

Het effect van mindmaps bij het onderwerp
Differentiaalrekening gezien vanuit het perspectief
van 4VWO leerlingen met wiskunde B

ONDERZOEK VAN ONDERWIJS (10 EC)



Pamela Daccache

UNIVERSITEIT TWENTE | R.K. SCHOLENGEMEENSCHAP CANISIUS
AUGUSTUS 2021



Het effect van mindmaps bij het onderwerp Differentiaalrekening gezien vanuit het perspectief van 4VWO leerlingen met wiskunde B

Onderzoek uitgevoerd door:

ir. P. (Pamela) Daccache
Educatie en Communicatie in de Bètawetenschappen – specialisatie Wiskunde
s1603272
p.daccache@student.utwente.nl

Onder begeleiding van:

E. (Ellen) Booijink
Afdeling Wiskunde
R.K. Scholengemeenschap Canisius

dr.ir. J.A.H. (Jos) Alkemade
dr.ir. M. (Mark) Timmer
Educatie en Communicatie in de Bètawetenschappen
Faculteit Gedrags-, Management- en Sociale Wetenschappen
Universiteit Twente



Samenvatting

Het gebruik van mindmaps in het onderwijs biedt verscheidene voordelen als het structureren van informatie, het verwerken en leren van lesstof en het visualiseren van verbanden tussen verschillende concepten. Binnen het wiskundeonderwijs kunnen mindmaps leerlingen helpen om het netwerk van de verschillende wiskundige concepten beter te begrijpen. Het doel van dit onderzoek was om de ervaringen van leerlingen met het creëren en gebruiken van mindmaps bij het onderwerp Differentiaalrekening te onderzoeken. Dit onderzoek is uitgevoerd onder veertien 4VWO leerlingen die wiskunde B volgen. Deze leerlingen hebben ieder een individuele mindmap gemaakt en hebben deze mindmap gebruikt bij een formatieve toets. Vervolgens zijn de leerervaringen opgehaald middels een enquête en drie verdiepende interviews. Tevens heeft er een analyse van de mindmaps plaatsgevonden. De onderzoeksresultaten kunnen worden opgedeeld in twee categorieën: de rol van mindmaps en het creëren en gebruiken van mindmaps. Uit de resultaten blijkt dat leerlingen het creëren van een mindmap een tijdrovend proces vinden. Echter blijkt ook dat leerlingen het gebruik van een mindmap als positief ervaren tijdens het leerproces. Hierbij geven leerlingen aan dat mindmaps een overzicht bieden van de leerstof en als samenvatting gebruikt kunnen worden tijdens het leerproces.

Inhoudsopgave

Samenvatting	2
1. Introductie	5
1.1. <i>Aanleiding onderzoek</i>	<i>5</i>
1.2. <i>Relevantie.....</i>	<i>5</i>
1.3. <i>Leeswijzer.....</i>	<i>6</i>
2. Theoretisch kader.....	7
2.1 <i>Definitie mindmap en voordelen.....</i>	<i>7</i>
2.2 <i>Mindmaps in het wiskundeonderwijs</i>	<i>8</i>
2.3 <i>Het gebruik van mindmaps in de les.....</i>	<i>10</i>
2.4 <i>Conclusie theoretisch kader</i>	<i>11</i>
3. Onderzoeksopzet.....	12
3.1 <i>Onderzoeksdoel en -vragen</i>	<i>12</i>
3.2 <i>Onderzoeksmodel</i>	<i>13</i>
3.3 <i>Instrumenten.....</i>	<i>15</i>
3.4 <i>Data-analyse</i>	<i>16</i>
3.5 <i>Validiteit.....</i>	<i>17</i>
3.6 <i>Afbakening</i>	<i>18</i>
4. Resultaten.....	19
4.1 <i>Mindmaps</i>	<i>19</i>
4.2 <i>Formatieve toets</i>	<i>21</i>
4.3 <i>Enquête</i>	<i>22</i>
4.4 <i>Interviews.....</i>	<i>25</i>
5. Conclusie, discussie en aanbevelingen	28
5.1 <i>Conclusies.....</i>	<i>28</i>
5.2 <i>Discussie.....</i>	<i>30</i>
5.3 <i>Limitaties en aanbevelingen</i>	<i>31</i>
Referenties	33
Bijlage A – Lesvoorbereidingen	35
Bijlage B – Formatieve toets.....	43
Bijlage C - Enquête vragen Google Forms	46
Bijlage D – Interview vragenlijst	50
Bijlage E – Toestemmingsformulier onderzoek.....	51
Bijlage F – Toestemmingsformulier interviews.....	52



Bijlage G – Resultaten enquête	54
Bijlage H – Codering Interviews.....	58
Bijlage I – Rubriek beoordeling mindmaps	62

1. Introductie

In dit hoofdstuk wordt de aanleiding van dit onderzoek geschetst. Tevens wordt de leeswijzer van dit onderzoek gepresenteerd.

1.1. Aanleiding onderzoek

Wiskunde is opgebouwd uit een netwerk van onder andere theorieën, stellingen, axioma's en definities (Brinkmann, 2003). Om leerlingen te helpen dit netwerk te begrijpen, is het van belang om de relaties tussen deze begrippen te laten zien (Kontrova, 2014). Grafische visualisaties van de verschillende wiskundige structuren kan leerlingen helpen om de wiskunde beter te begrijpen (Brinkmann, 2003). Drijvers et al. (2014) geven aan dat kennisgrafieën, zoals mindmaps en begrippennetwerken als hulpmiddel kunnen dienen bij het *Weten over weten* zoals beschreven in hun inleidende hoofdstuk van het Handboek Wiskundendidactiek. Binnen zo'n kennisgraaf krijgen verschillende concepten met betrekking tot een onderwerp een plaats. Dit zou het makkelijker maken voor een leerling om overzicht te krijgen van de verschillende begrippen en hun samenhang.

Binnen de differentiaalrekening krijgen leerlingen veel te maken met verschillende concepten omtrent het onderwerp *de afgeleide*. Hierbij is het van belang dat er aandacht wordt besteed aan de verschillende toepassingen van de afgeleide en de daaraan verbonden concepten (Drijvers et al., 2014). Uit eigen ervaring is gebleken dat leerlingen vaak moeite hebben met het oplossen van vraagstukken die net in een andere context gevraagd worden, ondanks dat de oplossingsmethode vrijwel hetzelfde is. Roorda (2012) concludeerde in zijn proefschrift dat het zien van samenhang tussen aspecten en tussen procedures een belangrijke voorwaarde is voor het construeren van overeenkomsten tussen verschillende situaties. Dit betekent dat als leerlingen het verband tussen verschillende concepten niet zien, dat het lastiger voor hen wordt om in een nieuwe context een soortgelijk wiskundig probleem op te lossen. Tevens zijn de leerlingen gewend om routinematig sommen uit te werken, maar als hen de vraag wordt gesteld waar ze echt mee bezig zijn, dan weten ze vaak het antwoord niet. Zo vroeg ik een leerling uit 5HAVO met wiskunde B, tijdens het behandelen van een optimaliseringsprobleem, of hij voor mij de afgeleide van $K = 0,75x^2 + 12x^{-1}$ kon geven. Hierop verkreeg ik moeiteloos het antwoord $\frac{dK}{dx} = 1,5x - 12x^{-2}$. Toen ik vervolgens vroeg wat de afgeleide betekende en hoe deze een rol speelt binnen het geschetste probleem, kreeg ik geen (relevant) antwoord. Drijvers et al. (2014) geven aan dat mindmaps en soortgelijke cognitieve schema's leerlingen helpen bij het beter begrijpen van een onderwerp, doordat ze over verbanden moeten nadenken.

Onderzoeken van onder andere Ayal et al. (2016), Adodo (2013), Budd (2004) en Brinkmann (2003) schetsen verscheidene voordelen van het gebruik van mindmaps in het onderwijs. Zo zouden mindmaps helpen bij het beter onthouden van leerstof, helpen bij het overzicht creëren van de verschillende componenten van de leerstof en toonde een recent onderzoek van Ayal et al. (2016) aan dat het creëren van mindmaps een positieve bijdrage levert bij het ontwikkelen van redeneervaardigheden. Echter, het gebruik van mindmaps komt zelden voor in het wiskundeonderwijs (Brinkmann, 2003). Daarom luidt de hoofdvraag van dit onderzoek als volgt:

“Wat is het effect van mindmaps, gezien vanuit het perspectief van leerlingen uit een 4VWO wiskunde B klas, bij het onderwerp Differentiaalrekening?”

1.2 Relevantie

De relevantie van dit onderzoek kan worden onderverdeeld in twee delen: de *maatschappelijke* relevantie en de *wetenschappelijke* relevantie. Allereerst de maatschappelijke relevantie. Dit onderzoek richt zich op het verbeteren van het middelbaar wiskundeonderwijs. Dit onderzoek kan

daarom waardevol zijn voor docenten, leerlingen en scholen die geïnteresseerd zijn in het gebruik van mindmaps in de wiskundeles.

De wetenschappelijke relevantie blijkt uit het feit dat dat mindmaps over het algemeen weinig worden gebruikt in het wiskundeonderwijs (Brinkmann, 2003), ondanks de voordelen die onder andere in de onderzoeken van Ayal et al. (2016) en Adodo (2013) worden geschetst. Hierbij ligt de focus nog vaak op het traditioneel lesgeven uit een boek met opgaven (Ayal et al., 2016). Daarom zou dit onderzoek handvatten kunnen bieden voor vervolgonderzoek binnen dit gebied.

Verder zijn de vergelijkbare onderzoeken van Basic (2020) en Van der Vegt (2019) als naslagwerk gebruikt. Echter lag de focus binnen deze onderzoeken op de toepassing van begrippennetwerken binnen het wiskundeonderwijs, terwijl binnen dit onderzoek de focus ligt op de toepassing van mindmaps. Mindmaps en begrippennetwerken lijken in veel opzichten op elkaar, echter zitten er aanzienlijke verschillen in de structuren van beide kennisgrafen (Brinkmann, 2003). De verschillen zullen in §2.2.1 uitgebreider aan bod komen. Uit het onderzoek van Van der Vegt (2019) kwam de aanbeveling om leerlingen in een vervolgonderzoek hun begrippennetwerk gedurende een lessenserie te laten aanvullen, in plaats van in één keer een begrippennetwerk te laten maken. Deze aanbeveling is meegenomen en toegepast binnen dit onderzoek.

1.3. Leeswijzer

In hoofdstuk 1 worden de aanleiding en de relevantie van dit onderzoek besproken. In het tweede hoofdstuk wordt het theoretisch kader gepresenteerd. Hier worden verschillende termen vanuit de wetenschap toegelicht en wordt een literatuuronderzoek over mindmaps en het gebruik van mindmaps in het wiskundeonderwijs toegelicht. In het derde hoofdstuk wordt de onderzoeksopzet, de onderzoeksvragen en de gebruikte methoden uitgebreid besproken. Daarna volgen de onderzoeksresultaten voor ieder meetinstrument in het vierde hoofdstuk. Ten slotte worden in hoofdstuk 5 de conclusies en aanbevelingen van dit onderzoek gepresenteerd.

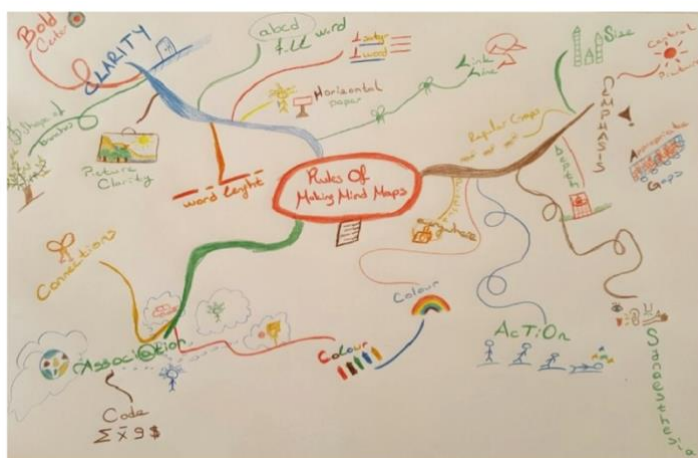
2. Theoretisch kader

Er zijn vele onderzoeken omtrent het gebruik van mindmaps in het onderwijs. In dit hoofdstuk wordt een literatuurstudie gepresenteerd omtrent het begrip *mindmap* en hoe een mindmap tot stand komt. Tevens wordt er besproken welke rol mindmaps in het wiskundeonderwijs kunnen hebben.

2.1 Definitie mindmap en voordelen

Mindmapping is een techniek gecreëerd door Tony Buzan in 1970 (Mento et al., 1999). Een mindmap is een grafische representatie van een begrip en de bijbehorende interrelaties die de kennisstructuren in het hoofd van een individu weergeeft (Jonassen, Beissner & Yassi, 1993, geciteerd in Adodo, 2013). Mindmapping is een techniek waarmee de geleerde stof samengevat kan worden en middels visualisatie het makkelijker maakt om problemen te begrijpen (Abi-El-Mona & Adb-El-Khalick, 2008; Ayal et al., 2016). Hierbij leidt visualisatie tot een bepaald holistisch begrip die niet te verkrijgen is met alleen het gebruik van tekst en woorden (Lawson, 1994, geciteerd in Adodo, 2013).

Er zijn verschillende soorten mindmaps. De structuur van een mindmap wordt vaak beschreven als een *boomstructuur*. Hierbij staat er bij iedere mindmap een hoofdthema centraal en wordt deze uitgebreid met *takken* waar sub-thema's omtrent het hoofdthema aan vast worden gehangen. Deze sub-thema's kunnen vervolgens weer onderverdeeld worden en zo ontstaan er meerdere lagen. In figuur 1 wordt een mindmap gepresenteerd uit het onderzoek van Polat et al. (2017). In deze mindmap worden de regels voor het maken van een mindmap weergegeven. Het hoofdthema is dus 'Regels voor het maken van een mindmap' en deze wordt centraal op het blad weergegeven. Vervolgens worden de eerste drie hoofdtakken getekend, ieder in een verschillende kleur. Zo leidt de blauwe tak tot het eerste deelonderwerp: *duidelijkheid* ("clarity"). Vervolgens wordt dit deelonderwerp weer onderverdeeld in concretere sub-thema's als: *woord lengte*, *dikgedrukt centrum*, *visualisaties* en *horizontaal papier*. Met andere woorden, de maker van deze mindmap geeft aan dat het bij het maken van een mindmap van belang is dat de mindmap *duidelijk* is. Hierbij is het woord duidelijk een breed begrip. Daarom wordt dit concept weer onderverdeeld in concretere deelonderwerpen. Voor het verduidelijken van een mindmap horen bijvoorbeeld het gebruik van visualisaties. Tevens helpt het om het hoofdthema dikgedrukt te maken, zodat het meteen duidelijk is waar de mindmap over gaat. Zo volgen er uit dit figuur meerdere 'regels' om te hanteren tijdens het creëren van een mindmap. Zo benoemt de maker de woorden *connecties*, *codes* en *kleur* bij het deelonderwerp *associatie*. Met andere woorden, hetgeen wat je associeert met je hoofdthema geef je weer door middel van de connecties (ofwel de voorgenoemde takken). Het gebruik van kleuren in een mindmap zorgt voor een onderscheiding tussen de verschillende concepten en ideeën en stimuleert daarnaast het geheugen (Arulselvi, 2017).



Figuur 1. Regels voor het opstellen van een mindmap, geciteerd uit Polat et al. (2017)

Diverse auteurs (e.g. Brinkmann (2003), Davies (2011), Arulsevi (2017), Polat et al. (2017)) refereren naar de regels voor het maken van een mindmap zoals Buzan en Buzan (2000) ze hebben opgesteld:

1. Plaats het onderwerp centraal;
2. Geef de mindmap een hiërarchische structuur (van algemeen naar concreet);
3. Maak gebruik van verschillende kleuren in de mindmap om verschillende concepten weer te geven;
4. Maak gebruik van visualisaties zoals figuren, tekeningen en symbolen;
5. Gebruik sleutelwoorden om verschillende concepten aan te geven;

Polat et al. (2017) beschrijft nog een set aanvullende regels uit recentere literatuur refererend naar Buzan en Buzan (2015), Dottino & Israel (2012) en Buzan (2011):

6. Gebruik een groot vel blanco papier en plaats deze horizontaal;
7. Neem ongeveer 15-20 minuten de tijd voor het creëren van de mindmap.

Echter, de laatste “regel” wijkt bij verschillende auteurs af. Zo gaf Budd (2004) zijn leerlingen één uur de tijd voor het maken van een mindmap en beschrijft Brinkmann (2003) dat het een optie is om mindmaps aan te vullen zodra er nieuwe theorie is. De tijd voor het maken van een mindmap is dan ook een indicatie afhankelijk van de context waarin deze gemaakt wordt.

Er worden verscheidene voordelen in de literatuur genoemd van het gebruik van mindmaps in het onderwijs. Door het gebruik van mindmaps worden leerlingen gemotiveerder om de stof te onthouden en worden leerlingen creatiever (Buzan 2012, geciteerd in Ayal et al. 2016). Verder presenteert een mindmap informatie op een gestructureerde manier en helpt een mindmap bij het onthouden van informatie (Brinkmann, 2003; Adodo, 2013; Kontrova, 2014; Ayal et al., 2016; Arulsevi, 2017). Een studie uitgevoerd onder studenten van Rosciano (2015) toont aan dat studenten vonden dat het creëren van een mindmap bijdroeg aan het beter begrijpen van het onderwerp.

2.2 Mindmaps in het wiskundeonderwijs

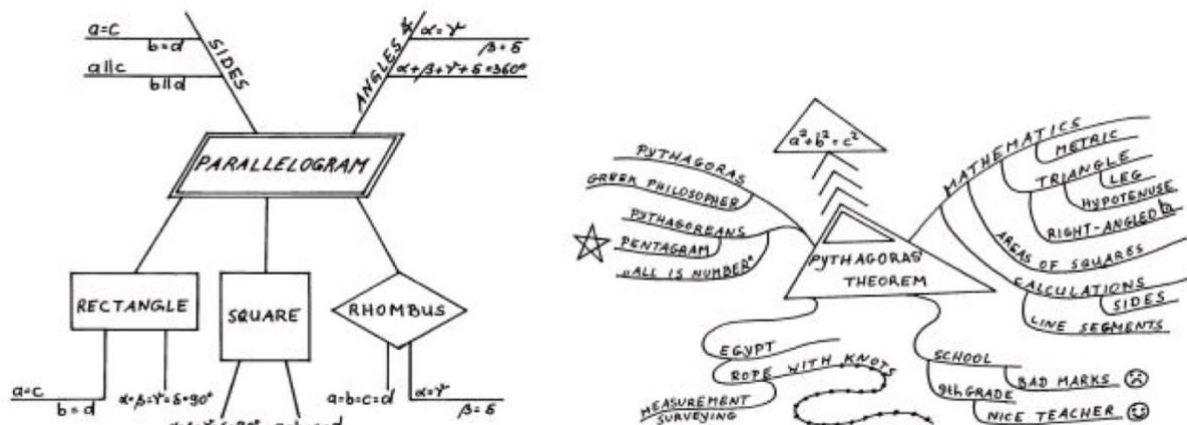
Om leerlingen de wiskundige concepten en structuren (b.v. definities, axioma's, algoritmes) beter te kunnen laten begrijpen, is het van belang om de verschillende relaties tussen de concepten te presenteren (Brinkmann, 2003; Kontrova, 2014). Hierbij kan de term *begrip* gecategoriseerd worden in *relationeel begrip* en *instrumenteel begrip* (Skemp, 1976). Skemp (1976) definieert relationeel begrip als weten wat je doet en waarom je het doet. Bij instrumenteel begrip daarentegen ligt de focus op reproductie van regels en methoden, in plaats van begrijpen waarom een bepaalde methode werkt. Het gebruik van mindmaps binnen de wiskunde kan leerlingen helpen om connecties te leggen tussen de verschillende concepten die ze leren (Kontrova, 2014). Ofwel, mindmaps kunnen een positieve invloed hebben op het relationele begrip van de leerlingen. Echter, binnen het huidige wiskundeonderwijs staat het repetitief maken van opgaven voor het aanleren van wiskundige vaardigheden centraal, wat ervoor zorgt dat het leerrendement lager is en de schoolprestaties omlaaggaan (Ayal et al. 2016). Brinkmann (2003) beschrijft dat door het grafisch visuele karakter van een mindmap, de structuren binnen de wiskunde beter kunnen worden begrepen. Brinkmann (2003) beschrijft nog een aantal voordelen van het gebruik van mindmaps in het wiskundeonderwijs. Volgens Brinkmann (2003) helpt het gebruik van mindmaps bij:

- Het organiseren van leerstof op hiërarchische wijze;
- Het transparant maken van de cognitieve kennis van de leerling aan zowel de docent als de leerling zelf;
- Het onthouden van studiemateriaal;
- Het samenvatten en bestuderen van studiemateriaal;
- Het samenvatten van de verschillende ideeën van leerlingen;

- Het integreren van nieuwe kennis met bestaande kennis;
- Het introduceren van nieuwe kennis;
- Het laten zien van connecties tussen wiskunde en praktijk.

Ten slotte benadrukken Ayal et al. (2016) expliciet dat mindmapping het leren van wiskunde leuker maakt.

Zoals te zien in figuur 1, kan een mindmap bestaan uit verschillende kleuren en gebogen *takken* die interrelaties tussen verschillende elementen weergeven. Er zijn echter ook andere vormen van mindmaps, zoals te zien in figuur 2 en beschreven in de paper van Brinkmann (2003). Zo kunnen de interrelaties in een mindmap ook weergegeven worden met strakke lijnen en blokken zoals te zien in het linker figuur. In het rechter figuur is er een mindmap gemaakt omtrent de stelling van Pythagoras. In dit figuur is te zien dat een mindmap opgedeeld is in verschillende takken met bijbehorende deelonderwerpen, ofwel de sub-thema's. Zo is er hier een sub-thema *wiskunde* gecreëerd met als tweede laag *driehoek*. De driehoek is vervolgens weer onderverdeeld in een derde laag aan deelonderwerpen, namelijk *hypothenuza* ("schuine zijde"), *rechthoekige driehoek* en *zijden*. Een essentieel element van de mindmap is dus de gelaagdheid, waarin onderscheid gemaakt kan worden tussen de verschillende niveaus. Hierbij wordt het principe *van abstract naar concreet* gehanteerd (Brinkmann, 2003). Ofwel, in iedere laag van de mindmap wordt er dieper op de stof ingegaan. Ook Brinkmann (2003) beschrijft hierbij dat een mindmap vaak lijkt op het bovenaanzicht van een boom, waarbij de stam het onderwerp van de mindmap voorstelt en de lijnen de takken van een boom voorstellen. Net zoals bij de mindmap uit de paper van Polat et al. (2017), wordt er hier gestimuleerd om gebruik te maken van figuren. Tevens is te zien in figuur 2 dat er *voorbeelden* gegeven kunnen worden bij deelonderwerpen. Zo staat er bij de rechthoek de eigenschap dat alle hoeken gelijk zijn aan 90° ($\alpha=\beta=\gamma=\delta=90^\circ$). Een wiskundige mindmap hoeft dus niet per sé te bestaan uit zinnen en woorden, maar concepten kunnen ook uitgedrukt worden in formules, vergelijkingen en figuren.



Figuur 2. Vormen van mindmaps uit Brinkmann (2003)

2.2.1 Verschillen met begrippennetwerken

Een begrippennetwerk (Engels: *conceptmap*) is een diagram waarbij verschillende concepten met elkaar zijn verbonden met lijnstukken, waarbij ieder lijnstuk een label heeft die de relatie tussen de twee concepten identificeert (Schroeder et al., 2018). Net zoals bij mindmaps, kunnen begrippennetwerken gebruikt worden voor o.a. het structureren en onthouden van informatie (Brinkmann, 2003). Davies (2011) vult aan dat als leerlingen relaties van verschillende concepten kunnen weergeven in een diagram, de kans groter is dat ze deze begrippen en diens relaties begrijpen

en kunnen analyseren. Kortom: mindmaps en begrippennetwerken kunnen met vergelijkbare doeleinden in het onderwijs ingezet worden.

Begrippennetwerken en mindmaps lijken in veel opzichten op elkaar, echter zijn er aanzienlijke verschillen. Ten eerste, begrippennetwerken kenmerken zich door verbindingswoorden bij de verbindingspijlen, bijvoorbeeld “leidt tot” of “kleiner dan” (Brinkmann, 2003). Bij mindmaps worden de relaties weergegeven met lijnen, maar daar wordt geen verdere betekenis aan gekoppeld.

Ten tweede zit er een verschil in de structuur van beide typen visualisaties. Begrippennetwerken kenmerken zich door hun hiërarchische structuur, waarbij er een onderwerp bovenaan staat met daaronder de bijbehorende sub-onderwerpen gerangschikt (Adodo, 2013). Daartegenover staat de vrije ‘boom’-structuur van een mindmap, waarbij het hoofdonderwerp centraal staat. Tevens is het bij begrippennetwerken ook mogelijk om ‘cross’-links tussen de verschillende concepten te beschrijven. Een *cross-link* laat zien dat de maker inziet hoe een thema op de map in verband staat met een ander thema (Novak & Cañas, 2008). Bij begrippennetwerken is het dus gebruikelijk voor een sub-onderwerp om meerdere verbindingslijnen te hebben, die elk een andere relatie vertegenwoordigen (Adodo, 2013). Bij mindmaps heeft een sub-onderwerp echter maar één bovenliggend concept.

Ten derde, mindmaps zijn persoonlijker dan begrippennetwerken (Brinkmann, 2003; Adodo, 2013). Een mindmap wordt ook wel beschreven als een individuele representatie van iemands kennis (Brinkmann, 2003; Davies, 2011). Adodo (2013) vult hierbij aan dat er meer flexibiliteit zit in de regels bij het maken van een mindmap. Voorbeelden hiervan zijn te zien in figuur 2. Zo bevatten sommige mindmaps rechte lijnen, en sommige gebogen lijnen. Tevens is het gebruik van kleuren en figuren ook toegestaan, indien gewenst. Begrippennetwerken daarentegen bevatten geen figuren en worden gekenmerkt door hun structuur, zoals hiervoor toegelicht. Wat een mindmap dus onderscheidt van een begrippennetwerk, is de mate van vrijheid die een maker heeft tijdens het creëren.

2.3 Het gebruik van mindmaps in de les

Het toepassen van mindmaps in de les kan in verschillende vormen. Een docent kan ervoor kiezen om zelf een ‘expert’ mindmap te maken en te geven aan studenten als samenvatting. Echter, een docent kan ook de leerlingen zelf een mindmap laten maken. Tevens kunnen mindmaps gebruikt worden als hulpmiddel bij visualisaties, studeren, het maken van aantekeningen tijdens de les, brainstorming en presentaties (Mento et al., 1999). Tot slot voegt Arulselvi (2017) toe dat mindmaps door leerlingen gebruikt kunnen worden als een samenvatting ter voorbereiding op een toets. Kortom, er zijn verscheidene vormen te vinden waarbij mindmaps toegepast kunnen worden in de les. In ieder geval, moet er volgens de literatuur aan een aantal voorwaarden worden voldaan.

Allereerst benadrukt Budd (2004) dat brainstormen een belangrijk onderdeel is tijdens het creëren van een mindmap. Hiervoor raadt hij aan om de leerlingen in groepen te laten werken aan de opdracht en ze eerst te laten nadenken over het onderwerp voor ze beginnen met schrijven. Brinkmann (2003) vindt echter dat leerlingen individueel aan hun persoonlijke mindmap moeten werken. Zij benadrukt dat een mindmap een persoonlijke representatie is van diens kennis, en dat verschillende mensen verschillende associaties kunnen hebben bij hetzelfde onderwerp, en dus verschillende mindmaps maken. Echter, de regels voor het maken van een mindmap, zoals besproken in §2.1, blijven hetzelfde. Ofwel, de mindmap bevat een centraal onderwerp, meerdere lagen en heeft een hiërarchische structuur. In het onderzoek van Budd (2004) werd er voorafgaand aan de opdracht een presentatie gegeven aan de leerlingen waarbij er instructies voor het creëren van een mindmap werden gegeven. Echter, het is vooral aan de leerling om te bepalen hoe zijn of haar mindmap eruit komt te zien.

Verder is het van belang dat leerlingen genoeg tijd krijgen voor het maken van de mindmaps. In het onderzoek van Polat (2017) wordt er een richtlijn van 15-20 minuten gegeven. Echter Budd (2004) gaf

zijn leerlingen één uur de tijd voor het maken van hun mindmaps. De tijd die de leerlingen krijgen voor het maken van de mindmap is afhankelijk van de voorkennis van de leerlingen met betrekking tot het wiskundige onderwerp en de beschikbare lestijd. Zo wordt er in het onderzoek van Ayal et al. (2016) beschreven dat de leerlingen pas aan de slag gaan met het maken van een mindmap wanneer ze genoeg kennis hebben over het onderwerp (Pandley, 1994, geciteerd in Ayal et al., 2016). Verder is het van belang dat tijdens het creëren van de mindmaps, de docent rondloopt en leerlingen helpt indien nodig (Budd, 2004).

2.4 Conclusie theoretisch kader

In deze paragraaf worden de conclusies van de uitgevoerde literatuurstudie samengevat en de keuzes besproken die gemaakt zijn voor dit onderzoek op basis van het theoretisch kader.

Allereerst, mindmaps en begrippennetwerken lijken in veel opzichten op elkaar, echter zijn er aanzienlijke verschillen (Brinkmann, 2003). Het grootste verschil zit in de structuur van beide type kennisgrafen. Uit het onderzoek van Van der Vegt (2019) kwam de aanbeveling om leerlingen in een vervolgonderzoek hun begrippennetwerk gedurende een lessenserie te laten aanvullen, in plaats van in één keer een begrippennetwerk te laten maken. Echter, Brinkmann (2003) beschrijft dat mindmaps, ten opzichte van begrippennetwerken, zich meer lenen voor het aanvullen van nieuwe informatie dankzij de open structuur van een mindmap. Dit maakt het makkelijk om een nieuw deelonderwerp erin te verwerken. Er is daarom er bewust voor gekozen om voort te borduren op de aanbeveling van Van der Vegt (2019), maar dan met mindmaps in plaats van begrippennetwerken.

Het gebruik van mindmaps in het wiskundeonderwijs biedt verscheidene voordelen zoals beschreven door Brinkmann (2003), Kontrova (2014) en Ayal et al. (2016). Zo speelt het gebruik van mindmaps een rol bij het verwerken en onthouden van informatie en dragen mindmaps bij aan de begripsontwikkeling bij een leerling. Op basis van het literatuuronderzoek zijn de lessen en de opdracht voor de leerlingen vormgegeven. Allereerst, om een mindmap te kunnen creëren, is het essentieel dat leerlingen over genoeg kennis van het onderwerp beschikken (Pandley, 1994, geciteerd in Ayal et al., 2016). Brinkmann (2003) vult aan dat een mindmap zich leent voor het aanvullen van nieuwe informatie, door de open structuur van het diagram. Omdat het onderzoek is gestart bij aanvang van het hoofdstuk Differentiaalrekening, is er daarom voor gekozen om de leerlingen elke les hun mindmap te laten aanvullen met nieuwe theorie. Deze aanvulling werd onderdeel van het huiswerk, naast de reguliere opdrachten.

Verder zijn er bepaalde eigenschappen waar een ‘goede’ mindmap aan moet voldoen. Echter, hoe deze eigenschappen worden vormgegeven is aan de maker van de mindmap. Daarom is het van belang dat bij de instructie die de leerlingen krijgen bij aanvang, deze eigenschappen aan bod komen. Hierbij zal de leerling ook voldoende ontwerprijheid gegeven moeten worden, om te waarborgen dat de mindmap een reflectie wordt van diens creativiteit en kennis.

Ten slotte, het literatuuronderzoek toont aan dat mindmapping een proces is waarbij brainstormen een belangrijk onderdeel is (Budd, 2004). Tegelijkertijd is een mindmap een individuele en persoonlijke creatie van iemands kennis (Brinkmann, 2003; Davies, 2011). Daarom hebben leerlingen binnen dit onderzoek de toestemming gekregen voor overleg en brainstorming, maar kregen de leerlingen de opdracht om ieder een eigen mindmap te creëren.

3. Onderzoeksopzet

In dit hoofdstuk wordt de onderzoeksopzet gepresenteerd. Eerst worden het onderzoeksdoel en de onderzoeksvragen besproken. Vervolgens wordt er ingegaan op de onderzoeksprocedure en de gebruikte instrumenten en wordt de data-analyse toegelicht. Ten slotte worden de validiteit en afbakening van dit onderzoek besproken.

3.1 Onderzoeksdoel en -vragen

Het doel van dit onderzoek was om te onderzoeken hoe mindmaps in een wiskundeles kunnen worden ingezet en hoe dit door leerlingen wordt ervaren. De hoofdvraag van het onderzoek is als volgt:

“Wat is het effect van mindmaps, gezien vanuit het perspectief van leerlingen uit een 4VWO wiskunde B klas, bij het onderwerp Differentiaalrekening?”

Om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden, zijn er drie deelvragen opgesteld. De deelvragen en de toelichting volgen hieronder.

(1) Welke rol spelen mindmaps in het wiskundeonderwijs en hoe kunnen deze in de les toegepast worden?

De eerste deelvraag heeft betrekking op de literatuur omtrent mindmaps en toepassingen van mindmaps in het onderwijs. Middels deze deelvraag heeft de onderzoeker inzichten vergaard in wat mindmaps precies zijn en hoe mindmaps gecreëerd worden. Tevens heeft deze vraag als input gediend voor de verdere onderzoeksopzet.

(2) Voor welk doel gebruiken de leerlingen een mindmap bij het onderwerp Differentiaalrekening?

Een mindmap kan verschillende functies hebben. Zo kan een mindmap gebruikt worden als samenvatting, tijdens het brainstormen of voor het maken van aantekeningen. Daarom is de tweede deelvraag opgesteld om als onderzoeker inzicht te krijgen in hoe de leerlingen hun mindmaps hebben gebruikt tijdens het leren van de lesstof. Op basis hiervan kon een conclusie worden getrokken omtrent de rol van mindmaps in het wiskundeonderwijs.

(3) Wat vinden de leerlingen van het creëren en gebruiken van een mindmap bij het onderwerp Differentiaalrekening?

De derde deelvraag heeft betrekking op hoe de leerlingen het creëren en gebruiken van een mindmap ervaren bij het onderwerp Differentiaalrekening. Middels deze vraag heeft de onderzoeker inzicht gekregen in de persoonlijke ervaringen van leerlingen tijdens het mindmapping proces. Op basis hiervan konden conclusies getrokken worden over de persoonlijke voorkeuren van leerlingen omtrent het creëren en toepassen van mindmaps bij een wiskundig onderwerp.

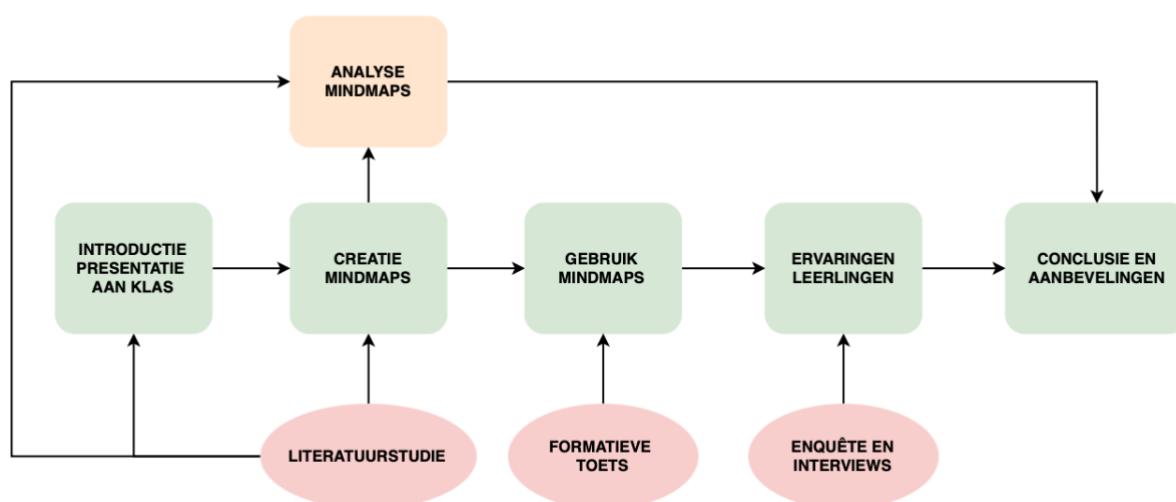
Samenvattend zijn de hoofdvraag en de bijbehorende deelvragen als volgt geformuleerd:

“Wat is het effect van mindmaps, gezien vanuit het perspectief van leerlingen uit een 4VWO wiskunde B klas, bij het onderwerp Differentiaalrekening?”

1. Welke rol spelen mindmaps in het wiskundeonderwijs en hoe kunnen deze in de les toegepast worden?
2. Voor welk doel gebruiken de leerlingen een mindmap bij het onderwerp Differentiaalrekening?
3. Wat vinden de leerlingen van het creëren en gebruiken van een mindmap bij het onderwerp Differentiaalrekening?

3.2 Onderzoeksmodel

In figuur 3 wordt het onderzoeksmodel gepresenteerd. Het onderzoek was praktijkgericht en kwalitatief van aard. Zoals te zien in dit model, is het praktijk gedeelte van het onderzoek in het groen gestart met een introductiepresentatie aan de klas. Deze presentatie zal nader worden toegelicht in §3.2.2. Voorafgaand heeft er een literatuurstudie plaatsgevonden, die als input heeft gediend voor het creëren van deze presentatie. Vervolgens zijn de leerlingen aan de slag gegaan met het maken van een mindmap. De opdracht was dat na elke les de leerlingen hun mindmap zouden aanvullen met de nieuwe theorie. De leerlingen kregen hiervoor tot aan het einde van het hoofdstuk de tijd. Toen heeft er een formatieve toets plaatsgevonden over het behandelde hoofdstuk. De formatieve toets diende ter voorbereiding op het daadwerkelijke proefwerk die de leerlingen in toetsweek vier zouden krijgen. De leerlingen werden niet becijferd voor deze toets en ze mochten hun mindmap erbij houden. Na de toets werden de mindmaps verzameld voor analyse. Hoe de data-analyse heeft plaatsgevonden wordt in §3.4 toegelicht. Ten slotte werden de ervaringen van de leerlingen opgehaald middels een anonieme enquête in de klas en zijn er nog drie aanvullende interviews geweest met leerlingen voor extra inzichten.



Figuur 3. Onderzoeksmodel

3.2.1 Respondenten

Het onderzoek is uitgevoerd in een 4VWO wiskunde B klas met in totaal veertien leerlingen. Er is bewust gekozen voor deze groep door het geringe aantal leerlingen. Dit maakte het voor de onderzoeker mogelijk om, in de gelimiteerde tijdsspanne, meer individuele data op te halen. Verschuren and Doorewaard (2007) beschrijven drie type informatie resource rollen: de respondent, de informant en de expert. Hierbij verschaft

- De *respondent* informatie over zichzelf;
- De *informant* informatie over anderen, bepaalde situaties en processen;
- De *expert* kennis over bepaalde thema's.

Het doel van dit onderzoek was niet om in kwantiteit data te verzamelen, maar om meer inzicht te vergaren in hoe de leerlingen het creëren en gebruiken van mindmaps ervaren. Daarom vervulden de leerlingen de rol van respondent in dit onderzoek.

Op het moment van uitvoering kregen de leerlingen les uit Getal & Ruimte 12^e editie deel 2 hoofdstuk 6 Differentiaalrekening (Dijkhuis et al., 2020). Binnen dit hoofdstuk staat de toepassing van de afgeleide centraal. Verder is dit hoofdstuk een vervolg op hoofdstuk 2 De afgeleide functie, dus de leerlingen waren al bekend met de afgeleide en de differentieerregels hiervoor (met uitzondering van de kettingregel).

3.2.2 Lesvoorbereidingen

In bijlage A worden de lesvoorbereidingen die gebruikt zijn voor de lessen weergegeven. In de lessen worden de voorwaarden voor het gebruik van mindmaps in de les zoals beschreven in §2.3 gebruikt. Allereerst hebben de leerlingen, bij aanvang van hoofdstuk 6 Differentiaalrekening, een presentatie gekregen over wat mindmaps zijn en hoe ze deze kunnen maken. De presentatie hiervoor is te vinden in bijlage A in de eerste lesvoorbereiding. In verband met de Covid-19 maatregelen volgden een deel van de leerlingen de les digitaal. Deze leerlingen zouden de volgende les weer op school komen, dus is aangegeven dat zij dan de A3-vellen zouden krijgen. Tevens is er toestemming gegeven voor het digitaal maken van een mindmap, zolang er de mogelijkheid was om een geprinte versie ervan te krijgen.

Eerst kregen de leerlingen een introductie over wat een mindmap is. Hierbij kregen leerlingen ook voorbeelden te zien van verschillende vormen van mindmaps. Hierbij is o.a. figuur 2 op het bord geprojecteerd. De leerlingen werden vervolgens gevraagd of hen iets opviel aan de mindmaps in figuur 2. Hierbij was het aan de leerlingen om in te zien dat de verbindingslijnen tussen de verschillende concepten in de ene mindmap gebogen waren en in de andere mindmap rechte lijnen waren. Er werd vervolgens aan de leerlingen benadrukt dat er verschillende vormen van mindmaps zijn en dat een mindmap dus een individuele creatie is zoals benoemd door Brinkmann (2003). Hierbij werd aan de leerlingen meegegeven dat ondanks dat het onderwerp hetzelfde kan zijn, dit toch resulteert in verschillende soorten mindmaps. Vervolgens werden er nog een aantal vormen van mindmaps gepresenteerd. Steeds werd er aan de leerlingen gevraagd om dingen op te noemen die hen opvielen. Dit kon kleurgebruik zijn, visualisaties, voorbeelden en dergelijke. Dit werd opgevolgd met een instructie over de componenten van een mindmap. Deze componenten zijn gebaseerd op criteria voor het beoordelen van mindmaps zoals beschreven door Evrekli et al. (2010). Dit wordt in §3.4.1 verder toegelicht.

Daarna kregen de leerlingen informatie over de voordelen van het gebruik van een mindmap. Deze voordelen waren gebaseerd op literatuur van o.a. Brinkmann (2003) en Ayal et al. (2016) en zijn uitgebreider aan bod gekomen in het theoretisch kader in §2. Naar aanleiding hiervan werd de opdracht voor de komende lessen aan de leerlingen gepresenteerd. Namelijk: het maken van een mindmap bij het hoofdstuk Differentiaalrekening. Hierbij was het de bedoeling dat de leerlingen na elke les hun mindmap zouden aanvullen met de nieuwe theorie van het hoofdstuk. Het was aan de leerlingen om te bepalen hoe de mindmap eruit kwam te zien en hoe ze de verschillende concepten in de mindmap zouden verwerken. De leerlingen mochten hierover overleggen en brainstormen zoals geadviseerd door Budd (2004), zolang ze maar wel hun eigen mindmap zouden inleveren.

De tweede lesvoorbereiding is tevens in bijlage A te vinden. In deze les kregen de leerlingen een formatieve toets over het hoofdstuk Differentiaalrekening. De leerlingen kregen 30 minuten de tijd om deze toets te maken. Op het moment van afname volgden nog steeds een deel van de leerlingen de les digitaal. Voor deze leerlingen stond de toets online klaar en werden er instructies voor hen geprojecteerd. Er is expliciet door de onderzoeker benadrukt dat er geen beoordeling aan deze toets verbonden is en dat het niet toegestaan is om het boek, aantekeningen of dergelijke te gebruiken. De enige toegestane hulpmiddelen waren een grafische rekenmachine en de mindmap. De leerlingen die digitaal de les volgden waren verplicht om de camera aan te zetten en goed zichtbaar te zijn. Zo is zoveel mogelijk getracht om een correcte afname te waarborgen. Na afloop heeft de onderzoeker de toets en de mindmaps van de leerlingen in de klas verzameld. De overige leerlingen hebben de toets digitaal bij de onderzoeker ingeleverd, en zijn geïnstrueerd om de volgende les de mindmap bij de onderzoeker in te leveren.

3.3 Instrumenten

Binnen dit onderzoek is gebruik gemaakt van een aantal instrumenten. In deze sectie worden de verschillende instrumenten toegelicht en beschreven hoe ze gebruikt zullen worden om de deelvragen te beantwoorden.

3.3.1 Literatuuronderzoek

Allereerst is een literatuurstudie uitgevoerd omtrent het gebruik van mindmaps in het wiskundeonderwijs. Voor het vinden van geschikte artikelen is een tabel opgesteld met verwante, algemenere en specifiekere termen die gebruikt kunnen worden als zoektermen, zoals te zien in tabel 1. Als databases zijn Google Scholar, Scopus en Web of Science gebruikt. Hierbij heeft de focus gelegen op onderzoeken binnen het voortgezet onderwijs en het vak wiskunde. Tevens is er gebruik gemaakt van referenties van relevante artikelen voor het vinden van aanvullende onderzoeken. Op basis hiervan is er een les ontworpen waarbij de leerlingen een introductie kregen over het maken van een mindmap.

Tabel 1. Zoektermen voor het literatuuronderzoek

Term	Verwante termen	Algemene term	Specifiekere termen
Mindmap	Structuur denken, gedachteverbeelding	Visuele weergave	Diagram
Samenvatting	Overzicht, uittreksel	Context	Relatie, verbanden leggen
Wiskundeonderwijs	Wiskundeopleiding	Onderwijs, middelbare school, bètaonderwijs	Wiskundeles, instructie

Met behulp van het literatuuronderzoek is de eerste onderzoeksvraag beantwoord. Tevens heeft het literatuuronderzoek als input gediend voor de lesopzet.

3.3.2 Mindmaps

Het tweede deel van de datacollectie bestond uit de gemaakte mindmaps van de leerlingen. De leerlingen kregen tot aan het einde van het hoofdstuk de tijd om hun mindmap te maken. Hiervoor moesten ze na elke les hun mindmap aanvullen met de nieuwe theorie. De gemaakte mindmaps zijn hierna door de onderzoeker verzameld en beoordeeld middels een opgestelde rubriek. Dit zal nader worden toegelicht in §3.4.1. De gemaakte mindmaps zijn gebruikt om als onderzoeker inzicht te vergaren in de functie die de mindmap volgens de leerlingen heeft en de verschillen tussen de gemaakte mindmaps kenbaar te maken. Hierbij kan gedacht worden aan verschillen in kleurgebruik, structuur en visualisaties tussen de mindmaps. De mindmap analyse heeft hiermee als input gediend voor het beantwoorden van de tweede deelvraag.

3.3.3 Formatieve toets

Nadat alle stof behandeld was, kregen de leerlingen een formatieve toets. Hierbij mochten ze hun mindmap gebruiken. De toets is te vinden in bijlage B. Bij de eerste vraag van de toets moesten de leerlingen met behulp van de afgeleide extreme waarden berekenen bij een gegeven functie en moeten ze rekenen met buigpunten. Bij de tweede vraag moesten de leerlingen exact het domein en bereik berekenen van een functie en werken met raaklijnen. In de laatste vraag moesten de leerlingen de coördinaten van een punt P berekenen bij twee lijnen die elkaar loodrecht snijden. In alle vragen kwamen kernbegrippen voor als *extreme waarden*, *domein*, *raakt*, *loodrecht* en *bereik*. Als leerlingen deze kernbegrippen (juist) hadden verwerkt in hun mindmap, dan konden ze hun mindmap raadplegen indien nodig. Zo zouden ze een sub-tak gecreëerd kunnen hebben tussen *extreme waarden* en *afgeleide nul stellen*. Voor deze toets kregen de leerlingen geen beoordeling, echter moesten ze wel een kruisje zetten bij elke vraag waarbij ze de mindmap gebruikt hebben. Dit gaf de onderzoeker

informatie over de mate waarin de leerlingen beroep hebben gedaan op hun mindmap per vraag. Tevens kon er inzicht worden vergaard in het type vragen waarbij de leerlingen hun mindmap hebben geraadpleegd. De resultaten van de formatieve toets hebben als input gediend voor het beantwoorden van de tweede deelvraag.

3.3.4 Enquête

Een veel gebruikt onderzoeksinstrument voor dataverzameling zijn enquêtes (Van der Donk & Van Lanen, 2016). Aan het einde van het onderzoek is een enquête afgenomen in de klas. Het doel van deze enquête was om te achterhalen hoe de leerlingen zowel het creëren als het gebruik van de mindmaps hebben ervaren, of het geholpen heeft bij het maken van de formatieve toets en of ze vaker een mindmap zouden willen maken en/of gebruiken binnen de wiskundeles. De gebruikte enquête is te vinden in bijlage C. De enquête bestond uit zowel gesloten als open vragen. Van der Donk & Lanen (2016) raden af om zelf vragenlijsten op te stellen in verband met de waarborging van validiteit van de vragen, daarom zijn bestaande vragen uit het onderzoek van Van der Vegt (2019) en Rosciano (2015) ten grondslag gebruikt. Verder is voor de gesloten vragen een vijf-punts Likert schaal gebruikt. Ten slotte is, om anonimiteit te waarborgen, de enquête anoniem afgenomen. Door middel van anonimiteit is getracht om een zo'n eerlijk mogelijk respons van de leerlingen te ontvangen. De enquêteresultaten zijn gebruikt voor het beantwoorden van zowel de tweede als de derde deelvraag.

3.3.5 Interviews

Ter aanvulling op de enquête hebben er nog drie semigestructureerde interviews plaatsgevonden met leerlingen voor extra verdieping. De leerlingen zijn gekozen op vrijwillige basis. Bij deze interview vormt een vooraf opgestelde vragenlijst met thema's en concepten die als richtlijn dienen tijdens het interview (Kajornboon, 2005). Echter is de onderzoeker bij deze interview vorm niet gebonden aan deze vragenlijst (Kajornboon, 2005). Dit betekent dat de volgorde van vragen verschillen en dat vervolgvragen gesteld kunnen worden die niet op de vragenlijst staan, afhankelijk van de antwoorden die gegeven worden. De gebruikte vragenlijst wordt weergegeven in bijlage D. Het doel van de interviews was om als onderzoeker een dieper begrip te krijgen van hoe de leerlingen het creëren en gebruiken van mindmaps hebben ervaren. De vragenlijst is opgedeeld in drie domeinen: (1) creëren van een mindmap, (2) gebruiken van de mindmap en (3) mindmaps bij wiskunde. Dit onderscheid is gemaakt om te waarborgen dat er zowel voor de tweede als derde onderzoeksvraag data wordt verzameld. In het eerste domein werden de leerlingen gevraagd in te gaan op hoe ze het creëren van de mindmap hebben ervaren. Was er voldoende instructie om hiermee aan de slag te gaan? Waren ze gemotiveerd om hiermee aan de slag te gaan? Hierbij lag met name de focus op hun ervaring rondom het creatie proces. Het tweede domein gaat specifiek in op het gebruik van de mindmap. Hierbij werden de leerlingen gevraagd naar hun ervaring omtrent het toepassen van hun gemaakte mindmap. De focus lag hier met name op *of* de mindmap heeft bijgedragen bij het maken van de formatieve toets en zo ja, *hoe* de mindmap hierin heeft bijgedragen. Hierbij kwam ook de rol van de mindmaps aan bod. In het derde domein werden de leerlingen gevraagd of ze vaker mindmaps willen gebruiken bij het vak wiskunde en wat hun algemene ervaring was bij het toepassen van een mindmap bij Differentiaalrekening. De interviewdata zijn gebruikt voor het beantwoorden van zowel de tweede als de derde deelvraag.

3.4 Data-analyse

Zoals hierboven beschreven, zijn er verschillende type data verzameld. In deze sectie wordt beschreven hoe de data van ieder onderzoeksinstrument geanalyseerd is.

3.4.1 Mindmaps

Voor het analyseren van de mindmaps is een scoremodel opgesteld conform wetenschappelijke literatuur. Anohina and Grundspenkis (2009) beschrijven drie manieren die gebruikt kunnen worden voor de beoordeling van mindmaps van leerlingen: (1) het evalueren van de componenten, (2)

vergelijking met een 'expert'-mindmap en (3) een combinatie van (1) en (2). Voor dit onderzoek is ervoor gekozen om gebruik te maken van *een evaluatie van de componenten* van de mindmap, zoals beschreven door Anohina and Grundspenkis (2009). Hierbij wordt specifiek gekeken naar de verschillende componenten waaruit de mindmap bestaat. Uit hoeveel lagen bestaat de mindmap? Worden er juiste relaties weergegeven? Wordt er gebruik gemaakt van figuren? Door naar de componenten van de mindmap te kijken, kon de onderzoeker een oordeel vellen over de mate waarin de leerlingen diepgang hebben aangebracht in hun mindmap, maar ook de mate van creativiteit die is toegepast bij het maken van de mindmap. Voor het evalueren van de componenten is het scoresysteem zoals ontwikkeld door Evrekli et al. (2010) als input gebruikt. Dit scoresysteem is gebaseerd op het evalueren van de componenten van een mindmap. Hiervoor worden de volgende criteria gebruikt: gelaagdheid, voorbeelden, relaties, kleur, visualisaties en correctheden. Evrekli et al. (2010) hebben kwantitatief de criteria gescoord, echter de insteek van de beoordeling binnen dit onderzoek was niet om leerlingen een "cijfer" te geven voor hun mindmap. Het doel van de beoordeling was om als onderzoeker inzicht te vergaren in hoe de leerlingen hun mindmap hebben gestructureerd en gevisualiseerd. De beoordeling was kwalitatief van aard en voor het creëren van het beoordelingsmodel is het scoresysteem van Evrekli et al (2010) en de rubriek voor het beoordelen van mindmaps zoals gemaakt door Rosciano (2015) als input gebruikt. In bijlage I wordt de opgestelde rubriek weergegeven.

3.4.2 Formatieve toets

Omdat het meenemen van toets resultaten en kwantitatieve leerling prestaties niet tot de scope van dit onderzoek behoren, werd de formatieve toets niet beoordeeld met een cijfer. Echter, de formatieve toets bladen zijn wel door de onderzoeker verzameld en er is een frequentietabel opgesteld per vraag met het aantal kruisjes bij ieder hokje.

3.4.3 Enquête en interviews

De interviews zijn opgenomen voor het schrijven van een transcript, met toestemming van de geïnterviewde. Voor zowel de analyse van de interviewtranscripten en de enquêteresultaten is er voor de open vragen gebruik gemaakt van de software Atlas.ti. Dit is software waarbij kwalitatieve data van o.a. interviews en enquêtes kan worden geanalyseerd door middel van codering. Hierbij zijn de technieken open en axiaal coderen toegepast. Bij open coderen wordt er een label toegekend aan een bepaald statement. Bij axiaal codering worden vervolgens de labels gegroepeerd om categorieën te vormen. Op deze manier worden zowel de enquêteresultaten als de interviewresultaten vergeleken door middel van patroonvergelijking en kunnen er conclusies worden gevormd. Bijvoorbeeld als er in de enquête en/of de interviews door een leerling iets gezegd werd over maken van de mindmap, dan viel dit onder het label *creëren mindmap*. Voor de antwoorden van de gesloten vragen van de enquête is er een frequentietabel opgesteld voor elke variabele om een overzicht te krijgen van de resultaten en conclusies hieruit te trekken.

3.5 Validiteit

Om de begripsvaliditeit van dit onderzoek te waarborgen is gebruik gemaakt van meerdere databronnen. Het gebruik van meerdere databronnen heet *data triangulatie* en helpt bij het versterken van de betrouwbaarheid van het onderzoek (Yin, 2014). Ten tweede, is er rekening gehouden met de interne validiteit. Deze vorm houdt in dat er correct geredeneerd is en dat de waargenomen conclusies als waar kunnen worden aangenomen. Dit is in dit onderzoek gewaarborgd door de verschillende databronnen met elkaar te vergelijken en zowel vergelijkbare als concurrerende resultaten toe te lichten. Tot slot beschrijft Yin (2014) het waarborgen van de externe validiteit. Deze vorm houdt in dat de onderzoeksresultaten gegeneraliseerd kunnen worden, ongeacht de gebruikte onderzoeksmethode (Yin, 2014). Dit onderzoek is echter maar in één wiskunde B klas uitgevoerd, wat betekent dat de resultaten gebaseerd zullen zijn op de ervaringen van slechts één klas. Dit beïnvloedt de generaliseerbaarheid van de onderzoeksresultaten. Echter, de externe validiteit in dit onderzoek is



gewaarborgd door het uitgebreid beschrijven van de onderzoeksprocedure en transparantie te bieden in de gemaakte onderzoekstappen. Dit geeft een andere partij de mogelijkheid het onderzoek te reproduceren met vergelijkbare onderzoeksresultaten als gevolg.

3.6 Afbakening

Door de gelimiteerde omvang en tijdsspanne van het onderzoek, is ervoor gekozen om te focussen op één wiskunde onderwerp, dat behandeld werd op moment van uitvoering (Differentiaalrekening). Om voldoende tijd te hebben voor de beoordeling van alle mindmaps, is er tevens voor gekozen om dit onderzoek maar in één klas uit te voeren. Verder lag de focus van dit onderzoek op de leerervaringen van de individuele leerling, en niet op het vergelijken van verschillende klassen, leerniveaus of dergelijke.

4. Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten van ieder meetinstrument gepresenteerd. Allereerst zullen de resultaten van de mindmap analyse besproken worden. Daarna worden de resultaten van de formatieve toets gepresenteerd. Ten slotte volgen de resultaten van zowel de enquête als de interviews.

4.1 Mindmaps

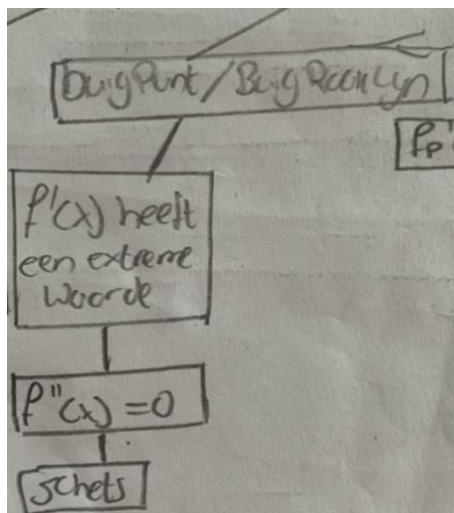
Na afloop van de formatieve toets zijn de mindmaps verzameld door de onderzoeker en beoordeeld door middel van het beoordelingsmodel in bijlage I. De resultaten hiervan staan samengevat in een frequentietabel, zie tabel 2.

Tabel 2. Frequentietabel criteria beoordeling mindmaps

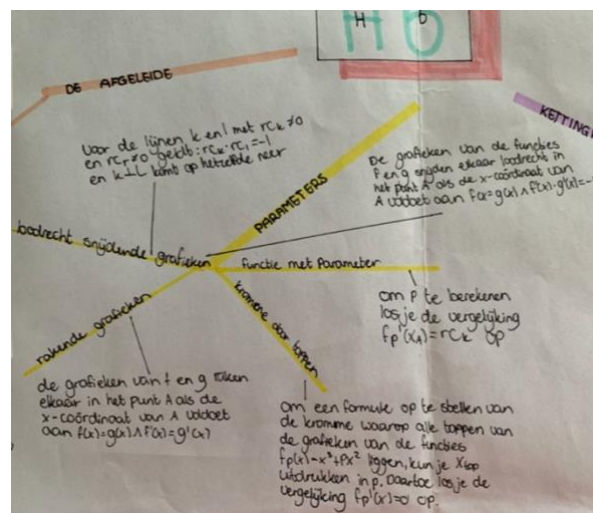
Categorie	Frequentie score		
	Afwezig	Incidenteel	Structureel
Gelaagdheid	4	2	8
Relaties	2	2	10
Kleur	7	2	5
Voorbeelden		4	10
Visualisaties	12		2
Correctheden		3	11

Gelaagdheid

Niet alle leerlingen hebben gebruik gemaakt van meerdere lagen in hun mindmap. Er zijn twee leerlingen die hun mindmap hebben opgedeeld in vier kwadranten: 6.1, 6.2, 6.3 en 6.4. Ofwel de vier paragrafen van het hoofdstuk. Hierbij hebben ze eigenlijk een samenvatting gemaakt van wat er in iedere paragraaf staat. De meeste leerlingen hebben in totaal twee lagen in hun mindmap. In figuur 4 wordt een voorbeeld gegeven van een leerling die een aparte tak heeft gemaakt voor de buigpunten. Vervolgens in de tweede tak heeft de leerling $f'(x)$ heeft een extreme waarde neergezet. In de derde tak heeft de leerling aangegeven dat hierbij *de tweede afgeleide is nul* hoort en tot slot dat er een schets gemaakt moet worden. Deze leerling heeft dus in totaal gebruik gemaakt van vier lagen. Een ander voorbeeld van gelaagdheid is te zien in figuur 5. Hier is te zien dat een leerling een tak *parameters* heeft gecreëerd en deze vervolgens weer heeft opgedeeld in vier sub-takken met voorbeelden. Hierbij is te zien dat de leerling de takken in sleutelwoorden weergeeft, maar bij de voorbeelden complete zinnen gebruikt.



Figuur 4. Voorbeeld A - Gelaagdheid



Figuur 5. Voorbeeld B - Gelaagdheid

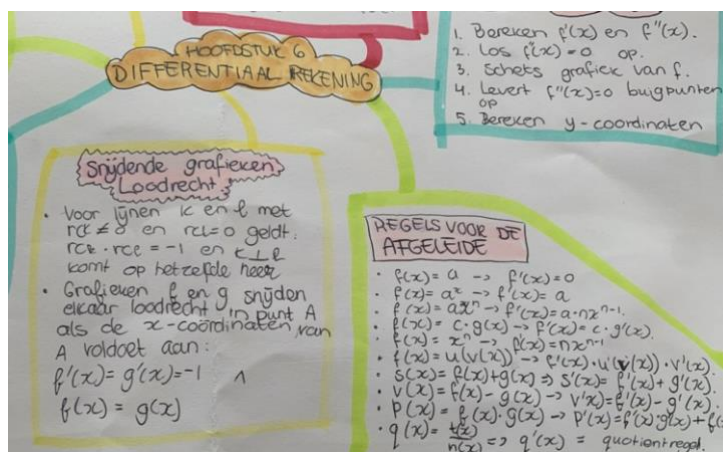


Relaties

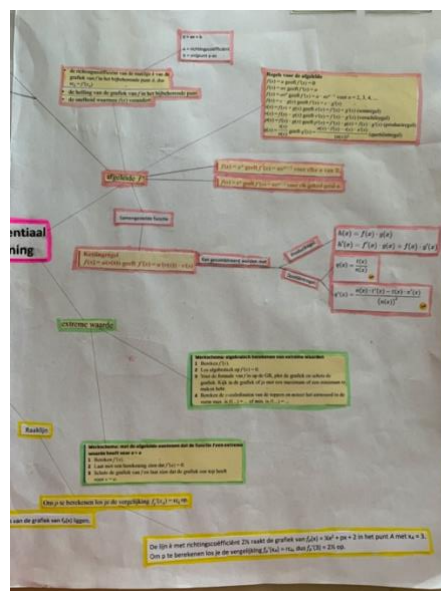
Vrijwel alle mindmaps bevatten verbindingslijnen om de relaties tussen de begrippen weer te geven. Er zijn twee leerlingen die hun mindmap hebben opgedeeld in vier kwadranten, en dus officieel geen verbindingslijnen hebben toegevoegd in de mindmap. Hoe de relaties worden weergegeven verschilt per leerling. De ene leerling heeft gekozen voor strakke lijnen, zoals te zien in figuur 5, een andere leerling heeft de takken gebogen gemaakt zoals in figuur 6.

Kleur

De mate van kleurgebruik is redelijk verdeeld over de leerlingen. De leerlingen die kleur hebben gebruikt in hun mindmap, hebben dit met name ingezet om de takken van hun mindmap van elkaar te onderscheiden. Zo is in figuur 6 te zien dat een leerling verschillende kleuren voor verschillende deelonderwerpen heeft toegekend. Er is één leerling die zijn mindmap heeft ingedeeld in vier kwadranten, waarbij iedere kwadrant in een andere kleur wordt weergegeven. Een andere leerling heeft kaders gemaakt rondom elk begrip en alle begrippen die bij elkaar horen (dus onder dezelfde tak vallen) dezelfde kleur gegeven, zoals te zien in figuur 7. In totaal hebben zeven leerlingen geen kleur gebruikt in hun mindmap. Deze mindmaps waren vaak volledig met potlood of pen gemaakt, een voorbeeld hiervan is te zien in figuur 4.



Figuur 6. Voorbeeld A - Kleur



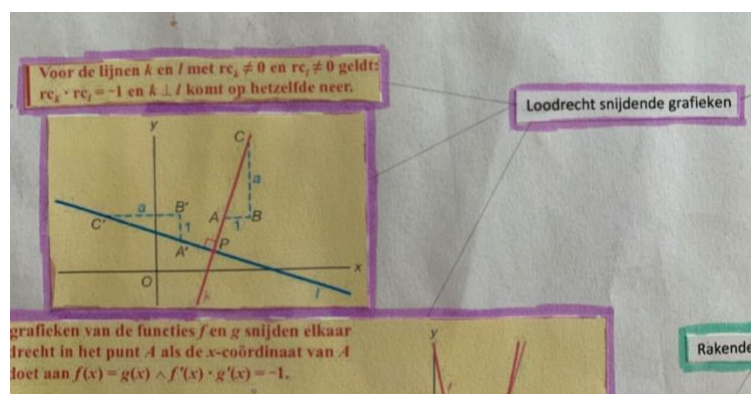
Figuur 7. Voorbeeld B - Kleur

Voorbeelden

De meeste leerlingen hebben voorbeelden gegeven bij de verschillende begrippen. Deze voorbeelden bestonden met name uit formules en voorbeelden zoals deze gegeven worden in hun wiskundeboek. Eén leerling heeft de voorbeelden uit het boek gekopieerd en geplakt in zijn mindmap zoals te zien in figuur 7. Opvallend is dat meerdere leerlingen met name de verschillende rekenregels en formules als een soort samenvatting op hun mindmap hebben weergegeven. Zo heeft een leerling alle regels van de afgeleide op zijn/haar mindmap weergegeven, zie figuur 6. Tevens hebben leerlingen complete stappenplannen vermeld in hun mindmap.

Visualisaties

In totaal hebben er twee leerlingen gebruik gemaakt van visualisaties in hun mindmap. Twee leerlingen hebben de figuren uit de theorieblokken van het wiskundeboek gekopieerd en bij de verschillende sub-thema's geplakt. Een voorbeeld hiervan is te zien in figuur 8. In de figuur is te zien dat de leerling bij het sub-thema *loodrecht snijdende grafieken* het bijbehorende figuur, zoals weergegeven in het wiskundeboek, heeft toegevoegd. Bij de overige leerlingen worden geen visualisaties weergegeven.



Figuur 8. Voorbeeld visualisatie

Correctheden

Er zijn vrij weinig incorrectheden in de mindmaps te vinden. Aan de formulering van de inhoud van de mindmaps is te zien dat de leerlingen informatie hebben overgenomen uit hun wiskunde boek¹. Hieruit valt te verklaren dat er weinig incorrecte verbanden of aantoonbare fouten in de mindmaps te vinden zijn. Er is één leerling die een verkeerd voorbeeld geeft bij het differentiëren met behulp van de kettingregel en een andere leerling die de regel voor loodrecht snijdende functies in een punt ($f'(x) \cdot g'(x) = -1$) verkeerd heeft opgeschreven. De overige fouten waren incidentele slordigheden met het opschrijven van regels of het vergeten van accenten.

Conclusie

Er zijn in totaal veertien mindmaps beoordeeld met behulp van de rubriek in bijlage I. Bij de componenten *gelaagdheid*, *relaties*, *voorbeelden* en *correctheden* is het vaakst de beoordeling *structureel* gegeven. Ondanks dat de inhoud van de mindmaps erg op elkaar lijken (leerlingen hebben veel gebruik gemaakt van wat er letterlijk in het boek staat), zijn de mindmaps erg verschillende van elkaar qua structuur en opmaak. Sommige leerlingen hebben gewerkt met strakke lijnen en kaders rondom de begrippen, andere leerlingen hebben gewerkt met gebogen lijnen en wolkjes. Hetzelfde geldt voor het kleurgebruik. De ene leerling heeft systematisch met één kleur gewerkt, en de andere leerling heeft alle takken een andere kleur gegeven. In totaal hebben twee leerlingen hun mindmap opgedeeld in vier kwadranten waarbij er geen relaties worden gegeven. Deze twee leerlingen hebben daarmee een samenvatting van het hoofdstuk gemaakt, in plaats van een mindmap gecreëerd die verbanden tussen verschillende concepten laat zien.

4.2 Formatieve toets

In bijlage B wordt de formatieve toets weergegeven. De leerlingen mochten bij deze toets alléén hun mindmap gebruiken. In tabel 3 wordt een frequentietabel weergegeven waarin voor elke vraag aangegeven staat hoe vaak het hokje is aangevinkt.

Tabel 3. Frequentietabel resultaten formatieve toets

Toetsvraag	Frequentie hokjes aangevinkt
1a	3
1b	6
1c	9
2a	6
2b	1
2c	8
3	10

¹ Getal en Ruimte (2020). *Hoofdstuk 6 Differentiaalrekening*. VWO wiskunde B deel 2. 12^e editie.

In verband met de maatregelen werd de formatieve toets deels fysiek in de klas en deels online afgenomen. In totaal zijn de leerlingen veertig minuten bezig geweest met de formatieve toets. Tabel 3 laat zien dat bij elke vraag er minstens één leerling is geweest die de mindmap erbij heeft gepakt. Bij de vragen 1c, 2c en 3 is het vaakst een beroep op de mindmap is gedaan. Deze drie vragen waren de meeste punten waard en bevatten de meeste denkstappen. Bij de vragen 1a en 2b is er het minst vaak beroep op de mindmap gedaan. Deze vragen waren redelijk rechttoe-rechtaan en de leerlingen waren al een tijd bekend met de begrippen domein, bereik en extreme waarde.

4.3 Enquête

In deze sectie worden de enquêteresultaten gepresenteerd.

4.3.1 Resultaten gesloten vragen

In bijlage G wordt een frequentietabel weergegeven van resultaten van de gesloten vragen. Hieronder volgt een samenvatting van de resultaten in deze tabel. De resultaten kunnen gecategoriseerd worden in twee groepen: (1) creëren/gebruik van mindmaps bij wiskunde en (2) toepassen van de mindmap bij de formatieve toets.

(1) Creëren/gebruik van mindmaps bij wiskunde

De meerderheid van de leerlingen heeft aangegeven in staat te zijn een mindmap te maken bij een onderwerp. Er zijn vier stellingen waarbij de meerderheid van de leerlingen “eens” of “helemaal eens” hebben geantwoord:

- Ik weet hoe ik een mindmap bij een bepaald onderwerp kan maken;
- Ik vind het handig om een mindmap te gebruiken bij wiskunde;
- Mindmaps helpen bij het structureren en overzichtelijk maken van de lesstof bij wiskunde;
- Mindmaps zijn handig als samenvatting voor de toets voor wiskunde.

Verder zijn leerlingen verdeeld over de stelling of een mindmap maken leuk is. Vijf leerlingen hebben hier “oneens” of “helemaal oneens” ingevuld, vier leerlingen “eens” of “helemaal eens” en de overige leerlingen hebben “neutraal” ingevuld. De leerlingen zijn ook verdeeld bij de stelling *“Dankzij de mindmap heb ik een beter overzicht op het onderwerp Differentiaalrekening”*. Hierbij hebben drie leerlingen “oneens” gescoord, vier leerlingen “neutraal” en zeven leerlingen “eens”. Tevens heeft de meerderheid van de leerlingen aangegeven niet hun mindmap na elke les met nieuwe theorie te hebben aangevuld. Ten slotte geven zeven leerlingen aan dankzij de mindmap beter overzicht te hebben op het onderwerp Differentiaalrekening. Drie leerlingen waren het oneens met deze stelling en de overige leerlingen hebben ‘neutraal’ geantwoord.

(2) Toepassen van de mindmap bij de formatieve toets.

De meerderheid van de leerlingen geeft aan dat de mindmap hen geholpen heeft om de formatieve toets te maken. Hierbij is er één leerling die het “helemaal oneens” was bij deze stelling. Opvallend is dat bij de stelling *“de mindmap heeft mij geholpen om een begin te maken aan bepaalde opgaven op de toets”* er in totaal tien leerlingen “eens” of “helemaal eens” hebben aangegeven. Bijna alle leerlingen (13/14) geven aan dat ze de formatieve toets moeilijk vonden. Daarnaast geeft de meerderheid van de leerlingen (9/14) “oneens” of “helemaal oneens” aan bij de stelling *“de mindmap heeft geen invloed gehad op mijn resultaat bij de formatieve toets”*. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de meerderheid van de leerlingen van mening was dat de mindmap een effect heeft gehad op hun resultaten bij de formatieve toets.

4.3.2 Resultaten open vragen

In bijlage G wordt de ruwe data van de open vragen gepresenteerd in tabellen 10-14. In deze sectie wordt per vraag een frequentietabel weergegeven van de open vragen. Hierbij zijn de resultaten onderverdeeld in drie categorieën: *niet*, *neutraal* en *wel*. In de derde kolom wordt de gegeven reden

van de leerling gegeven voor de categorie en in de laatste kolom wordt de frequentie van de gegeven reden weergegeven.

Vraag 3: Waarom vind je het gebruik van mindmaps bij wiskunde wel/niet nuttig?

Tabel 4. Frequentietabel vraag 3 van de enquête

	Frequentie	Reden	Frequentie reden
Niet	1	Kost te veel tijd	1
Neutraal	2	Zelfde als samenvatting	2
Wel	11	Beter onthouden	1
		Gemakkelijk informatie terugvinden	3
		Informatie overzichtelijk maken	5
		Links/verbanden leggen	1
		Samenvatting van de stof	1

De meerderheid van de leerlingen (11/14) geeft bij de derde vraag van de enquête aan het gebruik van mindmaps wel nuttig te vinden. De meest gegeven reden hiervoor is dat een mindmap een overzicht biedt van de stof. Tevens hebben drie leerlingen aangegeven dat het vinden van informatie in een mindmap makkelijker is, omdat ze dan niet door hun boek hoeven te bladeren. Bij de categorie “neutraal” geven twee leerlingen aan dat het gebruik van een mindmap hetzelfde voor hen is als een samenvatting. Er is één leerling die aangeeft een mindmap niet nuttig te vinden, omdat het te veel tijd kost om een mindmap te maken.

4. Waarom heeft het maken van de mindmap wel of niet geholpen bij het beter begrijpen van de stof?

Tabel 5. Frequentietabel vraag 4 van de enquête

	Frequentie	Reden	Frequentie reden
Niet	5	Geen invloed	2
		Alleen kernpunten	1
		Begrip door les/huiswerk	1
Neutraal	-	-	-
Wel	9	Opnieuw nadenken/opschrijven stof	2
		Stappenplannen beter leren	1
		Informatie overzichtelijk maken	3
		Links/verbanden leggen	1
		Samenvatting van de stof	2

Negen leerlingen geven aan dat de mindmap wel heeft geholpen bij het beter begrijpen van de stof. Hierbij vallen verscheidene redenen als *informatie overzichtelijk maken*, *verbanden en links leggen*, *stappenplannen beter leren* en *het hebben van een samenvatting van de stof*. Eén leerling geeft aan dat het maken van een mindmap ervoor zorgt dat er opnieuw wordt nagedacht over de stof. Een andere leerling benoemde dat het helpt, omdat de stof een keer wordt opgeschreven. Daartegenover vinden vijf leerlingen dat de mindmap niet heeft geholpen bij het beter begrijpen van de stof. Twee leerlingen hebben ingevuld dat de mindmap geen invloed heeft gehad op het begrip. Eén leerling is van mening dat het begrip kwam van de lessen en het huiswerk, en niet door de mindmap. Een andere leerling heeft aangegeven dat een mindmap alleen de kernpunten bevat en dat in het boek de stof uitgebreider aan bod kwam. De vijfde leerling die onder deze categorie valt heeft geen reden gegeven.

5. Waarom heeft de mindmap wel/niet geholpen bij het maken van de formatieve toets?

Tabel 6. Frequentietabel vraag 5 van de enquête

	Frequentie	Reden	Frequentie reden
Niet	2	Toetsniveau te hoog	2
Neutraal	1	Handig, zonder ook gelukt	1
Wel	11	Begin maken	4
		Informatie gebruiken	7

Elf leerlingen geven aan dat de mindmap wel heeft geholpen bij het maken van de formatieve toets. De redenen hiervoor kunnen worden gecategoriseerd in twee groepen: *begin maken* en *informatie gebruiken*. Vier leerlingen benoemen dat de mindmap heeft geholpen bij het begin maken van een opgave. Zeven leerlingen zeggen informatie, zoals stappenplannen/werkschema's en rekenregels, van de mindmap te hebben gebruikt tijdens de formatieve toets. Eén leerling vond de mindmap wel handig, maar geeft aan dat het zonder ook zou zijn gelukt. Twee leerlingen vonden de toetsvragen te moeilijk en kwamen er met de mindmap ook niet uit.

6. Ga je de mindmap gebruiken ter voorbereiding op de toets wiskunde in de aankomende toetsweek? Leg uit waarom wel of niet.

Tabel 7. Frequentietabel vraag 6 van de enquête

	Frequentie	Reden	Frequentie reden
Niet	2	Overbodig	1
		Niet uitgebreid/af	1
Neutraal	1	Misschien/denk het	1
Wel	11	Overzicht/samenvatting van de stof	9
		Het helpt	1
		Even naar kijken	1

Elf leerlingen geven aan de mindmap wel te gaan gebruiken ter voorbereiding op hun toets in de toetsweek. De meerderheid van deze elf leerlingen geeft als reden dat de mindmap een overzicht/samenvatting biedt van alle stof. Eén leerling benoemt dat de mindmap helpt en een andere leerling zegt er even naar te gaan kijken. Eén leerling laat het nog in het midden of hij/zij de mindmap zal gaan gebruiken. Twee leerlingen rapporteren de mindmap niet te gaan gebruiken. Hiervan geeft de ene leerling aan de mindmap niet af te hebben en de ander de mindmap overbodig te vinden.

7. Ga je vaker gebruik maken van een mindmap bij wiskunde? Leg uit waarom wel of niet.

Tabel 8. Frequentietabel vraag 7 van de enquête

	Frequentie	Reden	Frequentie reden
Niet	8	Kost te veel tijd	5
		Andere format makkelijker	1
Neutraal	3	Afhankelijk van de tijd	1
		Afhankelijk van het hoofdstuk	1
Wel	3	Het is leuk	1
		Het scheelt tijd	1

De meerderheid van de leerlingen geeft aan niet vaker een mindmap te gaan gebruiken bij wiskunde. De meest gegeven reden hiervoor is dat een mindmap maken te veel tijd kost. Eén leerling vindt het

fijner om een samenvatting te maken in plaats van een mindmap en twee leerlingen geven geen verdere reden. Drie leerlingen laten het nog in het midden met als reden dat het afhankelijk is van de beschikbare tijd en het hoofdstuk dat op dat moment behandeld wordt. Eén leerling geeft aan misschien vaker een mindmap te gebruiken, maar geeft geen reden. Drie leerlingen hebben aangegeven wel een mindmap te gaan gebruiken bij wiskunde in de toekomst. Eén leerling geeft als reden dat een mindmap maken erg leuk is en de ander dat het tijd scheelt. Eén leerling geeft geen reden.

4.4 Interviews

In totaal hebben er drie verdiepende interviews plaatsgevonden ter aanvulling op de enquête. De codering van de interviews is te vinden in bijlage H. De interviewresultaten zijn onderverdeeld in de volgende categorieën: (1) input, (2) mindmap, (3) formatieve toets, (4) voordelen, (5) nadelen en (6) algehele ervaring. Ieder onderdeel zal hieronder toegelicht worden waarbij de meest relevante quotes uit het interview ter onderbouwing zijn toegevoegd.

Input

Uit de interviewresultaten blijkt dat de leerlingen de uitleg die ze vooraf hebben gekregen duidelijk vonden en dat ze aan de hand van deze uitleg met de opdracht aan de slag konden. Eén leerling gaf als suggestie om vooraf een mindmap van een wiskundig onderwerp te laten zien.

I1: "De uitleg die u toen gaf was goed. U gaf duidelijk een aantal voorbeelden en daar stond het heel kort op."

I2: "Misschien had u ook nog een voorbeeld van een mindmap van wiskunde kunnen laten zien."

Mindmap

Het creëren van de mindmap ervoeren de leerlingen als tijdrovend. Alle drie de leerlingen hebben in het interview aangegeven dat ze de mindmap niet na elke les hebben aangevuld. Twee leerlingen gaven hierbij aan dat het prettig is om een mindmap later in het leerproces te maken. De ene leerling gaf aan dit prettig te vinden omdat de leerling dan meer kennis heeft over het onderwerp. De andere leerling gaf aan dat dit het fijner was met indelen van de mindmap.

I1: "Zoveel mogelijk in één keer gedaan. Vond ik prettiger, voor de indeling en zo. Dan kan ik het beter indelen en nadenken over het onderwerp, in plaats van opeens een mindmap maken."

I2: "Het is wel handig om ermee bezig te gaan als u uitleg heeft gegeven en ik meer kennis over het onderwerp heb."

I3: "Ik dacht eerst 'ik ga het per paragraaf doen', maar uiteindelijk was ik het vergeten. De laatste drie heb ik toen in één gedaan, maar dat is dan wel handig dat ik het al weet."

Twee leerlingen gaven in het interview aan dat de mindmap geholpen heeft om het onderwerp Differentiaalrekening te begrijpen. Eén leerling gaf als reden dat mindmap geholpen heeft bij het combineren van verschillende theorieblokken met elkaar. Een andere leerling gaf aan dat het heeft geholpen, omdat je de stof nog een keer herhaald en doordat je er bewust mee bezig bent het helpt om het onderwerp beter te begrijpen. De leerling uit het eerste interview vond niet dat de mindmap geholpen had om het onderwerp beter te begrijpen, maar vond het wel fijn om bij dit onderwerp een mindmap te maken omdat hij/zij dan niet door het boek hoefde te bladeren.

I1: "Wel fijn om te maken. Mijn eerste reactie was niet yay, maar ook niet vervelend. Meer van oh een opdracht. Achteraf gezien vond ik het wel fijn om te doen. Het geeft namelijk duidelijkheid van het aantal formules die je hebt. Het is overzichtelijker, je hoeft namelijk niet de hele tijd door het boek te bladeren."

I2: "Ik vond het wel leuk en leerzaam want je leert ook verschillende theorieën te combineren met elkaar en dat is wel handig."

I3: "Omdat je het dan nog een keer herhaald en dan komt het beter binnen omdat je het een keer opschrijft. Dan ben je er bewust mee bezig. Zo zie je de verbanden tussen de verschillende onderwerpen".

Formatieve toets

Bij het gebruik van de mindmaps bij de formatieve toets gaf één leerling aan dat het prettig was om de aanpak te kunnen controleren. Twee leerlingen gaven hierbij aan dat het prettig is om de stappenplannen bij de hand te hebben. Alle drie de leerlingen benoemden dat de mindmap hielp bij het begin maken van een opgave. Tevens gaf één leerling aan dat de mindmap hielp bij het sneller maken van de vragen in de toets. Dezelfde leerling gaf echter ook aan dat de formatieve toets ook zou zijn gelukt zonder de mindmap.

I1: "Om mijn aanpak en antwoorden te controleren".

I2: "Ja heel erg op weg geholpen. Ik kon bij elke vraag een begin maken. Hierdoor snapte ik ook de vragen."

I3: "Bij sommige dingen dacht ik 'hoe moet het ook alweer?' en dan had ik het netjes in mijn mindmap staan. Dan ga je er iets sneller doorheen zeg maar."

I3: "Het is wel een toevoeging, maar zonder was het ook gelukt."

Voordelen

In alle drie de interviews worden er voordelen benoemd voor het maken en gebruiken van een mindmap. Zo vonden de leerlingen dat een mindmap overzichtelijk de stof weergeeft en benoemden twee van de drie leerlingen expliciet dat ze het fijn vonden om een samenvatting van de stof te hebben. In het tweede interview gaf de leerling aan het prettig te vinden dat er een verband wordt gelegd tussen de verschillende theorieblokken. Een andere leerling vond het prettig creatief bezig te zijn met wiskunde en benoemde hierbij dat het maken van een mindmap een afwisseling van leermethode is.

I1: "Achteraf gezien vond ik het wel fijn om te doen. Het geeft namelijk duidelijkheid van het aantal formules die je hebt. Het is overzichtelijker, je hoeft namelijk niet de hele tijd door het boek te bladeren."

I2: "Alles staat overzichtelijk bij elkaar."

I2: "Het heeft mij geholpen met het verbanden leggen tussen verschillende theorieblokken."

I3: "Ik vond het wel leuk. Je bent even creatief bezig en bij wiskunde ben je dat nooit."

Nadelen

De meest voorkomende nadeel die genoemd werd, is dat het maken van een mindmap tijdrovend is. Verder gaf één leerling aan dat hij/zij voorkeur geeft aan een samenvatting waar de stof onder elkaar in tekst samengevat wordt in plaats van een mindmap. Hierbij gaven leerlingen aan dat een kant-en-klare mindmap van de docent prettiger is, omdat het tijd scheelt en alle onderwerpen er dan goed in staan. Ondanks de benoemde nadelen gaf één leerling wel aan dat dat in de tijd die je in het maken van een mindmap gestoken wordt, je tegelijkertijd ook de stof leert.

I1: "Een mindmap vind ik zelf wel plat, het is minder overzichtelijk omdat ik niet zo netjes schrijf en dan raakt het door elkaar."

I1: "Maar als ik zelf een samenvatting zou maken, dan zou ik eerder een samenvatting maken."

I2: "Ik krijg er liever één, want er gaat best veel tijd in zitten om alles netjes in een mindmap te zetten. Maar met de tijd die je erin steekt, leer je er eigenlijk ook wel van."

I3: "Ik weet niet of ik heel veel tijd eraan zou besteden om het te maken, maar als iemand zo een mindmap heeft dan is dat wel handig."



Algehele ervaring

Terugkijkend op hun ervaring met het maken en gebruiken van een mindmap bij Differentiaalrekening zijn de leerlingen positief. Twee leerlingen gaven aan dat ze hun gemaakte mindmap gaan gebruiken ter voorbereiding op hun toets in de toetsweek. Eén leerling gaf aan dat het zijn ogen geopend heeft om weer bij wiskunde samenvattingen te gaan maken.

I1: "In het begin heb ik niet veel gedaan, maar het was wel fijn om te doen. Ik vond het een fijne ervaring. Het heeft mijn ogen weer geopend dat ik wel weer samenvattingen kan gaan maken"

I2: "Ik ga hem denk ik wel gebruiken bij de voorbereiding van de toets en bij het oefenen als ik er niet uitkom."

I2: "Ik vond het zelf heel leuk want je leert ook verschillende theorieën te combineren met elkaar en dat is wel handig."

I3: "Achteraf gezien wel blij dat ik het gedaan heb. Voor de volgende toets ga ik mijn mindmap nog even doorkijken."

5. Conclusie, discussie en aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden naar aanleiding van de onderzoeksresultaten de conclusies van dit onderzoek gepresenteerd. Ten slotte worden de discussie en limitaties van dit onderzoek besproken. Op basis hiervan volgen er aanbevelingen voor verder onderzoek.

Naar aanleiding van de onderzoeksresultaten zal getracht worden om de hoofdvraag van dit onderzoek te beantwoorden:

“Wat is het effect van mindmaps, gezien vanuit het perspectief van leerlingen uit een 4VWO wiskunde B klas, bij het onderwerp Differentiaalrekening?”

5.1 Conclusies

In deze paragraaf worden de conclusies van de deelvragen besproken. Tot slot wordt getracht de hoofdvraag te beantwoorden.

Deelvraag 1: Welke rol spelen mindmaps in het wiskundeonderwijs en hoe kunnen deze in de les toegepast worden?

De rol van mindmaps in het onderwijs kan verschillende vormen aannemen. Een docent kan een mindmap voor de leerlingen maken en deze presenteren als een samenvatting. Leerlingen daarentegen kunnen een eigen mindmap maken en deze gebruiken ter voorbereiding op een toets, tijdens het maken van opgaven of als samenvatting tijdens het leerproces. Het gebruik van mindmaps in het onderwijs biedt meerdere voordelen. Zo dragen mindmaps bij aan het structureren en verwerken van informatie, het onthouden van lesstof en het visualiseren en verbinden van concepten en diens interrelaties. Binnen de wiskunde kunnen mindmaps ingezet worden om de verschillende wiskundige concepten en de verbanden te presenteren. Dit kan een leerling helpen bij het leggen van connecties tussen de verschillende concepten en kan positief bijdragen aan de begripsvorming. Het maken van een mindmap zet de leerling aan het nadenken over de stof en stimuleert tevens het creatief vermogen.

Tijdens het creëren van de mindmaps heeft de docent een ondersteunende rol. Een mindmap is een persoonlijke creatie van een leerling, waarbij het aan de leerling is om te bepalen hoe hij/zij haar mindmap vormgeeft. Wel zijn er een aantal eigenschappen kenmerkend aan een mindmap:

- Het onderwerp staat centraal;
- De mindmap heeft een hiërarchische structuur (van algemeen naar concreet);
- Concepten worden met sleutelwoorden aangegeven.
- De mindmap bevat verschillende kleuren om verschillende concepten aan te geven;
- De mindmap bevat visualisaties zoals figuren, tekeningen en symbolen.

Tot slot wordt brainstormen tijdens het creatieproces van mindmaps aangeraden. De discussies die hieruit volgen kan een leerling helpen tijdens het creëren en leerlingen kunnen op deze manier van elkaar leren.

Deelvraag 2: Voor welk doel gebruiken de leerlingen een mindmap bij het onderwerp Differentiaalrekening?

De mindmap analyse toont aan dat ondanks dat alle leerlingen bij hetzelfde onderwerp een mindmap hebben gemaakt, er grote verschillen zijn in structuur, format, kleurgebruik en het gebruik van visualisaties in de mindmaps. De mate van kleurgebruik is verdeeld tussen de leerlingen. Opvallend is dat de grote meerderheid (12/14) geen gebruik gemaakt heeft van visualisaties in hun mindmap.

Daartegenover staat dat vrijwel iedereen vormen van stappenplannen en werkschema's in hun mindmap heeft verwerkt. Door de geringe onderzoeksgroep kunnen er geen sterke conclusies hieraan verbonden worden. Wel is er het sterke vermoeden dat leerlingen voorkeur geven aan het samenvatten van de stof, in plaats van het ontdekken van verbanden tussen de verschillende concepten. Uit de enquête- en interviewresultaten is gebleken dat de meerderheid van de leerlingen het fijn vindt om de mindmap te gebruiken als een overzicht/samenvatting van de stof. Dit is terug te zien in de mindmap analyse. Uit de gemaakte mindmaps bleek dat veel leerlingen complete stappenplannen in hun mindmaps hebben toegevoegd. Twee leerlingen hebben hun mindmap ingedeeld in vier kwadranten waarbij in ieder kwadrant de paragraaf samengevat stond. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de leerlingen hun mindmap als samenvatting trachtten te gebruiken.

Uit de resultaten van de formatieve toets is gebleken dat bij iedere vraag minstens één keer beroep is gedaan op de mindmap. Hierbij is de mindmap het vaakst geraadpleegd bij de vragen die het meeste aantal punten waard waren en dus de meeste denkstappen bevatten. Verder hebben negen van de veertien leerlingen aangegeven het oneens te zijn met de stelling dat de mindmap geen invloed heeft gehad op hun resultaat bij de formatieve toets. Hieruit kan geconcludeerd worden dat deze leerlingen van mening waren dat het gebruik van de mindmap een effect heeft gehad op hun toets resultaat. De twee voornaamste redenen die de leerlingen hiervoor gaven was dat (1) de mindmap hielp bij het begin maken van de opgave en (2) de mindmap fungeerde als informatiebron.

Tot slot hebben elf van de veertien leerlingen aangegeven hun mindmap te willen gaan gebruiken ter voorbereiding op de toets van de toetsweek. Hiervan hebben negen leerlingen aangegeven dat ze de mindmap als samenvatting/informatiebron willen inzetten tijdens het leerproces.

Deelvraag 3: Wat vinden de leerlingen van het creëren en gebruiken van een mindmap bij het onderwerp Differentiaalrekening?

De resultaten van het onderzoek tonen aan dat de meerderheid van de leerlingen na de presentatie bekend is met het begrip "mindmap" en ook een mindmap weet te maken. De meerderheid van de leerlingen heeft niet zijn/haar mindmap aangevuld na elke les. Uit de interviews is gebleken dat de voorkeur werd gegeven aan het aanvullen van de mindmap wanneer er meer kennis is over de stof. Daarnaast gaf één leerling in het interview aan dat hij/zij het prettiger vond om de mindmap wat later in het proces te maken in verband met de indeling van de takken en sub-onderwerpen. Uit zowel de enquête als de interviewresultaten blijkt dat de meeste leerlingen het maken van een mindmap een tijdrovend proces vinden. Tegelijkertijd is uit de interviews gebleken dat leerlingen achteraf gezien blij waren dat ze de mindmap hadden gemaakt. Hierbij kan teruggerepen worden op de leerling die in het interview heeft aangegeven dat ondanks dat een mindmap maken veel tijd kost, men tegelijkertijd wel tijdens het maken ervan leert. De resultaten geven hiermee eigenlijk een paradox weer, waarbij ongeveer de helft van de leerlingen aangeeft niet in de toekomst bij wiskunde een mindmap te creëren, maar elf van de veertien leerlingen wel aangeven hun gemaakte mindmap te gaan gebruiken ter voorbereiding op hun toets in de toetsweek.

Uit de enquêteresultaten blijkt dat de meningen verdeeld zijn over het verband tussen het creëren van een mindmap en het begrijpen van de stof omtrent Differentiaalrekening. Twee leerlingen geven aan dat bij het creëren van een mindmap opnieuw over de stof wordt nagedacht en de stof nog een keer extra wordt opgeschreven. Daarnaast gaven drie leerlingen aan dat het creëren van een mindmap helpt bij het overzichtelijk maken van de stof. In het interview gaf één leerling aan dat het maken van een mindmap heeft geholpen om de verbanden tussen de verschillende sub-onderwerpen beter te begrijpen. Echter, daartegenover hebben vijf leerlingen aangegeven dat er voor hen geen verband is tussen het creëren van een mindmap en het begrijpen van de stof. Eén leerling gaf hierbij aan dat het begrip voornamelijk van de lessen en het huiswerk kwam.

Uit de data kan geconcludeerd worden dat van de leerlingen die aangeven vaker gebruik te willen maken van een mindmap, het toch afhankelijk is van het onderwerp wat op dat moment behandeld wordt. De helft van de leerlingen heeft aangegeven bij de enquête dat ze dankzij het maken van de mindmap een beter overzicht hebben op het onderwerp Differentiaalrekening. Van de overige zeven leerlingen waren drie het hier niet mee eens en hadden vier leerlingen 'neutraal' ingevuld. Bij de interviews hebben de leerlingen aangegeven dat het per vak verschilt of ze een mindmap zouden gebruiken. Zo gaf één van de geïnterviewde aan dat hij/zij een mindmap zou gebruiken bij vakken als wiskunde en natuurkunde, maar dat bij andere vakken een geschreven samenvatting geschikter zou zijn.

Hoofdvraag: Wat is het effect van mindmaps, gezien vanuit het perspectief van leerlingen uit een 4VWO wiskunde B klas, bij het onderwerp Differentiaalrekening?

De hoofdconclusie van dit onderzoek kan worden opgedeeld in twee delen: (1) de rol van mindmaps en (2) het creëren en gebruiken van een mindmap. Bij het eerste deel kan geconcludeerd worden dat leerlingen bij voorkeur mindmaps gebruiken als samenvatting en als informatiebron. Hierbij heeft de meerderheid van de leerlingen aangegeven dat het gebruik van mindmaps nuttig is bij het vak wiskunde en dat de mindmap hen geholpen heeft het onderwerp Differentiaalrekening beter te begrijpen. Uit de mindmap analyse blijkt dat leerlingen complete stappenplannen, werkschema's en rekenregels hebben toegevoegd in hun mindmap. Hieruit kan voorzichtig worden geconcludeerd leerlingen hun mindmap als samenvatting van de stof beschouwen, in plaats van een netwerk die de verbanden tussen de verschillende concepten laat zien.

Betreffende het creëren en gebruiken van mindmaps kan op basis van de onderzoeksresultaten geconcludeerd worden dat leerlingen het creëren van een mindmap een tijdrovend proces vinden. Daartegenover staat dat het gebruik van mindmaps een positief effect heeft op het leerproces van de leerlingen. Allereerst, de meerderheid van de leerlingen heeft aangegeven zijn/haar mindmap niet na elke les aangevuld, en uit de resultaten blijkt dat leerlingen bij voorkeur pas hun mindmap aanvullen als ze meer kennis over het onderwerp hebben. Tegelijkertijd geven een aantal leerlingen aan dat ze achteraf gezien blij zijn dat ze de mindmap hebben gemaakt en dat door het maken er opnieuw over de stof wordt nagedacht wat helpt tijdens het leerproces. Daarnaast hebben leerlingen aangegeven hun gemaakte mindmap te gaan gebruiken ter voorbereiding op de toets in de toetsweek. Daartegenover staat dat de helft van de leerlingen aangeeft niet vaker een mindmap bij wiskunde te gaan maken, omdat het maken van een mindmap veel tijd kost. Uit de interviews is gebleken dat leerlingen bij voorkeur een mindmap krijgen en deze gebruiken tijdens het leerproces. De voornaamste voordelen die door leerlingen genoemd worden voor het gebruiken van een mindmap zijn: (1) overzicht creëren van de stof, (2) samenvatten van de stof, (3) het helpt bij het begin maken van een opgave en (4) alle theorie staat bij elkaar. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de leerlingen positief zijn over het gebruik van mindmaps, maar dat niet voor alle leerlingen de voordelen van een mindmap opwegen tegen de tijd en energie die erin gestoken moet worden om deze te maken.

5.2 Discussie

De resultaten van dit onderzoek zijn gebaseerd op een literatuuronderzoek, analyse van gemaakte mindmaps, een formatieve toets, een enquête en interviews. De verschillende voordelen van het gebruik van mindmaps in het wiskundeonderwijs, zoals geschetst door auteurs als Ayal et al. (2016), Kontrova (2014) en Brinkmann (2003) zijn terug te vinden in de resultaten van dit onderzoek. De leerlingen noemen voordelen als samenvatten van de leerstof, connecties leggen tussen de verschillende concepten en het overzichtelijk maken van de leerstof. Tevens is uit de interviews gebleken dat leerlingen bij voorkeur een mindmap wat later in het leerproces maken, wanneer ze meer kennis over het onderwerp hebben (Pandley, 1994, geciteerd in Ayal et al., 2016). Verder laat de

mindmap analyse laat zien dat leerlingen op verschillende manieren hun kennis visualiseren en structuren. Dit is in lijn met Brinkmann (2003) die benadrukte dat een mindmap een persoonlijke creatie is van iemands kennis is.

De onderzoeksresultaten impliceren niet in lijn te zijn met Ayal et al. (2016) die aangeeft dat mindmapping het leren van wiskunde leuker maakt. Er zijn twee leerlingen die in het interview hebben aangegeven dat ze het maken van een mindmap leuk vonden, waarvan één van hen dit beargumenteerde door te benoemen dat de afwisseling van leermethode fijn was. Eén leerling heeft in de enquête bij een open vraag expliciet benoemd dat hij/zij het maken van een mindmap erg leuk vond. Echter acht van de veertien leerlingen hebben aangegeven niet vaker een mindmap te willen maken waarvan vijf vonden dat het te veel tijd kostte. Opvallend aan deze resultaten is dat de leerlingen positief zijn over het toepassen van een mindmap en er verschillende voordelen in zowel de enquête als de interviewresultaten worden benoemd. Tegelijkertijd geeft toch zeker de helft aan niet vaker een mindmap bij wiskunde te gaan gebruiken, met “kost te veel tijd” als voornaamste reden. De intrinsieke motivatie van de leerlingen om aan de mindmap te werken kan dus een mogelijke factor zijn geweest die de resultaten heeft beïnvloed.

Verder is in dit onderzoek gekeken naar of leerlingen vinden dat de mindmaps hebben geholpen bij het begrijpen van de stof. De resultaten van de mindmap analyse en de formatieve toets laten zien dat leerlingen hun mindmap prettig vonden omdat ze een begin konden maken aan de opgaven. De meerderheid van de leerlingen had stappenplannen en werkschema's tot hun beschikking, waardoor het voor de leerlingen mogelijk werd om de rekenregels te reproduceren op de toets. Dit betekent dat het toepassen van een mindmap bij opgaven invloed heeft gehad op het instrumentele begrip van de leerlingen, maar niet op het beter begrijpen tussen verbanden van concepten. Doordat de leerlingen hun mindmap als samenvatting hebben gebruikt, is het mogelijk dat de voordelen die het gebruiken van een mindmap biedt op o.a. het relationele begrip, minder van toepassing waren. Daartegenover staat echter het creëren van een mindmap. Tijdens dit proces hebben leerlingen opnieuw de theorie moeten lezen, hebben ze de rekenregels een keer opgeschreven en moesten ze gaan nadenken over verbanden tussen de verschillende concepten. Een onderdeel van het opbouwen van relationeel begrip is het creëren van een conceptueel structuur waarin de maker verschillende ideeën kan verwerken (Skemp, 1976). Het is dus mogelijk dat het proces van het creëren van de mindmaps het relationele begrip in zekere zin positief heeft beïnvloed.

Tot slot is het verschil van niveau tussen de leerlingen een factor die mee kan hebben gespeeld bij de spreiding in de onderzoeksresultaten. Eén leerling heeft expliciet in de enquête aangegeven dat het creëren van een mindmap overbodig was omdat hij/zij de stof al snapte. Terwijl de functie en voordelen die een mindmap biedt meer zijn dan alleen begripsvorming. Of er daadwerkelijk een verband is tussen het leerling niveau en de functie van een mindmap, zou moeten blijken uit vervolgonderzoek.

5.3 Limitaties en aanbevelingen

Een belangrijke limitatie van dit onderzoek is de grootte van de onderzoeksgroep. Het onderzoek is uitgevoerd binnen één 4VWO wiskunde B groep. Dit betekent dat de conclusies van het onderzoek gebaseerd zijn op de ervaring van veertien leerlingen en er dus geen sterke conclusies aan de resultaten verbonden kunnen worden. Hetzelfde geldt voor het aantal interviews dat is afgenomen binnen dit onderzoek. Er zijn in totaal drie verdiepende interviews gehouden. Dit betekent dat de interviewresultaten gebaseerd zijn op de ervaring van een beperkt deel van de onderzoeksgroep. Verder kunnen de resultaten beïnvloed zijn door andere factoren als externe en intrinsieke motivatie het niveau van de leerlingen. De formatieve toets telde niet mee als cijfer, waardoor de kans groot is dat leerlingen zich niet vooraf hebben voorbereid en minder serieus de toets hebben gemaakt.

Een tweede limitatie is de generaliseerbaarheid van de resultaten van het onderzoek. De scope van dit onderzoek was specifiek gespitst op één onderwerp, namelijk Differentiaalrekening. Dit betekent dat de resultaten gericht zijn op dit onderwerp en er dus weinig gezegd kan worden over het gebruik van mindmaps bij andere wiskundige onderwerpen. Echter, uit de enquêteresultaten en de interviews is gebleken dat een aantal leerlingen hebben aangegeven dat het gebruik van mindmaps voor hen onderwerp afhankelijk is. Uit vervolgonderzoek zou moeten blijken of er daadwerkelijk verschillen zijn in het effect van mindmaps bij verschillende wiskundige onderwerpen.

Tot slot, het feit dat dataverzameling heeft plaatsgevonden op het moment dat er hybride² les werd gegeven, leidt tot derde limitatie van dit onderzoek. Dit betekent dat er een kans is geweest dat de leerlingen vanuit huis toch gebruik hebben gemaakt van hun boek, aantekeningen of andere niet toegestane middelen. Dit is zoveel mogelijk proberen tegen te gaan middels het verplichten van het aanzetten van de camera en het aanzetten van de microfoons. Tevens is benadrukt aan de leerlingen dat ze niet beoordeeld worden op de resultaten en dat er dus geen consequenties hangen aan het niet goed maken van de toets.

Op basis van dit onderzoek kunnen er een aantal aanbevelingen voor de praktijk worden gegeven. Allereerst, ondanks dat het creëren van mindmaps door de leerlingen als tijdrovend wordt ervaren, toont het onderzoek aan dat leerlingen achteraf gezien blij zijn dat ze een mindmap hebben gemaakt en dat door het maken er opnieuw over de stof wordt nagedacht. Daarom is het aanbevolen om leerlingen een eigen mindmap te laten creëren bij Differentiaalrekening omdat er veel verschillende concepten bij dit onderwerp aan bod komen. Tevens is het aan te raden om mindmaps door leerlingen te laten maken bij wiskundige onderwerpen waar veel verschillende (nieuwe) begrippen behandeld worden. Of bij andere wiskundige onderwerpen mindmaps een soortgelijk effect hebben, zou echter moeten blijken uit vervolgonderzoek. Ten tweede, een alternatief voor het creëren van mindmaps zou het verschaffen van een expert mindmap aan de leerlingen zijn. Leerlingen zouden deze dan kunnen gebruiken tijdens het leerproces als samenvatting of als overzicht van de stof, naast het reguliere wiskundeboek. Hierbij moet echter de belangrijke noot worden geplaatst dat het bieden van een expert mindmap aan de leerlingen, de voordelen van het creëren van een mindmap wegneemt. Een expert mindmap kan ook ingezet worden om leerlingen hun eigen gemaakte mindmap te laten controleren op volledigheid en correctheid.

Ten slotte kunnen er op basis van de resultaten en limitaties van dit onderzoek nog aanvullende suggesties voor vervolgonderzoek worden geschetst. Allereerst is het aanbevolen om hetzelfde onderzoek toe te passen in meerdere klassen en scholen om een grotere onderzoekspopulatie te krijgen. Hierbij kan gekozen worden om onderscheid te maken in verschillende leerjaren, niveaus en wiskundige onderwerpen. Ditzelfde geldt voor het vermeerderen van het aantal interviews en het verhogen van de enquête responses. Verder is er uit de onderzoeksresultaten gebleken dat er een aantal leerlingen zijn die hun mindmap meer hebben ingericht als samenvatting. Uit de interviewresultaten is gebleken dat leerlingen hun kennis op een andere manier zouden willen vormgeven dan een mindmap, bijvoorbeeld door een samenvatting waarbij er hoofdpunten onder elkaar worden samengevat. Daarom is het aanbevolen om een soortgelijk onderzoek uit te voeren, maar in plaats van mindmaps leerlingen zelf te laten kiezen hoe zij een bepaald onderwerp of hoofdstuk willen visualiseren/samenvatten. Dit kan bijvoorbeeld, naast een mindmap, een begrippennetwerk of een reguliere samenvatting zijn.

² Bij deze vorm van lesgeven volgt de helft van de klas fysiek les in het lokaal en de andere helft digitaal vanuit huis.

Referenties

- Abi-El-Mona, I., & Adb-El-Khalick, F. (2008). The influence of mind mapping on eighth graders' science achievement. *School Science and mathematics*, 108(7), 298-312.
- Adodo, S. (2013). Effect of mind-mapping as a self-regulated learning strategy on students' achievement in basic science and technology. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 4(6), 163.
- Anohina, A., & Grundspenkis, J. (2009). *Scoring concept maps: an overview*. Paper presented at the Proceedings of the international conference on computer systems and technologies and workshop for PhD students in computing.
- Arulselvi, E. (2017). Mind Maps in Classroom Teaching and Learning. *Excellence in Education Journal*, 6(2), 50-65.
- Ayal, C. S., Kusuma, Y. S., Sabandar, J., & Dahlan, J. A. (2016). The Enhancement of Mathematical Reasoning Ability of Junior High School Students by Applying Mind Mapping Strategy. *Journal of Education and Practice*, 7(25), 50-58.
- Basic, M. (2020). *Verbanden zien met behulp van schematische weergave in het wiskundeonderwijs*. (Onderzoek van Onderwijs). University of Twente,
- Brinkmann, A. (2003). Mind mapping as a tool in mathematics education. *The Mathematics Teacher*, 96(2), 96-101.
- Budd, J. W. (2004). Mind maps as classroom exercises. *The journal of economic education*, 35(1), 35-46.
- Davies, M. (2011). Concept mapping, mind mapping and argument mapping: what are the differences and do they matter? *Higher education*, 62(3), 279-301.
- Dijkhuis, J. H., de Jong, G., Houwing, H. J., Kuis, J. D., ten Klooster, F., de Waal, S. K. A., . . . Meijerink, R. (2020). *Getal en Ruimte VWO B deel 2* (12 ed.). Groningen: Noordhoff Uitgevers B.V.
- Evrekli, E., İnel, D., & Balım, A. G. (2010). Development of a scoring system to assess mind maps. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 2330-2334.
- Kajornboon, A. (2005). Using interviews as research instruments. *The e-Journal for Researching Teachers*, 2(1), 1-9.
- Kontrova, L. (2014). Mind mapping as efficient tools in mathematics education. *Communications-Scientific letters of the University of Zilina*, 16(3), 74-78.
- Mento, A. J., Martinelli, P., & Jones, R. M. (1999). Mind mapping in executive education: applications and outcomes. *Journal of Management Development*, 18(4), 390-416.
- Novak, J. D., & Cañas, A. J. (2008). *The theory underlying concept maps and how to construct and use them*. Retrieved from Florida Institute for Human and Machine Cognition: <http://cmap.ihmc.us/Publications/ResearchPapers/TheoryUnderlyingConceptMaps.pdf>
- Polat, O., Yavuz, E. A., & Tunc, A. B. O. (2017). The Effect of Using Mind Maps on the Development of Maths and Science Skills. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 12(5), 32-45.
- Roorda, G. (2012). *Ontwikkeling in verandering: Ontwikkeling van wiskundige bekwaamheid van leerlingen met betrekking tot het concept afgeleide*. (Proefschrift). Rijksuniversiteit Groningen., Retrieved from <https://www.rug.nl/staff/g.roorda/proefschriftgerritroorda.pdf>
- Rosciano, A. (2015). The effectiveness of mind mapping as an active learning strategy among associate degree nursing students. *Teaching and Learning in Nursing*, 10(2), 93-99.
- Schroeder, N. L., Nesbit, J. C., Anguiano, C. J., & Adesope, O. O. (2018). Studying and constructing concept maps: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 30(2), 431-455.
- Skemp, R. R. (1976). Relational understanding and instrumental understanding. *Mathematics teaching*, 77(1), 20-26.
- Van der Donk, C., & Van Lanen, B. (2016). *Praktijkonderzoek in de school* (3 ed.): Uitgeverij Coutinho.
- Van der Vegt, F. (2019). *Het effect van het gebruik van begrippennetwerken op het begrip van leerlingen voor het vak wiskunde B*. (Onderzoek van Onderwijs). Universiteit Twente,
- Verschuren, P., & Doorewaard, H. (2007). *Het ontwerpen van een onderzoek* (4th ed.): Boom Lemma Uitgevers.



Yin, R. K. (2014). *Case study research: Design and methods (applied social research methods)* (5th ed.): Sage publications Thousand Oaks, CA.

Bijlage A – Lesvoorbereidingen

Lesvoorbereiding 1: Introductie over mindmaps

Docent: Pamela Daccache **Datum:** 22-04-2021 **School:** Canisius Almelo
Tijd: 08:20-09:00 **Klas:** 4VWO wiskunde B
Leerboek: Getal & Ruimte vwo B deel 2 **Paragrafen / deelopdracht:** 6.1 Theorie A

Beginsituatie:

- De leerlingen zijn bekend met de afgeleide en de differentieerregels (m.u.v. de kettingregel).
- De leerlingen kunnen met behulp van de afgeleide de vergelijking van een raaklijn opstellen bij een gegeven punt.
- De leerlingen hebben (voor zover bekend) nog geen mindmaps gemaakt en gebruikt binnen de wiskundeles

Onderwerp:

- Algebraïsch berekenen van extreme waarden bij een gegeven functie.
- Het maken van een mindmaps bij het onderwerp differentiaalrekening

Doelstelling:

- Aan het einde van de les kunnen de leerlingen algebraïsch extreme waarden geven bij een gegeven functie.
- Aan het einde van de les weten de leerlingen wat een mindmap is en kunnen ze een mindmap maken bij een bepaald wiskundig onderwerp.

Hulpmiddelen: Beamer, MS Powerpoint, MS Teams, A3-vellen, wiskundeboek

Onderwijsfuncties	Docent	Leerlingen	Tijd (min)
Leerdoelen en motivatie	- De leerlingen wegwijs maken in het maken en gebruiken van mindmaps bij een wiskundig onderwerp	- Aan het einde van de les kunnen de leerlingen algebraïsch extreme waarden geven bij een gegeven functie. - Aan het einde van de les kunnen de leerlingen een mindmap maken bij het onderwerp differentiaalrekening.	
Peilen beginsituatie/activeren voorkennis en Presenteren kennis en werkwijze	Zowel leerlingen digitaal als in de klas om antwoorden vragen. Voorkennis ophalen. - Wat hebben we ook alweer de vorige les gedaan? - Hoe kunnen we ook alweer met behulp van de afgeleide de	Meedoen, luisteren, vragen stellen/beantwoorden	15



	vergelijking van een raaklijn in een gegeven punt opstellen? Nieuwe kennis presenteren - Leerlingen de vraag stellen: wat nou als het gegeven punt in de top van een grafiek zit? Wat kunnen we dan zeggen over de afgeleide? - Opgave 2a behandelen - Werkschema presenteren		
Oefenen en feedback krijgen	- Leerlingen aan het werk zetten met opgave 2b. Na een paar minuten vragen om een uitwerking.	Opgave 2b maken.	10
Presenteren onderzoek	Powerpoint presentatie geven omtrent het gebruik van mindmaps en instructie geven.	Luisteren, vragen stellen	10
Nabespreken en samenvatten	Huiswerk opgeven: 3 + 4 + 5 Wat hebben we vandaag geleerd? Nog even benadrukken wat we vandaag gedaan hebben en de les klassikaal afsluiten. A3-vellen uitdelen aan leerlingen in de klas. Nog benoemen dat de leerlingen digitaal de volgende les hun A3 vel krijgen.	Luisteren	5

Mindmaps bij wiskunde

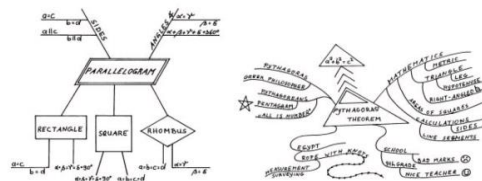
4v wiskunde B

Inhoud

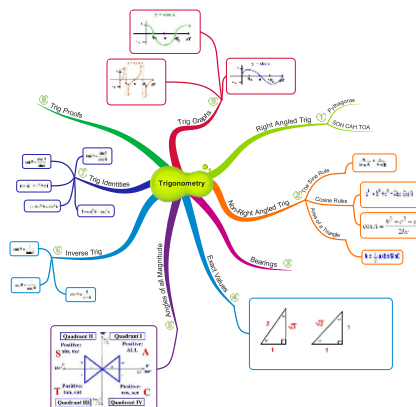
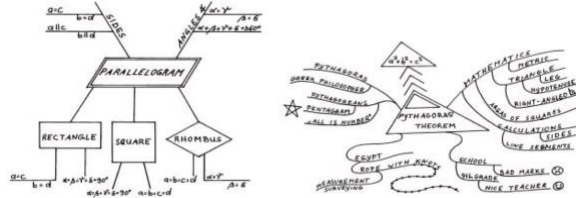
- ▶ Wat is een mindmap?
- ▶ Voorbeelden van mindmaps
- ▶ Waar bestaat een mindmap uit?
- ▶ Wat zijn de voordelen van een mindmap?
- ▶ Opdracht voor vandaag
 - ▶ Stappenplan maken mindmap

Wat is een mindmap?

- ▶ Samenvatting over een bepaald thema



► Wat valt jullie op?





Waar bestaat een mindmap uit?

- ▶ Hoofdthema
 - ▶ Centraal
- ▶ Begrippen
 - ▶ In verschillende lagen ("takken van de mindmap")
- ▶ Pijlen en verbindingslijnen
 - ▶ Geven relaties tussen de verschillende begrippen weer
- ▶ Voorbeelden
- ▶ Figuren en visualisaties

Wat zijn de voordelen van een mindmap?

- ▶ Het biedt een samenvatting van de geleerde stof
- ▶ Organiseren en structureren van informatie
- ▶ Het helpt bij het onthouden van de geleerde stof
- ▶ Er is minder tekst dan in het boek
- ▶ En... onderzoek toont aan dat het bijdraagt bij het ontwikkelen van redeneervaardigheden.

Opdracht

- ▶ Maak voor jezelf een mindmap bij dit hoofdstuk met als thema “Differentiaalrekening”
- ▶ Je bepaalt zelf hoe je mindmap eruit komt te zien
- ▶ Vul na elk nieuw theorieblok je mindmap aan
- ▶ Je gaat deze later gebruiken bij een formatieve toets. Hoe uitgebreider je mindmap, hoe meer je eraan hebt!
- ▶ Overleggen en brainstormen mag, maar maak wel je eigen mindmap

- ▶ Na de formatieve toets neem ik alle mindmaps in

Stappenplan maken mindmap

1. Begin centraal met het hoofdthema “Differentiaalrekening”
2. Brainstorm eerst over dit onderwerp. Voorbeeldvragen die je jezelf hierbij kan stellen zijn:
 - a) Welke belangrijke begrippen rondom dit thema ken je?
 - b) Wat is de relatie tussen deze begrippen?
3. Maak een onderverdeling van deze begrippen. Welke horen bij elkaar? Geef ze een geschikte plaats binnen je mindmap
4. Geef met lijnen of pijlen relaties weer tussen de verschillende thema's
5. Maak (eventueel) gebruik van kleuren, visualisaties en voorbeelden

Lesvoorbereiding 2: Formatieve toets

Docent: Pamela
Daccache

Datum: 04-06-2021

School: Canisius Almelo

Tijd: 10:40-11:20

Klas: 4VWO wiskunde B

Leerboek: Getal & Ruimte
vwo B deel 2

Paragrafen / deelopdracht: -

- Beginsituatie:**
- De leerlingen hebben een mindmap gemaakt bij hoofdstuk 6 Differentiaalrekening
 - De leerlingen hebben t/m opgave 81 gemaakt en dus het hoofdstuk afgerond (m.u.v. de diagnostische toets)

Onderwerp: Formatieve toets Differentiaalrekening

- Doelstelling:**
- Aan het einde van de les hebben de leerlingen hun kennis omtrent Differentiaalrekening toegepast bij een formatieve toets
 - Aan het einde van de les hebben de leerlingen hun gemaakt mindmap toegepast bij een formatieve toets

Hulpmiddelen: Beamer, mindmaps, formatieve toets (zie bijlage B)

Onderwijsfuncties	Docent	Leerlingen	Tijd (min)
Leerdoelen en motivatie	- De leerlingen laten oefenen met de toepassingen van Differentiaalrekening bij een formatieve toets	- Aan het einde van de les hebben de leerlingen hun kennis omtrent Differentiaalrekening toegepast bij een formatieve toets Aan het einde van de les hebben de leerlingen hun gemaakt mindmap toegepast bij een formatieve toets .	
Peilen beginsituatie/activer en voorkennis en Presenteren kennis en werkwijze	Instructie geven over de formatieve toets. Leerlingen in de klas (7 II): • Toetsblad wordt uitgedeeld. Zet voor iedere vraag waarbij er gebruik is gemaakt van de mindmap een kruisje • De mindmap mag gebruikt worden bij de toets. Verder zijn er geen hulpmiddelen toegestaan (behalve rekenmachine).	Meedoen, luisteren, vragen stellen	5



	• Lever aan het einde het toetsblad in Leerlingen online (7 II): • Camera aan. Zorg ervoor dat je goed zichtbaar bent. • In Somtoday is de formatieve toets te vinden. Download deze. • De mindmap mag gebruikt worden bij de toets. Verder zijn er geen hulpmiddelen toegestaan (behalve rekenmachine). • Zet voor iedere vraag waarbij er gebruik is gemaakt van de mindmap een kruisje (of highlight de vraag, wat makkelijker werkt in Word) • Lever het document na afloop via Teams of mail in bij de docent		
Oefenen en feedback krijgen	Formatieve toets uitdelen	Formatieve toets maken. Mindmap mag gebruikt worden.	30
Nabespreken en samenvatten	Alle toetsbladen innemen. Tevens de mindmaps van de leerlingen in de klas innemen voor analyse. De leerlingen online leveren hun mindmap na het weekend in.	Formatieve toets inleveren. Leerlingen in de klas: mindmaps inleveren	5

Bijlage B – Formatieve toets

Formatieve toets 4VWO B deel 2 Hoofdstuk 6 Differentiaalrekening

Naam: _____

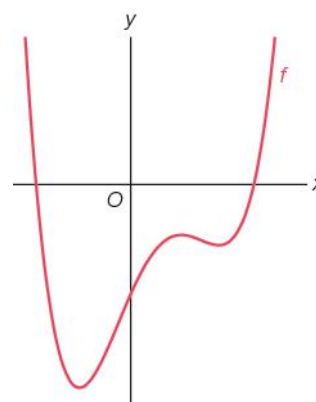
Kruis het hokje voor de vraag aan indien je gebruik hebt gemaakt van de mindmap.

OPGAVE 1

Gegeven is de functie $f(x) = \frac{1}{4}x^4 - x^3 - 1\frac{1}{2}x^2 + 9x - 15$.

Hiernaast zie je de grafiek van f .

- **a** Toon met de afgeleide aan dat de functie f geen extreme waarde heeft voor $x = 2$.
- **b** Bewijs dat de functie f een extreme waarde heeft voor $x = \sqrt{3}$ en bereken deze extreme waarde exact.
- **c** De grafiek van f heeft de buigpunten A en B , met A links van B .
Bereken exact $x_B - x_A$.



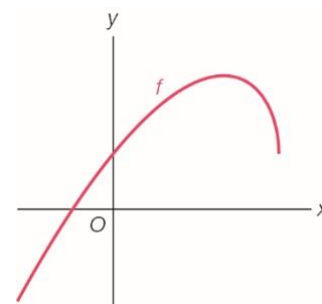
OPGAVE 2

Gegeven is de functie $f(x) = \frac{1}{2}x\sqrt{6-2x} + 1$.

Hiernaast zie je de grafiek van f .

De afgeleide van f is $f'(x) = \frac{6-3x}{2\sqrt{6-2x}}$.

- **a** Toon dit aan.
- **b** Bereken exact het domein en het bereik van f .
- **c** De lijn $y = \frac{3}{4}x + p$ raakt de grafiek van f .
Bereken p algebraïsch.



OPGAVE 3

De grafieken van $f(x) = 3x^2 - x$ en $g_p(x) = \frac{1}{px}$ snijden elkaar loodrecht.

- Bereken exact de waarde van p en de coördinaten van het punt waarin de grafieken elkaar loodrecht snijden.

Correctiemodel formatieve toets vwo B deel 2

Hoofdstuk 6 Differentiaalrekening

OPGAVE 1

TOTAAL 9P

- a** $f(x) = \frac{1}{4}x^4 - x^3 - 1\frac{1}{2}x^2 + 9x - 15$ geeft $f'(x) = x^3 - 3x^2 - 3x + 9$ 1p
 $f'(2) = 2^3 - 3 \cdot 2^2 - 3 \cdot 2 + 9 = -1 \neq 0$, dus geen extreme waarde voor $x = 2$ 1p
- b** $f'(\sqrt{3}) = (\sqrt{3})^3 - 3 \cdot (\sqrt{3})^2 - 3 \cdot \sqrt{3} + 9 = 3\sqrt{3} - 9 - 3\sqrt{3} + 9 = 0$ en in de schets is te zien dat de grafiek een top heeft voor $x = \sqrt{3}$, dus f heeft een extreme waarde voor $x = \sqrt{3}$ 2p
 max. is $f(\sqrt{3}) = \frac{1}{4} \cdot 9 - 3\sqrt{3} - 1\frac{1}{2} \cdot 3 + 9\sqrt{3} - 15 = 6\sqrt{3} - 17\frac{1}{4}$ 1p
- c** $f'(x) = x^3 - 3x^2 - 3x + 9$ geeft $f''(x) = 3x^2 - 6x - 3$ 1p
 $3x^2 - 6x - 3 = 0$ oftewel $x^2 - 2x - 1 = 0$ geeft $(x-1)^2 = 2$ 1p
 $x = 1 + \sqrt{2} \vee x = 1 - \sqrt{2}$ 1p
 $x_B - x_A = 2\sqrt{2}$ 1p

OPGAVE 2

TOTAAL 12P

- a** $f(x) = \frac{1}{2}x\sqrt{6-2x} + 1$ geeft
 $f'(x) = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{6-2x} + \frac{1}{2}x \cdot \frac{1}{2\sqrt{6-2x}} \cdot -2 = \frac{1}{2}\sqrt{6-2x} - \frac{x}{2\sqrt{6-2x}} = \frac{6-2x-x}{2\sqrt{6-2x}} = \frac{6-3x}{2\sqrt{6-2x}}$ 3p
- b** $6-2x \geq 0$ geeft $x \leq 3$, dus $D_f = \langle \leftarrow, 3 \rangle$ 1p
 $f'(x) = 0$ geeft $6-3x = 0$, dus $x = 2$ 1p
 max. is $f(2) = \sqrt{6-4} + 1 = 1 + \sqrt{2}$ en $B_f = \langle \leftarrow, 1 + \sqrt{2} \rangle$ 2p
- c** $f'(x) = \frac{3}{4}$ geeft $\frac{6-3x}{2\sqrt{6-2x}} = \frac{3}{4}$ oftewel $4-2x = \sqrt{6-2x}$ 1p
 kwadrateren en herleiden geeft $2x^2 - 7x + 5 = 0$ 1p
 $x = 2\frac{1}{2}$ (vold. niet) $\vee x = 1$ 1p
 $f(1) = \frac{1}{2}\sqrt{6-2} + 1 = 2$ 1p
 $(1, 2)$ op $y = \frac{3}{4}x + p$ geeft $p = 1\frac{1}{4}$ 1p

OPGAVE 3

TOTAAL 8P

- $f(x) = 3x^2 - x$ geeft $f'(x) = 6x - 1$ 1p
- $g_p(x) = \frac{1}{px} = \frac{1}{p}x^{-1}$ geeft $g'_p(x) = -\frac{1}{p}x^{-2} = -\frac{1}{px^2}$ 1p
- $f'(x) \cdot g'_p(x) = -1$ oftewel $(6x-1) \cdot -\frac{1}{px^2} = -1$ geeft $p = \frac{6x-1}{x^2}$ 1p



$$g(x) = \frac{1}{\left(\frac{6x-1}{x^2}\right)x} = \frac{1}{\left(\frac{6x-1}{x}\right)} = \frac{x}{6x-1} \quad 1p$$

$$f(x) = g(x) \text{ oftewel } 3x^2 - x = \frac{x}{6x-1} \text{ geeft } 18x^2 - 9x = 0 \quad 1p$$

$$x = 0 \text{ (vold. niet)} \vee x = \frac{1}{2} \quad 1p$$

$$p = \frac{3-1}{\frac{1}{4}} = 8 \quad 1p$$

$$f\left(\frac{1}{2}\right) = 3 \cdot \frac{1}{4} - \frac{1}{2} = \frac{1}{4}, \text{ dus de grafieken snijden elkaar loodrecht in } \left(\frac{1}{2}, \frac{1}{4}\right) \quad 1p$$

Totaal 29 punten



Bijlage C - Enquête vragen Google Forms

Enquête Mindmaps bij wiskunde

De enquête duurt ongeveer 6 minuten om te voltooien.

Deze enquête is bedoeld om je leerervaringen op te halen bij het gebruik van mindmaps bij wiskunde. De enquête bestaat uit zowel meerkeuze als open vragen.

Het is belangrijk dat je bij de meerkeuze vragen één antwoord aankruist. Er is geen goed of fout antwoord. Voor mijn onderzoek is het echter waardevol als je zo eerlijk mogelijk antwoord. De enquête is anoniem, dus ik zal niet weten van wie de resultaten komen.

Bedankt voor je bijdrage!

* Vereist

1. Beantwoord de onderstaande stellingen m.b.t. mindmaps *

	Helemaal oneens	Oneens	Neutraal	Eens	Helemaal eens
Ik vind wiskunde leuk	☐	☐	☐	☐	☐
Ik vind wiskunde moeilijk	☐	☐	☐	☐	☐
Ik weet wat een mindmap is	☐	☐	☐	☐	☐
Ik weet hoe ik een mindmap bij een bepaald onderwerp kan maken	☐	☐	☐	☐	☐
Ik vind een mindmap maken leuk	☐	☐	☐	☐	☐

Ik vind een mindmap maken leerzaam	☐	☐	☐	☐	☐
Door het maken van een mindmap begrijp ik de stof beter	☐	☐	☐	☐	☐
Ik vind het handig om een mindmap te gebruiken bij wiskunde	☐	☐	☐	☐	☐
Mindmaps helpen bij het structureren en overzichtelijk maken van de lesstof bij wiskunde	☐	☐	☐	☐	☐
Mindmaps zijn handig als samenvatting voor de toets voor wiskunde	☐	☐	☐	☐	☐
Ik heb mijn mindmap na elke les met nieuwe theorie aangevuld	☐	☐	☐	☐	☐
Dankzij de mindmap heb ik een beter overzicht op het onderwerp Differentiaalrekening	☐	☐	☐	☐	☐



2. Beantwoord onderstaande stellingen m.b.t. de formatieve toets *

	Helemaal oneens	Oneens	Neutraal	Eens	Helemaal eens
De formatieve toets was moeilijk	☐	☐	☐	☐	☐
Het is mij gelukt om de formatieve toets te maken	☐	☐	☐	☐	☐
Ik heb de mindmap gebruikt bij de formatieve toets	☐	☐	☐	☐	☐
De mindmap heeft mij geholpen om een begin te maken aan bepaalde opgaven op de toets	☐	☐	☐	☐	☐
De mindmap heeft mij geholpen om de formatieve toets te maken	☐	☐	☐	☐	☐
De mindmap heeft geen invloed gehad op mijn resultaat bij de formatieve toets	☐	☐	☐	☐	☐



3. Waarom vind je het gebruik van mindmaps bij wiskunde wel/niet nuttig? *

4. Waarom heeft het maken van de mindmap wel of niet geholpen bij het beter begrijpen van de stof? *

5. Waarom heeft de mindmap wel/niet geholpen bij het maken van de formatieve toets? *

6. Ga je de mindmap gebruiken ter voorbereiding op de toets wiskunde in de aankomende toetsweek? Leg uit waarom wel of niet. *

7. Ga je vaker gebruik maken van een mindmap bij wiskunde? Leg uit waarom wel of niet. *

Bijlage D – Interview vragenlijst

Creëren van een mindmap

1. Aan het begin van hoofdstuk 6 hebben jullie een presentatie gekregen over wat een mindmap is en hoe je een mindmap kan maken. Was deze presentatie en de bijbehorende opdracht duidelijk? *Zo niet, wat had je graag anders gezien?*
2. Had je naar jouw mening voldoende kennis over mindmaps om een mindmap te maken?
3. Hoe ben je te werk gegaan tijdens het creëren van je mindmap?
4. Hoe heb je het creëren van de mindmap ervaren?

Gebruiken van de mindmap/formatieve toets

5. Heb je geleerd voor de formatieve toets?
6. Heb je je mindmap gebruikt ter voorbereiding op de formatieve toets? *Waarom wel/niet?*
7. Heb je je mindmap gebruikt tijdens de formatieve toets? *Waarom wel/niet?*
Indien ja, doorvragen:
 - a) Heeft de mindmap je op weg geholpen?
 - b) Had je de formatieve toets ook zonder mindmap kunnen maken?
 - c) In welk opzicht heeft de mindmap je op weg geholpen?

Mindmaps bij wiskunde

8. Wat vond je van maken en gebruiken van een mindmap bij het onderwerp Differentiaalrekening?
9. Heeft de het maken en gebruiken van mindmap je geholpen om het onderwerp beter te begrijpen? *Waarom wel/niet?*
10. Zou je vaker bij wiskunde mindmaps willen maken en gebruiken? *Waarom wel/niet?*
11. Vind je mindmaps van toegevoegde waarde bij wiskunde? *Waarom wel/niet?*
12. Vind je mindmaps van toegevoegde waarde in het onderwijs? *Waarom wel/niet?*
13. Ga je in de toekomst mindmaps maken en gebruiken? *Waarom wel/niet?*
14. Heb je nog tips/verbeterpunten voor het presenteren/gebruiken van mindmaps?

Slotvraag

15. Wat is je algehele ervaring omtrent het creëren en het toepassen van een mindmap bij het onderwerp Differentiaalrekening?



Bijlage E – Toestemmingsformulier onderzoek

Beste ouder(s)/verzorger(s) en leerling,

Mijn naam is Pamela Daccache en ik doe een opleiding voor eerstegraads docent wiskunde aan de Universiteit Twente. Ik geef sinds december les op het Canisius te Almelo en in kader van mijn afstudeeronderzoek ga ik onderzoeken hoe de leerlingen in een 4VWO wiskunde B klas het gebruik van mindmaps ervaren bij het onderwerp Differentiaalrekening. Mindmapping is een techniek die de geleerde stof samenvat en middels visualisatie het makkelijker maakt om problemen te begrijpen.

Het onderzoek zal bestaan uit het maken van een mindmap en het afnemen van een enquête in de klas. De leerlingen zullen hier niet individueel op worden beoordeeld en ontvangen geen cijfer voor hun mindmap. Verder wordt de enquête anoniem afgenomen en zullen de enquêtevragen gericht zijn op de ervaringen van de leerlingen met betrekking tot het gebruik van mindmaps bij het vak wiskunde. Alle resultaten zullen anoniem in mijn scriptie worden verwerkt. De bedoeling is dat de leerlingen hun gemaakte mindmap gaan gebruiken ter voorbereiding op hun toets wiskunde in de aankomende toetsweek. Hiervoor wordt er in de klas een formatieve toets afgenomen waarbij de leerlingen hun mindmap mogen gebruiken. Voor deze toets krijgen ze geen cijfer.

Een aantal leerlingen zal tevens geïnterviewd worden, maar zij zijn al persoonlijk benaderd en hier valt uw kind dus **niet** onder.

Vanzelfsprekend zal alle informatie vertrouwelijk behandeld worden en heeft u ten alle tijden de mogelijkheid om de deelname van uw kind te beëindigen. Mocht u of uw kind nu al bezwaar hebben tegen deelname, vul dan onderstaand formulier in en stuur dat **voor 25 mei 2021** terug naar p.daccache@canisius.nl.

Ik hoop u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd.

Met vriendelijke groet,

Pamela Daccache (stagiaire wiskunde op Het Canisius te Almelo)

Ik geef **geen** toestemming voor uit klas om deel te nemen aan dit onderzoek.

Naam:

Handtekening ouder/verzorger:

Handtekening leerling:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Bijlage F – Toestemmingsformulier interviews

Beste ouder(s)/verzorger(s) en leerling,

Mijn naam is Pamela Daccache en ik doe een opleiding voor eerstegraads docent wiskunde aan de Universiteit Twente. Ik geef sinds december les op het Canisius te Almelo en in kader van mijn afstudeeronderzoek ga ik onderzoeken hoe de leerlingen in een 4VWO wiskunde B klas het gebruik van mindmaps ervaren bij het onderwerp Differentiaalrekening. Mindmapping is een techniek die de geleerde stof samenvat en middels visualisatie het makkelijker maakt om problemen te begrijpen.

Het onderzoek zal bestaan uit het maken van een mindmap en het afnemen van een enquête in de klas. De leerlingen zullen hier niet individueel op worden beoordeeld en ontvangen geen cijfer voor hun mindmap. Verder wordt de enquête anoniem afgenomen en zullen de enquêtevragen gericht zijn op de ervaringen van de leerlingen met betrekking tot het gebruik van mindmaps bij het vak wiskunde. Alle resultaten zullen anoniem in mijn scriptie worden verwerkt. De bedoeling is dat de leerlingen hun gemaakte mindmap gaan gebruiken ter voorbereiding op hun toets wiskunde in de aankomende toetsweek. Hiervoor wordt er in de klas een formatieve toets afgenomen waarbij de leerlingen hun mindmap mogen gebruiken. Voor deze toets krijgen ze geen cijfer.

Uw kind is tevens uitgekozen om geïnterviewd te worden. Dit is overlegd met uw kind en gebeurt volledig op vrijwillige basis. Er zal tijdens het interview audio worden opgenomen, tenzij u of uw kind expliciet aangeeft dit niet te willen. In het onderzoek zal nooit de naam of enige andere details van uw kind worden genoemd, behalve dat uw kind op het moment van onderzoeken in 4VWO zat en wiskunde B volgde.

Vanzelfsprekend zal alle verkregen informatie vertrouwelijk behandeld worden en heeft u ten alle tijden de mogelijkheid om de deelname van uw kind te beëindigen, ofwel voor het hele onderzoek ofwel voor het interview. Voor het onderzoek in het algemeen (creëren van een mindmap, afname enquête en afname formatieve toets) hoeft u niet expliciet toestemming te geven, u hoeft in dat geval alleen op het eerste formulier in te vullen dat u **niet** wil dat uw kind meedoet. Voor het interview heb ik wel expliciete toestemming nodig van u. In het geval uw kind **ouder** is dan 16 jaar, dan heb ik ook toestemming nodig van uw kind. Dus dan kunt u op het tweede formulier invullen dat u toestemming geeft dat uw kind **wel** geïnterviewd wordt.

Dus mocht u bezwaar hebben tegen het onderzoek in het algemeen, vult u dan het eerste formulier in en stuur dat **voor 25 mei 2021** naar p.daccache@canisius.nl. Mocht u geen bezwaar hebben en toestemming willen geven voor het interview, wil ik u verzoeken het tweede formulier in te vullen en dit **voor 1 juni 2021** naar p.daccache@canisius.nl te sturen.

Ik hoop u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd.

Met vriendelijke groet,

Pamela Daccache (stagiaire wiskunde op Het Canisius te Almelo)



FORMULIER 1: GEEN TOESTEMMING ONDERZOEK

Ik geef **geen** toestemming voor uit klas om deel te nemen aan dit onderzoek.

Naam:

Handtekening ouder/verzorger:

.....

.....

.....

FORMULIER 2: TOESTEMMING INTERVIEW

Ik geef **wel** toestemming voor uit klas om geïnterviewd te worden in het kader van dit onderzoek.

Naam:

Handtekening ouder/verzorger:

.....

.....

.....

Handtekening leerling:

.....

.....

.....

Bijlage G – Resultaten enquête

In deze bijlag worden de ruwe resultaten van de enquête weergegeven. De resultaten van de gesloten vragen worden gepresenteerd in een frequentietabel.

Tabel 9. Frequentietabel resultaten gesloten vragen enquête

Vragen	Frequentie gegeven antwoord				
	Helemaal oneens	Oneens	Neutraal	Eens	Helemaal eens
Mindmaps					
Ik vind wiskunde leuk	1	2	6	5	0
Ik vind wiskunde moeilijk	0	3	4	6	1
Ik weet wat een mindmap is	0	0	0	6	8
Ik weet hoe ik een mindmap bij een bepaald onderwerp kan maken	0	0	3	8	3
Ik vind een mindmap maken leuk	1	4	5	3	1
Ik heb mijn mindmap na elke les met nieuwe theorie aangevuld	1	7	3	2	1
Ik vind een mindmap maken leerzaam	0	0	8	6	0
Door het maken van een mindmap begrijp ik de stof beter	0	1	8	4	1
Ik vind het handig om een mindmap te gebruiken bij wiskunde	0	0	4	10	0
Mindmaps helpen bij het structureren en overzichtelijk maken van de lesstof bij wiskunde	0	1	2	10	1
Mindmaps zijn handig als samenvatting voor de toets voor wiskunde	0	0	2	10	2
Dankzij de mindmap heb ik een beter overzicht op het onderwerp Differentiaalrekening	0	3	4	7	0
Formatieve toets					
De formatieve toets was moeilijk	0	0	1	9	4
Het is mij gelukt om de formatieve toets te maken	2	5	4	3	0
Ik heb de mindmap gebruikt bij de formatieve toets	0	0	1	8	5
De mindmap heeft mij geholpen om een begin te maken aan bepaalde opgaven op de toets	1	0	3	6	4
De mindmap heeft mij geholpen om de formatieve toets te maken	1	0	3	9	1
De mindmap heeft geen invloed gehad op mijn resultaat bij de formatieve toets	5	4	2	3	0

3. Waarom vind je het gebruik van mindmaps bij wiskunde wel/niet nuttig?

Tabel 10. Resultaten vraag 3 enquête

ID	Antwoorden
1	Je kan alle belangrijke informatie bij elkaar schrijven en daarom is het makkelijk terug te vinden
2	Ik vind ze handig om de informatie overzichtelijk te maken
3	Door het gebruik van mindmaps kun je alle moeilijke rekenstappen met elkaar linken en op 1 plek hebben, dit is handiger dan al die verschillende theorie blokken verspreid over het hoofdstuk
4	Wel, het is overzichtelijk
5	Als je wiskunde moeilijk vindt kan ik me voorstellen dat het helpt, maar als je goed bent in wiskunde en je snapt het zonder mindmap ook, is de mindmap overbodig. Ik vond de mindmap niet nuttig, omdat het tijd heeft gekost met het opschrijven van dingen die ik ook had gesnapt als ik de mindmap niet had gemaakt.
6	Ik vind het wel nuttig, want dat geeft een beetje meer overzicht en het helpt soms om je eraan te herinneren hoe het ook alweer moest
7	Het is makkelijker opzoeken
8	Ik vind het gebruik van mindmaps bij wiskunde handig omdat je zo alles op een rijtje hebt. Als alle theorie in de mindmap staat hoef je niet steeds in je boek te bladeren.
9	Ik vind het gebruik erg nuttig, omdat het direct een soort samenvatting is van alle stof.
10	Het is wel nuttig, maar ik vind een samenvatting van alle theorie even nuttig
11	Alle theorie staat overzichtelijk bij elkaar.
12	Wel, het is een fijn overzicht
13	Je kunt de stof beter onthouden
14	Ik had niet het gevoel dat ik meer uit een mindmap kon halen dan een normale samenvatting

4. Waarom heeft het maken van de mindmap wel of niet geholpen bij het beter begrijpen van de stof?

Tabel 11. Resultaten vraag 4 enquête

ID	Antwoorden
1	Je kan het als een samenvatting gebruiken
2	Hetzelfde als hierboven
3	Ik vind het makkelijker om gewoon alles van toepassing in 1 schema te hebben, met behulp van deze mindmap was dat vrij handig om overzichtelijk alles bij elkaar te hebben
4	Niet, het had voor mij geen zin
5	De mindmap heeft mij niet geholpen met het beter begrijpen van de stof, want ik had de stof net zo goed gesnapt zonder mindmap.
6	Zo kon ik de stappenplannen beter leren
7	Nee
8	De mindmap heeft geholpen met het beter begrijpen van de stof omdat je verbanden probeert te leggen bij het maken van de mindmap.
9	Het heeft wel geholpen, want alles is wel redelijk samengevat waardoor je het dus opneemt.
10	Het heeft wel geholpen doordat je de stof nog eens opschrijft
11	Het heeft mij niet geholpen bij het beter begrijpen van de stof, omdat je de belangrijkste punten erin zet. Als je een bepaald onderdeel niet helemaal begrijpt kun je beter in het boek kijken, want daar is het allemaal net wat uitgebreider.

12	Je denkt nog een keer na over de stof
13	Omdat je de stof overzichtelijk hebt en je weet nu wat je moet doen om te beginnen bij een opgave
14	De meeste stof begreep ik al zonder mindmap, gewoon door tijdens de les op te letten en huiswerk te maken

5. Waarom heeft de mindmap wel/niet geholpen bij het maken van de formatieve toets?

Tabel 12. Resultaten vraag 5 enquête

ID	Antwoorden
1	Je weet dan hoe je een begin moet maken
2	De stappenplannen had ik nodig in de formatieve toets en die stonden daarin
3	De mindmap heeft enorm geholpen met een begin maken aan opdrachten, bijvoorbeeld als je niet meer wist wat er met de buigpunten was, kijk je in je mindmap bij buigpunten en dan staat er bijvoorbeeld in de afgeleide zit een extreme waarde. Dit is vrij goede informatie om te hebben en als je een begin hebt kan je zo doorgaan tot dat je bij het eind bent. Het begin is namelijk het moeilijkst bij zulke opdrachten ¹
4	Niet, ik snap er niet veel van
5	De mindmap heeft geholpen met regels en werkschema's die ik in de mindmap had staan, als ik de mindmap niet had mogen gebruiken had ik deze uit het hoofd geleerd en dan had ik de mindmap niet nodig gehad.
6	Daar staat al een beetje in hoe het moet, dus dan weet je wat je moet doen
7	Je kan kijken wat theorie is
8	De mindmap heeft wel geholpen bij het maken van de formatieve toets, omdat ik dankzij de mindmap steeds een begin kon maken.
9	De mindmap heeft niet erg geholpen onderbreking opdrachten gewoon veel moeilijker waren dan de stof die in het boek staat, waardoor het geen nut had bij de formatieve toets. Ik weet zeker dat als de opgaven van de formatieve toets een lager niveau hadden de mindmap erg handig was geweest.
10	Het hielp wel omdat je hierdoor nog even terug kon kijken naar de regels
11	De mindmap was handig zodat je kunt bekijken welke stappen je moest zetten op een bepaalde opgave te maken.
12	Je kon even kijken als je het niet wist
13	Wel, ik kon een begin maken
14	Wel een beetje, er was een opdracht waarbij ik niet wist hoe ik die moest maken, daarmee hielp de mindmap wel een beetje

6. Ga je de mindmap gebruiken ter voorbereiding op de toets wiskunde in de aankomende toetsweek? Leg uit waarom wel of niet.

Tabel 13. Resultaten vraag 7 enquête

ID	Antwoorden
1	Waarschijnlijk wel, dan heb ik al een samenvatting
2	Ja, omdat het overzichtelijker is dan het boek
3	Ik denk dat ik het wel kan gebruiken, dit is een handig overzicht met alle regels die in dit hoofdstuk voorkomt
4	Ja, dan heb je een overzichtelijk schema
5	Nee, ik leer gewoon de werkschema's uit het boek en de aantekeningen zoals altijd. Dit is nog altijd goed gegaan dus lijkt verandering mij overbodig.
6	Ik denk het niet, want die van mij was niet uitgebreid genoeg en ik vind het ook niet zo leuk om een mindmap te maken
7	Denk het

8	Ja, omdat ik alle theorie op een rijtje heb staan in mijn mindmap.
9	Ik denk het wel het is namelijk wel een samenvatting. Ik heb alleen wel altijd het gevoel dat de theorie van het boek van een veel lager niveau is dan dat de vragen zijn waardoor het denk ik beter is ik veel te oefenen op toets niveau
10	Denk ik wel, alle theorie staat er ongeveer op
11	Ja, makkelijk omdat alle theorie bij elkaar staat.
12	Wel, het is een handig overzicht
13	Ja, het helpt/werkt
14	Ik ga er wel even naar kijken, maar ik ben van plan opdrachten te maken uit het boek

7. Ga je vaker gebruik maken van een mindmap bij wiskunde? Leg uit waarom wel of niet.

Tabel 14. Resultaten vraag 8 enquête

ID	Antwoorden
1	Waarschijnlijk niet, het kost aardig wat moeite en hoe meer je erin zet, hoe onoverzichtelijker het wordt
2	Ik denk het wel want het scheelt tijd
3	Ik denk dat het aan het hoofdstuk ligt, als het een hoofdstuk is met veel rekenregels, dan denk ik wel, want het is dan handig om alle rekenregels op 1 blaadje te hebben staan. Als het een hoofdstuk is met bijvoorbeeld alleen maar toepassingen dan denk ik niet, want dan heb je al de basis en dan hoef je, vind ik, niet nog een keer een extra mindmap te maken
4	Nee
5	Nee, ik snap wiskunde bijna altijd en dan vind ik het jammer van mijn tijd.
6	Ik denk het niet. Het kost best veel extra tijd die ik ook kan gebruiken voor oefenen
7	Nee
8	Ik denk het wel. Maar niet altijd want het kost veel tijd om te maken.
9	Ik zou het wel graag willen, ik vind het namelijk zelf echt superleuk om een mindmap te maken en ik denk dat het ook echt wel nuttig is. Ik weet alleen niet of ik er echt aan zou denken om een mindmap te gaan maken. Ik ben wel heel blij dat u dit project heeft gedaan want het heeft mij in ieder geval zeker geholpen om dit onderwerp beter te begrijpen, dus bedankt!
10	Denk het niet, vind de theorie door kijken en daar dan dingen van opschrijven onder elkaar makkelijker
11	Misschien
12	Nee, kost vrij veel tijd.
13	Wel
14	Nee, kost veel tijd om te maken en ik vond het onnodig

Bijlage H – Codering Interviews

Hieronder wordt de codering van de interviews weergegeven. Er zijn in totaal drie verdiepende interviews afgenomen met leerlingen, Bij ID wordt er gerefereerd naar het desbetreffende interview.

Tabel 15. Codering interviews

ID	Tekst	Open code	Axiale code
1	Had wel een voorbeeld van een wiskundige mindmap willen zien. Er waren wel voorbeelden van mindmaps in de presentatie, maar ik miste nog een voorbeeld van een wiskunde mindmap.	Voorbeeld	Mindmap
1	Zoveel mogelijk in één keer gedaan. Vond ik prettiger, voor de indeling en zo. Dan kan ik het beter indelen en nadenken over het onderwerp, in plaats van opeens een mindmap maken	Creëren mindmap	Mindmap
1	Dit was de eerste keer dat ik voor wiskunde een mindmap maakte. Heb wel eens een samenvatting gemaakt maar nog geen mindmap.	Ervaring	Mindmap
1	Neutraal, had er geen moeite mee.	Ervaring tijdens maken	Mindmap
1	Ja om mijn aanpak te controleren. Zo kon ik zien of ik het goed deed.	Gebruik mindmap	Formatieve toets
1	Ja om te controleren of ik de juiste kennis toepaste.	Controleren toepassing kennis	Formatieve toets
1	In het begin wel. Toevallig was ik dag ervoor nog mee bezig. Vraag 2 heb ik de mindmap wel nodig gehad.	Toets zonder mindmap	Formatieve toets
1	Om mijn aanpak en antwoorden te controleren. Maar ik miste dus wel de extreme waarden op de mindmap. Als ik die had gehad, dan had ik hem meer bij de toets gebruikt.	Aanpak controleren	Formatieve toets
1	Wel fijn om te maken. Mijn eerste reactie was niet yay, maar ook niet vervelend. Meer van oh een opdracht. Achteraf gezien vond ik het wel fijn om te doen. Het geeft namelijk duidelijkheid van het aantal formules die je hebt. Het is overzichtelijker, je hoeft namelijk niet de hele tijd door het boek te bladeren.	Creëren mindmap	Mindmap
1	Van hoofdstuk 6 niet echt. Had het namelijk ook wel zelf kunnen maken zonder de mindmap. Stel ik had bijvoorbeeld een combinatietoets, met meerdere onderwerpen en bijvoorbeeld hoofdstuk 2 erbij, dan had ik hem wel meer nodig gehad. De toets was redelijk vers, had er niet voor geleerd. Maar de laatste opdracht bijvoorbeeld had ik twee dagen geleden nog op geoefend.	Begrip	Mindmap
1	Wel gebruiken, niet per sé zelf maken	Ervaring	Mindmap

1	Een mindmap vind ik zelf wel plat, het is minder overzichtelijk omdat ik niet zo netjes schrijf en dan raakt het door elkaar.	Creëren mindmap	Mindmap
1	Een mindmap van de docent had ik sowieso gebruikt. Als iemand anders een mindmap had gemaakt dan had ik het ook gebruikt. Ik ben er zeker niet op tegen om het te gebruiken	Mindmap van docent	Mindmap
1	Maar als ik het zelf zou maken dan zou ik eerder een samenvatting maken of alles onder elkaar.	Mindmap maken	Mindmap
1	Ja, niet een mindmap met allemaal wolkjes maar meer onder elkaar. Soort van begrippenlijst, dat vind ik zelf overzichtelijker. Dan heb je overzicht van alle formules.	Overzicht	Voordelen
1	Ja, het is makkelijker zoeken. Anders moet je altijd door de theorie bladeren, soms staat het zo onduidelijk in het boek.	Mindmap bij wiskunde	Voordelen
1	Bij wiskunde wel. Er zijn veel formules. Bij Natuurkunde ook.	Mindmaps in het onderwijs	Mindmap
1	Gebruiken wel, mindmap maken weet ik niet. Wellicht meer samenvatting achtig	Creëren mindmap	Mindmap
1	Gebruiken wel, mindmap maken weet ik niet.	Mindmap gebruiken	Mindmap
1	Ik zou het ook wel zelf willen maken, maar wel kunnen vergelijken met een ander	Creëren mindmap	Mindmap
1	Als je een mindmap maakt moet je dit niet te uitgebreid beschrijven. Alleen formule erbij, dat is voldoende in plaats van zoveel theorie. Houd het kort.	Creëren mindmap	Mindmap
1	De uitleg die u toen gaf was goed. U gaf duidelijk een aantal voorbeelden en daar stond het heel kort op.	Uitleg mindmaps	Input
1	In het begin heb ik niet veel gedaan, maar het was wel fijn om te doen. Ik vond het een fijne ervaring. Het heeft mijn ogen weer geopend dat ik wel weer samenvattingen kan gaan maken.	Ervaring	Mindmap
2	Ik heb één keer iets aan een klasgenoot gevraagd, maar verder heb ik alles zelf gedaan.	Brainstormen	Mindmap
2	Brainstormen is dan wel fijner, je krijgt dan ook ideeën van een ander	Brainstormen	Voordelen
2	Het is wel handig om ermee bezig te gaan als u uitleg heeft gegeven en ik meer kennis over het onderwerp heb	Creëren mindmap	Mindmap
2	Met de tijd die je erin steekt, leer je er ook wel van.	Tijd	Voordelen
2	Ja alles was duidelijk. Je wist direct precies wat je moest doen.	Uitleg mindmaps	Input
2	Het heeft mij geholpen met het verbanden leggen tussen verschillende theorieblokken	Verbanden leggen	Voordelen mindmap
2	Ik vond het zelf heel leuk want je leert ook verschillende theorieën te combineren met elkaar en dat is wel handig.	Ervaring mindmap	Ervaring

2	Misschien had u ook nog een voorbeeld van een mindmap van wiskunde kunnen laten zien.	Verbeterpunten	Input
2	Ik ga hem denk ik wel gebruiken bij de voorbereiding van de toets en bij het oefenen als ik er niet uitkom.	Gebruik mindmap	Mindmap
2	Ja heel erg op weg geholpen. Ik kon bij elke vraag een begin maken. Hierdoor snapte ik ook de vragen.	Begin maken	Formatieve toets
2	Nee. Ik wist al die stappen niet uit mijn hoofd, de aanpak enzo en de werkschema's.	Toets zonder mindmap	Formatieve toets
2	Ja want het is wel handig, maar het kost veel tijd om te maken.	Tijd	Nadelen
2	Bij wiskunde zou ik het wel vaak gebruiken, een samenvatting is ook wel handig. Dan staat alles onder elkaar, bij een mindmap is het meer een netwerk. Per sub onderwerp staat alles bij elkaar.	Mindmaps bij wiskunde	Mindmap
2	Alles staat overzichtelijk bij elkaar en je legt verbanden tussen de hoofdstukken.	Overzicht/verbanden leggen	Voordelen
2	Ik krijg er liever één, want het kost veel tijd. Maar met de tijd die je erin steekt, leer je ook eigenlijk van.	Tijd	Mindmap
2	Ik vond het wel leuk en leerzaam want je leert ook verschillende theorieën te combineren met elkaar en dat is wel handig."	Ervaring	Voordelen
2	Een mindmap van een docent zou ik wel zelf gebruiken, dat is wel handig. Dan kan ik oefenen met vragen en kijken of ik een begin kan maken. Zo niet, dan kijk ik in de mindmap. Dan staat alle theorie mooi bij elkaar.	Mindmap van docent/ander	Mindmap
2	Controleren of ik de juiste kennis toepaste.	Aanpak controleren	Formatieve toets
2	Misschien had u ook nog een voorbeeld van een mindmap van wiskunde kunnen laten zien.	Uitleg mindmaps	Input
3	Ik denk per paragraaf. Dan heb je het dan denk ik toch iets beter in je geheugen zitten.	Creëren mindmap	Mindmap
3	Ik dacht eerst "ik ga het per paragraaf doen', maar uiteindelijk was ik het vergeten. De laatste drie heb ik toen in één gedaan, maar dat is dan wel handig dat ik het al weet.	Creëren mindmap	Mindmap
3	Ik heb niet overlegd. Was misschien wel handig, maar ik dacht ook: kan het net zo goed zelf doen. Het is wel handig dat je informatie uitwisselt en er nieuwe informatie op staat bij een ander en dat je denkt dat is wel handig voor mij.	Brainstormen	Mindmap
3	Achteraf gezien wel blij dat ik het gedaan heb. Voor de volgende toets ga ik mijn mindmap nog even doorkijken.	Ervaring	Mindmap

3	Ik vond het wel leuk. Je bent even creatief bezig en bij wiskunde ben je dat nooit. Maar ik vond het wel prima om te doen.	Ervaring	Mindmap
3	Misschien wel als ik wil veranderen van leermethode.	Mindmaps bij wiskunde	Mindmap
3	Het is wel een toevoeging, maar zonder was het ook gelukt.	Gebruik mindmap	Formatieve toets
3	Ik weet niet of ik heel veel tijd eraan zou besteden om het te maken, maar als iemand zo een mindmap heeft dan is dat wel handig.	Tijd	Nadelen
3	Bij sommige dingen dacht ik 'hoe moet het ook alweer?' en dan had ik het netjes in mijn mindmap staan. Dan ga je er iets sneller doorheen zeg maar.	Gebruik mindmap	Formatieve toets
3	Met het creëren van overzicht en het geven van de stappenplannen.	Overzicht	Formatieve toets
3	Het is overzichtelijker, je hoeft namelijk niet de hele tijd door het boek te bladeren.	Overzicht	Voordelen
	Omdat het dan nog een keer herhaald en dan komt het beter binnen omdat je het een keer opschrijft. Dan ben je er bewust mee bezig. Zo zie je de verbanden tussen de verschillende onderwerpen.	Verbanden	Voordelen
3	Meer tijd in de les om eraan te werken, want dan kan je meteen ermee bezig als je de nieuwe stof krijgt in plaats van thuis.	Verbeterpunten	Mindmap

Bijlage I – Rubriek beoordeling mindmaps

CATEGORIE	BESCHRIJVING	SCORE			BEOORDELING
		Afwezig	Incidenteel	Structureel	
GELAAGDHEID	Dit element heeft betrekking op het aantal lagen van de mindmap.	De mindmap bevat geen lagen	De mindmap bevat minimaal twee lagen	De mindmap bevat minimaal 3 lagen	
RELATIES	Dit element heeft betrekking op de relaties tussen de verschillende componenten van de mindmap.	De mindmap bevat geen relaties tussen de verschillende componenten	De mindmap bevat enkele relaties tussen de verschillende componenten	De mindmap bevat structureel relaties tussen de verschillende componenten	
KLEUR	Dit element heeft betrekking op het gebruik van verschillende kleuren in de mindmap,	De mindmap bevat één kleur.	De mindmap bevat minstens twee verschillende kleuren.	De mindmap bevat ten minste drie verschillende kleuren.	
VOORBEELDEN	Dit element heeft betrekking op voorbeelden die bij de verschillende sub-thema's van de mindmap weergegeven worden. Dit kunnen berekeningen, formules, schetsen etc. zijn.	De mindmap bevat geen voorbeelden bij de verschillende componenten	De mindmap bevat enkele keren een voorbeeld bij de verschillende componenten	De mindmap bevat bij de meerderheid van de componenten een voorbeeld	
VISUALISATIES	Dit element heeft betrekking op het gebruik van visualisaties. Dit kunnen figuren, foto's, schetsen/tekeningen of andere dergelijke vormen van visualisaties zijn.	De mindmap bevat geen visualisaties	De mindmap bevat enkele visualisaties	De mindmap bevat structureel visualisaties	
CORRECTHEDEN	Dit element heeft betrekking op alle vormen van aantoonbare fouten in de mindmap. Dit kunnen incorrecte verbanden zijn, wiskundige fouten, onjuiste visualisaties etc.	De mindmap bevat gestructureerd aantoonbare fouten	De mindmap bevat enkele aantoonbare fouten	De mindmap bevat geen aantoonbare fouten	