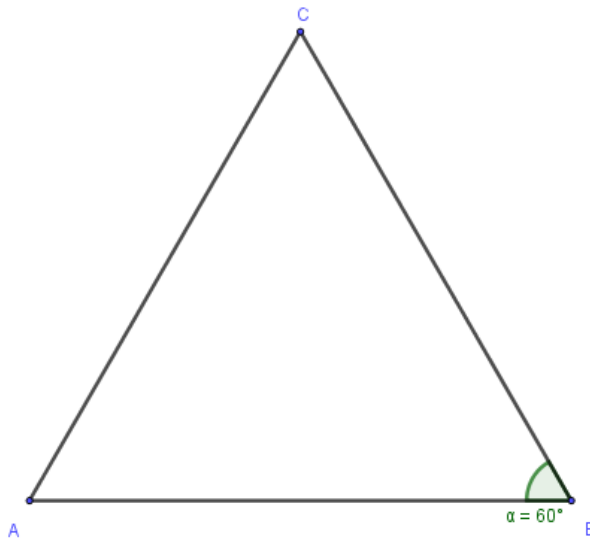
- Verwijder alles en begin met een leeg scherm.

- Klik op  **Hoek met gegeven grootte** en teken 2 punten. Klik dan op OK.
 - Wat gebeurt er als je 'wijzerzin' aanklikt?

- Verwijder alles en begin met een leeg scherm.

Oefenen met Geogebra

- Probeer de volgende figuur na te maken.

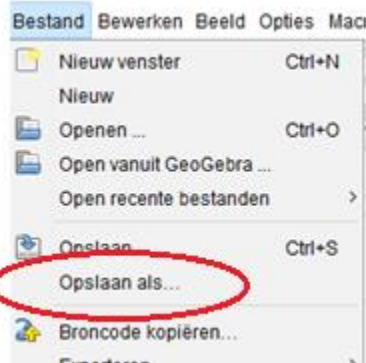


- klik op **Bestand**



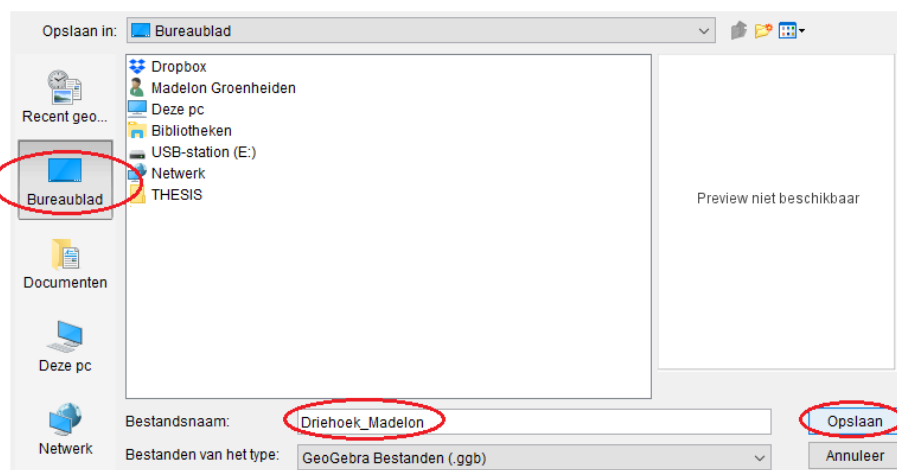
- Sla deze figuur op:

- klik op **Opslaan als...**



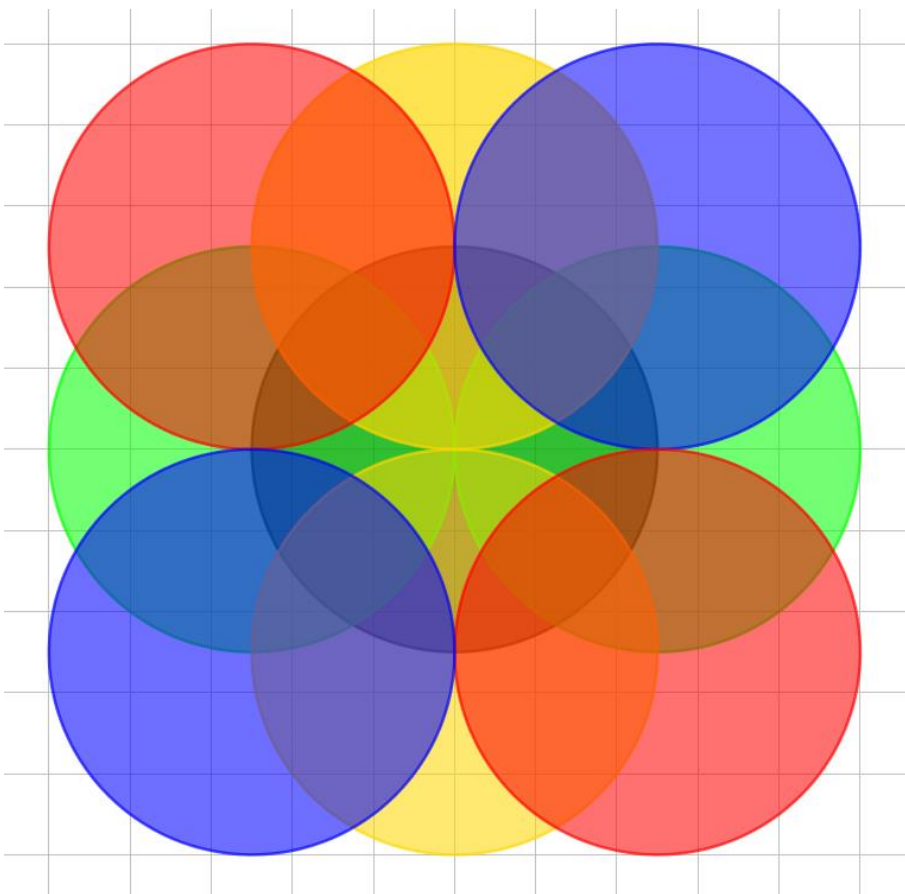
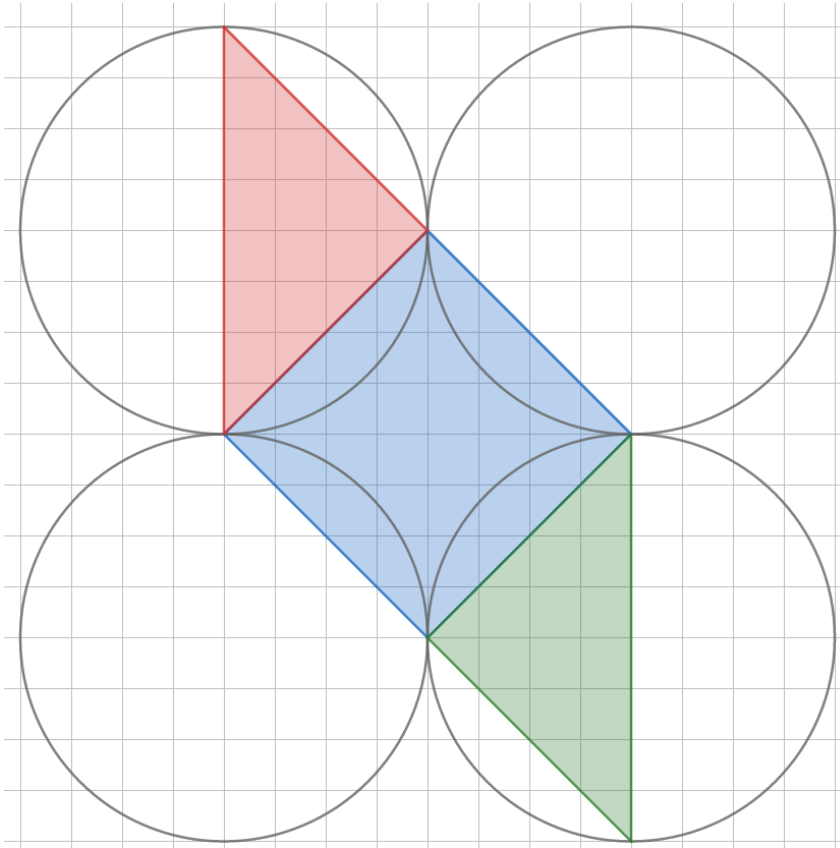
- Selecteer

Bureaublad, kies



bestandsnaam Driehoek_jouwnaam en klik op Opslaan

- Probeer één van de volgende figuren na te maken.



A. Formulier aanvraag goedkeuring ethische commissie

Deel 1 Samenvatting onderzoek

<p>Onderzoeksvragen of hypothesen van het onderzoek</p> <p>De onderzoeksvraag die in deze masterthesis centraal staat is: In hoeverre heeft het gebruik van GeoGebra invloed op de leerprestaties met betrekking tot meetkunde van leerlingen uit de vierde klas voorbereidend middelbaar beroepsopleiding kaderberoepsgerichte leerweg (vmbo-kb) voor het vak wiskunde? De hoofdvraag wordt beantwoord met twee deelvragen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Heeft les volgen aan de hand van GeoGebra invloed op de leerprestatie van leerlingen uit de vierde klas vmbo-kb met betrekking tot meetkunde? De eerste hypothese is dat bij de experimentele manier, leren met GeoGebra, hogere leerprestaties bij leerlingen verwacht worden op de posttest dan bij leerlingen die op de traditionele manier leren. 2. Heeft het toetsen aan de hand van GeoGebra invloed op de leerprestatie van de leerlingen uit de vierde klas vmbo-kb dan de traditionele toetsvorm? De tweede hypothese is dat bij leerlingen die de posttest op dezelfde manier maken als waarin ze meetkunde leren (groep 1: controlegroep en groep 3: GGB-computer) een hoger resultaat halen op de leerprestatie, dan leerlingen die de posttest maken op een andere manier dan waarin ze meetkunde leren (groep 2: GGB-papier).
<p>Onderzoeksmethode – type onderzoek met onderbouwing</p> <p>In dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van een experimenteel pretest/posttest design om de effectiviteit van GeoGebra met de traditionele hulpmiddelen te vergelijken. Er wordt gebruik gemaakt van een controlegroep. De pretest bepaalt de vaardigheidsscore vooraf aan de interventie. De posttest bestaat uit vergelijkbare opgaven, zodat gemeten kan worden of de vaardigheidsscore van leerlingen is gegroeid.</p>
<p>Onderzoeksmethode – respondenten</p> <p>Kruis aan, wie zijn de respondenten? <input checked="" type="checkbox"/> 12 t/m 17 jaar en in staat tot het geven van geïnformeerde toestemming;</p>
<p>Steekproef van participanten.</p> <p>Voor het onderzoek zullen in vier klassen (80 respondenten) van in totaal twee scholen deelnemen middels een gemakssteekproef als onderdeel van hun curriculum voor het vak wiskunde. Deze participanten komen uit de derde klas vmbo-kb. Er wordt gestreefd naar een sample van N= 40 per conditie. De participanten worden voor de posttest willekeurig toegewezen aan een van de twee condities.</p> <p>Informed consent.</p> <p>Er is sprake van informed consent. Twee weken voor het onderzoek plaatsvindt, zal de wiskundedocent de participanten informeren over het onderzoek, middels een uitleg van de onderzoeker en tevens zal een informatiebrief verstrekt worden aan de leerlingen. Deze informatiebrief is gericht op het informeren over het doel van het onderzoek en het waarborgen van de anonimiteit van de participanten. Bovendien zal er een informatiebrief met dezelfde informatie naar de ouders/verzorgers verstuurd worden door de teamleider van deze klassen. Indien zij niet instemmen met de deelname van de beoogde participanten aan het onderzoek, kunnen zij dit te kennen geven door het bijgevoegde strookje voor het begin van het onderzoek in te leveren bij de wiskundedocent/teamleider.</p> <p>Tijdens de eerste bijeenkomst van het onderzoek, zal de informatiebrief door de onderzoeker nogmaals met de participanten doorgenomen worden. Tevens wordt benadrukt dat de participanten tijdens het onderzoek, om welke reden dan ook alsnog kunnen besluiten dat hun onderzoeksgegevens niet meegenomen worden. Dit kan tot 24 uur na afname van de laatste toets schriftelijk ingediend worden bij de onderzoeker en/of teamleider. De participanten tekenen het toestemmingsformulier.</p>

Onderzoeksmethode – dataverzameling
<p>Score op wiskundevaardigheid. De wiskundevaardigheid van de leerlingen wordt gemeten aan de hand van de pre- en de posttest. Deze toetsen zijn samengesteld door de toetsdeskundigen wiskunde werkzaam bij Stichting Cito. In de pre- en posttest zitten twee anker items om de toetsen vergelijkbaar te houden qua moeilijkheid.</p> <p>Risico's. Alle gegevens zullen vertrouwelijk en anoniem worden behandeld. De participanten krijgen een proefpersoonnummer zodat niet achterhaalt kan worden dat het om hen gaat. Hiermee wordt het risico geminimaliseerd.</p>
Onderzoeksmethode – verwerking gegevens
<p>Alle data van de participanten worden benoemd onder hun proefpersoonnummer.</p> <p>Pre- en posttest. Om een algemeen beeld te krijgen wordt van elk item door middel van de p-waarde de moeilijkheidsgraad berekend.</p> <p>Wiskundevaardigheid. Om te constateren of GeoGebra invloed heeft op de wiskundevaardigheid van de leerling wordt de score op wiskundevaardigheid in SPSS verwerkt. Er wordt een 2 x 3 mixed ANOVA uitgevoerd om te onderzoeken of leerlingen groei van de wiskundevaardigheid van de twee condities significant van elkaar verschilt. De afhankelijke variabele is de leerprestatie, de onafhankelijke variabelen zijn de drie condities en de twee meetmomenten.</p> <p>Alle resultaten worden niet aan derden verstrekt, dus ook niet aan de docenten.</p>

Deel 2 Ethische toetscriteria

1. Belasting proefpersonen/ invasiviteit (max. 3 punten)	
Belasting proefpersonen/ invasiviteit moet niet té of onredelijk hoog zijn	<p>Er is sprake van een hogere mate van belasting/invasiviteit, naarmate:</p> <ul style="list-style-type: none"> • er meer (merkbaar of onmerkbaar) gevraagd van proefpersonen, in termen van: <ul style="list-style-type: none"> - activiteit - moeite - persoonlijke/privacy-gevoelige informatie - confrontatie - pijn - misleiding/achterhouden informatie
<i>a. Risico-inschatting</i> In hoeverre is dit punt van toepassing/aan de orde in het voorgesteld onderzoek?	<p>1a.</p> <p>Er zitten geen risico's aan het deelnemen aan het onderzoek. De participanten krijgen dezelfde onderdelen die in de betreffende periode in hun curriculum voor wiskunde behandeld worden, er is voor de participanten geen sprake van een hogere mate van belasting/invasiviteit. Voor de docenten is er wel een hogere mate van belasting, doordat ze het hoogstwaarschijnlijk niet gewend zijn om de software GeoGebra in te zetten in de lessituatie.</p>
<i>b. Risico-dekking</i> Hoe anticipeer je op deze risico's in het voorgestelde onderzoek? Denk aan a) spaarzaamheid in de opzet van het onderzoek (niet meer gegevens dan noodzakelijk), b) nette procedures tijdens uitvoering (bijv. briefing, debriefing, beloning van personen etc.)	<p>1b.</p> <p>Het is niet van toepassing om te anticiperen op de risico's voor de participanten. Voor de docenten geldt dat zij van tevoren goed worden geïnformeerd wat er van hen verwacht wordt. Zij ontvangen alle informatie op papier en digitaal. De onderzoeker zal tijdens het onderzoek meerdere malen zelf aanwezig zijn om te controleren of de lessen op de beoogde manier uitgevoerd worden of om zelf les te geven. De onderzoeker zal indien nodig de docent ondersteuning bieden.</p>

2. Informatievoorziening en toestemming (max. 3 punten)	
Informatievoorziening en toestemming van proefpersonen moet voldoende en juist zijn	Grotere zorgvuldigheid op het gebied van informatievoorziening en toestemming is vereist naarmate: <ul style="list-style-type: none"> • de belasting/invasiviteit groter is • proefpersonen zelf kwetsbaarder zijn (bijv. in termen van leeftijd, geestelijke of lichamelijke toestand, afhankelijkheid)
<i>a. Risico-inschatting</i> In hoeverre is dit punt van toepassing/aan de orde in het voorgesteld onderzoek?	2a. Voorafgaande aan de uitvoering van het onderzoek informeert de onderzoeker de participanten over wat ze kunnen verwachten tijdens het onderzoek. Op basis van die informatie worden de proefpersonen expliciet om toestemming gevraagd om de bij hem/haar verkregen gegevens te gebruiken voor het onderwijs. De participanten ondertekenen na kennis te hebben genomen van het onderzoek het informed consent formulier. Omdat de participanten onder de 18 jaar zijn, gaat er tevens een brief naar de ouders/verzorgers waarin staat dat de school toestemming verleent en zodoende zij middels een informed consent te kennen geven of zij wel/geen toestemming geven om de data van hun kind te gebruiken voor het onderzoek.
<i>b. Risico-dekking</i> Hoe anticipeer je op deze risico's in het voorgestelde onderzoek? Denk aan zorgvuldige (actieve/passieve) informed consent procedure onder proefpersonen en/of (wettelijke) vertegenwoordigers of betrokkenen	2b. De onderzoeker zal bij de docenten van de scholen informeren wat de gebruikelijke gang van zaken is omtrent brieven van school. En via die weg de brieven versturen (bijvoorbeeld via de elektronische leeromgeving van de school, via de mentor of teamleider van de school). De informatiebrieven worden twee weken voor aanvang van het onderzoek naar de ouders/verzorgers gestuurd.

3. Gegevens (max. 3 punten)	
3. Gegevens moeten vertrouwelijk en veilig worden behandeld en opgeslagen	Grotere zorgvuldigheid op het gebied van omgang met gegevens is vereist naarmate: <ul style="list-style-type: none"> • informatie gevoeliger/persoonlijker is • dan wel op bepaalde manieren consequenties zou kunnen hebben wanneer dit niet veilig
<i>a. Risico-inschatting</i> In hoeverre is dit punt van toepassing/aan de orde in het voorgesteld onderzoek?	3a. De participanten zijn leerlingen, hierdoor zou het kunnen zijn dat de deelnemende scholen/docenten inzage willen krijgen in de scores van de leerlingen op de wiskunde vaardigheden en de cognitieve belasting.
<i>b. Risico-dekking</i> Hoe anticipeer je op deze risico's in het voorgestelde onderzoek?	3b. De kwaliteit van dataverzameling, data invoer, data opslagen en dataverwerking wordt door de onderzoeker goed bewaakt en gearhiveerd. Deze ruwe onderzoeksgegevens worden 5 jaar bewaard en alleen op

GEBRUIK GEOGEBRA IN WISKUNDEONDERWIJS

Denk aan zorgvuldige procedure en structuur voor opslag van ruwe en verwerkte data (bijv. conform data protocol FSW)	aanvraag ter beschikking gesteld aan andere wetenschapsbeoefenaars. Verder wordt deze data niet gedeeld met derden, ook niet met docenten.
--	--

4. Data verzameling (max. 1 punt)	
4. Data verzameling moet noodzakelijk en voldoende relevant zijn	Grotere zorgvuldigheid op het gebied van dataverzameling is vereist naarmate: <ul style="list-style-type: none"> • steekproef minder representatief en/of kleiner is • de (precieze) uit te voeren analyses van de gegevens nog onduidelijk of onbepaald zijn • de mate en soort van opbrengst en/of waarde voor het wetenschappelijk of maatschappelijk veld beperkt of nog onduidelijk is
<i>a. Risico-inschatting</i> In hoeverre is dit punt van toepassing/aan de orde in het voorgesteld onderzoek?	4a. Tot zover is het bij de onderzoeker onbekend dat er een wetenschappelijk onderzoek is gedaan naar het gebruik van GeoGebra op meetkundig gebied in het vmbo en de invloed die Geogebra heeft op de wiskundevaardigheid van deze leerlingen. Zodoende kan het gezien worden als een meerwaarde voor het wetenschappelijk en maatschappelijke veld en eventueel als startpunt dienen voor verder onderzoek.
<i>b. Risico-dekking</i> Hoe anticipeer je op deze risico's in het voorgestelde onderzoek? Denk aan: - sample onderzoek, kans op uitval (attrition), generalisatie waarde, - pilots, bepalen van analysestappen, analyse modellen en poweranalyse om te zien of er voldoende (maar ook niet veel, zie 1) gegevens worden verzameld - inschatting gebruik onderzoeksrapport, impact op wetenschap/veld, plannen van valorisatie-activiteiten	4b. In dit onderzoek wordt getracht een steekproefgrootte van 80 participanten te bereiken. De resultaten zijn niet generaliseerbaar met deze kleine steekproefgrootte, maar dienen als basis voor eventueel vervolgonderzoek.

INFORMATIEBRIEF VOOR LEERLINGEN



Beste leerling,

Je bent het vast gewend om tijdens de wiskundeles gebruikt te maken van hulpmiddelen zoals een liniaal, passer en geodriehoek. Tegenwoordig zijn er ook digitale hulpmiddelen, zoals software die speciaal gemaakt is voor wiskunde. De software kan bijvoorbeeld cirkels, lijnen en punten tekenen. Om jouw gegevens te mogen gebruiken, wil ik je vragen het strookje op de volgende pagina in te vullen. Maar hierover zal ik je eerst wat meer informatie geven.

DOEL VAN DIT ONDERZOEK

De Universiteit Utrecht doet onderzoek naar de invloed van de software GeoGebra bij het vak wiskunde. Wat we onderzoeken is of deze software ertoe leidt dat je vaardigheid in wiskunde toeneemt als je op deze manier wiskunde-opdrachten maakt.

WAT HOUDT HET ONDERZOEK IN

Alle leerlingen maken een instaptoets op papier om het startniveau van meetkunde te bepalen. Na de instaptoets krijg je uitleg over hoe je met de software GeoGebra moet werken en zul je dit ook zelf uitproberen. Na een aantal weken maak je nog een toets om te kijken of je resultaat voor meetkunde beter is geworden. Bij deze toets maakt de helft van de leerlingen uit de klas de toets op papier en de andere helft maakt gebruik van GeoGebra.

PRIVACY EN VERTROUWELIJKHEID

Alle gegevens worden vertrouwelijk behandeld en anoniem verwerkt. Dit betekent dat alleen de onderzoeker kan zien wat jij invult of antwoordt. De docenten krijgen je antwoorden niet te zien. Je krijgt aan het begin van het onderzoek een persoonlijk nummer, zodat het niet meer te achterhalen valt dat het over jou gaat.

Jouw ouders/verzorgers krijgen ook een brief. Als zij het niet goed vinden dat je meedoet aan het onderzoek, vullen zij het strookje op de brief in.

MOGELIJKHEID TOT VRAGEN, INFORMATIE EN TOESTEMMING

Als je nog vragen hebt over het onderzoek, stuur dan een email naar Madelon Groenheiden, m.groenheiden@students.uu.nl.

Met vriendelijke groet,

Madelon Groenheiden, masterstudent Onderwijswetenschappen

TOESTEMMINGSVERKLARING
voor deelname aan wetenschappelijk onderzoek

Ik heb uitleg gekregen over het onderzoek en de informatie over het onderzoek heb ik goed gelezen.

Mijn gegevens mogen wel gebruikt worden

Zet hiernaast een kruisje in het vakje dat
voor jou van toepassing is

Mijn gegevens mogen niet gebruikt worden

Naam:

School:

Klas:

Datum:

Handtekening 

INFORMATIEBRIEF VOOR OUDERS

Beste ouders/verzorgers,

De school van uw kind verleent medewerking aan een onderzoek naar de invloed van de wiskundige software GeoGebra op de wiskundevaardigheid van uw kind. Over de inhoud en het doel van het onderzoek vindt u hieronder meer informatie.

Als u bezwaar heeft tegen de deelname van uw zoon of dochter aan dit onderzoek kunt u dit te kennen geven door het strookje onderaan deze brief in te vullen en aan de teamleider van uw kind te geven.

WAT IS GEOGEBRA?

GeoGebra is een software die speciaal ontwikkeld is voor wiskunde. Met deze software is het mogelijk om onder andere cirkels, lijnen, punten te tekenen. Door gebruik te maken van de software kunnen leerlingen zich concentreren op de wiskundevaardigheden die nodig zijn om een opgave op te lossen.

DOEL VAN DIT ONDERZOEK

De Universiteit Utrecht doet onderzoek naar de invloed van de software GeoGebra bij het vak wiskunde. Wat we onderzoeken is of deze software ertoe leidt dat de vaardigheid in wiskunde toeneemt als de leerling op deze manier wiskunde-opdrachten maakt.

WAT HOUDT HET ONDERZOEK IN?

De klas zal bij enkele lessen wiskunde werken met de wiskundige software GeoGebra. Alle klassen maken een voor- en nameting. De voormeting is op papier en voor elke leerling hetzelfde. Met deze voormeting wordt het startniveau van de leerling bepaald op het domein Meetkunde. Na de voormeting krijgen alle leerlingen les over de software GeoGebra. Tijdens deze les krijgen ze verschillende technieken aangeleerd die nodig zijn om de software te kunnen gebruiken. De nameting is niet voor alle leerlingen hetzelfde. De helft van de leerlingen krijgt een papieren nameting, de andere helft maakt gebruik van GeoGebra tijdens de nameting.

PRIVACY EN VERTROUWELIJKHEID

Alle gegevens worden vertrouwelijk behandeld en anoniem verwerkt. De gegevens worden alleen voor onderzoeksdoeleinden gebruikt, dus niet verstrekt aan derden. Leerlingen kunnen zelf ook aangeven of ze wel of niet willen dat hun gegevens gebruikt worden.

MOGELIJKHEID TOT VRAGEN, INFORMATIE EN TOESTEMMING

Mocht u nog vragen hebben over het onderzoek, stuur dan een e-mail naar Madelon Groenheiden, m.groenheiden@students.uu.nl.

Met vriendelijke groet,

Madelon Groenheiden

Masterstudent Onderwijswetenschappen aan Universiteit Utrecht.

MASTERTHESIS MADELON GROENHEIDEN

GEEN TOESTEMMING

De ouder(s) / begeleider(s) van

Naam:

School:

Groep:

geven **GEEN** toestemming voor deelname aan het onderzoek van de Universiteit Utrecht.

Handtekening:

Datum:

DIT FORMULIER GRAAG INLEVEREN BIJ **TEAMLEIDER** VÓÓR **DATUM**