

UNIVERSITY OF TWENTE

ONDERZOEK VAN ONDERWIJS

2022-2023

10 ECTS

*Effectief gebruik van technologische hulpmiddelen
door leerlingen in het wiskundeonderwijs*

Masteropleiding ECB – Wiskunde

INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING	4
INLEIDING	5
<i>AANLEIDING</i>	5
<i>OVERKOEPELEND DOEL EN SOORT ONDERZOEK</i>	6
THEORETISCH KADER	8
<i>HET BEGRIP ICT</i>	8
<i>DE NADELEN VAN ICT IN HET WISKUNDEONDERWIJS</i>	9
<i>DE VOORDELEN VAN ICT IN HET WISKUNDEONDERWIJS</i>	10
<i>PROBLEEMVERKENNING</i>	12
ONDERZOEKSVRAGEN	17
<i>HOOFDPROBLEEM EN DEELVRAGEN</i>	17
<i>HYPOTHESEN</i>	17
<i>Deelvraag 1</i>	17
<i>Deelvraag 2</i>	18
<i>Deelvraag 3</i>	18
METHODE	20
<i>CONTEXT</i>	20
<i>PROCEDURE</i>	20
<i>Onderbouwing lesvoorbereiding (zonder Geogebra)</i>	21
<i>Onderbouwing lesvoorbereiding (met Geogebra)</i>	21
<i>Ethische aspecten</i>	22
<i>RESPONDENTEN</i>	22
<i>INSTRUMENTEN</i>	22
<i>Zelfbeoordeling van afleiding door technologie</i>	23
<i>Toets over de leerstof</i>	23
<i>De cijfers van de leerlingen</i>	24
<i>ANALYSE</i>	24
RESULTATEN	26
<i>VARIABLEN</i>	26
<i>BESCHRIJVENDE STATISTIEKEN</i>	27
<i>DEELVRAAG 1</i>	31
<i>DEELVRAAG 3</i>	32

CONCLUSIE EN DISCUSSIE	34
<i>ANTWOORDEN OP DE ONDERZOEKSVRAGEN</i>	34
<i>Antwoord op deelvraag 1 – Het verschil in toetsprestaties tussen de 2 klassen</i>	34
<i>Antwoord op deelvraag 2 - Afleiding van de leerlingen tijdens de lessen</i>	35
<i>Antwoord op deelvraag 3 – Verschil in afleiding tussen de 2 klassen</i>	36
<i>THEORETISCHE IMPLICATIES</i>	36
<i>PRAKTISCHE IMPLICATIES</i>	37
<i>BEPERKINGEN VAN HET ONDERZOEK</i>	38
<i>SUGGESTIE VOOR VERDER ONDERZOEK</i>	38
<i>CONCLUSIE</i>	39
LITERATUURLIJST	40
BIJLAGEN	43
<i>B1. LESVOORBEREIDING: LES ZONDER GEOGEBRA</i>	43
<i>B2. LESVOORBEREIDING: LES MET GEOGEBRA</i>	47
<i>B3. WERKBLAD: LES ZONDER GEOGEBRA</i>	52
<i>B4. WERKBLAD: LES MET GEOGEBRA</i>	54
<i>B5. ANTWOORDEN WERKBLADEN</i>	58
<i>B6. TOETS</i>	59
<i>B7. ANTWOORDEN TOETS</i>	63
<i>B8: HET INFORMATIEVE EMAIL VOOR OUDERS EN LEERLINGEN</i>	64

SAMENVATTING

De belangrijkste aanleiding voor dit onderzoek is het grote verschil in standpunten tussen onderzoekers over ICT-gebruik in het wiskundeonderwijs. Aan de ene kant wordt de positieve invloed van technologie in de klas benadrukt, aan de andere kant is er nog veel kritiek op technologische hulpmiddelen als bron van afleiding voor de leerlingen.

Daarom zijn er 2 lessen gegeven aan twee verschillende klassen 4 vwo wiskunde B (een les per klas) over hetzelfde wiskundige onderwerp; bij de ene klas moesten de leerlingen een laptop gebruiken, bij de andere klas waren alle technologische hulpmiddelen verboden, inclusief de grafische rekenmachine.

De twee belangrijkste doelen van dit onderzoek zijn:

1. Kijken of er een verschil in prestaties is tussen leerlingen die de laptop gebruikten en de andere leerlingen, ongeacht de al bestaande kennis in wiskunde van de leerlingen.
2. Kijken of er een verschil is tussen beide klassen omtrent de mate van afleiding door technologische hulpmiddelen tijdens de lessen.

Om conclusies te kunnen trekken is een toets over de lesstof en een vraag over de zelfbeoordeling van de leerlingen over hun afleiding door technologische hulpmiddelen gebruikt.

In totaal deden 48 leerlingen mee: 22 leerlingen in de klas zonder laptop en 26 in de andere klas. Beide klassen hebben uiteindelijk gelijk aan elkaar gepresteerd met een score van 5.7 uit 8. Beide klassen waren bovendien nauwelijks door technologie afgeleid maar de klas die de laptop gebruikte, was iets meer afgeleid dan de andere.

Hoewel technologische hulpmiddelen in de klas zonder laptop niet waren toegestaan, werden sommige leerlingen toch door technologie afgeleid.

In de conclusie bleek dat we, zowel voor doel 1 als voor doel 2, geen verschil zien tussen beide groepen (met en zonder laptop), omdat de resultaten niet significant zijn.

INLEIDING

AANLEIDING

Volgens het rapport uit 2018 van het Nederlandse Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap gebruikt meer dan 90% van de Nederlandse scholieren tussen de 12 en 17 jaar dagelijks een smartphone (RIVM, 2018). Bovendien gebruikt bijna 85% van de leerlingen een laptop of computer voor hun schoolwerk. Men kan zich misschien voorstellen dat dit percentage in 2023 nog verder is toegenomen.

Daarnaast citeert het rapport gegevens uit een onderzoek uit 2015 waaruit bleek dat 95% van de Nederlandse middelbare scholieren thuis toegang had tot internet en 94% internet gebruikte voor schoolwerk. Bovendien gaf ongeveer 70% van de studenten aan sociale media te gebruiken voor communicatie en 60% voor entertainmentdoeleinden. Het rapport wees ook op het toenemende gebruik van digitale hulpmiddelen in de klas, waarbij ongeveer 70% van de scholen digitale leerplatforms gebruikte, zoals Magister, SOMtoday en Blackboard.

Het is duidelijk dat technologie tegenwoordig steeds belangrijker wordt. Ondanks dat belang zijn er ook twijfels: men is er bang voor dat de leerlingen tijdens de les afgeleid worden door technologische hulpmiddelen en ik maak me zorgen over de mentale gezondheid van de leerlingen die de hele dag voor het scherm van de smartphones zitten. Ook een overgrote meerderheid van de leraren (93%) maakt zich grote (40%) of kleine (53%) zorgen over de hoeveelheid tijd die leerlingen aan sociale media besteden (DUO, 2017). De aanleiding van dit onderzoek was daarom gericht op een effectief gebruik van technologie en de verbetering van de kwaliteit van het wiskundeonderwijs.

Omdat de kwaliteit van het onderwijs de prioriteit van alle docenten en schoolopleiders is, is dit onderzoek waarschijnlijk ook nuttig voor alle mensen die betrokken zijn bij het onderwijs (en met name het wiskundeonderwijs). De hoop is om een aantal technieken en adviezen toe te passen om het leerproces van de leerlingen door het gebruik van technologische hulpmiddelen te steunen.

Daarnaast is er ook een persoonlijke aanleiding. Tijdens mijn stage SP2 werd opgemerkt dat ik geen goede kennis had van de nieuwe technologische hulpmiddelen. De meeste 'digital native teachers', ofwel de jonge generatie leraren die met technologie is opgegroeid, hebben een positief beeld van ICT-gebruik op de middelbare school (Lei, 2009). Hoewel ik een 'digital native teacher' ben, heb ik echter een negatief beeld van ICT in het wiskundeonderwijs. Ik heb eigenlijk een negatief beeld van technologie in het algemeen, ook buiten de context van het onderwijs. Tegenwoordig zijn de meeste mensen bezig met smartphones of tablets, altijd en overal: overdag en 's nachts, in de metro, in het restaurant, bij de bushalte, enzovoort. Een ouderwetse les wiskunde met een krijtje en pen en papier is misschien ook een goede kans voor de leerlingen om een pauze van die technologische toestellen te krijgen. Dit experiment hielp mij om te kijken of dit vooroordeel te bestrijden is, want uit veel onderzoeken (e.g. Drijvers et al., 2019) bleek namelijk dat technologie ook een

positief effect zou kunnen hebben.

Ongeveer de helft (48,2%) van de digital native teachers vond dat hun computervaardigheden goed genoeg waren (Lei, 2009). Een derde van hen gaf aan ‘neutraal’ over deze stelling te zijn en 22,5% van hen dacht dat hun computervaardigheden niet goed genoeg waren (Lei, 2009). Hun vertrouwen in hun vermogen om computerproblemen op te lossen was nog lager (Lei, 2009). Slechts 13,8% was zelfverzekerd over hun vermogen om de meeste problemen met computers op te kunnen lossen (Lei, 2009). Als docent in opleiding heb ik ook vaak twijfels over mijn computervaardigheden; ik zou waarschijnlijk bij de ‘neutrale groep’ horen, oftewel de groep leraren die geen hoog zelfvertrouwen hebben in het gebruik van technologie. Een andere aanleiding om dit onderzoek uit te voeren, was juist om meer competent met de nieuwe technologieën te worden. Tijdens de twee lessen hielp ik namelijk de leerlingen met de software Geogebra en dit maakte mij meer competent.

Dit onderzoek zou ook nuttig kunnen zijn voor andere docenten in opleiding die Geogebra leren gebruiken, als ze deze scriptie lezen. Twee factoren die van invloed zijn op de realisatie van het potentieel van technologie in de klas zijn namelijk de technologische vaardigheden van leraren en hun houding ten opzichte van technologie (Alacaci & Mc Donald, 2012). De informatie die ik in deze scriptie deelde, zou een positieve invloed kunnen hebben op de houding van de docenten ten opzichte van technologie; zowel de positieve als de negatieve aspecten van ICT worden in deze scriptie besproken. Deze scriptie zou daarom nuttig kunnen zijn voor mensen die een standpunt over ICT-gebruik willen ontwikkelen.

Een andere belangrijke aanleiding is dat, hoewel Nederland het meest gebruik maakt van laptops in het (algemene) onderwijs, het nauwelijks wordt gebruikt voor het vak wiskunde. Vandaar dat dit onderzoek nog een aanleiding kreeg: als het waar is dat laptops en technologie nuttig voor het wiskundeonderwijs kunnen zijn (Drijvers et al., 2019), waarom worden ze dan in Nederland nauwelijks ingezet?

OVERKOEPELEND DOEL EN SOORT ONDERZOEK

Het hoofdprobleem van dit onderzoek is sterk gekoppeld aan de dubbelzijdige implicaties van ICT-gebruik in het wiskundeonderwijs: aan de ene kant nuttig voor het leerproces (indien goed toegepast), aan de andere kant een bron van afleiding voor de leerlingen. Het grootste voordeel van het gebruik van mobiele apparaten is de betere prestaties van leerlingen (Barak et al, 2006). De belangrijkste uitdagingen bij het gebruik van mobiele toestellen in de klas zijn het beperken van afleidingen en het ontwikkelen van effectieve implementatie- en beheerstrategieën (Bowman et al., 2010).

Het algemene onderwerp van dit onderzoek is het ICT-gebruik in het wiskundeonderwijs op de middelbare school. Het oorspronkelijke idee achter dit onderzoek draaide om een experiment. Er werden twee (bijna) identieke lessen gegeven over hetzelfde onderwerp en met dezelfde soort klas (4 vwo wiskunde B). Het enige verschil in de twee lessen was dat bij de

Effectief gebruik van technologische hulpmiddelen

ene klas de leerlingen de laptop (de software Geogebra) moesten gebruiken en bij de andere klas mochten ze geen enkele vorm van technologie gebruiken. Aan het einde van de lessen moesten de leerlingen van beide klassen een toets afleggen: welke klas zal beter presteren?

Dit onderzoek valt volgens de classificatie van het leerboek (van der Donk & van Lanen, 2020) onder de soort ‘vergelijkend onderzoek’. Dat houdt in dat de resultaten van de toets van de ene klas zullen worden vergeleken met de resultaten van de andere klas.

De methode van dataverzameling is ‘bevragen’ (van der Donk & van Lanen, 2020) door gebruik te maken van een toets. Dit onderzoek is kwantitatief (van der Donk & van Lanen, 2020) en de toets bestaat uit meerkeuzevragen. We willen weten in welke mate de leerlingen de stof van de les beheersen.

Volgens de classificatie van het boek (van der Donk & van Lanen, 2020) spreken we over ‘een gestandaardiseerde procedure’, omdat alle respondenten dezelfde vragen met dezelfde antwoordmogelijkheden krijgen. De toets is daarom hetzelfde voor beide klassen.

Tot slot: het overkoepelend doel van dit onderzoek is om te kijken welke rol technologie speelt in de wiskundeprestaties van de leerlingen. Tegelijkertijd is de mate van afleiding van de leerlingen ook een variabele van interesse. Een ander belangrijk doel van dit onderzoek is daarom ook het meten van de afleiding van de leerlingen tijdens het lesgeven.

THEORETISCH KADER

Dit hoofdstuk bestaat uit de volgende onderdelen: het begrip ICT, de nadelen, de voordelen en probleemverkenning. In het eerste onderdeel worden de algemene definities van ICT besproken. Omdat de inzet van ICT in het wiskundeonderwijs een heel omstreden onderwerp is tussen onderzoekers, worden zowel de negatieve als de positieve kanten van ICT beschreven. In het vierde onderdeel worden de meest gebruikte technologische hulpmiddelen besproken, samen met de meest geschikte wiskundige onderwerpen voor ICT-gebruik en tot slot worden de verschillende manieren besproken om de afleiding van leerlingen door de technologische hulpmiddelen te beperken.

HET BEGRIP ICT

Informatie- en communicatietechnologieën (ICT) worden gedefinieerd als een gevarieerde reeks aan technologische hulpmiddelen en middelen die worden gebruikt om informatie te verzenden, op te slaan, te creëren, te delen of uit te wisselen (Kaware & Sain, 2015). Deze technologische hulpmiddelen en bronnen omvatten computers, internet (websites, blogs en e-mails), technologieën voor live-uitzendingen (radio, televisie en webcasting), technologieën voor opgenomen uitzendingen (podcasting, audio- en videospelers en opslagapparaten) en telefonie (vast of mobiel), satelliet, visio/videoconferenties, enzovoort. (Kaware & Sain, 2015).

In het wiskundeonderwijs worden er nog twee begrippen gedefinieerd: *learn to use* en *use to learn* (Drijvers et al, 2019). Dit zijn de twee mogelijke rollen van een software. De rol van een educatieve software moet 'use to learn' zijn en niet 'learn to use' (Drijvers et al, 2019), ook al heb je soms 'learn to use' nodig voordat je 'use to learn' hebt, zoals bijvoorbeeld in het geval van de grafische rekenmachine. Hoewel er veel verschillende standpunten zijn over ICT, is iedereen het ermee eens dat ICT gericht moet zijn op het leren van wiskunde, zoals ook de vernieuwingscommissie wiskunde cTWO heeft aangegeven (Drijvers et al., 2019).

ICT in het wiskundeonderwijs heeft drie functies (Drijvers et al., 2019):

1. ICT als gereedschap waaraan we werk uitbesteden.
2. ICT als leermiddel voor oefening.
3. ICT als leermiddel voor begripsontwikkeling.

Omdat we de prestaties van de leerlingen willen meten, ligt de focus op de derde functie: er wordt namelijk getest wat ze tijdens de lessen hebben geleerd over een nieuw stukje theorie (begripsontwikkeling).

DE NADELEN VAN ICT IN HET WISKUNDEONDERWIJS

Het eerste nadeel van ICT in het wiskundeonderwijs is een verkeerd gebruik van het principe *learn to use* en het bijbehorende tekort aan tijd (Keong et al, 2005). Een van de belangrijkste beperkingen waarmee docenten worden geconfronteerd bij het integreren van ICT in hun onderwijspraktijken, is namelijk de verkorting van de lestijd in de klas (Keong et al., 2005). Meestal hebben onderwijzers weinig tijd om de syllabus te voltooien en als zodanig is er een tendens om zich te concentreren op de traditionele onderwijsmethoden ten koste van ICT (Zakaria en Khalid, 2016).

Bovendien voelen veel docenten zich niet voldoende toegerust om de complexe technologische hulpmiddelen die hen worden aangeboden te hanteren en ermee te navigeren. Een andere beperking waarmee docenten worden geconfronteerd, is onvoldoende training in de toepassing van ICT (Afolake & Shittu, 2005). De meeste docenten hebben beperkte technische kennis en missen de vaardigheden die nodig zijn om ICT te integreren in hun dagelijkse onderwijspraktijken. Dit gebrek aan vaardigheid leidt vaak tot een gebrek aan vertrouwen en motivatie om ICT toe te passen in hun klaslokalen (Afolake & Shittu, 2005).

Zwakke technische ondersteuning is een andere belangrijke beperking waarmee docenten worden geconfronteerd bij de implementatie van ICT. Veel ICT-tools hebben technische ondersteuning nodig die op de meeste scholen vaak ontbreekt, waardoor leerkrachten weinig of geen ondersteuning hebben wanneer ze problemen tegenkomen bij het gebruik van deze tools. Dit gebrek aan technische ondersteuning kan leiden tot frustratie en kan de acceptatie van ICT-hulpmiddelen door docenten beperken (Zakaria & Khalid, 2016).

Daarnaast vormt de beperkte beschikbaarheid van technologische middelen voor leerlingen thuis ook een uitdaging voor docenten die ICT willen integreren in hun klaslokalen. De docenten raken daarom in de war, aangezien ze niet kunnen vertrouwen op de beschikbaarheid van deze middelen buiten het klaslokaal, waardoor de toegang tot en het gebruik van technologische hulpmiddelen door studenten wordt beperkt (Afolake & Shittu, 2005).

Er bestaat ook een andere reden om geen ICT tijdens de lessen te gebruiken: de gezondheid van de leerlingen. Ze zijn steeds meer bezig met hun smartphones en een gewone les wiskunde zonder technologie kan een goede situatie zijn om toch de inzet van de technologische hulpmiddelen te vermijden (Yang-Sook et al, 2013).

De grootste nadelen van ICT zijn gekoppeld aan de afleiding. Afleiding door technologische hulpmiddelen is een veelvoorkomend probleem geworden in de klas. Leerlingen hebben vaak de neiging om hun telefoons te checken voor berichten, sociale media of games, zelfs wanneer de docent bezig is met uitleggen. Dit leidt niet alleen de aandacht van de leerlingen af maar kan ook storend zijn voor zowel de medeleerlingen als de docent.

De gevolgen van deze afleiding zijn verstrekkend. Leerlingen kunnen belangrijke informatie missen wat resulteert in verminderde leerprestaties. Bovendien heeft het een negatieve invloed op de concentratie en het vermogen om zich te focussen op de lesstof. Het kan leiden

tot een verminderde betrokkenheid bij de les en een gebrek aan participatie in klasdiscussies (Bowman, 2010).

Om de afleiding van leerlingen door technologische hulpmiddelen tijdens de les aan te pakken, moeten scholen en docenten proactieve maatregelen nemen. Een van de veelgebruikte methoden is het instellen van beleid waarin het gebruik van telefoons en andere elektronische apparaten tijdens de les verboden is. Docenten kunnen dit beleid handhaven door duidelijke regels op te stellen en consequenties te verbinden aan overtredingen (Pijpers & van Bruggen, 2019).

Tot slot blijkt uit onderzoek (Alhumaid, 2019) dat ICT-gebruik een negatief effect zou hebben op de volgende vier aspecten:

1. Verslechtering van de vaardigheden van leerlingen op het gebied van lezen, schrijven en rekenen; drie basisvaardigheden die elke student moet beheersen;
2. Dehumanisatie van het onderwijs in veel omgevingen en verstoring van de relatie tussen docenten en studenten;
3. Isolatie van studenten in een digitale en virtuele wereld die hen distantieert van elke vorm van sociale interactie;
4. Vergroting van de sociale ongelijkheid tussen de studenten die technologie kunnen gebruiken en degenen die dat niet kunnen.

DE VOORDELEN VAN ICT IN HET WISKUNDEONDERWIJS

Het integreren van ICT in lesgeven en leren wordt verassend genoeg in verband gebracht met een reeks pedagogische voordelen. Door het gebruik van technologische apparaten zoals grafische rekenmachines, worden studenten aangemoedigd om deel te nemen aan meer interactieve activiteiten waarbij zowel kennis als vaardigheden worden gedeeld (Keong et al., 2005).

Recent onderzoek heeft onderzocht hoe de integratie van ICT coöperatieve leermogelijkheden in wiskundeklaslokalen vergemakkelijkt kan worden. Een onderzoek wees uit dat wanneer studenten de kans kregen om hun werk te presenteren met behulp van een projector of een scherm en laserpen, ze eerder geneigd waren om met hun klasgenoten in discussie te gaan en hun ideeën en perspectieven te delen (Condie & Munro, 2016).

Uit een ander onderzoek bleek dat het gebruik van ICT-hulpmiddelen zoals online fora en werkruimten samenwerking intercollegiale interactie en het delen van kennis bevorderde (Keong et al., 2016). Studenten konden in realtime samenwerken aan wiskundige problemen, feedback delen en samenwerken aan projecten wat leidde tot een meer dynamische en boeiende leeromgeving. Door leerlingen toegang te geven tot technologische hulpmiddelen en middelen kunnen leraren meer boeiende en effectieve onderwijs- en leerpraktijken faciliteren wat op hun beurt kan leiden tot betere resultaten van de leerlingen. Er is dus in dit geval geen direct effect van technologie op begrip, maar indirect wel door de discussies in de klas.

Op innovatieve wijze stelde het gebruik van technologie tijdens het leerproces leerlingen in staat om indirect te communiceren en kennis te delen. Samenwerkend leren werd gepromoot en docenten maakten het proces makkelijk, terwijl leerlingen het voortouw namen in hun eigen leerproces. Deze benadering sloot aan bij constructivistisch leren dat de nadruk legt op de actieve constructie van kennis door studenten. Studenten werden aangemoedigd om het leermateriaal te verkennen met behulp van technologie, met name internet, waardoor ze extra middelen kregen om de concepten die ze aan het leren waren te begrijpen (Zakaria & Khalid, 2016).

Naast het bevorderen van samenwerkend en constructivistisch leren, had het gebruik van technologie ook een positieve invloed op de motivatie en interesse van leerlingen in wiskunde. Een relevante verbetering in de algebraresultaten van leerlingen werd waargenomen als een direct gevolg van het gebruik van Microsoft Excel tijdens leersessies (Neurath & Stephens, 2006). Het gebruik van Excel maakte de algebra begrijpelijker voor de studenten en ze wilden graag met de software werken. Dit vergrootte hun kennis en begrip van algebra en vergrootte tegelijkertijd hun zelfvertrouwen om meer uitdagende taken aan te pakken. Het gebruik van Microsoft Excel maakt het bijvoorbeeld voor studenten gemakkelijker om wiskundige problemen op te lossen die verband houden met algebra, zoals het construeren van grafieken van vergelijkingen, het vinden van de helling van een rechte lijn en het vereenvoudigen van vergelijkingen. Er is een onderzoek uitgevoerd op een middelbare school met een experimentele aanpak (Neurath & Stephens, 2006). De controlegroep kreeg conventionele onderwijstechnieken, terwijl de experimentele groep naar een computerlab werd gebracht waar ze verschillende problemen voorlegden en leerden hoe ze deze konden oplossen met behulp van Microsoft Excel. Aan beide groepen werden identieke vragenreeksen voorgelegd door middel van drie uitgebreide tests. De resultaten toonden een marginale verbetering in de academische prestaties van de experimentele groep, samen met een verhoogde interesse in het onderwerp. De leerlingen genoten met volle teugen van de Excel-opdrachten en waren getuige van een aanzienlijke verbetering van hun begrip van algebra, wat perfect harmonieerde met het gebruik van computers en technologie.

Er werd opgemerkt dat de technologische benadering van leren effectiever is dan de traditionele, op de leraar gerichte benadering van lesgeven. Docenten zorgden ervoor dat het leren een meer studentgerichte aanpak kreeg waarbij de studenten de leiding namen over hun eigen leerproces. Hierdoor konden ze in hun eigen tempo werken en soms, zo niet altijd, werd de leerervaring minder intimiderend en meer ontspannen. Door technologie te gebruiken als hulpmiddel bij het leerproces, konden studenten zich beter concentreren en wiskundige concepten beter begrijpen, waardoor leren zinvoller en leuker werd (Zakaria & Khalid, 2016).

Volgens drie verschillende onderzoeken heeft het implementeren van ICT in het onderwijs verschillende voordelen voor studenten, waaronder verbeterde kritische denkvaardigheden en een beter begrip van wiskundige probleemoplossende strategieën (Zakaria & Khalid, 2016). De software die in deze onderzoeken werd gebruikt, gaf niet alleen onmiddellijke feedback aan studenten maar moedigde hen ook aan om door te gaan met oefenen, totdat ze de juiste antwoorden hadden gevonden. Deze aanpak had als extra bonus dat de motivatie van de studenten werd vergroot om te blijven proberen en meer over het onderwerp te leren (Neurath & Stephens, 2006).

Het gebruik van ICT in het onderwijs stelt studenten bloot aan een scala aan technologische hulpmiddelen die hun leerervaring kunnen verbeteren (Keong et al., 2005). Met multimediafuncties die audio, video en interactieve elementen bevatten, zijn studenten meer

betrokken en beter in staat om de gepresenteerde informatie te verwerken. Bovendien zorgt de integratie van ICT voor een gepersonaliseerde leerervaring, waarbij studenten in hun eigen tempo kunnen werken en feedback op maat kunnen krijgen, of dat nu van een leraar is of van software (Zakaria & Khalid, 2016).

Het uitbesteden van routinewerk aan een apparaat maakt aandacht vrij voor meer essentiële zaken, zoals begripsontwikkeling, inzichtelijk redeneren, wiskundig denken en het ontwerpen en toepassen van modellen en oplossingsstrategieën (Drijvers, 2007). ICT-lessen zijn namelijk vaak voor hogere-orde leerdoelen bestemd. Sterker nog, ICT-gebruik, pen en papier en het ontwikkelen van cognitieve schema's zijn namelijk nauw met elkaar verweven (Drijvers, 2019); effectief gebruik van technologie helpt daarom om een steviger cognitief schema in het hoofd van de leerling te creëren. Vandaar dat de geleerde wiskunde steviger in het langetermijngeheugen van de leerlingen blijft (Drijvers, 2019). Tot slot kunnen leerlingen dankzij ICT vele voorbeelden en non-voorbeelden creëren om een cognitief patroon te ontwikkelen dat gebaseerd is op hun ervaringen (Tall & Thomas, 1991).

PROBLEEMVERKENNING

Tot nu toe hebben we gesproken over de directe en indirecte manieren waarop ICT nuttig kan zijn. In deze paragraaf willen we eerst op het vak wiskunde ingaan met een aantal praktische voorbeelden, daarna laten we zien welke verschillende oplossingen in Nederland mogelijk zijn om de mate van afleiding van de leerlingen door technologische hulpmiddelen te beperken. De wens is duidelijk: zo veel mogelijk de positieve invloed van ICT op het leerproces te vergroten en tegelijkertijd de mate van afleiding zo veel mogelijk te limiteren.

De meeste vaak voorkomende technologische hulpmiddelen voor wiskunde zijn dynamische meetkundige systemen (zoals Geogebra, Jackiw en Hohenwarter), computeralgebrasystemen (zoals MapleSoft), graphische rekenmachines (zoals Casio of Texas Instruments), spreadsheets (zoals Excel), elektronische virtuele manipulaties (zoals National Library of Virtual Manipulatives), internet applets (zoals Shodor) en speciale microwerelds (zoals SimCalc) (Alacaci & McDonald, 2014).

Vanuit de theorie en de verschillende onderzoeken weten we ook dat sommige onderwerpen juist geschikter zijn voor het inzetten van ICT in de wiskundelessen dan anderen. Voor mijn experiment heb ik natuurlijk een ICT-geschikt onderwerp gekozen. Zoals eerder aangegeven ligt de focus op de derde functie van ICT: als leermiddel voor begripsontwikkeling.

'Algebraïsche vaardigheden' is een onderwerp dat heel geschikt is voor ICT (Alacaci & McDonald, 2014). Wiskundige objecten, zoals bijvoorbeeld een algebraïsche formule, bestaan niet in de werkelijkheid. We gebruiken daarom symbolen om deze abstracte objecten aan te kunnen duiden (Hegedus et al., 2016). Als leerlingen deze symbolen door een ICT-hulpmiddel manipuleren, krijgen ze meer het gevoel dat ze de symbolen (en daarom de wiskunde) beter kunnen beheersen (Hegedus et al., 2016). Spreadsheets zijn een van de meest geschikte ICT-hulpmiddelen voor algebraïsche vaardigheden (Hegedus et al., 2016).

Meetkunde (synthetisch en analytisch) is een ander onderwerp dat heel geschikt is voor ICT-gebruik. Dynamische meetkundige softwares helpen de leerlingen zowel met bewijzen (in het

geval van synthetische meetkunde) als met het begrip ‘verandering’ (zoals bijvoorbeeld de verandering van vergelijking en figuur in analytische meetkunde) (Hegedus et al., 2016).

Om een software effectief in het onderwijs te implementeren, moet de leraar vertrouwt raken met alle aspecten van het programma (Alacaci & Mc Donald, 2012). Er bestaat ook een model dat de ontwikkeling van de computervaardigheden van de leraren beschrijft: het zogeheten model PURIA (Alacaci & Mc Donald, 1997). Figuur 1 laat de 5 fasen van het model zien. De tijd van elke fase verschilt per leraar.

Figuur 1
Model PURIA

PURIA mode	Activity in each mode	Nature of activity
Play	User plays with the technology	No clear mathematical purpose in playing with the software.
Uses	Technology is used as a personal tool	Does mathematics of own design. May use it as a learner of mathematics but not in a formal classroom setting or with students
Recommends	Suggests to others that they investigate/use the technology	Recommends the use to a peer, individual or small group of students. Still not in a formal classroom setting or integrated part of teaching.
Incorporates	Uses the technology as part of classroom teaching	Starts using the technology in a formal teaching environment. Incorporates technology into lessons to varying degrees. (Positive experiences in Play and Recommends required)
Assesses	Uses the technology to assess students	Uses the technology to assess what the students are learning in terms of technology and mathematics.

Noot.

Overgenomen uit *The Impact of Technology on High School Mathematics Curriculum*. door Alacaci, C. & McDonald, G., 2014, Turkish Journal of Computer and Mathematics Education, Vol.3 No.1, 21-34

Een van de meest voorkomende voorbeelden van ICT-gebruik in het wiskundeonderwijs is waarschijnlijk het gebruik van Geogebra voor het leren van ‘raaklijnen’ en ‘afgeleide’. Geogebra is een software die in dit geval heel geschikt is voor de begripsontwikkeling. In het geval van het onderwerp ‘raaklijn van een functie op een punt’ en ‘afgeleide’ worden de eerste drie taken uitgevoerd. De leerlingen ‘experimenteren’ met Geogebra door de raaklijn te laten bewegen; ze kunnen de parameters snel aanpassen en naar de gevolgen daarvan kijken. De leerlingen ‘visualiseren’ met Geogebra waar de raaklijn ligt en welke helling die heeft en zien zo bijvoorbeeld direct dat de raaklijn op een extreme waarde horizontaal is. Door ‘berekeningen te laten maken’ kunnen de leerlingen de afgeleide berekenen (Greefrath, 2008).

Met akkoord van de school waar ik de twee lessen heb gegeven, was het onderwerp van de twee lessen ‘strijdige, afhankelijke en onafhankelijke vergelijkingen’. Ook voor dit onderwerp

kan Geogebra precies dezelfde drie taken uitvoeren. Er zijn veel overeenkomsten met het onderwerp ‘raaklijn en afgeleide’ en dit is ook een onderwerp waarvoor Geogebra geschikt is.

Volgens de classificatie van Drijvers (2019) hoort Geogebra bij de professionele-educatieve software. Wanneer leerlingen gebruik maken van een professioneel programma, raken ze bekend met een gebruikersinterface die in de toekomst vaak gebruikt zal worden (Drijvers et al., 2019). Ook om deze reden heb ik voor deze software gekozen.

De andere belangrijke variabele in het spel in dit onderzoek is de mate van afleiding van de leerlingen door technologische hulpmiddelen tijdens de les. Het goede nieuws is dat leerlingen zelden afgeleid worden als andere leerlingen technologie gebruiken (Benzimra et al., 2017); wel worden ze afgeleid als ze de technologie zelf gebruiken. Normaal gesproken zijn meisjes aanzienlijk meer actief op sociale media dan jongens, terwijl jongens aanzienlijk meer games spelen dan meisjes (Benzimra et al., 2017).

De mate van afleiding door technologische hulpmiddelen is in Nederland sterk gekoppeld aan het schoolbeleid. Tegenwoordig bepaalt elke school in Nederland het schoolbeleid omtrent smartphones (Pijpers & van Bruggen, 2019). Er zijn verschillende soorten scenario's en elk scenario heeft weer een andere impact:

1. Een totaalverbod: leerlingen mogen hun telefoon niet bij zich dragen binnen de school of moeten hem bij binnenkomst inleveren;
2. Bewust géén schoolbrede regels: alle leraren hebben eigen regels. In het algemeen wordt dit afgeraden, schoolbreed beleid is het meest effectief. Maar het kan natuurlijk wel. Zorg er dan voor dat leraren hun regels helder en duidelijk communiceren met hun leerlingen;
3. Tussenvarianten als telefoons zijn toegestaan in specifieke gevallen: een variant die steeds populairder wordt, is het gebruik van ‘telefoontassen’ in het klaslokaal.

Een grootschalig onderzoek uit Engeland (Beland & Murphy, 2016) heeft aangetoond dat een totaalverbod op smartphones resulteerde in aanzienlijke verbeteringen van de leerprestaties bij meer dan de helft van de leerlingen in het algemeen onderwijs. Dit effect werd vooral waargenomen bij de leerlingen op de lagere niveaus. Zelfs de leerlingen geven aan dat de meeste effectieve manier om afleiding te voorkomen een totaalverbod is (Benzimra, 2017).

Er zijn ook andere apparaten die afleiding kunnen veroorzaken maar de grootste bron van afleiding in de les is multitasking en dat gaat vaak samen met het gebruik van smartphones (Kirschner, 2010). Leerlingen horen bijvoorbeeld wat de leraar zegt, terwijl zij ondertussen stiekem hun mobiele telefoon controleren. Of ze zijn zelf bezig met iets en versturen snel een chatberichtje onder de tafel.

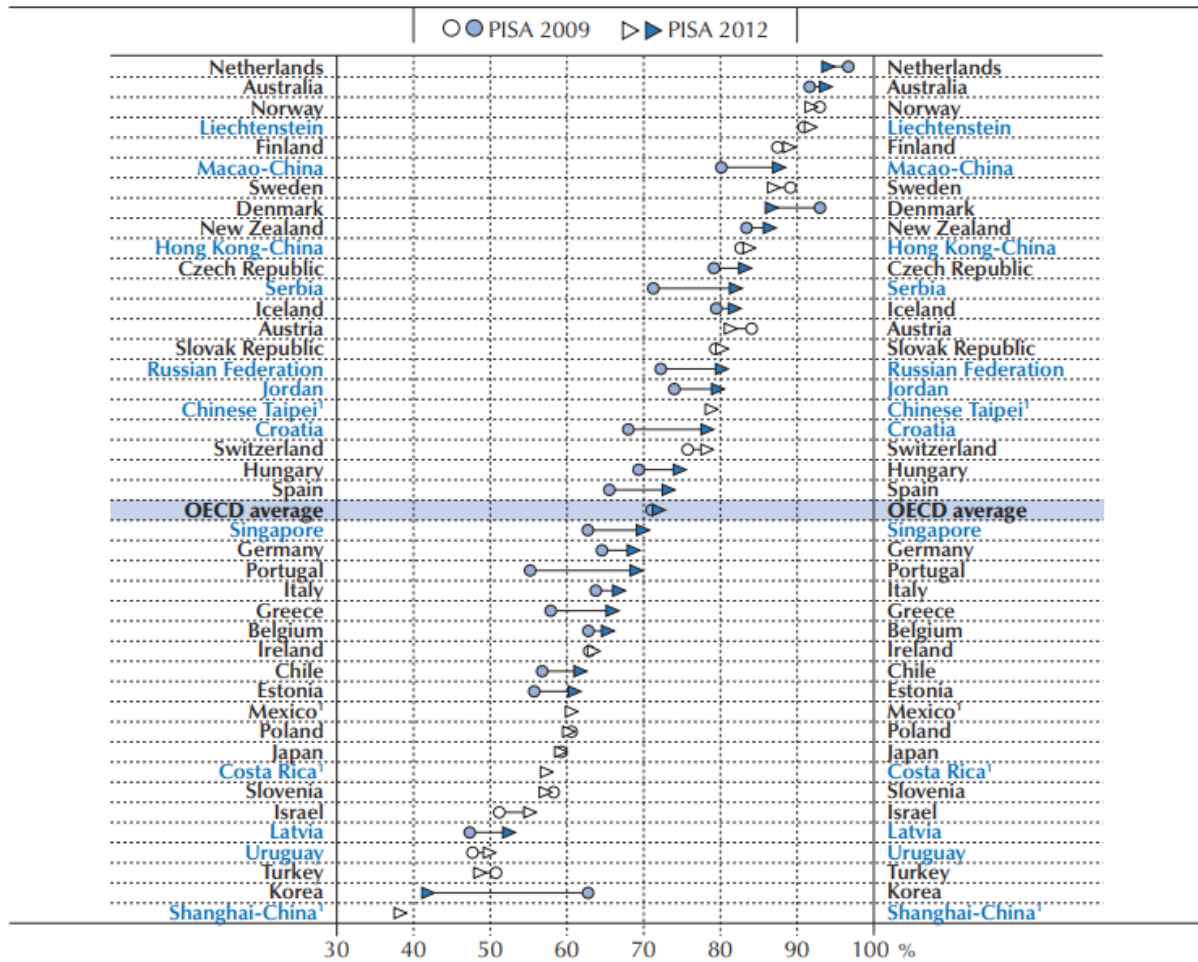
Wat de laptop betreft, zijn de opmerkingen hierboven nog steeds geldig: ook in het geval van de laptop gebruiken jongens laptops voor spelletjes, terwijl meisjes ze meer gebruiken voor sociale media en communicatie. Ragan et al. (2014) beweerden dat het vrije gebruik van laptops door studenten tijdens de les onbeperkte mogelijkheden bood voor afleidingen.

Hoewel het gebruik van laptops in het algemene onderwijs in Nederland hoog is, worden ze zeer zelden gebruikt voor het vak wiskunde. Hieruit ontstond de vraag waarom dit het geval is, aangezien onderzoek aangeeft dat laptops en technologie nuttig kunnen zijn in het wiskundeonderwijs (Drijvers et al., 2019).

Figuur 2

Verandering tussen 2009 en 2012 over het gebruik van computers door leerlingen op school.

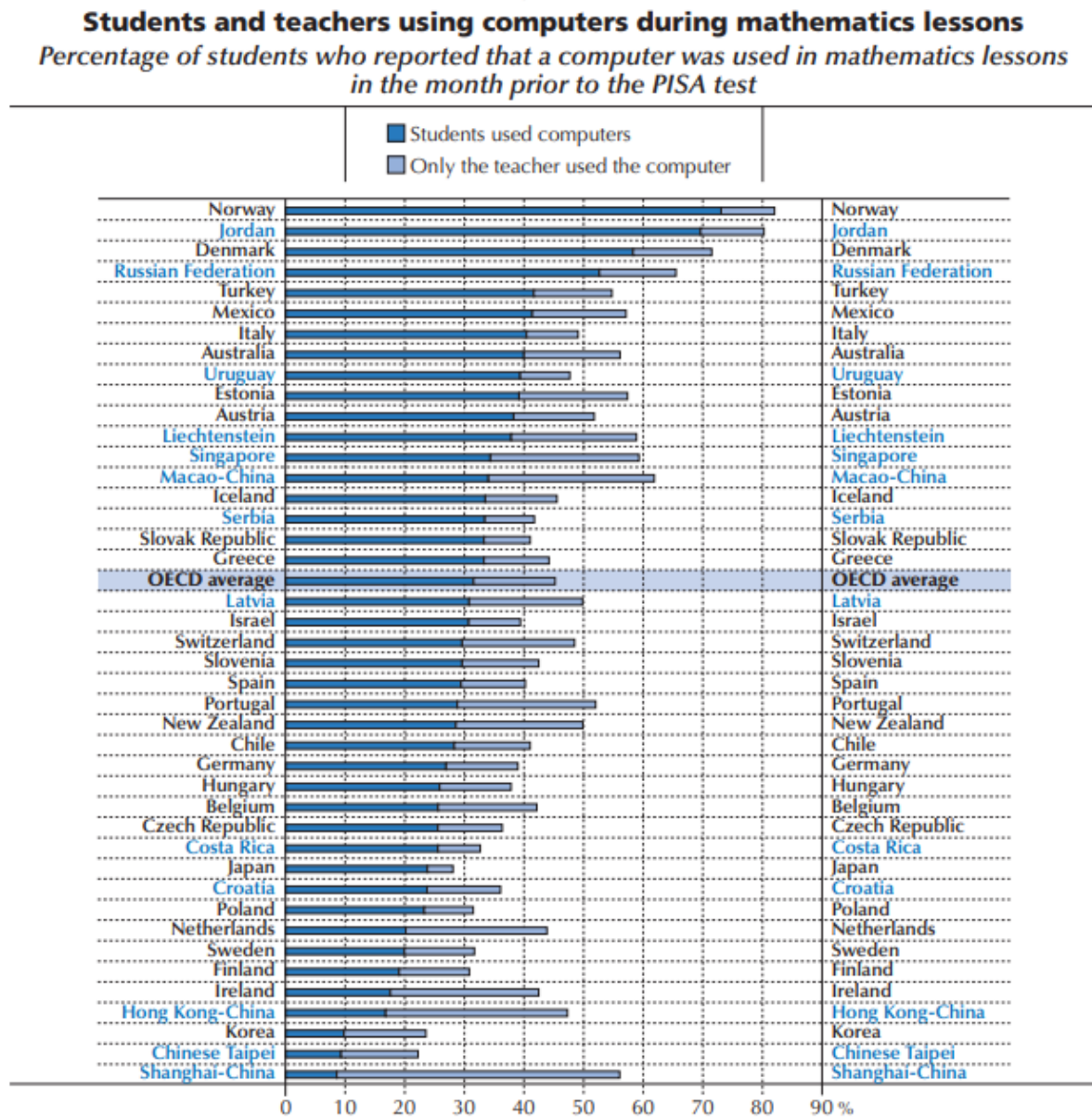
Change between 2009 and 2012 in the share of students using computers at school



Noot. Overgenomen uit Students, Computers and Learning: Making the Connection, door OECD, 2015 PISA, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264239555-en>

Figuur 3

Studenten en leraren die gebruik maken van computers tijdens wiskundelessen.



Noot. Overgenomen uit Students, Computers and Learning: Making the Connection, door OECD, 2015 PISA, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264239555-en>

Tot slot kan de frequentie van afleidend gedrag de instructiemethode die gebruikt wordt om technologie te integreren beïnvloeden. Fried (2008) legde uit dat afleidingen veroorzaakt door laptops vaker voorkomen in een ongestructureerde, op lezingen gebaseerde omgeving waar studenten geen expliciete en op technologie gebaseerde leeropdrachten krijgen. Ze betoogden ook dat studenten door instructeurs op de hoogte moeten worden gebracht van de mogelijke afleidingen die het gebruik van laptops in de klas met zich meebrengt zodat ze deze kunnen beheersen of vermijden.

ONDERZOEKSVRAGEN

HOOFDPROBLEEM EN DEELVRAGEN

Dit onderzoek is bestemd voor de leerlingen van 4 vwo wiskunde B. Het hoofdprobleem bestond uit twee componenten: we wilden dat de leerlingen tijdens de les zo min mogelijk afgeleid worden door technologische hulpmiddelen en tegelijkertijd dat de implementatie van die technologische hulpmiddelen zo effectief mogelijk is voor het leerproces van de leerlingen in het vak wiskunde. Het probleem gaat dus over het vinden van een balans tussen deze twee componenten.

De volgende drie vragen waren bedoeld als deelvragen:

1. Is er een verschil te vinden in de wiskundige prestaties van leerlingen die wel of geen Geogebra gebruiken, ongeacht de al bestaande wiskundige vaardigheden?
2. Hoe vaak worden de leerlingen door de technologische hulpmiddelen afgeleid in de klas?
3. Is er een verschil tussen beide klassen omtrent de mate van afleiding door technologische hulpmiddelen tijdens de lessen?

Met technologische hulpmiddelen bedoel ik smartphones, tablets, laptops en smartwatches. Het algemene onderwerp was daarom, zoals eerder gezegd, het ICT-gebruik van de leerlingen tijdens een les wiskunde.

Om deze vragen te kunnen beantwoorden, werd er gebruik gemaakt van een toets en een zelfbeoordeling. Het is belangrijk om op te merken dat er rekening is gehouden met de bestaande cijfers van de leerlingen; het kan namelijk gebeuren dat een leerling goed presteert alleen omdat hij goed is in wiskunde en niet omdat de technologie een positief effect heeft.

HYPOTHESEN

Deelvraag 1.

Deelvraag 1 luidde:

“Is er een verschil te vinden in de wiskundige prestaties van leerlingen die wel of geen Geogebra gebruiken, ongeacht de al bestaande wiskundige vaardigheden?”

Aangezien het onderwerp van het experiment (oftewel ‘strijdige, afhankelijke en onafhankelijke vergelijkingen’) geschikt is voor ICT en het hulpmiddel Geogebra ook geschikt was voor dit onderwerp, verwachtte ik dat de klas met ICT beter zou presteren dan

de andere klas. Deze groep is bovendien ook beter dan de andere klas qua cijfers. Uit het literatuur bleek dat ICT het conceptuele begrip kon helpen te stimuleren (Drijvers et al., 2019). In het theoretische kader werd er ook besproken welke wiskundige onderwerpen en welke technologische hulpmiddelen het meest geschikt waren. Volgens de theorie is een meetkundig onderwerp zoals ‘strijdige, afhankelijke en onafhankelijke vergelijkingen’ geschikt voor een ICT-les met het gebruik van Geogebra.

In de analyse werd het effect van het verschil tussen de cijfers van de twee klassen gecorrigeerd en zo kon ik het echte effect en de invloed van ICT meten. Na deze annulering verwachtte ik nog steeds dat de klas met ICT beter zou presteren want de theorie en de recente onderzoeken hebben aangegeven dat ICT in het algemeen een klein, maar toch zichtbaareffect zou moeten hebben (net zoals we in het vak ‘Inleiding Vakdidactiek’ hebben geleerd).

De nulhypothese was: “De klas die de software geogebra gebruikt, presteert niet beter dan de andere klas.”

De alternatieve hypothese was echter: “De klas die de software geogebra gebruikt, presteert beter dan de andere klas.”

Een andere verwachting was dat het groep leerlingen te klein en niet genoeg gevarieerd was. Door allerlei praktische redenen was het helaas niet mogelijk om een grotere groep te kiezen voor het experiment.

Een ander scenario aan de hand van het theoretische kader is ook mogelijk:

1. De prestatie van de klas met laptop werd verbeterd vanwege de efficiënte ICT-inzet van de leraar.
2. De prestatie van de klas met laptop werd verminderd vanwege de grote afleiding die de technologie veroorzaakte.

Het was daarom mogelijk dat beide klassen bijna gelijk aan elkaar presteerden (ongeacht de wiskundecijfers), in geval het positieve effect van ICT gelijk was aan het negatieve effect.

Deelvraag 2.

Mobiele telefoons werden tijdens beide lessen niet toegestaan maar het kon zijn dat sommige leerlingen toch stiekem hun smartphone niet hebben ingeleverd. De ene klas gebruikte de laptop, de andere niet. Het kwam voor dat sommige leerlingen van de eerste klas af en toe spelletjes gingen doen met die laptops tijdens de les.

Gegeven deze twee uitgangspunten was de verwachting dat de meerderheid van de leerlingen toch nooit afgeleid werd, de meeste leerlingen waren in het algemeen serieus en ik lette als docent altijd goed op. Als iemand aan het spelen was, werd deze meteen aangesproken en dan stopte hij.

Deelvraag 3.

De verwachting was dat er een verschil was tussen de twee klassen omtrent de mate van afleiding door technologische hulpmiddelen tijdens de les. Er was een logische reden om dit te vermoeden. De leerlingen die de laptop konden gebruiken, hadden tijdens de hele les een technologisch hulpmiddel; de andere leerlingen niet. En dit zou in principe de kans moeten vergroten dat de leerlingen van de Geogebrales onbedoeld meer afgeleid werden dan de andere leerlingen, ook al wilden ze niet.

Effectief gebruik van technologische hulpmiddelen

De nulhypothese was: “Er is geen verschil tussen beide klassen omtrent de mate van afleiding door technologische hulpmiddelen tijdens de les”.

De alternatieve hypothese was: “Er is een verschil tussen beide klassen omtrent de mate van afleiding door technologische hulpmiddelen tijdens de les.”.

Ook in dit geval, zoals bij deelvraag 1, was de kans toch groot dat de groep te klein was en dat er geen significantie was.

METHODE

CONTEXT

Dit onderzoek is een vergelijkend kwantitatief onderzoek. Het doel was om de overeenkomsten en verschillen te bepalen tussen twee praktijken (van den Dork & van Lanen): een les met laptop en een les zonder laptop. Voor het verzamelen van de data werden er twee lessen gegeven. Bij beide lessen kreeg elke leerling een werkblad. Bij de ene klas werd het werkblad gecombineerd met de software Geogebra, bij de andere klas gebruikten ze een vergelijkbaar werkblad en mochten ze helemaal geen technologie gebruiken. Men kan beide werkbladen met de bijbehorende antwoorden in de bijlagen 3, 4 en 5 vinden. In de bijlagen vindt u ook de volgende onderdelen: Bijlage 1 bevat de lesvoorbereiding (les zonder Geogebra), bijlage 2 de andere lesvoorbereiding (les met Geogebra), bijlage 6 de toets, bijlage 7 de antwoorden van de toets en bijlage 8 de e-mail aan ouders en leerlingen met algemene informatie over het onderzoek.

PROCEDURE

In deze paragraaf wordt een globaal beeld van de onderzoeksopzet gegeven. In de volgende paragrafen wordt alles in detail besproken.

De respondenten van het onderzoek waren leerlingen van de twee klassen (beide 4 vwo wiskunde b) van een school in Overijssel. Aan het einde van de lessen werd de data voor het onderzoek verzameld: de toetsen van alle leerlingen, het rekenkundig gemiddelde van de cijfers van alle leerlingen in het vak wiskunde in het schooljaar 2022-2023 en de zelfbeoordeling van alle leerlingen over de afleiding van technologische hulpmiddelen tijdens de lessen. De data van de leerlingen van de les met laptop werden op dezelfde dag als de data van de andere leerlingen verzameld, omdat dit de eerste les was (om 8.30 uur), terwijl de andere les om 9.20 uur startte. Alleen de aanwezige leerlingen deden aan het onderzoek mee; de afwezigen werden niet beschouwd voor het verzamelen van data.

Om dit experiment uit te kunnen voeren waren er drie instrumenten nodig:

1. De vraag over de zelfbeoordeling van de studenten over hun afleiding door technologie tijdens de lessen.
2. De toets.
3. Het rekenkundig gemiddelde van de cijfers van alle leerlingen in het vak wiskunde B in het schooljaar 2022-2023.

Onderbouwing lesvoorbereiding (zonder Geogebra)

Om de twee lessen voor te bereiden heb ik gebruik gemaakt van de methode ‘Getal & Ruimte’ (Dijkhuis et al., 2020). Tijdens de lesvoorbereiding moest er een belangrijke keuze worden gemaakt: de werkwijze.

Het uitgangspunt was dat beide lessen (met en zonder Geogebra) zo veel mogelijk gelijk aan elkaar moesten zijn, we wilden namelijk niet dat de werkwijze invloed zou hebben op de prestatie van de leerlingen op de toets. Er werden daarom twee werkbladen ontworpen op basis van de zogeheten ‘Guided reinvention’ van Freudenthal (Freudenthal, 2002). De twee werkbladen moesten gelijk aan elkaar zijn, met uitzondering van de instructies voor de software Geogebra en een aantal andere kleine aanpassingen.

De precieze definitie van ‘guided reinvention’ is dit (Freudenthal, 2002): “Er is sprake van guided reinvention als een docent zijn/haar leerlingen in staat stelt om de wiskundige concepten die ze moeten leren zelf te heruitvinden.”

Er waren veel redenen om zo’n werkwijze tijdens mijn lessen toe te passen. Ten eerste moest de stof nieuw zijn voor de leerlingen (Freudenthal, 2002). Ten tweede moest de nieuwe stof niet té moeilijk zijn (Lijnse, 2007). Ten derde was guided reinvention heel geschikt voor het heruitvinden van meetkunde (Freudenthal, 2002).

Om ‘guided reinvention’ op een efficiënte manier toe te passen, was een gebalanceerde sturing van de docent noodzakelijk. Enerzijds moesten de vragen van de docent de gids voor de leerlingen zijn, anderzijds moest de docent heel voorzichtig zijn met het beantwoorden van de vragen van de leerlingen (Freudenthal, 2002). De bedoeling was namelijk dat de leerlingen zelf de nieuwe stof herontdekken, idealiter overleggen de leerlingen dan met elkaar. De vragen van de stappen van ‘guided reinvention’ zijn in het werkblad beschreven.

De docent improviseert tijdens de les en beantwoordt de vragen van de leerlingen met een wedervraag of met verbindingen tussen samenhangende concepten. Nooit geeft de docent direct het uiteindelijke antwoord bij ‘guided reinvention’, behalve aan het einde van de les natuurlijk. In het werkblad werd de nieuwe terminologie geïntroduceerd en gemarkeerd in geel en rood maar de leerlingen moesten daarover reflecteren (“Waarom hebben de wiskundigen zo’n benaming gebruikt? Past deze benaming er goed bij?”).

Een andere reden voor het gebruik van ‘Guided reinvention’ was dat de leerlingen op een relationele manier leren (Skemp, 1976): ze leren wiskunde en tegelijkertijd, door zelf te ontdekken, begrijpen *hoe* en wellicht ook *waarom* bepaalde wiskundige ideeën correct zijn. Dit is best belangrijk, want de nieuwe stof blijft zo langer in het langtermijngeheugen van de leerlingen en helpt ook om een cognitief schema te creëren (Skemp, 1976).

Onderbouwing lesvoorbereiding (met Geogebra)

Zoals gezegd, was deze les (bijna) gelijk aan die zonder Geogebra. De onderbouwing van de les was precies gelijk aan die zonder laptop. Het enige verschil tussen de twee lessen was het werkblad. De twee werkbladen moesten gelijk aan elkaar zijn, met uitzondering van de instructies voor de software Geogebra (niet aanwezig voor de les zonder laptop) en andere kleine aanpassingen, zoals een lijn met potlood tekenen (voor de les zonder laptop) of een lijn door Geogebra laten tekenen (voor de les met laptop).

Ethische aspecten

Om dit onderzoek uit te kunnen voeren, heb ik de ethiekaanvraag aan de Ethiekcommissie gestuurd. Het nummer van de ethiekaanvraag is 230621. De aanvraag is goedgekeurd en ik heb voor de lessen aan alle leerlingen van beide klassen en hun ouders een e-mail met informatie gestuurd.

RESPONDENTEN

De populatie van mijn onderzoek bestond uit alle leerlingen van de klas 4 vwo wiskunde B in Nederland.

De steekproef bestond uit 2 klassen:

- 1) De 26 leerlingen (19 jongens en 7 meisjes) van een klas 4 vwo Wiskunde B van een school in Overijssel. Ze mochten geen laptop gebruiken tijdens de les.
- 2) De 29 leerlingen (15 jongens en 14 meisjes) van een andere klas 4 vwo Wiskunde B van dezelfde school. Ze moesten de laptop gebruiken tijdens de les.

Er waren in totaal 48 respondenten want 7 leerlingen waren afwezig tijdens de lessen.

Van de eerste klas 4 vwo wiskunde B waren er maar 22 respondenten: 18 jongens en 4 meisjes.

Van de andere klas 4 vwo wiskunde B 2 waren er maar 26 respondenten: 15 jongens en 11 meisjes.

Van de 48 respondenten: 33 jongens en 15 meisjes.

Alle respondenten waren 15 of 16 jaar oud.

Elke deelnemer besteedde precies 50 minuten aan dit onderzoek. Er waren namelijk twee lessen en elke les duurde precies 50 minuten.

Alle respondenten hebben actief en serieus aan dit onderzoek meegedaan en de twee lessen zijn gegaan zoals ik dat graag wilde. Sterker nog: alle data waren geldig, wat betekent dat alle leerlingen de zelfbeoordeling ingevuld hadden en er geen ongeldige antwoorden waren gegeven bij de toets (zoals bijvoorbeeld vragen zonder antwoord of vragen met meer dan één antwoord).

INSTRUMENTEN

Om dit experiment uit te kunnen voeren waren er drie instrumenten nodig:

1. De vraag over de zelfbeoordeling van de studenten over hun afleiding door technologie tijdens de lessen.
2. De toets.
3. Het rekenkundig gemiddelde van de cijfers van alle leerlingen in het vak wiskunde B in het schooljaar 2022-2023.

Zelfbeoordeling van afleiding door technologie

Deelvraag 2 luidde: “Hoe vaak worden de leerlingen door de technologische hulpmiddelen afgeleid in de klas?”. De makkelijkste manier om deze vraag te kunnen beantwoorden was vanzelfsprekend door een ordinale variabele (‘de zelfbeoordeling’) te gebruiken.

De vraag die we als instrument gebruikten was: “Hoe vaak werd je tijdens de les door technologie afgeleid?”. De mogelijke antwoorden waren ‘nooit’, ‘af en toe’, ‘vaak’ en ‘altijd’. Er is verder geen andere toelichting nodig want het is overduidelijk en rechtstreeks.

Toets over de leerstof

In deze paragraaf wordt er besproken wat voor toets het was en welke keuzes werden gemaakt voor het ontwerpen ervan. De toets bestond uit 8 meerkeuzevragen, elke vraag had 4 antwoordopties. Elke vraag had precies één correct antwoord. De score van de toets was een heel getal van 0 tot met 8. Elk correct antwoord werd beloond met 1 punt; elk verkeerd antwoord met 0 punten. Alle vragen moesten worden beantwoord.

Omdat het de bedoeling was om de kennis van de leerlingen te meten, was de aard van de toets summatief (Drijvers et al., 2019). De leerlingen kregen een cijfer (van 0 tot met 8). Dit cijfer telde niet mee voor hun rapport en de leerlingen zullen nooit weten hoe goed of slecht ze hebben gepresteerd maar een oordeel werd wel gegeven. De toets was namelijk absoluut niet bedoeld om hun leerproces te ontwikkelen want ze kregen geen feedback en ze wisten niet welke fouten ze maakten. De toets kon daarom niet formatief zijn. Tijdens de lessen was daar gewoon geen tijd voor en dat was sowieso ook niet de bedoeling van dit onderzoek.

Het eerste doel van de toets was om alle stof van de behaalde theorie in de les te testen. De prioriteit was om ervoor te zorgen dat alle vragen bestemd waren voor het leerdoel van de les: “De leerlingen kunnen strijdige, afhankelijke en onafhankelijke vergelijkingen onderscheiden. De leerlingen kunnen het aantal snijpunten van twee rechten vaststellen in de drie gevallen van strijdige, afhankelijke en onafhankelijke vergelijkingen, zonder het stelsel op te lossen.”

De toets was toegankelijk voor de leerlingen, het niveau was “medium”. Er wordt namelijk aangeraden om niet veel moeilijke vragen te stellen (Al-Rubkan, 2006), omdat de meeste toetsen met een grotere testbetrouwbaarheid zouden werken als er vragen van gemiddelde moeilijkheidsgraad worden gebruikt (Al-Rubkan, 2006). Tegelijkertijd is een reden die vaak wordt gegeven voor het gebruik van moeilijke vragen, namelijk dat ze de examiner helpen om de beste studenten te identificeren (Al-Rubkan, 2006). In de toets was vraag 6 de enige moeilijke vraag, terwijl vraag 1 de enige makkelijke vraag was.

In het geval van dit onderzoek was er een bekend risico: de leerlingen moesten alleen kennis in hun werkgeheugen onthouden en konden goed presteren, ook al waren ze alles waarschijnlijk weer na een paar dagen vergeten. Dit is het risico van een toets afnemen direct na de uitleg van de docent (Drijvers, 2019). Om deze reden heb ik ook een ‘onmogelijke vraag’ gesteld (vraag 6).

Een andere tip die we hebben gebruikt om de toets meer betrouwbaar te maken was om minder dan 5 antwoordopties te kiezen (Al-Rubkan, 2006). Voor alle vragen waren er daarom 4 antwoordopties. Voor vergelijkbare vragen hebben we verder precies dezelfde logische

volgorde voor de opties gekozen: zo hadden de antwoorden van vraag 1 en 2 dezelfde volgorde, net zoals bij de vragen 7 en 8. Ook de antwoorden van vraag 3 en 4 hadden een logische volgorde (stijgend bij vraag 3 en van ‘nooit’ tot met ‘altijd’ bij vraag 4). Dit hielp om gokken te verminderen (Al-Rubkan, 2006) en voorkwam dat het juiste antwoord op de gebruikelijke locatie werd geplaatst (ofwel de letters in het midden, B of C in dit geval). De leerlingen denken dat die antwoorden namelijk vaker voorkomen (Al-Rubkan, 2006).

Een ander belangrijk ingrediënt was de variëteit van vragen: vraag 1 en 2 waren visueel, vraag 3 en 6 gingen over het begrip ‘oplossing’, vraag 7 en 8 waren analytisch en vraag 4 en 5 hadden geen vaste getallen. Verder was de inhoud van de vragen altijd kort en zakelijk om ambiguïteit te voorkomen waardoor geen verdere uitleg was vereist om een vraag te kunnen begrijpen.

Normaal gesproken wordt een meerkeuzevragentoets niet aangeraden voor het vak wiskunde, want als er meerdere denkstappen nodig zijn voor het beantwoorden van een vraag, dan raakt informatie tussen de denkstappen van de leerling verloren (Drijvers et al., 2019). Met het woord ‘informatie’ wordt hier “informatie over de aard van de fouten van de leerlingen” bedoeld, dus als een vraag 3 denkstappen vereist, kan de docent met een meerkeuzevragentoets niet weten welk denkstap er mis is gegaan in het hoofd van de leerling. Toch kunnen meerkeuzevragentoetsen wel gebruikt worden als er maar één denkstap nodig is. Alle vragen waren daarom te beantwoorden met één denkstap, het niveau van de toets is namelijk ‘medium’, zodat de leerlingen maar één denkstap hoefden te maken om de vraag te kunnen beantwoorden. Op deze manier werd voorkomen dat er informatie verloren ging. Zelfs de ‘onmogelijke’ vraag 6 was met één denkstap te beantwoorden.

Om de validiteit en de betrouwbaarheid te waarborgen, heb ik tijdens het maken van de toets goed gecontroleerd op spieken van de leerlingen. Ik heb er ook voor gezorgd dat alle spullen van tafel weg waren (behalve de pen), zoals werkbladen, leerboeken en schriften van de leerlingen.

Grafische rekenmachines en mobieltjes waren al vanaf het begin van de lessen niet toegestaan. Bovendien heb ik de leerlingen op grotere afstand van elkaar gezet. Ik heb ook expliciet aangegeven dat ze geen cijfer kregen en dat niemand behalve ik naar de gemaakte toetsen kon kijken, maar dat ze serieus mee moesten doen voor de validiteit van het onderzoek.

De cijfers van de leerlingen.

Ik kreeg na de lessen een lijst van de docent met alle cijfers van alle leerlingen van beide klassen. Van elke leerling kreeg ik het rekenkundig gemiddelde van alle cijfers in het vak wiskunde b in het schooljaar 2022-2023 te weten.

ANALYSE

Na het verzamelen van alle data moesten deze geanalyseerd worden. Allereerst werden alle variabelen van het onderzoek bestudeerd, t.w.: het meetniveau en de mogelijke waardes die ze konden aannemen (per variabele).

Om de beschrijvende statistieken te berekenen werd gebruik gemaakt van Excel. De frequentietabellen van de variabelen ‘Groep’, ‘Mening’, ‘Vraag1’, ..., ‘Vraag8’ werden zo met het bijbehorende percentage berekend. Daarnaast werden (ook met Excel) het rekenkundig gemiddelde, de mediaan, de standaardafwijking en het minimum en het maximum omtrent de variabelen ‘Cijfer’ en ‘Toets’ berekend. Twee histogrammen, één omtrent de variabele ‘Cijfer’, de andere omtrent de variabele ‘Toets’, werden dan weergegeven. Met Excel werd ook de gemiddelde score per klas berekend en uiteindelijk werd de ‘chi-squared’ test uitgevoerd. De ‘chi-squared’ test was nuttig om te bepalen of de nulhypothese van deelvraag 3 moest worden verworpen. Deelvraag 3 betrof het verschil tussen de twee klassen omtrent de mate van afleiding van de leerlingen veroorzaakt door technologische hulpmiddelen tijdens de lessen.

Uiteindelijk hebben we het model ANCOVA (Analysis of Covariance) gebruikt. Daarvoor hebben we de software SPSS gebruikt. De test ANCOVA is, in het Engels, een zogeheten ‘test for between-subjects effects’. In dit onderzoek wilden we de “Toets” per “Groep” vergelijken, rekening houdend met het ‘cijfer’ (“Cijfer”). De afhankelijke variabele is “Toets”, “Groep” de onafhankelijke variabele en “Cijfer” de covariate (of covariabele).

RESULTATEN

VARIABELEN

Er zijn in totaal 13 variabelen. Tabel 1 laat de variabelen en hun bijbehorende meetniveaus zien.

Tabel 1

Variabelen en Meetniveaus

NAAM	MEETNIVEAU
Leerling	Nominaal
Mening	Ordinaal
Cijfer	Ratio
Groep	Nominaal
Vraag1	Nominaal
Vraag2	Nominaal
Vraag3	Nominaal
Vraag4	Nominaal
Vraag5	Nominaal
Vraag6	Nominaal
Vraag7	Nominaal
Vraag8	Nominaal
Toets	Ratio

De variabele “Mening” vertegenwoordigt de vraag over de zelfbeoordeling van de leerlingen over hun afleiding door technologische toestellen tijdens de les. De variabele “Mening” kan de waardes 0 (nooit), 1 (af en toe), 2 (vaak) of 3 (altijd) aannemen. De variabele “Cijfer”, die alle rationale waardes van 0 tot met 10 (afgerond op een decimaal) kan aannemen, vertegenwoordigt de al bestaande kennis over het vak wiskunde van de leerlingen, oftewel het rekenkundig gemiddelde van alle cijfers op de toetsen tijdens het huidige schooljaar van de leerlingen. De variabele “Groep” laat zien of men de laptop heeft gebruikt of niet. De variabele “Groep” kan de waardes 0 (zonder laptop) en 1 (met laptop) aannemen. De variabele “Vraag1” geeft aan of iemand het antwoord goed (1) of verkeerd (0) heeft gegeven bij vraag 1 van de toets; hetzelfde geldt voor de variabelen “Vraag2, 3, 4, 5, 6, 7, 8”. De variabele “Toets” is de score van de leerlingen op de toets gemaakt aan het einde van de les: die is de som van alle variabelen “Vraag1,2, 3, 4, 5, 6, 7, 8”. De variabele “Toets” kan alle hele waardes van 0 tot met 8 aannemen.

Alle gegevens zijn geldig voor het onderzoek: zowel voor de zelfbeoordeling als voor de toets heeft niemand op geen enkele vraag geen of meer dan 1 antwoord gegeven. Iedere vraag heeft precies één antwoord, zoals de bedoeling was en alle data zijn daarom geldig (de afwezige leerlingen werden niet beschouwd voor het onderzoek).

BESCHRIJVENDE STATISTIEKEN

De originele verzamelde dataset wordt hier niet weergegeven. Alle verzamelde data zijn geldig voor het onderzoek: zowel voor de zelfbeoordeling als voor de toets, heeft niemand op geen enkele vraag 0 of meer dan 1 antwoord gegeven. Iedere vraag heeft precies één antwoord, zoals de bedoeling was en alle data zijn daarom geldig (de afwezige leerlingen werden, zoals eerder aangegeven, niet beschouwd voor het onderzoek).

Tabel 2

Frequentietabel met bijbehorende percentages van de variabele “Groep”

GROEP	FREQUENTIE	PERCENTAGE (%)
Zonder laptop	22	45.8
Met laptop	26	54.2
Totaal	48	100.0

Tabel 3

Rekenkundig gemiddelde van de variabele “Cijfer” ten opzichte van de hele groep, de groep ‘zonder laptop’ en de groep ‘met laptop’:

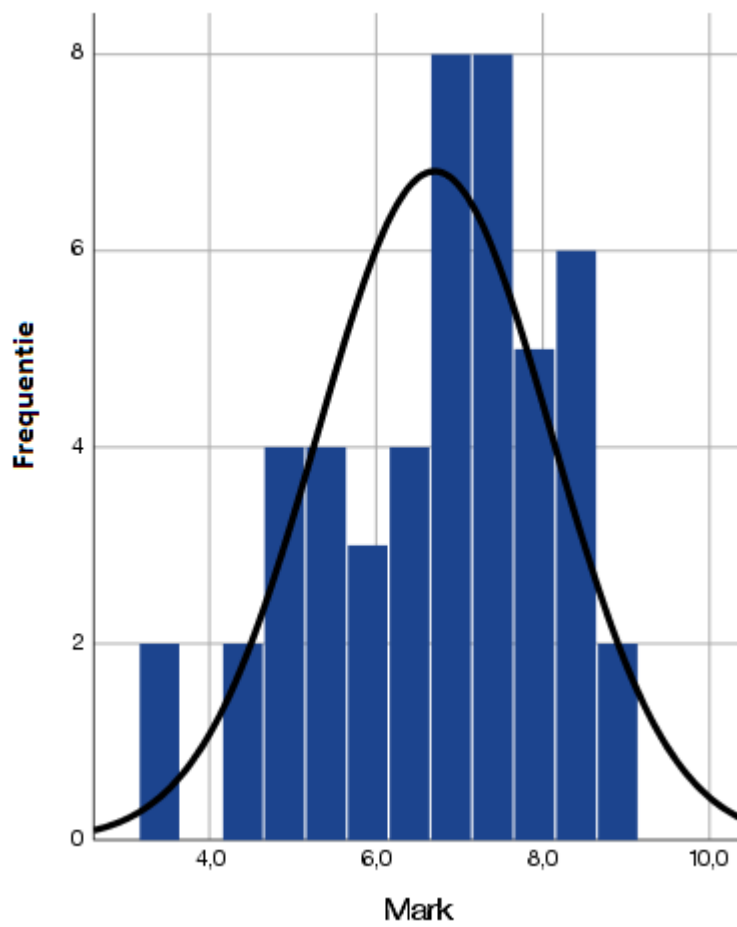
	GROEP “ZONDER LAPTOP”	GROEP “MET LAPTOP”	HELE GROEP
Rekenkundig gemiddelde	6.3	7.0	6.7

Tabel 4

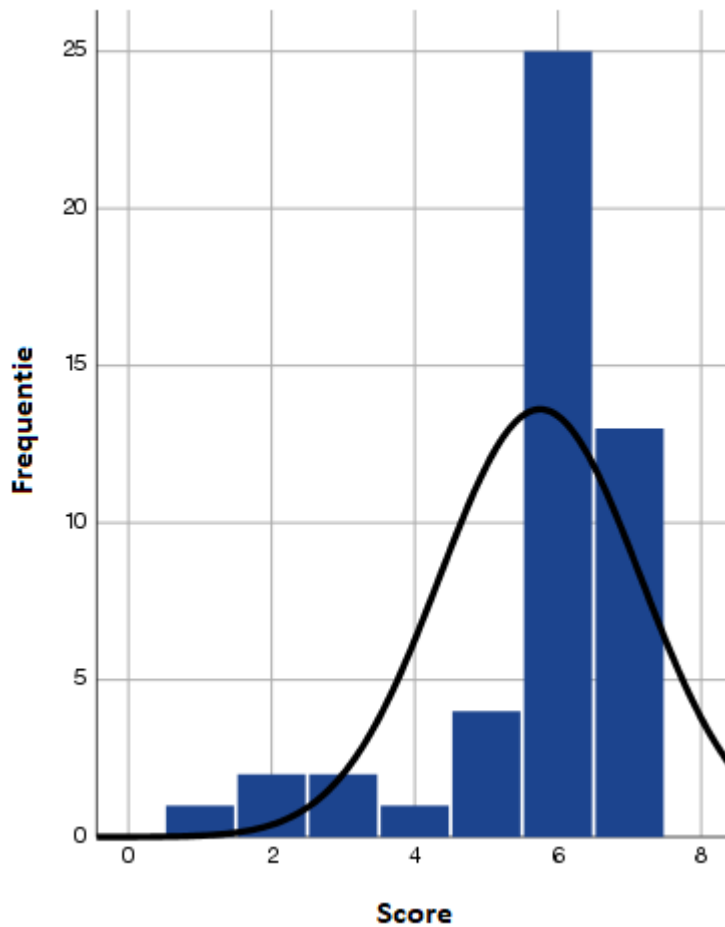
Frequentietabellen met bijbehorende percentages van de variabelen Vraag1, Vraag2, Vraag3, Vraag4, Vraag5, Vraag6, Vraag7, Vraag8 ten opzichte van de hele groep, de groep 'zonder laptop' en de groep 'met laptop'

		ZONDER LAPTOP		MET LAPTOP		HELE GROEP	
		FREQ.	PERC. (%)	FREQ.	PERC. (%)	FREQ.	PERC. (%)
Vraag1	Fout	1	4.5	1	3.8	2	4.2
	Correct	21	95.5	25	96.2	46	95.8
	Totaal	22	100.0	26	100.0	48	100.0
Vraag2	Fout	3	13.6	2	7.7	5	10.4
	Correct	19	86.4	24	92.3	43	89.6
	Totaal	22	100.0	26	100.0	48	100.0
Vraag3	Fout	4	18.1	2	7.7	6	12.5
	Correct	18	81.9	24	92.3	42	87.5
	Totaal	22	100.0	26	100.0	48	100.0
Vraag4	Fout	3	13.6	10	38.5	13	27.1
	Correct	19	86.4	16	61.5	35	72.9
	Totaal	22	100.0	26	100.0	48	100.0
Vraag5	Fout	7	31.8	5	19.2	12	25.0
	Correct	15	68.2	21	80.8	36	75.0
	Totaal	22	100.0	26	100.0	48	100.0
Vraag6	Fout	22	100.0	24	92.3	46	95.8
	Correct	0	0.0	2	7.7	2	4.2
	Totaal	22	100.0	26	100.0	48	100.0
Vraag7	Fout	4	18.1	5	19.2	9	18.8
	Correct	18	81.9	21	80.8	39	81.2
	Totaal	22	100.0	26	100.0	48	100.0
Vraag8	Fout	6	27.3	9	34.6	15	31.3
	Correct	16	72.7	17	65.4	33	68.7
	Totaal	22	100.0	26	100.0	48	100.0

Figuur 4
Histogram van de variabele "Cijfer" voor de hele groep



Figuur 5.
Histogram van de variabele “Toets” voor de hele groep



Tabel 5
Het rekenkundig gemiddelde, de mediaan, de standaardafwijking, het minimum en het maximum van de variabelen “Cijfer” en “Toets” ten opzichte van de hele groep.

	Cijfer	Toets
Rekenkundig gemiddelde	6.7	5.8
Mediaan	7.0	6.0
Standaardafwijking	1.4	1.4
Minimum	3.4	1
Maximum	8.9	7

Van Tabel 6 kunnen we afleiden dat geen enkele leerling de toets perfect heeft gemaakt; er was ook geen enkele leerling die 0 punten bij de toets heeft gescoord.

Tabel 6

Rekenkundig gemiddelde en standaardafwijking van de variabele "Toets" ten opzichte van de hele groep, de groep 'zonder laptop' en de groep 'met laptop'"

GROEP	REKENKUNDIG GEMIDDELDE	STANDAARDAFWIJKING
Zonder laptop	5.73	1.7
Met laptop	5.77	1.2
Hele groep	5.75	1.4

Uit Tabel 6 kunnen we afleiden dat de groep 'met laptop' iets beter heeft gepresteerd dan de groep zonder. In de praktijk hebben de twee groepen gelijk aan elkaar gepresteerd. De score van de leerlingen op de toets wordt op een schaal van 0 tot met 8 weergegeven.

DEELVRAAG 1

Deelvraag 1 luidde: "Is er een verschil te vinden in de wiskundige prestaties van leerlingen die wel of geen Geogebra gebruiken, ongeacht de al bestaande wiskundige vaardigheden?"

De nulhypothese was: "De klas die de software Geogebra gebruikt, presteert niet beter dan de andere klas."

De alternatieve hypothese was: "De klas die de software Geogebra gebruikt, presteert beter dan de andere klas."

Om deelvraag 1 te beantwoorden, gebruiken we ANCOVA. Dankzij het model one-way ANCOVA (Analysis of Covariance) kunnen we nu de "Toets" per "Groep" vergelijken, rekening houdend met "Cijfer". De afhankelijke variabele is "Toets", de groepsvariabele is "Groep" en de covariaat is "Cijfer".

Tabel 7

De resultaten van ANCOVA. "Toets" is de afhankelijke variabele, "Groep" de groepsvariabele, "Cijfer" de covariaat.

VARIABELE	F-waarde	p-waarde
Cijfer	14.749	kleiner dan 0.001
Groep	0.755	0.390

In Tabel 7 is de p-waarde van "Cijfer" kleiner dan 0.001. De p-waarde is natuurlijk altijd positief, hij kan nooit gelijk aan nul zijn.

We nemen aan dat het significantieniveau α gelijk aan 0.05 is. Het model toont aan dat de variabele "Cijfer" een heel kleine (maar toch positieve) p-waarde heeft, kleiner is dan 0.05

(het significantieniveau), en daarom significant is. We merken ook op dat de F-waarde van Tabel 7 voor “Cijfer” positief is.

De variabele “Groep” heeft echter de p-waarde 0.39, groter dan 0.05 en is daarom niet significant.

DEELVRAAG 2

Deelvraag 2 luidde: “Hoe vaak worden de leerlingen door de technologische hulpmiddelen afgeleid in de klas?”

Tabel 8

Frequentietabellen met de bijbehorende percentages van de variabele “Mening” ten opzichte van de hele groep, de groep ‘zonder laptop’ en de groep ‘met laptop’

	ZONDER LAPTOP		MET LAPTOP		HELE GROEP	
	FREQ.	PERC. (%)	FREQ.	PERC. (%)	FREQ.	PERC. (%)
Nooit (0)	16	72.7	16	61.5	32	66.7
Af en toe (1)	6	27.3	8	30.8	14	29.1
Vaak (2)	0	0.0	2	7.7	2	4.2
Altijd (3)	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Totaal	22	100.0	26	100.0	48	100.0

De modus van de variabele “Mening” ten opzichte van de hele groep is “Nooit”; de modus van de variabele “Mening” ten opzichte van de groep “zonder laptop” is “Nooit”; de modus van de variabele “Mening” ten opzichte van de groep “met laptop” is “Nooit”.

DEELVRAAG 3

Deelvraag 3 luidde: “Is er een verschil tussen de twee klassen omtrent de mate van afleiding door technologische hulpmiddelen tijdens de les?”

De nulhypothese is: “Er is geen verschil tussen de twee klassen omtrent de mate van afleiding door technologische hulpmiddelen tijdens de les.”

De alternatieve hypothese is: “Er is een verschil tussen de twee klassen omtrent de mate van afleiding door technologische hulpmiddelen tijdens de les.”

Om deelvraag 3 te beantwoorden hebben we de ‘Chi-squared test’ nodig om te kijken of er een verschil is tussen de variabelen “Groep” en “Mening”. De samples zijn hier te klein voor, maar we gaan sowieso de test uitvoeren. Omdat geen enkele leerling in de zelfbeoordeling voor ‘altijd’ heeft gekozen, kunnen we helaas de ‘Chi-squared test’ niet uitvoeren; het is namelijk niet mogelijk om door nul te delen. Maar als wij de keuze ‘altijd’ verwijderen, kunnen we wel de ‘Chi-squared test’ uitvoeren”.

Tabel 9

De resultaten van de 'Chi-squared test' uitgevoerd zonder de optie 'altijd': de 'Chi-squared value', de vrijheidsgraden en de p-waarde

Chi-squared value	Vrijheidsgraden	p-waarde
1.966	0	0.374

We nemen aan dat het significantieniveau α gelijk aan 0.05 is. De p-waarde is 0.37, groter dan het significantieniveau 0.05; ook in dit geval is er geen significantie. Dat wil zeggen dat we de nulhypothese als waar kunnen beschouwen. We moeten toch opmerken dat dit alleen voor grote samples werkt.

CONCLUSIE EN DISCUSSIE

ANTWOORDEN OP DE ONDERZOEKSVRAGEN

Antwoord op deelvraag 1 – Het verschil in toetsprestaties tussen de 2 klassen

Deelvraag 1 luidde: “Is er een verschil te vinden in de wiskundige prestaties van leerlingen die wel of geen Geogebra gebruiken, ongeacht de al bestaande wiskundige vaardigheden?”

De nulhypothese was: “De klas die de software geogebra gebruikt presteert niet beter dan de andere klas.”

De alternatieve hypothese was: “De klas die de software geogebra gebruikt presteert beter dan de andere klas.”

Hier worden conclusies getrokken op basis van Tabel 7. De al bestaande wiskundecijfers van de leerlingen hebben daarom een significante bijdrage geleverd aan het verschil in toetsprestaties: hoe hoger de algemene wiskundeprestaties, hoe groter het aantal goed beantwoorde vragen op de toets.

Het gebruik van Geogebra heeft echter geen relevante bijdrage geleverd aan het verschil in toetsprestaties: kortom, Geogebra heeft geen invloed gehad op de leerprestaties van de leerlingen.

De klas met Geogebra heeft iets beter op de toets gepresteerd dan de andere klas, maar het gebruik van technologie heeft daaraan geen bijdrage geleverd; de al bestaande cijfers in wiskunde hebben echter wel een bijdrage geleverd. In de praktijk is het verschil van de prestaties tussen de twee klassen toch zo klein, dat we kunnen zeggen dat ze gelijk aan elkaar hebben gepresteerd, met een score van 5.75. De nulhypothese moet dus als waar beschouwd worden.

Aan de hand van deze conclusie kunnen we veel opmerkingen maken. Het inzetten van ICT heeft geen of nauwelijks effect gehad. Tabel 3 laat zien dat het gemiddelde wiskundecijfer van de klas met Geogebra 7.0 is, terwijl het gemiddelde van de andere klas 6.3 is. We weten dat de wiskundecijfers een impact hebben gehad, het gebruik van technologie niet, maar waarom hebben dan de twee klassen gelijk aan elkaar gepresteerd? Ik zal hieronder deze vraag proberen te beantwoorden.

De leerlingen van de Geogebra-klas hebben nauwelijks pen en papier gebruikt, ze waren veel

meer gefocust op de laptops. De andere leerlingen waren veel vaker aan het schrijven dan anderen, sommige maakten ook kleine schema's met titels zoals 'Afhankelijke vergelijkingen'.

De resultaten van de eerste deelvraag kunnen zo worden toegelicht aan de hand van de literatuur. In een Japans onderzoek (Ihara, 2021) hebben ze het leren door te schrijven met pen en papier vergeleken met leren door te typen op een toetsenbord. Gedrags- en elektro-encefalografische indicatoren werden direct na het leren met elk schrijfgereedschap gemeten. Net als in mijn onderzoek werden ook in dit geval de 'prestaties' meteen gemeten. De resultaten van het onderzoek suggereren dat de bewegingen die betrokken zijn bij het schrijven met de hand leiden tot een grotere memorisatie van nieuwe woorden. Het voordeel van schrijven met de hand ten opzichte van typen kan ook worden veroorzaakt door een meer positieve stemming tijdens het leren. Ook eerdere gedragsstudies hebben aangetoond dat met de hand schrijven effectiever is om te leren dan typen op een toetsenbord (Ihara, 2021).

In een ander onderzoek (Mueller & Oppenheimer, 2014) bevestigden onderzoekers dat studenten beter leren als ze aantekeningen op papier maken. Ze redeneren dat het langzamere tempo van met de hand schrijven studenten dwingt om lezingen samen te vatten en opnieuw te formuleren, waardoor ze nieuwe informatie beter kunnen verwerken en onthouden. Toen studenten die laptops gebruikten gevraagd werd om informatie samen te vatten in hun notities, gebruikten ze nog steeds meer woorden dan de anderen en profiteerden niet van de voordelen van de schrijvende groep.

Uit dit onderzoek kunnen we dan een interessant feit afleiden: als men de inzet van ICT in het onderwijs wil onderzoeken, moet met de variabele "Schrijven" ook rekening gehouden worden; op welke manier maken de studenten aantekeningen? Met pen en papier, in hun laptop of tablet of helemaal niet? Dit is cruciaal, want de werkwijze (met technologie of zonder technologie) heeft vaak invloed op de manier waarop de leerlingen aantekeningen maken. Ik kan me bijvoorbeeld voorstellen dat een klas die de laptop gebruikt, minder geneigd zal zijn om aantekeningen op te schrijven, precies zoals in dit experiment is gebeurd.

Tot slot: een andere mogelijke reden dat de twee klassen gelijk aan elkaar hebben gepresteerd is de toets. Misschien was de toets niet moeilijk genoeg om het positieve effect van de laptop zichtbaar te maken. We weten namelijk dat ICT juist bij moeilijkere opdrachten, ofwel de zogeheten denkactiviteiten, een positieve invloed kan hebben (Drijvers et al., 2019). In Tabel 4 zien we bijvoorbeeld dat de moeilijkste vraag (vraag 6) door 2 leerlingen van de klas met laptop correct werd beantwoord, terwijl geen enkele leerling van de andere klas het correcte antwoord had.

Antwoord op deelvraag 2 - Afleiding van de leerlingen tijdens de lessen

Deelvraag 2 luidt: "Hoe vaak worden de leerlingen door de technologische hulpmiddelen afgeleid in de klas?"

66,7% van de leerlingen heeft voor 'nooit' gekozen, 29,2% voor 'af en toe', 4,2% voor 'vaak', 0% voor 'altijd' In Tabel 8 zien we dat de meeste gekozen optie door de beide groepen 'nooit' is. We kunnen daarom concluderen dat de leerlingen niet of nauwelijks werden afgeleid door technologische hulpmiddelen.

Ondanks het feit dat de smartphones, de GR's en ook alle andere technologische

hulpmiddelen verboden waren, werd 27.3% van de leerlingen van de les zonder Geogebra af en toe afgeleid door technologische toestellen, zoals in Tabel 8 wordt weergegeven (de overige 72.7% werd echter nooit afgeleid). Weinigen, maar nog steeds meer dan nul, zoals de bedoeling was, en ik als docent van die les, waren altijd aan het opletten dat ze alleen met pen en papier mochten werken. De leerlingen hadden zelfs hun smartphones al in de mobielentassen geplaatst. Sommige leerlingen hebben daarom tijdens de les toch stiekem gebruik gemaakt van technologische apparaten. Vermoedelijk gebeurt dit ook grootschalig, overal in Nederland en ook in veel andere westerse landen.

Antwoord op deelvraag 3 – Verschil in afleiding tussen de 2 klassen

Deelvraag 3 luidt: “Is er een verschil tussen de twee klassen omtrent de mate van afleiding door technologische hulpmiddelen tijdens de les?”

De nulhypothese is: “Er is geen verschil tussen de twee klassen omtrent de mate van afleiding door technologische hulpmiddelen tijdens de les.”

De alternatieve hypothese is: “Er is een verschil tussen de twee klassen omtrent de mate van afleiding door technologische hulpmiddelen tijdens de les.”

Uit Tabel 9 blijkt dat er geen verschil is tussen de twee klassen omtrent de mate van afleiding door technologische hulpmiddelen tijdens de lessen. Ook in dit geval moeten we de nulhypothese als waar beschouwen.

Dit resultaat was eigenlijk wel te verwachten op basis van het literatuur. Volgens Fried (2008) worden de leerlingen minder afgeleid als de les volkomen gebaseerd is op het gebruik van een laptop. In de les met Geogebra was de laptop noodzakelijk. Als de laptop geen cruciaal instrument in de les was geweest, dan zouden de leerlingen er sneller door afgeleid worden.

Omdat de leerlingen van de les met Geogebra niet meer werden afgeleid dan de andere klas, kunnen we dit toelichten: de meeste leerlingen van de klas met Geogebra waren niet afgeleid door het gebruik van de laptop van hun klasgenoten, anders was er vermoedelijk wel een verschil tussen de twee klassen geweest. Ook dit feit klopt met de literatuur (Fried, 2008).

THEORETISCHE IMPLICATIES

In deze paragraaf wordt de bijdrage van dit onderzoek aan bestaande kennis besproken.

Het onderzoek heeft aangetoond dat de beoogde resultaten over het inzetten van ICT in het onderwijs niet altijd naar voren komen, zoals in de theorie verwacht. Achter de lesvoorbereiding van de les met Geogebra was de bedoeling duidelijk: ervoor zorgen dat de leerlingen zo veel mogelijk van de technologie konden profiteren. Om ervoor te zorgen dat de resultaten van de toetsen en van dit onderzoek zo betrouwbaar mogelijk waren, waren de

lessen op een bijna identieke manier ontworpen de prioriteit was onbewust gegeven aan de leerlingen van de les met Geogebra, qua onderwerp en qua werkwijze. Het onderwerp werd namelijk speciaal gekozen voor de leerlingen van de les met de laptop, niet voor de andere leerlingen, dat geldt ook voor de werkwijze maar wat was er gebeurd als er voor een willekeurig onderwerp was gekozen? Het is moeilijk om daar een antwoord op te geven maar men zou kunnen vermoeden dat de leerlingen in de meeste gevallen meer in een gewone les wiskunde zonder technologie hadden kunnen leren, dan in een les met technologie.

Stel dat men een antwoord op deze vraag wil geven: “Kan technologie een positieve invloed hebben op de wiskundeprestaties van de leerlingen?”. De onderzoekers antwoorden: “Ja, op voorwaarde dat de docent een goede houding heeft ten opzichte van technologie, op voorwaarde dat het onderwerp geschikt is voor ICT , op voorwaarde dat de werkwijze geschikt is voor ICT , op voorwaarde dat de wiskundetool die gebruikt wordt geschikt is, op voorwaarde dat de leerlingen niet afgeleid worden, enzovoort”. Dit onderzoek toont aan dat, hoewel alle bovengenoemde voorwaardes van de theorie in de les aanwezig zijn, de resultaten van ICT-inzet soms nog niet bevredigend zijn.

Tot slot, dit onderzoek laat juist zien dat de leerprestaties van de leerlingen die technologische hulpmiddelen gebruikten, niet noodzakelijkerwijs beter zijn, hoewel er alle theoretische omstandigheden zijn om het potentieel van technologie te benutten.

PRAKTISCHE IMPLICATIES

Een praktische implicatie is de noodzaak van een algemeen schoolbeleid dat de mate van afleiding door technologische hulpmiddelen zo veel mogelijk beperkt. In het theoretische kader werd er benadrukt dat een totaalverbod aangeraden werd voor de zwakste leerlingen (Beland & Murthy, 2016). Misschien is het dan een goed idee om bij vmbo-scholen een totaalverbod te hanteren.

Bij havo- en vwo-scholen is er waarschijnlijk een ander algemeen schoolbeleid nodig. Bepaalde onderwijsinstellingen vereisen dat studenten hun mobiele telefoon in hun locker plaatsen om te voorkomen dat deze de lessen verstoort. Wanneer de docent van plan is om de telefoons te gebruiken tijdens de les, kunnen studenten deze gaan ophalen (Pijpers & van Bruggen, 2019). Dit model wordt door sommige Nederlandse scholen gebruikt.

De laatste praktische implicatie komt voort uit het feit dat de leerlingen die Geogebra hebben gebruikt niet meer dan de andere groep werden afgeleid. Laptops zorgen vaak voor afleiding bij studenten in een leeromgeving die niet goed gestructureerd is en voornamelijk bestaat uit lezingen, zonder specifieke opdrachten met technologie (Fried, 2008). Het is belangrijk dat instructeurs de studenten waarschuwen voor de mogelijke afleidingen die laptops in de klas met zich meebrengen, zodat ze deze kunnen beheersen of vermijden.

Wat moet dan een docent in de dagelijkse praktijk doen? Samengevat: het schoolbeleid volgen en, als de leerlingen de laptop tijdens de les moeten gebruiken, ervoor zorgen dat de laptop echt nodig is en dat de les voornamelijk draait om het gebruik van die laptop.

BEPERKINGEN VAN HET ONDERZOEK

In deze paragraaf worden de beperkingen van dit onderzoek besproken. Behalve voor de variabele “Cijfer” die significant is ten opzichte van de variabele “Toets” zijn de andere resultaten van het onderzoek niet significant. Er is ook niet genoeg variatie; alle leerlingen komen van dezelfde school in Overijssel, uit twee verschillende klassen. Het zou interessanter zijn om rekening te houden met leerlingen van de andere provincies, in verschillende steden en wijken.

Een andere beperking is het feit dat alle leerlingen uit de klas 4 vwo wiskunde b komen. De conclusies van dit onderzoek over het ICT-gebruik kunnen niet gebruikt worden voor andere klassen, zoals bijvoorbeeld vmbo en havo, onderbouw en bovenbouw, wiskunde a, c en d.

Dit onderzoek is gebaseerd op een experiment. In dit experiment hebben we maar één onderwerp (“Strijdige, afhankelijk, onafhankelijke vergelijkingen”) beschouwd. Hetzelfde geldt voor de technologische hulpmiddelen: we hebben maar één tool gebruikt, de software Geogebra met het gebruik van de laptop.

Als men algemene conclusies over het ICT-gebruik in het wiskundeonderwijs wil trekken, moet die meer wiskundige onderwerpen testen en meerdere tools inzetten. We sluiten deze paragraaf af met een veelzeggend citaat dat in een notendop het belang van de specifieke tool in het wiskundeonderwijs samenvat: *“Tools matter: they stand between the user and the phenomenon to be modelled, and shape activity structures”* (Hoyley & Noss, 2003, p. 341).

SUGGESTIE VOOR VERDER ONDERZOEK

Vanuit inspiratie die is ontstaan door deze discussie kunnen twee suggesties voor verder onderzoek gedaan worden:

1. een eventueel verband met het maken van de aantekeningen (en op welke manier worden deze aantekeningen gemaakt) en het gebruik van technologie in de klas.
2. de mate van afleiding van de leerlingen op de middelbare school.

Voor zover ik weet, is er nog geen onderzoek gedaan naar een (eventueel) verband tussen de manier waarop de leerlingen aantekeningen maken en de ICT-inzet in het wiskundeonderwijs (en de bijbehorende leerprestatie van de leerlingen). Dit is belangrijk aangezien het maken van aantekeningen invloed op de leerprestaties kan hebben.

Eerdere onderzoeken naar afleiding en het gebruik van mobiele apparaten (smartphones, tablets, pc's of laptops) zijn bijna uitsluitend uitgevoerd in het hoger onderwijs, nauwelijks in het voortgezet onderwijs (Benzimra, 2017). Het zou dus mooi zijn als iemand anders ook voor het wiskundeonderwijs (op het niveau van de middelbare scholieren) dit zal onderzoeken.

CONCLUSIE

Aan de hand van de resultaten en deze discussie kunnen twee conclusies getrokken worden.

De eerste conclusie wordt perfect geïllustreerd door dit citaat (Drijvers et al., 2019, p. 268): “Vooralsnog zien we dat de hooggespannen verwachtingen ten aanzien van ICT-gebruik nog niet zijn waargemaakt en dat de daadwerkelijke integratie in de klas vergezeld gaat van kritische geluiden. ICT is nog niet het wondermiddel waar sommigen op hopen en het gebruik in de onderwijspraktijk neemt minder snel toe dan werd aangenomen.”.

De tweede conclusie komt echter uit een zelfreflectie. Toen ik het probleem van het inzetten van ICT in de wiskundelessen aan het bestuderen was, begon ik met twee variabelen: de prestatie van de leerlingen en de mate van afleiding van leerlingen door de technologische hulpmiddelen. Daarna heb ik opgemerkt dat er ook andere variabelen in het spel zijn: het wiskundige onderwerp, het technologische hulpmiddel (smartphone, tablet, laptop, enzovoort), de wiskundetool (Geogebra, Winplot, Mupad Light, enzovoort), het niveau van de leerlingen (vmbo, havo, vwo, onderbouw, bovenbouw, enzovoort), de voorkennis van de leerlingen (ofwel de wiskundecijfers), de didactische keuze tijdens de les (zoals bijvoorbeeld “guided reinvention”), de mate van inzet van de technologische hulpmiddelen (matig gebruik van laptop, volledig gebruik van laptop met Internet, enzovoort), de manier waarop leerlingen aantekeningen tijdens de les maken (met een laptop, in een schrift, op een tablet,) De manier waarop de prestaties van de leerlingen worden getoetst (meerkeuzevragentoets, open vragen, ...). De houding van de docent ten opzichte van technologie (positief, negatief) en misschien andere variabelen. Samenvattend kunnen we concluderen dat er veel variabelen in het spel zijn. Deze kwestie is veel ingewikkelder dan verwacht en waarschijnlijk bestaat er geen algemeen en kort antwoord op de vraag: “Hoe kan ik als leraar het potentieel van ICT in het wiskundeonderwijs benutten?”.

LITERATUURLIJST

- Afolake, N., & Shittu, A. J. K. (2005). Evaluating the Impact of Technology Integration in Teaching and Learning. *The Malaysian Online Journal of Educational Technology*, 2, 23-29.
- Alacaci, C. & McDonald, G. (2014). *The Impact of Technology on High School Mathematics Curriculum*. Turkish Journal of Computer and Mathematics Education, Vol.3 No.1, 21-34. doi:10.16949/turcomat.66271
- Alhumaid, K. (2019). Four Ways Technology Has Negatively Changed Education. *Journal of Educational and Social Research*. Vol 9 No 4 October 2019. doi: 10.2478/jesr-2019-0049
- Al-Rubkan, M. O. (2006) Guidelines for the construction of multiple choice questions tests. *J Family Community Med*. 2006 Sep, 13(3)
- Barak, M., Lipson, A., & Lerman, S. (2006). Wireless laptops as means for promoting active learning in large lecture halls. *Journal of Research on Technology in Education*, 38(3), 245–263. doi:10.1080/15391523.2006.10782459
- Beaudin, M & Bowers, D. (1997). *Logistics for facilitating CAS instruction*. In J.Berry, J. Monaghan, M. Kronfellner, and B. Kutzler (Eds.), *The state of computer algebra in mathematics education*. Lancashire, England: Chartwell-York.
- Beland, L-P., & Murphy, R. (2016). Ill communication: Technology, distraction & student performance. *Labour Economics*, 41, 61-76. doi: <https://doi.org/10.1016/j.labeco.2016.04.004>
- Benzimra, D., Kay, R. & Li, J. (2017) Exploring Factors That Influence Technology-Based Distractions in Bring Your Own Device Classrooms. *Journal of Educational Computing Research* 0(0) 1–22. doi: 10.1177/0735633117690004
- Bowman, L., Levine, L., Waite, B., & Gendron, M. (2010). Can students really multitask? An experimental study of instant messaging while reading. *Computers & Education*, 54(4), 927–931. doi:10.1016/j.compedu.2009.09.024
- Condie, R., & Munro, B. (2007). *Anlyse Impact of ICT on Learning and Teaching*. In L. Seagraves, & S. Kenesson (Eds.), *The Impact of ICT in Schools—A Landscape Review*. Glasgow: University of Strathclyde.
- Dijkhuis, J. H., de Jong, G., Houwing, H. J., Kuis, J. D., ten Klooster, F., de Waal, S. K. A., van Braak, J., Liesting-Maas, J. M. H., Wieringa, M., Hiele, R. D., Romkes, J. E., Haneveld, M., Voets, S., Vos, M., van Haren, J., van Laarhoven, B. W. & Meijerink, R. (2020) *Getal en ruimte, vwo b*. Deel 2. (12^e editie). Noordhoff Uitgevers Groningen

- Drijvers, P. H. M. (2007). Instrument, orkest en dirigent: een theoretisch kader voor ICT-gebruik in het wiskundeonderwijs. *Pedagogische Studiën* (84) 358-374
- Drijvers, P. H. M., Van Streun, A., & Zwaneveld, B. (2019). *Handboek wiskundendidactiek* (1^e editie). Epsilon Uitgaven.
- DUO (2017). *Rapportage. Onderzoek gebruik sociale media en omgang met smartphones in het voortgezet onderwijs*. December 2017
- Freudenthal, H. (2002). *Revisiting Mathematics Education - China Lectures*. Kluwer Academic Publishers.
- Fried, C. B. (2008). In-class laptop use and its effects on student learning. *Computers & Education*, 50(3), 906–914. doi:10.1016/j.compedu.2006.09.006
- Greefrath, G. (2008). Vertrauen ist gut - Kontrolle ist besser. Mathematische Modelle eines Öltanks analysieren. *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht* 8, 463-468.
- Hegedus, S., Laborde, C., Brady, C., Dalton, S., Siller, H., Tabach, M., Trgalova, J. & Moreno-Armella, L. (2016), *Uses of Technology in Upper Secondary Mathematics Education*. Springer Open, ICME-13 Topical Surveys. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-42611-2_1
- Hoyles, C., & Noss, R. (2003) What can digital technologies take from and bring to research in mathematics education? In A. J. Bishop, M.A. Clements, C. Keitel, J. Kilpatrick, & F. K. S. Leung (Eds.), *Second International Handbook of Mathematics Education* (pp. 323-349). Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers
- Ihara, A. S., Nakajima, K., Kake, A., Ishimaru, K., Osugi, K., Naruse, Y. (2021) Advantage of Handwriting Over Typing on Learning Words: Evidence From an N400 Event-Related Potential Index. *Front Hum Neurosci*. 2021 Jun 10. doi: 10.3389/fnhum.2021.679191
- Kaware, S. S., & Sain, S. K. (2015). ICT Application in Education: An Overview. *International Journal of Multidisciplinary Approach and Studies*, 2, 25-32.
- Keong, C., H. Sharaf, H., & Daniel, J. (2005). A Study on the Use of ICT in Mathematics Teaching. *Malaysian Online Journal of Instructional Technology (MOJIT)*, 2, 43-51.
- Kirschner, P. A., & Karpinski, A. C. (2010). Facebook and academic performance. In: *Computers in human behavior*, 26(6), 1237-1245. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.03.024>
- Lei, G. (2009). Volume 25 / Number 3 Spring 2009, *Journal of Computing in Teacher Education*. 87-97
- Lijnse, P. (2007). Over een probleemstellende aanpak en guided reinvention. *Reken-wiskundeonderwijs: onderzoek, ontwikkeling, praktijk*, 26(1), 3-11

- Mueller, P. A., & Oppenheimer, D. M. (2014). The Pen Is Mightier Than the Keyboard: Advantages of Longhand Over Laptop Note Taking. *Psychological Science*, 25(6). doi: <https://doi.org/10.1177/0956797614524581>
- Neurath, R. A., & Stephens, L. J. (2006). Classroom Notes the Effect of Using Microsoft Excel in a High School Algebra Class. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 37, 721-727. doi:10.1080/00207390600989251
- OECD (2015), Students, Computers and Learning: Making the Connection, *PISA*, OECD Publishing. doi: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264239555-en>
- Pijpers R. & van Bruggen W. (2019). Schoolbeleid voor smartphones. *Kennisnet Laat ict werken voor het onderwijs*. Mei 2019. Geraadpleegd door: <https://www.kennisnet.nl/app/uploads/kennisnet/digitalegeletterdheid/Documenten/schoolbeleid-voor-smartphones-2023.pdf>
- Ragan, E. D., Jennings, S. R., Massey, J. D., & Doolittle, P. E. (2014). Unregulated use of laptops over time in large lecture classes. *Computers & Education*, 78(1), 78–86. doi:10.1016/j.compedu.2014.05.002
- RIVM. (2018). *Schermgebruik, blauw licht en slaap*. Rapport 2018-0147 doi: 10.21945/RIVM-2018-0147
- Skemp, R.R. (1976). Relational Understanding and Instrumental Understanding. *Mathematics Teaching*. 77, pp. 20–26.
- Tall, D., & Thomas, M. (1991) Encouraging versatile thinking in algebra using the computer. *Educational Studies in Mathematics*, 22, 125-147. doi: <https://doi.org/10.1007/BF00555720>
- Van der Donk, C. & Van Lanen, B. (2020). *Praktijkonderzoek in de school*. Uitgeverij Coutinho.
- Yang-Sook, Y., Ok-Hee, C., & Kyeong-Sook, C. (2013). Associations between overuse of the internet and mental health in adolescents. *Nursing & Health Sciences*. Vol. 16, Issue 2. doi: 10.1111/nhs.12086
- Zakaria, N., A., Khalid, F. (2016). *The Benefits and Constraints of the Use of Information and Communication Technology (ICT) in Teaching Mathematics*. Creative Education, Vol.7 No.11. doi: 10.4236/ce.2016.711158

BIJLAGEN

B1. LESVOORBEREIDING: LES ZONDER GEOGEBRA

ALGEMENE INFORMATIE

School: Een school in Overijssel

Klas: 4 vwo wiskunde B.

Aantal leerlingen: 26.

Algemeen onderwerp: analytische meetkunde.

Methode: Getal & Ruimte vwo b deel 2, 12e editie, hoofdstuk 7.1 “Lijnen en hoeken” (Theorie A “Strijdige, afhankelijke en onafhankelijke vergelijkingen”).

Dag en tijd: donderdag 1 juni 2023 van 9:20 tot 10:10.

Lokaal: Gewone wiskunde lokaal.

Docent:

Hulpmiddelen: geen technologische hulpmiddelen.

VOORKENNIS

De leerlingen kunnen (zonder de GR):

- eerstegraadsvergelijkingen en tweedegraadsvergelijkingen met een variabele oplossen;
- een stelsel met twee variabelen en twee lineaire vergelijkingen oplossen door substitutie, door een variabele te elimineren (door optellen of aftrekken) na vermenigvuldigen;
- gebroken vergelijkingen van het type $AB=CD$ oplossen (waar $B \neq 0$ en $D \neq 0$);
- uitleggen wat een cartesisch coördinatenstelsel Oxy is (de bijbehorende definities van oorsprong, x-as, y-as);
- een punt in een cartesisch coördinatenstelsel Oxy tekenen, gegeven zijn coördinaten;
- lijnen zoals $x=4$ of $y=6$ in een cartesisch coördinatenstelsel Oxy tekenen;
- de grafiek van een lineaire formule van de vorm $y=mx+q$ of van de vorm $ax+by=c$ (waar $(a;b) \neq (0;0)$) tekenen;
- met eigen woorden uitleggen wat de richtingscoëfficiënt m van een lijn is en ze weten ook zijn meetkundige betekenis (als dit nul, positief of negatief is);
- met eigen woorden uitleggen wat het intercept q van een lijn is en ze weten ook zijn meetkundige betekenis;
- met het behulp van de richtingscoëfficiënten van 2 lijnen bepalen of die 2 lijnen evenwijdig zijn;
- bepalen of een punt bij een lijn hoort (gegeven de coördinaten van het punt en de vergelijking van de lijn);
- de vergelijking van een lijn opstellen (gegeven de coördinaten van 2 verschillende punten die bij die lijn horen);
- de coördinaten berekenen van het (eventuele) snijpunt van een lijn en de x-as (of de y-as);
- de eventuele snijpunten van 2 lijnen berekenen door het bijbehorende stelsel op te lossen.

LEERDOELEN

Er is maar één leerdoel.

De leerlingen kunnen strijdige, afhankelijke en onafhankelijke vergelijkingen onderscheiden. De leerlingen kunnen het aantal snijpunten van twee rechten vaststellen in de drie gevallen van strijdige, afhankelijke en onafhankelijke vergelijkingen, zonder het stelsel op te lossen.

LESPLAN

VOOR DE LES.

Ik moet de voornamen van de leerlingen uit mijn hoofd leren om hun individueel te kunnen aanspreken, indien ze lawaai maken. Ik moet het huiswerk van de leerlingen alvast maken: opdrachten 1-2 van de voorkennis horen bij het oude huiswerk, opdrachten 3-4-5-6-7-8 horen bij het nieuwe huiswerk.

Ik moet de werkbladen en de toetsen van de leerlingen (gekleurd en dubbelzijdig) van tevoren printen.

VAN MINUUT 0 TOT MET MINUUT 3.

De leerlingen komen het lokaal binnen en ze nemen plaats. Ik wijs met mijn vinger naar de mobieltassen waar ze hun mobieltjes moeten zetten. Mobieltjes zijn verboden tijdens de les. GR is indien nodig toegestaan.

Ik maak snel een praatje met de leerlingen voordat ze allemaal binnenkomen. Als iedereen erbij is, dan loop ik de klas rond en ik vraag aan de leerlingen om hun leerboeken, schriften, pennen, potloden te pakken. Ik geef een compliment (“Goed dat je spullen al op tafel zijn!”) aan de leerlingen die hun spullen snel pakken, om ervoor te zorgen dat ook de anderen dat compliment willen krijgen en daarom hun spullen sneller pakken. Ondertussen deel ik de werkbladen uit, eentje per leerling.

VAN MINUUT 4 TOT MET MINUUT 5.

Ik stel me aan de leerlingen voor: “Ik ben , docent wiskunde in opleiding, en ik ben hier vandaag om met jullie een experiment uit te voeren. Als het goed is, heeft iedereen nu het werkblad. Op het werkblad staat er precies wat jullie vandaag moeten doen. De bedoeling is dat jullie zelfstandig en individueel de vragen van het werkblad lezen en de instructies uitvoeren. Daarna proberen jullie de vragen te beantwoorden. Jullie krijgen daarvoor 20 minuten. Daarna gaan jullie aan de slag met de opdrachten 3 tot met 8 van het leerboek en aan het einde van de les, de laatste 15 minuten, maken jullie een kleine toets over het stof dat jullie vandaag leren. De toets is zonder cijfer en het is uitsluitend bedoeld voor mijn experiment. Niemand behalve ik zal ernaar kijken.

Tijdens het werken met het werkblad ben ik natuurlijk beschikbaar om jullie te helpen. Jullie kunnen altijd aan mij vragen stellen.

Effectief gebruik van technologische hulpmiddelen

Jullie kunnen met de buurman of met de buurvrouw overleggen, maar ik zou graag willen dat jullie redelijk stil werken!”.

VAN MINUUT 6 TOT MET MINUUT 25.

De leerlingen gaan aan de slag met de opdrachten van het werkblad.

Ik loop de klas rond en ik help de leerlingen. Ik kijk of ze goed bezig zijn en ik controleer of ze de correcte antwoorden hebben.

VAN MINUUT 26 TOT MET MINUUT 30.

De leerlingen gaan aan de slag met het huiswerk: van opdracht 3 tot met 8 van het leerboek.

VAN MINUUT 31 TOT MET MINUUT 48.

Ik deel de oplossingen van de opdrachten van het werkblad uit. De leerlingen controleren of ze de correcte antwoorden hebben gegeven.

Ik deel de toets uit en de leerlingen krijgen 17 minuten om het in te vullen. Ze moeten de toets in stilte maken. Het is niet toegestaan om tijdens de toets het werkblad of het leerboek te kijken. Ik verzamel de toetsen, als ze klaar zijn.

VAN MINUUT 48 TOT MET MINUUT 50.

Ik sluit de les af met een kleine samenvatting van de les: “Vandaag hebben jullie de definities van 2 strijdige/ 2 afhankelijke/ 2 onafhankelijke vergelijkingen.”

De leerlingen krijgen de antwoorden van de toets, maar geen feedback is gegeven.

De leerlingen kunnen hun spullen opruimen. Ze moeten tot het einde blijven zitten en geen lawaai maken. Als de bel afgaat, dan pakken ze hun mobieltjes en ik neem afscheid van de leerlingen: “Bedankt allemaal voor dit experiment ! Fijne dag verder !”.

B2. LESVOORBEREIDING: LES MET GEOGEBRA

ALGEMENE INFORMATIE

School: Een school in Overijssel.

Klas: 4 vwo wiskunde B.

Aantal leerlingen: 29.

Algemeen onderwerp: analytische meetkunde.

Methode: Getal & Ruimte vwo b deel 2, 12e editie, hoofdstuk 7.1 “Lijnen en hoeken” (Theorie A “Strijdige, afhankelijke en onafhankelijke vergelijkingen”).

Dag en tijd: donderdag 1 juni 2023 van 8:30 tot 9:20.

Lokaal: Mediatheek.

Docent:

Hulpmiddelen: elke leerling beschikt over een computer waarin de software Geogebra Meetkunde is geïnstalleerd.

VOORKENNIS

De leerlingen kunnen (zonder de GR):

- eerstegraadsvergelijkingen en tweedegraadsvergelijkingen met een variabele oplossen;
- een stelsel met twee variabelen en twee lineaire vergelijkingen oplossen door substitutie, door een variabele te elimineren (door optellen of aftrekken) na vermenigvuldigen;
- gebroken vergelijkingen van het type $AB=CD$ oplossen (waar $B \neq 0$ en $D \neq 0$);
- uitleggen wat een cartesisch coördinatenstelsel Oxy is (de bijbehorende definities van oorsprong, x-as, y-as);
- een punt in een cartesisch coördinatenstelsel Oxy tekenen, gegeven zijn coördinaten;
- lijnen zoals $x=4$ of $y=6$ in een cartesisch coördinatenstelsel Oxy tekenen;
- de grafiek van een lineaire formule van de vorm $y=mx+q$ of van de vorm $ax+by=c$ (waar $(a;b) \neq (0;0)$) tekenen;
- met eigen woorden uitleggen wat de richtingscoëfficiënt m van een lijn is en ze weten ook zijn meetkundige betekenis (als dit nul, positief of negatief is);
- met eigen woorden uitleggen wat het intercept q van een lijn is en ze weten ook zijn meetkundige betekenis;
- met het behulp van de richtingscoëfficiënten van 2 lijnen bepalen of die 2 lijnen evenwijdig zijn;
- bepalen of een punt bij een lijn hoort (gegeven de coördinaten van het punt en de vergelijking van de lijn);
- de vergelijking van een lijn opstellen (gegeven de coördinaten van 2 verschillende punten die bij die lijn horen);
- de coördinaten berekenen van het (eventuele) snijpunt van een lijn en de x-as (of de y-as);
- de eventuele snijpunten van 2 lijnen berekenen door het bijbehorende stelsel op te lossen.

LEERDOELEN

Er is maar één leerdoel.

De leerlingen kunnen strijdige, afhankelijke en onafhankelijke vergelijkingen onderscheiden. De leerlingen kunnen het aantal snijpunten van twee rechten vaststellen in de drie gevallen van strijdige, afhankelijke en onafhankelijke vergelijkingen, zonder het stelsel op te lossen.

Hoewel het geen echt leerdoel is, leren de leerlingen Geogebra gebruiken: ze kunnen een rechte tekenen (gegeven zijn vergelijking), de kleur van een figuur aanpassen, inzoomen en uitzoomen. Dit is geen echt leerdoel omdat het niet bij het eindexamen hoort, maar het zal misschien voor sommigen nuttig zijn voor hun algemene kennis.

LESPLAN

VOOR DE LES.

Ik moet de voornamen van de leerlingen uit mijn hoofd leren om hun individueel te kunnen aanspreken, indien ze lawaai maken. Ik moet het huiswerk van de leerlingen alvast maken: opdrachten 1-2 van de voorkennis horen bij het oude huiswerk, opdrachten 3-4-5-6-7-8 horen bij het nieuwe huiswerk.

Ik moet de software “Geogebra Meetkunde” van tevoren op die computers installeren.

Ik moet de werkbladen en de toetsen van de leerlingen (gekleurd en dubbelzijdig) van tevoren printen.

VAN MINUUT 0 TOT MET MINUUT 3.

De leerlingen komen het lokaal binnen en ze nemen plaats. Ik wijs met mijn vinger naar de mobieltassen waar ze hun mobieltjes moeten zetten. Mobieltjes zijn verboden tijdens de les. GR is indien nodig toegestaan.

Ik maak snel een praatje met de leerlingen voordat ze allemaal binnenkomen. Als iedereen erbij is, dan loop ik de klas rond en ik vraag aan de leerlingen om hun leerboeken, schriften, pennen, potloden te pakken. Ik geef een compliment (“Goed dat je spullen al op tafel zijn!”) aan de leerlingen die hun spullen snel pakken, om ervoor te zorgen dat ook de anderen dat compliment willen krijgen en daarom hun spullen sneller pakken. Ondertussen deel ik de werkbladen uit, eentje per leerling.

VAN MINUUT 4 TOT MET MINUUT 5.

Ik stel me aan de leerlingen voor: “Ik ben , docent wiskunde in opleiding, en ik ben hier vandaag om met jullie een experiment uit te voeren. Als het goed is, heeft iedereen nu het werkblad. Op het werkblad staat er precies wat jullie vandaag moeten doen. De bedoeling is dat jullie zelfstandig en individueel de vragen van het werkblad lezen en de

Effectief gebruik van technologische hulpmiddelen

instructies uitvoeren. Jullie zullen vandaag de software Geogebra gebruiken. Het kan zijn dat de meesten dat nooit hebben gebruikt. Ik heb daarom netjes de instructies op het werkblad geschreven. Daarna proberen jullie de vragen te beantwoorden. Jullie krijgen daarvoor 25 minuten. Daarna gaan jullie aan de slag met de opdrachten 3 tot met

8 van het leerboek en aan het einde van de les, de laatste 15 minuten, maken jullie een kleine toets over het stof dat jullie vandaag leren. De toets is zonder cijfer en het is uitsluitend bedoeld voor mijn experiment. Niemand behalve ik zal ernaar kijken.

Tijdens het werken met het werkblad ben ik natuurlijk beschikbaar om jullie te helpen. Jullie kunnen altijd aan mij vragen stellen.

Jullie kunnen met de buurman of met de buurvrouw overleggen, maar ik zou graag willen dat jullie redelijk stil werken!”.

VAN MINUUT 6 TOT MET MINUUT 10.

De leerlingen lezen de instructies in het werkblad over Geogebra en ze proberen met hun computers die instructies uit te voeren. Ik loop de klas rond en ik beantwoord eventuele technische vragen van de leerlingen.

VAN MINUUT 11 TOT MET MINUUT 30.

De leerlingen zijn klaar met de instructies van Geogebra en ze gaan aan de slag met de opdrachten. Ze tekenen de figuren van het werkblad met Geogebra en ze schrijven in het werkblad de conclusies die ze hebben getrokken.

Ik loop de klas rond en ik help de leerlingen. Ik kijk of ze goed bezig zijn en ik controleer of ze de correcte antwoorden hebben.

Als iemand klaar is, dan begint die met het huiswerk: van opdracht 3 tot met 8 van het leerboek.

VAN MINUUT 31 TOT MET MINUUT 48.

Vanaf dit moment mogen ze de computers niet meer gebruiken.

Ik deel de oplossingen van de opdrachten van het werkblad uit. De leerlingen controleren of ze de correcte antwoorden hebben gegeven.

Ik deel de toets uit en de leerlingen krijgen 17 minuten om het in te vullen. Ze moeten de toets in stilte maken. Het is niet toegestaan om tijdens de toets het werkblad of het leerboek te kijken. Ik verzamel de toetsen, als ze klaar zijn.

VAN MINUUT 48 TOT MET MINUUT 50.

Ik sluit de les af met een kleine samenvatting van de les: “Vandaag hebben jullie de definities van 2 strijdige/ 2 afhankelijke/ 2 onafhankelijke vergelijkingen. Jullie mogen in de toekomst ook Geogebra gebruiken om meetkundige figuren te tekenen.”

De leerlingen krijgen de antwoorden van de toets, maar geen feedback is gegeven.

De leerlingen kunnen hun spullen opruimen. Ze moeten tot het einde blijven zitten en geen lawaai maken. Als de bel afgaat, dan pakken ze hun mobieltjes en ik neem afscheid van de leerlingen: “Bedankt allemaal voor dit experiment ! Fijne dag verder !”.

B3. WERKBLAD: LES ZONDER GEOGEBRA

WERKBLAD (LES ZONDER GEOGEBRA)

THEORIE A: STRIJDIGE, AFHANKELIJKE EN ONAFHANKELIJKE VERGELIJKINGEN

OPDRACHT 1.

Een vergelijking kan je op verschillende manieren schrijven. De vergelijking $2x + 3y = 5$ kan je bijvoorbeeld ook schrijven als $2 \cdot (2x + 3y) = 2 \cdot 5$ of als $\frac{2x+3y}{9} = \frac{5}{9}$. Met andere woorden als je een vergelijking aan beide kanten met een getal vermenigvuldigt of deelt, krijg je een andere vergelijking, die toch een algemene eigenschap heeft.

Vraag A. Teken op je schrift de drie lijnen $r: 2x + 3y = 5$, $s: 4x + 6y = 10$ en $t: \frac{2}{3}x + \frac{3}{9}y = \frac{5}{9}$. Gebruik daarvoor 3 verschillende kleuren. Opmerking: het gaat over dezelfde drie lijnen daarboven die netjes herschreven zijn.

Vraag B. Welke conclusie kan je trekken? Wat is de algemene eigenschap van die 3 lijnen?

Vraag C. Stel dat je het stelsel vergelijkingen met r en s moet oplossen: hoeveel oplossingen verwacht je?

Vraag D. In wiskunde noemen we zo'n vergelijkingen **afhankelijke vergelijkingen**. Waarom hebben volgens jou de wiskundigen zo'n benaming gebruikt? Past deze benaming er goed bij?

Vraag E. Gegeven twee vergelijkingen $l: ax + by = c$ en $m: dx + ey = f$ kan men $\frac{a}{d}$, $\frac{b}{e}$ en $\frac{c}{f}$ berekenen. Maak deze berekeningen voor de lijnen r en s .

Vraag F. Vul in: als twee vergelijkingen afhankelijk zijn, geldt er $\frac{a}{d} = \frac{b}{e} = \frac{c}{f}$

OPDRACHT 2.

De vergelijkingen $2x + 3y = 5$ en $8x + 12y = 6$ zijn niet overal in verhouding zoals in de vergelijkingen van opdracht 1. Toch zijn ze bijna in verhouding, want de coëfficiënten van de tweede zijn 4 keer de coëfficiënten van de eerste vergelijking: namelijk $\frac{8}{2} = 4$ en $\frac{12}{3} = 4$, maar $\frac{6}{5}$ is niet gelijk aan 4.

Vraag A. Teken op je schrift de twee lijnen $r: 2x + 3y = 5$, $s: 8x + 12y = 6$. Gebruik daarvoor 2 verschillende kleuren.

Vraag B. Hoeveel snijpunten hebben de twee lijnen? Welke conclusie kan je trekken in het algemeen?

Vraag C. Stel dat je het stelsel vergelijkingen met r en s moet oplossen: hoeveel oplossingen verwacht je?

Vraag D. In wiskunde noemen we vergelijkingen zoals r en s **strijdige vergelijkingen**. Waarom hebben volgens jou de wiskundigen zo'n benaming gebruikt? Past deze benaming er goed bij?

Vraag E. Gegeven twee vergelijkingen $l: ax+by=c$ en $m: dx+ey=f$, kan men $\frac{a}{d}$, $\frac{b}{e}$ en $\frac{c}{f}$ berekenen. Maak deze berekeningen voor de lijnen r en s .

Vraag F. Vul in: bij twee strijdige vergelijkingen $l: ax + by = c$ en $m: dx + ey = f$ geldt er $\frac{a}{d} = \frac{b}{e} \neq \frac{c}{f}$

Effectief gebruik van technologische hulpmiddelen

OPDRACHT 3.

De vergelijkingen $r: 2x + 3y = 5$ en $s: 9x + y = 8$ zijn niet in verhouding. Er geldt namelijk $\frac{2}{9} \neq \frac{3}{1}$.

Vraag A. Teken op je schrift de twee lijnen $r: 2x + 3y = 5$, $s: 9x + y = 8$. Gebruik daarvoor 2 verschillende kleuren.

Vraag B. Hoeveel snijpunten hebben de twee lijnen? Welke conclusie kan je trekken in het algemeen?

Vraag C. Stel dat je het stelsel vergelijkingen met r en s moet oplossen: hoeveel oplossingen verwacht je?

Vraag D. In wiskunde noemen we vergelijkingen zoals r en s **onafhankelijke vergelijkingen**. Waarom hebben volgens jou de wiskundigen zo'n benaming gebruikt? Past deze benaming er goed bij?

Vraag E. Gegeven twee vergelijkingen $l: ax + by = c$ en $m: dx + ey = f$, kan men $\frac{a}{d}$ en $\frac{b}{e}$ berekenen. Maak deze berekeningen voor de lijnen r en s .

Vraag F. Vul in: bij twee onafhankelijke vergelijkingen $l: ax + by = c$ en $m: dx + ey = f$ geldt er $\frac{a}{d} \neq \frac{b}{e}$.

B4. WERKBLAD: LES MET GEOGEBRA

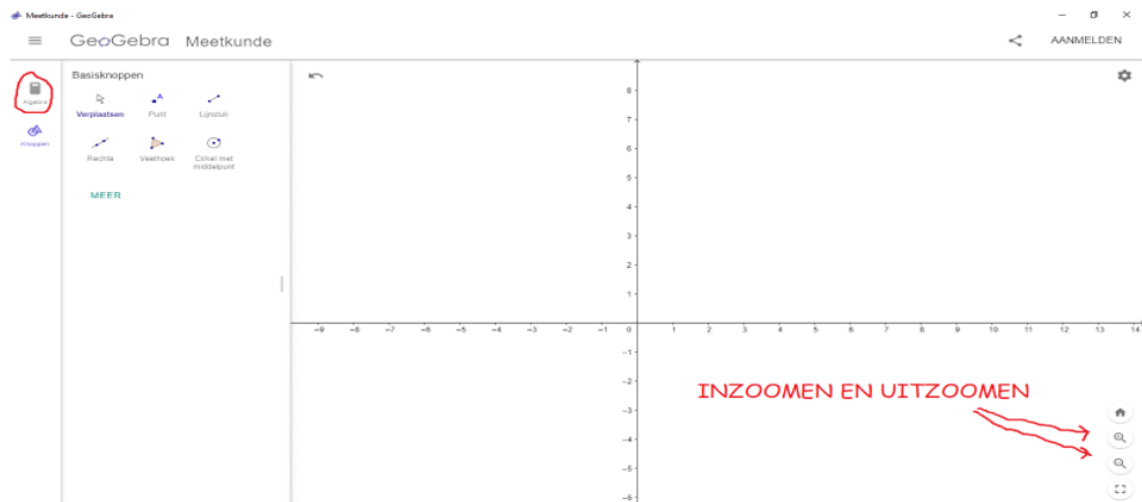
WERKBLAD (LES MET GEOGEBRA)

KENNIS MET GEOGEBRA MAKEN

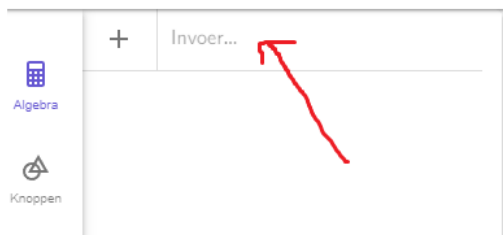
Geogebra is een software die geschikt is om met meetkundige figuren te werken.

STAP 1. Als je Geogebra opent, krijg je dit in je scherm.

In het figuur zie je hoe je kan inzoomen of uitzoomen. Klik op “Algebra” in de linkerkant (zie rood cirkeltje in het figuur).



STAP 2. Klik daarna op “Invoer” en daarna op het klein toetsenbordje (helemaal beneden in de linkerkant, zie figuur).



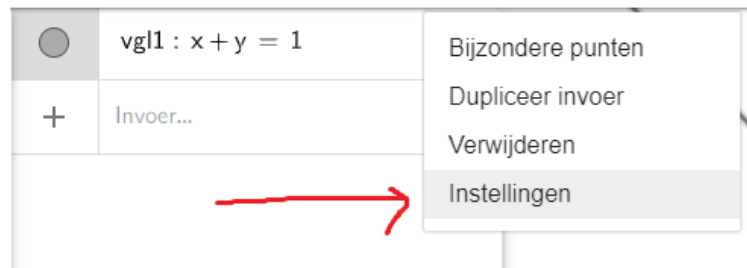
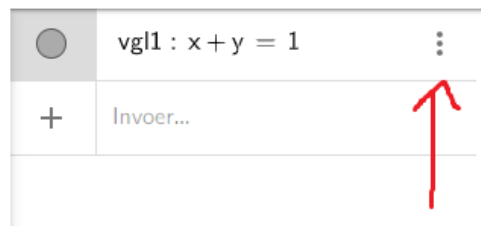
Effectief gebruik van technologische hulpmiddelen

STAP 3. Dankzij het toetsenbord kan je nu wiskundige formules schrijven, zoals bijvoorbeeld $x + y = 1$. Als je klaar bent met het schrijven van de formule, moet je op “Enter” drukken en je krijgt in het figuur de lijn $x + y = 1$.

Let op: je hoeft niet “vgl1:” te schrijven zoals in het figuur, dat komt automatisch uit als je op “Enter” drukt.



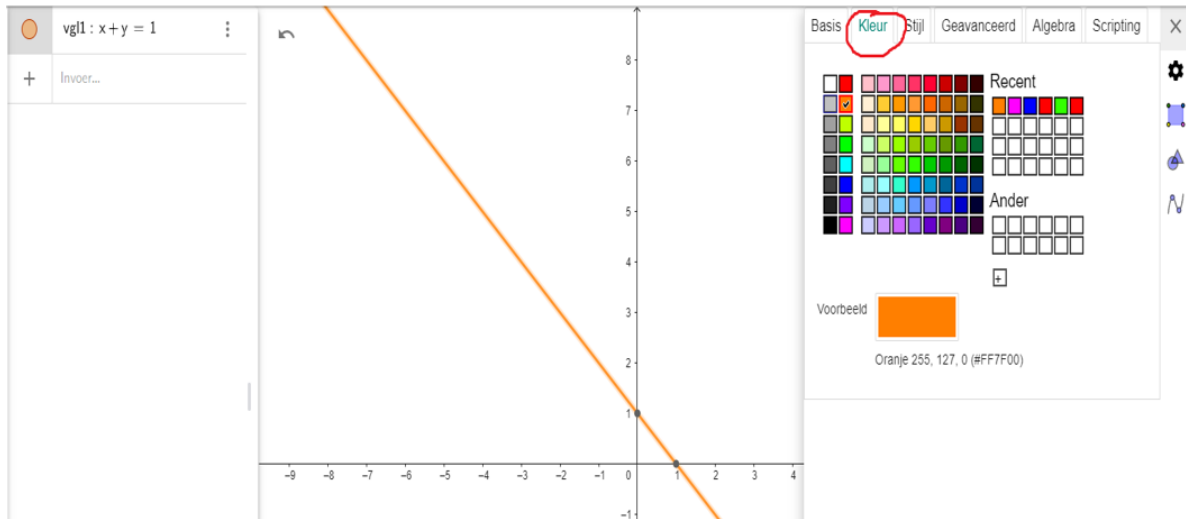
STAP 4. Je bent nu bijna zelfstandig met Geogebra. Klik op de drie puntjes en daarna op “Instellingen”.



Effectief gebruik van technologische hulpmiddelen

STAP 5. Klik daarna op “kleur” en pas de kleur van de lijn aan.

Let op: vanaf dit moment moet het verschil tussen 2 lijnen duidelijk zijn ! Gebruik daarom verschillende kleuren voor verschillende lijnen.



Je hebt net geleerd hoe je met Geogebra figuren kan maken. Het was toch niet moeilijk?

THEORIE A: STRIJDIGE, AFHANKELIJKE EN ONAFHANKELIJKE VERGELIJKINGEN

OPDRACHT 1.

Een vergelijking kan je op verschillende manieren schrijven. De vergelijking $2x + 3y = 5$ kan je bijvoorbeeld ook schrijven als $2 \cdot (2x + 3y) = 2 \cdot 5$ of als $\frac{2x+3y}{9} = \frac{5}{9}$. Met andere woorden als je een vergelijking aan beide kanten met een getal vermenigvuldigt of deelt, krijg je een andere vergelijking, die toch een algemene eigenschap heeft.

Vraag A. Teken met Geogebra de drie lijnen $r: 2x + 3y = 5$, $s: 4x + 6y = 10$ en $t: \frac{2}{9}x + \frac{3}{9}y = \frac{5}{9}$. Gebruik daarvoor 3 verschillende kleuren. Opmerking: het gaat over dezelfde drie lijnen daarboven die netjes herschreven zijn.

Vraag B. Welke conclusie kan je trekken? Wat is de algemene eigenschap van die 3 lijnen?

Vraag C. Stel dat je het stelsel vergelijkingen met r en s moet oplossen: hoeveel oplossingen verwacht je?

Vraag D. In wiskunde noemen we zo'n vergelijkingen **afhankelijke vergelijkingen**. Waarom hebben volgens jou de wiskundigen zo'n benaming gebruikt? Past deze benaming er goed bij?

Vraag E. Gegeven twee vergelijkingen $l: ax + by = c$ en $m: dx + ey = f$ kan men $\frac{a}{d}$, $\frac{b}{e}$ en $\frac{c}{f}$ berekenen. Maak deze berekeningen voor de lijnen r en s .

Vraag F. Vul in: als twee vergelijkingen afhankelijk zijn, geldt er $\frac{a}{d} = \frac{b}{e} = \frac{c}{f}$

Effectief gebruik van technologische hulpmiddelen

OPDRACHT 2.

De vergelijkingen $2x + 3y = 5$ en $8x + 12y = 6$ zijn niet overal in verhouding zoals in de vergelijkingen van opdracht 1. Toch zijn ze bijna in verhouding, want de coëfficiënten van de tweede zijn 4 keer de coëfficiënten van de eerste vergelijking: namelijk $\frac{8}{2} = 4$ en $\frac{12}{3} = 4$, maar $\frac{6}{5}$ is niet gelijk aan 4.

Vraag A. Teken met Geogebra de twee lijnen $r: 2x + 3y = 5$, $s: 8x + 12y = 6$. Gebruik daarvoor 2 verschillende kleuren.

Vraag B. Hoeveel snijpunten hebben de twee lijnen? Welke conclusie kan je trekken in het algemeen?

Vraag C. Stel dat je het stelsel vergelijkingen met r en s moet oplossen: hoeveel oplossingen verwacht je?

Vraag D. In wiskunde noemen we vergelijkingen zoals r en s **strijdige vergelijkingen**. Waarom hebben volgens jou de wiskundigen zo'n benaming gebruikt? Past deze benaming er goed bij?

Vraag E. Gegeven twee vergelijkingen $l: ax + by = c$ en $m: dx + ey = f$, kan men $\frac{a}{d}$, $\frac{b}{e}$ en $\frac{c}{f}$ berekenen. Maak deze berekeningen voor de lijnen r en s .

Vraag F. Vul in: bij twee **strijdige vergelijkingen** $l: ax + by = c$ en $m: dx + ey = f$ geldt er $\frac{a}{d} = \frac{b}{e} \neq \frac{c}{f}$.

OPDRACHT 3.

De vergelijkingen $r: 2x + 3y = 5$ en $s: 9x + y = 8$ zijn niet in verhouding. Er geldt namelijk $\frac{2}{9} \neq \frac{3}{1}$.

Vraag A. Teken met Geogebra de twee lijnen $r: 2x + 3y = 5$, $s: 9x + y = 8$. Gebruik daarvoor 2 verschillende kleuren.

Vraag B. Hoeveel snijpunten hebben de twee lijnen? Welke conclusie kan je trekken in het algemeen?

Vraag C. Stel dat je het stelsel vergelijkingen met r en s moet oplossen: hoeveel oplossingen verwacht je?

Vraag D. In wiskunde noemen we vergelijkingen zoals r en s **onafhankelijke vergelijkingen**. Waarom hebben volgens jou de wiskundigen zo'n benaming gebruikt? Past deze benaming er goed bij?

Vraag E. Gegeven twee vergelijkingen $l: ax + by = c$ en $m: dx + ey = f$, kan men $\frac{a}{d}$ en $\frac{b}{e}$ berekenen. Maak deze berekeningen voor de lijnen r en s .

Vraag F. Vul in: bij twee **onafhankelijke vergelijkingen** $l: ax + by = c$ en $m: dx + ey = f$ geldt er $\frac{a}{d} \neq \frac{b}{e}$.

B5. ANTWOORDEN WERKBLADEN

ANTWOORDEN WERKBLAD

ANTWOORDEN OPDRACHT 1. De lijnen r , s en t vallen samen.

Het stelsel vergelijkingen met r en s heeft oneindige oplossingen.

Bij twee afhankelijke vergelijkingen $l: ax + by = c$ en $m: dx + ey = f$ geldt er $\frac{a}{d} = \frac{b}{e} = \frac{c}{f}$.

ANTWOORDEN OPDRACHT 2. De lijnen r en s zijn evenwijdig.

De twee lijnen hebben daarom geen snijpunten.

Het stelsel vergelijkingen met r en s heeft geen oplossingen.

Bij twee strijdige vergelijkingen $l: ax + by = c$ en $m: dx + ey = f$ geldt er $\frac{a}{d} = \frac{b}{e} \neq \frac{c}{f}$.

ANTWOORDEN OPDRACHT 3. De lijnen r en s snijden elkaar aan.

De twee lijnen hebben daarom precies één snijpunt.

Het stelsel vergelijkingen met r en s heeft precies één oplossing: de coördinaten van het snijpunt zijn de oplossing van het stelsel.

Bij twee onafhankelijke vergelijkingen $l: ax + by = c$ en $m: dx + ey = f$ geldt er $\frac{a}{d} \neq \frac{b}{e}$.

Deze antwoorden zijn geldig voor beide werkbladen.

B6. TOETS

TOETS

Naam leerling:

Instructies. Deze toets is niet anoniem, maar niemand behalve ik zal ernaar kijken; jullie krijgen daarom geen beoordeling en geen cijfer. Omdat de resultaten van de toetsen nodig zijn voor een wetenschappelijk onderzoek, maak de toets serieus ! Deze toets bestaat uit 8 meerkeuzevragen. Elke vraag bestaat uit 4 mogelijke antwoorden. Bij elke vraag hoort precies één correct antwoord. Voor de 8 vragen van de toets moet je een mening geven. Je krijgt in totaal 17 minuten: één minuut is bedoeld om de instructies te lezen en de mening te geven. Besteed daarom gemiddeld twee minuten per vraag. Als je het kruisje hebt gezet en je verandert later je idee, dan maak een cirkeltje op de vraag die je correct vindt.

Je mag geen gebruik van het werkblad of van het leerboek maken. De GR en Geogebra zijn ook niet toegestaan.

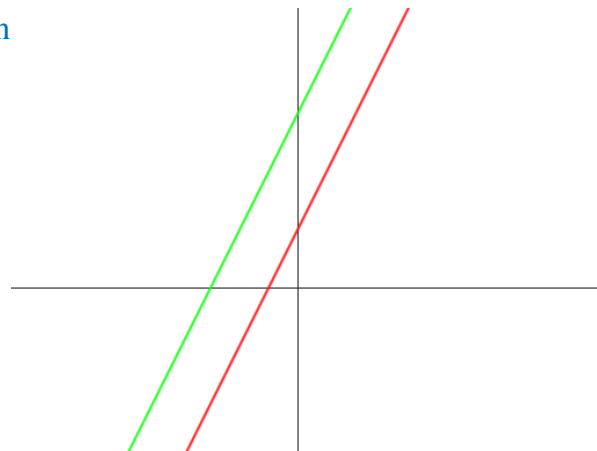
Veel succes !

Mening. Hoe vaak werd ik tijdens deze les afgeleid door technologie?

- a) nooit;
- b) af en toe;
- c) vaak;
- d) altijd.

Vraag 1. De vergelijkingen van de twee lijnen in het figuur hiernaast zijn

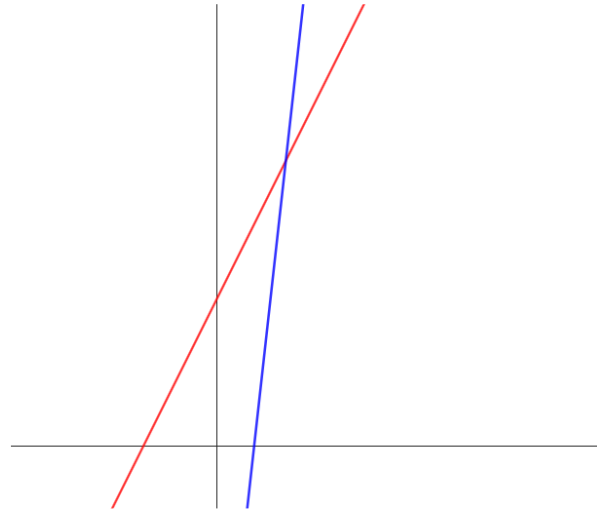
- a) afhankelijk;
- b) strijdig;
- c) onafhankelijk;
- d) niet afhankelijk, niet strijdig en niet onafhankelijk



Vraag 2.

De vergelijkingen van de twee lijnen in het figuur hiernaast zijn

- a) afhankelijk;
- b) strijdig;
- c) onafhankelijk;
- d) niet afhankelijk, niet strijdig en niet onafhankelijk



Vraag 3.

Een stelsel met 2 afhankelijke vergelijkingen heeft

- a) geen oplossingen;
- b) precies 1 oplossing;
- c) maximaal 1 oplossing;
- d) oneindig veel oplossingen.

Vraag 4.

De richtingscoëfficiënten (indien ze beide bestaan) van 2 lijnen die strijdige vergelijkingen hebben, zijn

- a) nooit gelijk aan elkaar;
- b) soms gelijk aan elkaar, maar niet altijd;
- c) soms niet gelijk aan elkaar, maar niet altijd;
- d) altijd gelijk aan elkaar.

Vraag 5.

De 2 vergelijkingen $l: ax + by = c, m: dx + ey = f$ zijn onafhankelijk als

- a) $\frac{a}{d} = \frac{b}{e} = \frac{c}{f}$;
- b) $\frac{a}{d} = \frac{b}{e} \neq \frac{c}{f}$;
- c) $\frac{a}{d} \neq \frac{b}{e}$;
- d) $\frac{a}{d} \neq \frac{c}{f}$.

Vraag 6.

Het stelsel met de 2 lineaire vergelijkingen l en m in 2 variabelen heeft 2 verschillende oplossingen.

Wat kan je zeggen?

- a) l, m zijn strijdig;
- b) l, m zijn onafhankelijk;
- c) l, m zijn afhankelijk;
- d) l, m hebben precies 2 snijpunten

Vraag 7.

De 2 vergelijkingen $r: 2x + y = 5$ en $s: 2x + y = 5$ zijn

- a) strijdig;
- b) afhankelijk;
- c) onafhankelijk;
- d) niet strijdig, niet afhankelijk en niet onafhankelijk.

Vraag 8.

De 2 vergelijkingen $r: 2x + y = 6$ en $s: 2x + y = 7$ zijn

- a) strijdig;
- b) afhankelijk;
- c) onafhankelijk;
- d) niet strijdig, niet afhankelijk en niet onafhankelijk.

B7. ANTWOORDEN TOETS

ANTWOORDEN TOETS.

1. b
2. c
3. d
4. d
5. c
6. c
7. b
8. a

B8: HET INFORMATIEVE EMAIL VOOR OUDERS EN LEERLINGEN

Dit was de inhoud van het email dat ik aan alle leerlingen en ouders van beide klassen heb gestuurd.

"Beste ouders en leerlingen,

aankomendedinsdag komt de docent in opleiding op school om twee lessen te verzorgen. Hoewel hij twee gewone lessen wiskunde zal verzorgen, zijn die officieel gezien een experiment. Hij geeft die twee lessen om zijn onderzoek (scriptie) te kunnen doen bij de Universiteit van Twente en de inhoud van de lessen volgt gewoon het normale programma van het curriculum wiskunde B van 4 vwo. Als jullie geen bezwaar op dit experiment willen maken, dan hoeven jullie niks te doen. Als jullie meer informatie willen weten, dan is beschikbaar en blij om jullie vragen te beantwoorden. Als jullie wel bezwaar willen maken, dan stuur maar even een email en de leerlingen zullen niet deelnemen. Dat zou toch ten koste gaan van de voorbereiding van de leerlingen op de toets, aangezien de les over een nieuwe stukje theorie wiskunde gaat.

Alvast fijn weekend toegewenst!

Met vriendelijke groeten.

