

Verbanden zien met
behulp van
schematische weergave
in het
wiskundeonderwijs

VERSLAG OVO (10 EC)

JULI 2020

VERBANDEN ZIEN MET BEHULP VAN SCHEMATISCHE WEERGAVE IN HET WISKUNDEONDERWIJS

VERSLAG OVO (10 EC)

Onderzoek uitgevoerd door:
Ir. M. (Merima) Bašić

In opdracht van:

Het Assink Lyceum
Afdeling Wiskunde
Ir. A. (Annelies) van der Veen

Universiteit Twente
Faculteit Gedrags-, Management- en Sociale Wetenschappen
Educatie en Communicatie in de Bètawetenschappen
Dr. Ir. M. (Mark) Timmer
J.L.M. (Jony) Heerink

SAMENVATTING

Ondanks dat relationeel begrip evidente voordelen heeft in het wiskundeonderwijs, wordt de nadruk vaak gelegd op instrumenteel begrip. Leerlingen hebben hierdoor moeite met het abstraheren van belangrijke informatie, het herkennen van verbanden tussen verschillende onderwerpen en het integreren van nieuwe informatie met hun bestaande kennis. Hierom is in dit onderzoek getracht te achterhalen hoe het relationele begrip van leerlingen vergroot kan worden en hoe leerlingen hier zelf in staan. Onderzoek heeft aangetoond dat begrippennetwerken hierin hulp kunnen bieden. Een begrippennetwerk is een grafische weergave van de relaties tussen begrippen. In dit onderzoek zijn twee vergelijkbare groepen onderzocht, waarbij de experimentele groep wel een begrippennetwerk gepresenteerd kreeg en de controlegroep niet. Beide groepen hebben een pre- en een post-test gemaakt waar hun relationele begrip werd getest en hun prestaties op deze tests zijn met elkaar vergeleken. Het gemiddelde van de experimentele groep nam hierbij toe terwijl het gemiddelde van de controlegroep zelfs lichtelijk afnam. Hieruit kon voorzichtig geconcludeerd worden dat het begrippennetwerk een positief effect heeft gehad op het relationele begrip van leerlingen.

INHOUDSOPGAVE

Samenvatting	2
1. Inleiding	5
1.1. Algemene achtergrond	5
1.2. Probleembeschrijving	5
1.3. relevantie.....	6
2. Methode	7
2.1. Doel van het onderzoek.....	7
2.2. Onderzoeksvragen	7
2.3. Procedure	7
3. Theoretisch kader	12
3.1. Relationeel begrip	12
3.2. Schematiseren	12
3.3. Begrippennetwerk	13
3.4. Didactiek van de functieleer.....	14
3.5. Plan van eisen.....	15
4. Resultaten	17
4.1. Lesontwerpen	17
4.2. Cijfers.....	21
4.3. Interviewresultaten	24
5. Conclusies en Discussie	27
5.1. Conclusies	27
5.2. Discussie	29
5.3. Limitaties	31
5.4. Aanbevelingen voor verder onderzoek	32
Bibliografie	33
Appendix A: Lesontwerpen experimentele klas	35
Appendix B: Lesontwerpen controle klas.....	37
Appendix C: Begrippennetwerk voor leerlingen.....	39
Appendix D: Begrippennetwerk links	40
Appendix E: Powerpoint controleklas	41

Appendix F: Pre-test	42
Appendix G: Nakijkmodel pre-test	45
Appendix H: Post-test.....	47
Appendix I: Nakijkmodel post-test	50
Appendix J: Toestemmingsformulier	52
Appendix K: Toestemming interview	53
Appendix L: Interviewvragen.....	55
Appendix M: Codering interviews.....	56

1. INLEIDING

Dit hoofdstuk behandelt eerst de algemene achtergrond die aanleiding geeft voor dit onderzoek. Hierna wordt de probleembeschrijving geschetst en ten slotte wordt de relevantie van het onderzoek, zowel maatschappelijk als wetenschappelijk uiteengezet.

1.1. ALGEMENE ACHTERGROND

Instructie die de nadruk legt op relationeel begrip wordt vaak gezien als vereiste voor het beter beheersen van wiskunde door leerlingen (Booth & Thomas, 2000). Relationeel begrip wordt gedefinieerd als zowel weten wat je doet als waarom je het doet (Skemp, 1976). Echter is de situatie in veel klaslokalen nu zo dat de nadruk meestal gelegd wordt op toepassingen uit het hoofd leren en veel oefenen hiermee, oftewel instrumenteel begrip (Jitendra, DiPipi, & Perron-Jones, 2002; Skemp, 1976). Een manier om dit relationele begrip wel te stimuleren en om leerlingen verbanden te laten leggen, is het organiseren van kennis en het aanbrengen van patronen (Van Garderen & Montague, 2003). Een schema kan helpen in het organiseren van de lesstof en het in staat zijn om een schema te maken is bovendien de basis voor het begrijpen van patronen en relaties tussen bepaalde onderwerpen, zoals de eigenschappen van een functie en de bewerkingen die uitgevoerd kunnen worden op die functie om een vergelijking op te lossen (Jitendra, DiPipi, & Perron-Jones, 2002). Om deze reden onderkennen veel studies het belang van visueel inzicht en schematische weergave in het leren en begrijpen van mathematische concepten en tonen ze een positief verband aan tussen visueel inzicht en prestaties in de wiskunde (Booth & Thomas, 2000; Van Garderen & Montague, 2003; Jitendra, DiPipi, & Perron-Jones, 2002). Voorbeelden die genoemd worden voor visualisatie zijn diagrammen of grafieken (Booth & Thomas, 2000), visuele weergave van verbindingen tussen onderwerpen (Van Garderen & Montague, 2003) en schema's (Jitendra, DiPipi, & Perron-Jones, 2002). Een domein binnen de wiskunde dat zich uitzonderlijk goed leent voor visualisatie is meetkunde (Booth & Thomas, 2000), echter kan voor het inzichtelijk maken van verbanden elk domein gebruikt worden (Jitendra, DiPipi, & Perron-Jones, 2002).

Visueel inzicht helpt ook in het onthouden en manipuleren van informatie in de hersenen tijdens mentale berekeningen en voor het organiseren van informatie gedurende het oplossen van vraagstukken die meer nadenk-stappen vereisen (Booth & Thomas, 2000). Daarnaast werkt het ook de andere kant op: het kunnen aanbrengen van structuur in vraagstukken kan ervoor zorgen dat leerlingen zich bepaalde schema's of patronen herinneren uit de lesstof die ze nodig hebben voor dat probleem (Jitendra, DiPipi, & Perron-Jones, 2002).

1.2. PROBLEEMBESCHRIJVING

Uit eigen ervaring is gebleken dat ondanks het evidente voordeel van relationeel begrip in het wiskundeonderwijs, de nadruk vaak gelegd wordt op instrumenteel begrip. Hierdoor is het vaak zo dat leerlingen verbanden tussen concepten die zij leren niet zien en ook veel moeite hebben met het maken van opgaven die gemengd zijn en niet gesplitst per paragraaf (Timmer & Verhoef, 2014). De observatie uit eigen ervaring op andere scholen en ook van collega's op het Assink Lyceum is dat wiskunderesultaten van leerlingen in de 4^e klas vaak tegenvallen. Echter, omdat wiskunde een kernvak is, kan dat ervoor zorgen dat leerlingen vertraagd worden in hun schoolloopbaan. Des te meer is het van belang om hun relationele begrip te stimuleren en zo hun resultaten te verbeteren.

Daarnaast hebben veel studenten uit het hoger onderwijs zelfs moeite met het abstraheren van belangrijke informatie, beoordelen wat de relaties zijn tussen verschillende onderwerpen en het integreren van nieuwe informatie met hun bestaande kennis om relationeel begrip te vormen (De Simone, Schmid, & McEwen, 2010).

Hierom is in dit onderzoek getracht te achterhalen hoe het relationele begrip van leerlingen vergroot kan worden en hoe leerlingen hier zelf in staan.

1.3. RELEVANTIE

De relevantie van dit onderzoek kan opgesplitst worden in twee aspecten: maatschappelijke relevantie en wetenschappelijke relevantie.

Wat betreft maatschappelijke relevantie, richt dit onderzoek zich erop leerlingen, leraren en middelbare scholen te helpen door het aanreiken van handvaten voor het verbeteren van het inzicht in het leggen van verbanden en hierdoor het relationele begrip te stimuleren wat uiteindelijk de resultaten voor wiskunde verbetert.

De wetenschappelijke relevantie blijkt uit het tekort aan onderzoek over visuele representaties binnen wiskunde (Van Gaderen & Montague, 2003), terwijl het wel als een belangrijk onderwerp wordt gezien (Jitendra, DiPipi, & Perron-Jones, 2002). Daarnaast is het ook nog steeds niet duidelijk welke rol schematische weergave kan spelen binnen de visualisatie (Booth & Thomas, 2000) en worden voorbeelden van schematische weergave, zoals een mindmap of begrippennetwerk, nauwelijks genoemd in relatie tot wiskunde in bestaande onderzoeken (Brinkmann, 2005).

Er bestaan nog een aantal vergelijkbare onderzoeken, naar de rol van begrippennetwerken binnen het relationeel begrijpen van wiskunde, namelijk de onderzoeken van Kone (2017), Meijerink (2009) en van der Vegt (2019). Deze onderzoeken zijn deels van invloed geweest voor de invulling van dit onderzoek, echter zijn deze eerdere onderzoeken er voornamelijk op gefocust om de leerlingen het begrippennetwerk aan te leren in plaats van het presenteren. Dit onderzoek zal anders zijn in die zin, omdat het om praktische redenen niet mogelijk is om fysiek les te geven en presentatie zich beter leent in het digitaal lesgeven.

2. METHODE

In dit hoofdstuk zal eerst het doel van het onderzoek geformuleerd worden op basis van de probleembeschrijving. Dit doel zal worden toegepast bij de formulering van de hoofdvraag, welke vervolgens verder toegelicht zal worden aan de hand van een drietal deelvragen.

2.1. DOEL VAN HET ONDERZOEK

Naar aanleiding van de problematiek zoals beschreven in het hoofdstuk 'Probleembeschrijving', is het doel van dit onderzoek om het relationele begrip van leerlingen te vergroten door hen lessen te bieden die de nadruk leggen op verbanden leggen door middel van schematische weergave. Het onderzoek zal beperkt worden tot het onderwerp 'Machtsverbanden'.

2.2. ONDERZOEKSVRAGEN

Op basis van het doel, zoals beschreven in hoofdstuk 2.1, kan de hoofdvraag van dit onderzoek geformuleerd worden als: Is het relationele begrip van leerlingen van het onderwerp 'Machtsverbanden' verbeterd na lessen te hebben gehad die de nadruk legden op verbanden leggen door middel van schematische weergave ten opzichte van de situatie voor de lessen?

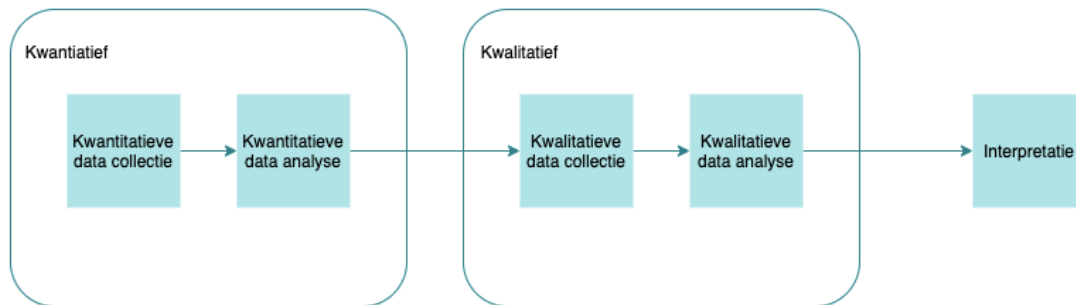
Om deze hoofdvraag te beantwoorden, is een viertal deelvragen uitgewerkt:

- 1) Wat zegt wetenschappelijke literatuur over schematische weergave die wordt ingezet om verbanden te kunnen leggen in het algemeen en welke lessen kunnen hieruit getrokken worden voor het ontwerpen van een les in het leggen van verbanden door middel van schematische weergave?
- 2) Hoe zou een les over het leggen van verbanden door middel van schematische weergave eruit kunnen zien over het onderwerp 'Machtsverbanden'?
- 3) Heeft schematische weergave van het onderwerp 'Machtsverbanden' een positief effect op het relationele begrip van leerlingen?
- 4) Hoe ervaren de leerlingen de les over schematische weergave en welke verbeterpunten geven zij?

2.3. PROCEDURE

Het onderzoek is uitgevoerd met behulp van een '*mixed method*' aanpak. Mixed method onderzoek houdt in dat zowel kwantitatieve als kwalitatieve data worden verzameld, geanalyseerd en geïnterpreteerd in één onderzoek met als doel hetzelfde onderliggende fenomeen te verklaren (Leech & Onwuegbuzie, 2009). Er is gekozen voor deze aanpak omdat dit onderzoek ingaat op de complexiteit van het menselijk handelen en daarom een groot aantal perspectieven nodig zijn (Sale, Lohfeld, & Brazil, 2002). De strategie die toegepast was, is de sequentiële verklarende strategie, welke inhoudt dat

het kwantitatieve deel van het onderzoek voorgaat aan het kwalitatieve deel (Terrel, 2012). Dit is schematisch weergegeven in Figuur 1. Hierin is het zoeken naar wetenschappelijke literatuur niet opgenomen, omdat dat al in de voorbereidende fase van het onderzoek gebeurde en die resultaten al waren verwerkt en geanalyseerd alvorens de overige datacollectie plaatsvond.



FIGUUR 1: SCHEMATISCHE WEERGAVE ONDERZOEKSAANPAK

Concreet betekent dit dat dit onderzoek begon met een literatuurstudie om tot een beter begrip van het onderwerp te komen en om een plan van eisen te ontwerpen voor het uitvoerende deel, de lessen. Vervolgens werden de lessen ontworpen en werden er leerlingen uit twee 4VWO-klassen (controleklas en experimentklas) getest op hun bestaande vaardigheden door middel van een pre-test, weergegeven in Appendix F. Na deze pre-test vond de interventie plaats in de vorm van herhalingslessen over het onderwerp 'Machtsverbanden'. Voor de controleklas betekende dit dat de lessen gegeven werden zonder begrippennetwerk en de experimentele klas kreeg wel het begrippennetwerk gepresenteerd. Afsluitend hebben de leerlingen opnieuw een vaardigheidentoets gekregen in de vorm van de post-test, weergegeven in Appendix H. Beide tests zijn statistisch geanalyseerd. Ten slotte zijn twee leerlingen uit de experimentele klas geïnterviewd over hun ervaringen.

2.3.1. RESPONDENTEN

Dit onderzoek is uitgevoerd binnen twee 4VWO-klassen Wiskunde A op het Assink Lyceum in Haaksbergen. Daarnaast had het onderzoek betrekking op hoofdstuk 6 van Getal & Ruimte Wiskunde A. De onderzoekseenheid bestond dus uit twee 4VWO-klassen Wiskunde A. Een van deze klassen heeft een hoofdstuk herhaald in een aangepaste vorm met behulp van schematische weergave (de experimentele klas) en de andere klas heeft gewoon het boek gevolgd (de controleklas). De experimentele klas bevat 20 leerlingen en de controleklas bevat er 16. De klassen zijn geselecteerd op basis van beschikbaarheid en wens van de opdrachtgever. De keuze van de klassen was afhankelijk van beschikbaarheid omdat de onderzoeker zelf les moest geven in beide klassen om het onderzoek te kunnen uitvoeren. Bovendien moesten de klassen beide in hetzelfde leerjaar en op hetzelfde niveau (VMBO/HAVO/VWO) zitten om een vergelijking mogelijk te maken. Verder is de keuze van de klassen afhankelijk van de wens van de opdrachtgever, omdat de opdrachtgever heeft aangegeven dat de vierde klas de laagste cijfers haalt en dat hier daarom de meeste behoefte bestaat voor verandering. Door collega's is wel aangegeven dat de klassen verschillen wat betreft prestatieniveau. Het gemiddelde voor wiskunde in de experimentele klas ligt op een 5,9 en in de controleklas op een 6,7. Wat betreft de keuze van het onderwerp, was beschikbaarheid tevens een doorslaggevende factor, immers het moest een onderwerp zijn dat in de periode april tot juni behandeld werd. Daarnaast moest het onderwerp zich lenen voor schematisering en moest de opdrachtgever interesse hebben in een dergelijk lesontwerp.

2.3.2. INSTRUMENTEN

Voor dit onderzoek zijn een viertal instrumenten gebruikt, namelijk wetenschappelijke literatuur, het begrippennetwerk (Appendix C en D), de pre- en post-test (Appendix F en H) en de interviewleidraad (Appendix L).

Het eerste instrument is dus wetenschappelijke literatuur. De literatuurstudie werd uitgevoerd in twee stadia: in het eerste stadium was het doel om het begrip van het onderwerp te vergroten en om het onderzoek verder af te kaderen en in het tweede stadium van het literatuuronderzoek werd de literatuur gebruikt ten behoeve van de vergelijking met de anders verkregen data. Het zoeken naar literatuur vond plaats in het voorjaar van 2020 door middel van de Scopus database, Google en Google Scholar en de artikelen werden geselecteerd uit de toonaangevende uitgevers zoals Elsevier, Emerald, Springer, Taylor & Francis en Wiley. Voor het zoeken naar artikelen zijn de volgende termen gebruikt: schematische weergave, verbanden leggen, wiskundeonderwijs en middelbare school. Deze staan verder uitgelegd in Tabel 1 en zijn vertaald alsmede met elkaar gecombineerd. De gevonden artikelen zijn geselecteerd op basis van het lezen van de abstract, de inleiding en de conclusie en de zoektocht was gelimiteerd tot artikelen uitgebracht in het Nederlands en het Engels. Daarnaast zijn bij gevonden artikelen ook de referenties bekeken om meer artikelen te vinden.

TABEL 1: ZOEKTERMEN LITERATUUR

Term	Gerelateerde termen	Bredere termen	Nauwere termen
Schematische weergave	Geordend, overzichtelijk	Samenvatten	Schema, tabel, figuur, afbeelding, begrippennetwerk
Verbanden leggen	Samenhang, verbinding, relatie	Context	Betrekking
Wiskundeonderwijs	Wiskundeonderricht, wiskundeopleiding	Wiskunde, onderwijs	Wiskundeles, instructie
Middelbare school	College	Onderwijs, onderwijsinstituut	Bovenbouw, havo, vwo

Bovendien is nog een instrument het begrippennetwerk. Het begrippennetwerk is geconstrueerd door eerst het hoofdstuk meerdere malen door te nemen en een overkoepelend onderwerp hiervan vast te stellen, namelijk 'functies'. Vervolgens werd het verder naar beneden uitgebreid en werden alle stukken theorie uit het hoofdstuk aan het netwerk toegevoegd. Het begrippennetwerk is volledig gebaseerd op de leerdoelen van de lessen die voor de leerlingen zijn opgesteld, deze link kan gevonden worden in Appendix D.

Verdere instrumenten zijn de pre- en post-test. Dit zijn kwalitatieve databronnen. De pre-test werd meteen na afsluiting van het hoofdstuk afgenomen, voor de herhalingslessen. Hier is voor gekozen om de vergelijking makkelijker te maken. Beide klassen verschillen te veel om een goede vergelijking tussen de klassen te maken. Echter kan met een pre-test de vergelijking per klas worden gemaakt. De post-test werd na de interventie, de herhalingslessen, afgenomen. Beide tests bevatten uitsluitend vragen gebaseerd op verbanden tussen de paragrafen van het betreffende hoofdstuk en waren hetzelfde in beide klassen. Beide tests zijn ontworpen om de leerdoelen uit hoofdstuk 3.5 te testen. De eerste vraag van beide tests onderzoekt of leerlingen de verschillende voorstellingen van functies aan elkaar kunnen

linken en of zij kunnen benoemen welke soorten machten (even, oneven, gebroken, negatief) er horen bij welk type functies. De tweede vraag van beide tests toetst vervolgens of leerlingen translaties en vermenigvuldigen kunnen toepassen op een formule en een grafiek en of ze de kenmerken van even en oneven machten kunnen herkennen. Ten slotte test de derde en laatste vraag of leerlingen grafieken kunnen tekenen bij een gegeven formule of tabel.

Het laatste instrument waren de semi-gestructureerde interviews die na de laatste toets werden afgenomen bij twee leerlingen uit de experimentele klas met als doel een begrip te vormen van de ervaring van de leerlingen. De leerlingen werd gevraagd wat zij van de methode vonden en wat zij graag anders hadden gezien. De vragen die hierbij zijn opgesteld zijn direct gelinkt aan het plan van eisen in 3.5 en zijn te vinden in Appendix L. De interviews zijn gebruikt om te verifiëren of aan het plan van eisen is voldaan in de ogen van de leerlingen.

2.3.3. DATA-ANALYSE

De data-analyse was, net als de dataverzameling, sequentieel en afhankelijk van de data bron. Dit houdt in dat alle data van verschillende bronnen eerst apart werd geanalyseerd, alvorens alles te vergelijken en conclusies te vormen.

Om de literaire data te analyseren, zijn eerst alle geselecteerde papers gelezen en zijn relevante stukken gemarkeerd. Vervolgens zijn deze stukken ingedeeld per onderwerp, om zo tot een lopend verhaal te komen voor het theoretische kader. De data verkregen uit literatuur had als doel om een begrip te vormen voor de onderzoeker over het onderwerp, om zo het onderzoek te kunnen uitvoeren. Hieraan is voldaan met het schrijven van het theoretische kader.

Voor de pre- en post-test betekent dit dat de tests werden nagekeken, op basis van de nakijkmodellen uit Appendices G en I. Vervolgens werd het gemiddelde berekend hierop gebaseerd heeft een hypothesetoets plaatsgevonden. De nulhypothese voor de experimentele klas was dat het begrippennetwerk geen effect heeft gehad op de gemiddeldes van de leerlingen. De alternatieve hypothese was dat het begrippennetwerk wel effect heeft gehad op de gemiddeldes van leerlingen.

Naast de vergelijking van de gemiddeldes, is het leerrendement berekend. Dit is de vooruitgang die gemiddeld wordt behaald door leerlingen (Palsma, 2010) en wordt berekend door:

$$\text{Leerrendement} = \frac{\text{gemiddelde posttest} - \text{gemiddelde pretest}}{\text{maximum cijfer} - \text{gemiddelde pretest}}$$

Dit rendement is voor iedere opgave apart berekend alsmede over de hele toets.

De interviews zijn getranscribeerd en open en axiaal gecodeerd in de analyse, de codering is te vinden in Appendix M. Open coderen betekent dat er aan bepaalde uitspraken die steekwoorden bevatten bijpassende codes worden toegekend. Vervolgens wordt er overgegaan op axiaal coderen, waarin de codes verkregen bij de vorige stap steeds opnieuw worden gegroepeerd tot er categorieën ontstaan. Op deze manier zijn de verschillende interviews dan vergeleken op basis van patroonvergelijking en zijn er conclusies uit gevormd.

2.3.4. VALIDITEIT

De kwaliteit of validiteit van het onderzoek is gewaarborgd vanuit een drietal invalshoeken: begripsvaliditeit, interne validiteit en betrouwbaarheid (Yin, 2014). De eerste test die gedaan werd, is begripsvaliditeit. Dit houdt in dat er binnen in dit onderzoek meerdere databronnen zijn gebruikt om tot triangulatie te komen. Dit betekent dat de conclusies alleen gevormd zijn op basis van data die overeenkomt tussen alle bronnen. Verder is evident getoond waar de gebruikte data is opgedaan. Ten slotte is de data uit de interviews gevalideerd bij de leerlingen en zijn dus de conclusies teruggekoppeld naar de respondenten om ervoor te zorgen dat de gebruikte data zo compleet en correct mogelijk is.

Interne validiteit beschouwt de mate waarin de redenering binnen het onderzoek juist is en in dit onderzoek is dit bereikt door middel van het matchen van patronen tussen de verschillende databronnen en concurrerende data toe te lichten.

Ten slotte wordt de betrouwbaarheid van het onderzoek gewaarborgd door het onderzoeksvoorstel zo uitgebreid mogelijk te beschrijven en door alle verzamelde data te bewaren ten behoeve van een database. Op deze manier is geprobeerd inzichtelijk te maken hoe het onderzoek is uitgevoerd en wat de beperkingen zijn.

3. THEORETISCH KADER

Om in staat te zijn dit onderzoek uit te voeren, is een les ontworpen worden die ingaat op verbanden leggen door middel van schematiseren. Hiertoe moesten de concepten 'schematiseren' en 'relationeel begrip' nader onderzocht worden. Daarnaast werd een toepassing van schematiseren onderzocht, namelijk 'begrippennetwerk'. Het moest duidelijk worden wat de concepten precies betekenen, wat de voordelen en nadelen zijn, waarom het belangrijk is en hoe het gebruikt kon worden in dit onderzoek.

3.1. RELATIONEEL BEGRIP

Relationeel begrip is zowel het begrijpen wat er gedaan moet worden als waarom precies dat gedaan wordt (Skemp, 1976). Relationeel leren en begrip wordt vaak onderbelicht in het klaslokaal omdat het een aantal nadelen met zich meebrengt ten opzichte van instrumenteel leren en begrip. Skemp (1976) onderscheidt drie nadelen van relationeel begrip die in dit onderzoek relevant zijn. Ten eerste is instrumenteel begrip binnen een ingekaderde context vaak makkelijker en sneller aan te leren dan relationeel begrip, wat in de les ten goede komt, omdat er sowieso te weinig tijd is per onderwerp. Ten tweede hebben leerlingen tijdens het aanleren van instrumenteel begrip vaker en sneller de kans om een antwoord goed te hebben, dus beloond te worden. Door het gevoel van behaald succes zijn zij dan gemotiveerder om de rest van de stof door te nemen. Ten derde zijn sommige onderwerpen uit het examenprogramma te moeilijk voor het aanleren van relationeel begrip aan middelbare scholieren en zou dit in lijn met het tweede nadeel alleen maar demotiverend werken.

Aan de andere kant noemt Skemp (1976) ook een viertal voordelen op de korte termijn voor het aanleren van relationeel begrip ten opzichte van instrumenteel begrip. Ten eerste is relationeel begrip makkelijker toe te passen buiten het kader van het geleerde onderwerp en kan het dus ook toegepast worden op nieuwe problemen en onderwerpen. Ten tweede is het makkelijker te onthouden, immers als een leerling een regel zelf afleidt, begrijpt hij of zij waarom dit zo is en kan de regel opnieuw afgeleid worden indien dit nodig is. Zo wordt voorkomen dat leerlingen rijtjes aan regels moeten gaan stampen. Hierop voortbouwend is het derde voordeel dat het geleerde ook langer blijft hangen bij leerlingen. Ten vierde biedt relationeel begrip ook de kans meer onderwerpen te behandelen en deze aan elkaar te verbinden. In wiskunde is het vaak zo dat ideeën die nodig zijn voor het relationeel begrijpen van een bepaald onderwerp, ook de basis vormen van andere onderwerpen. Echter gaat dit laatste voordeel volgens Skemp (1976) vaak verloren, omdat veel onderwerpen in het klaslokaal afgezonderd worden en niet worden gezien als fundamentele concepten waaraan hele gebieden van de wiskunde gehangen kunnen worden. Echter kan dat perfect opgevangen worden door leerlingen te leren schematiseren, zoals beschreven in onderstaand hoofdstuk.

3.2. SCHEMATISEREN

Schematiseren kan worden gedefinieerd als het construeren en verbeteren van symbolische representaties (Poland, Van Oers, & Terwel, 2010). Hierin is een symbolische representatie een algemeen concept dat verwijst naar verschillende typen representaties van denkbeelden, onderwerpen of vraagstukken met hulpmiddelen zoals symbolen, woorden, schema's, diagrammen of modellen (Poland, Van Oers, & Terwel, 2010). Schematiseren onderscheidt zich van andere aanpakken door het gebruik van schema's en diagrammen om belangrijke informatie samen te vatten en semantische

verbanden aan te brengen met als doel om begrip van de informatie te faciliteren (Jitendra, DiPipi, & Perron-Jones, 2002). Kort gezegd biedt schematiseren leerlingen een middel om hun gedachten en kennis te organiseren (Poland, Van Oers, & Terwel, 2010).

Het belang van informatie 'zien', oftewel visualisatie begint al redelijk vroeg. Jonge kinderen vormen in hun hoofd al plaatjes of afbeeldingen om de wereld om hen heen te begrijpen en inzicht te krijgen in gebeurtenissen (Jencks & Peck, 1972). Freudenthal (1983) sluit zich hierbij aan en stelt dat leerlingen vroeg in aanraking gebracht dienen te worden met bepaalde verschijnselen die om ordening vragen, zodat zij hierdoor het ordeningsmiddel leren hanteren. Echter heeft hij het hier niet per se over begripsverwerving, maar over de vorming van mentale afbeeldingen. Hij stelt namelijk dat het werken met die mentale afbeeldingen voorafgaat aan het vormen van relationeel begrip (Freudenthal, 1983). Van Garderen en Montague (2003) gaan hier dieper op in, door te stellen dat hoewel alle plaatjes in zekere mate een rol spelen in begripsvorming, het aangeven van patronen het belangrijkste is omdat dit de verbanden en relaties tussen aspecten aangeeft en hierdoor abstractie en generalisatie in de hand werkt. De Simone, Schmid, & McEwen (2010) zijn het hiermee eens en stellen dat de primaire bron van informatie, tekst, leerlingen niet ten goede komt in hun leerproces. Auteurs geven vaak niet de links aan tussen hun ideeën en gaan ook niet in op voorkennis van de leerlingen (De Simone, Schmid, & McEwen, 2010). Als het dan aankomt op het oplossen van mathematische vraagstukken, zijn leerlingen hiertoe alleen in staat als alle relevante kennis adequaat is georganiseerd in het geheugen met behulp van een geschikte cognitieve structuur, bijvoorbeeld een schema (Jitendra, DiPipi, & Perron-Jones, 2002; De Simone, Schmid, & McEwen, 2010). Ook van Garderen en Montague sluiten zich hierbij aan en tonen in hun onderzoek aan dat leerlingen die efficiënt en op een hoog abstractieniveau wiskundige vraagstukken konden oplossen een goed gevormd relationeel begrip hadden, welke werd ondersteund door een inzicht in patronen met behulp van een visuele aanpak.

Als schematisering vervolgens moet worden overgebracht op leerlingen, speelt instructie van de docent daar een grote rol in (Hutchinson, 1993). Deze instructie moet zich niet alleen richten op het ontwikkelen van conceptuele kennis van onderwerpen, maar ook een geïntegreerd begrip proberen te vormen op basis van relaties tussen onderwerpen (Jitendra, DiPipi, & Perron-Jones 2002). Peltenburg (2014) voegt hieraan toe dat een docent die leerlingen 'structuur' wil leren aanbrengen, niet verzeild moet raken in het uitleggen wat het begrip precies inhoudt. Er moet juist getoond worden hoe belangrijk het is om structuur aan te brengen en hoe leerlingen dit precies kunnen doen (Peltenburg, 2014). Wanneer leerlingen dan vanuit de eerste hand ervaren hoe een dergelijk schema opgesteld kan worden en hoe het werkt, wordt het voor hen makkelijker om dit ook zelf te doen (Jencks & Peck, 1972).

3.3. BEGRIPPENNETWERK

Een voorbeeld van een schematisering die in het onderwijs toegepast kan worden, is een begrippennetwerk. Een begrippennetwerk is een grafische structuur die knooppunten bevat die verbonden zijn met gelabelde, directe lijnstukken (Chiou, 2008). Het creëren van een begrippennetwerk is een leerstrategie die leerlingen in staat stelt om hun gedachten in een visuele vorm te gieten en zo hun relationele begrip te vergroten (De Simone, Schmid, & McEwen, 2010). Het grootste doel van de visualisatie is om verbanden tussen de concepten inzichtelijk te maken (Chiou, 2008). Een begrippennetwerk stelt de leerling in staat om belangrijke informatie te abstraheren, concepten aan elkaar te linken en het geheel op een gestructureerde wijze te representeren (De Simone, Schmid, & McEwen, 2010).

Een begrippennetwerk wordt begonnen door het onderwerp bovenin de pagina te positioneren (Brinkmann, 2005). Hierna kan door de docent een context geschetst worden waar dit onderwerp aan bod in kan komen (Novak & Cañas, 2008). De andere concepten worden hieronder gepositioneerd (Novak & Cañas), waarbij de abstractere of meer generieke concepten hoger staan en naarmate het concept meer specifiek of concreet is, staat deze lager (Brinkmann, 2005). Indien mogelijk, moeten de concepten die bij elkaar horen direct onder elkaar staan. Vervolgens worden lijnen getrokken van de hogerstaande concepten naar de concepten direct eronder om de relaties ertussen aan te geven (Brinkmann, 2005). Op de verbindende lijnen moeten vervolgens woorden of zinnen worden gezet die de relatie tussen de concepten beschrijven (Brinkmann, 2005). Hierop volgend kunnen de 'cross-links' worden geïdentificeerd, oftewel de relaties tussen de concepten die op eenzelfde hoogtelevel zijn (Novak & Cañas, 2008). Deze worden op dezelfde manier getekend als de lijnen tussen de hiërarchische concepten. Echter is het wel van belang om voorzichtig te zijn met de cross-links, immers moeten leerlingen begrijpen dat alle concepten in het begrippennetwerk met elkaar te maken hebben (Novak & Cañas, 2008). Op de onderste regel kunnen voorbeelden van de concepten gegeven worden, deze horen niet ingekaderd te worden (Brinkmann, 2005). Het belangrijkste is om te beseffen dat dit begrippennetwerk niet al na één keer af is, er moeten namelijk ongeveer drie iteraties plaatsvinden om tot een goed begrippennetwerk te komen (Novak & Cañas, 2008).

3.4. DIDACTIEK VAN DE FUNCTIELEER

De didactiek van de functieleer is relevant ondanks dat dit herhalingslessen zijn, omdat het boek nooit aandacht besteed aan het begrip 'functie'. Daarom kunnen de herhalingslessen gezien worden als de eerste lessen over functies en kunnen ze ook als zodanig worden ontworpen. Het onderwerp 'Machtsverbanden' zoals het wordt behandeld in Getal en Ruimte Editie 11 Wiskunde A/C Hoofdstuk 6 bestaat uit een vijftal paragrafen. De eerste paragraaf gaat in op kwadratische formules, waarna respectievelijk veranderende grafieken, machten en wortels, gebroken formules en formules met machten worden behandeld. In het boek wordt het dus niet als zodanig genoemd, maar het hoofdstuk 'Machtsverbanden' gaat eigenlijk over het algebraïsch bewerken van functievoorschriften. Daarom wordt in dit hoofdstuk aandacht besteed aan de didactiek van de functieleer en zijn de didactische aspecten die hier aan bod komen, gebruikt voor het ontwerp van de lessen voor dit onderzoek.

Allereerst moet opgemerkt worden dat functies worden genoemd als een van de belangrijkste onderwerpen van de middelbare-school wiskunde (Drijvers, van Streun, & Zwaneveld, 2015). Voor het functiebegrip van leerlingen, wordt in het Handboek wiskundendidactiek van Drijvers, Van Streun en Zwaneveld (2015) ook belangrijk geacht dat leerlingen weten dat de functie een procedure is die een ingevoerd getal afbeeldt op een uitvoergetal met een bepaald proces. Daarnaast worden functies ook gezien als 'de lijm' die vele onderwerpen uit de wiskunde verbindt (Makonye, 2014). Dit is ook het geval in het hoofdstuk 'Machtsverbanden' dat in dit onderzoek zal worden behandeld. Omdat het concept 'functie' een van de meest fundamentele concepten is in de wiskunde, is het belangrijk om deze ook als zodanig te presenteren en de leerlingen te stimuleren tot actieve participatie om hen de stof relationeel te laten begrijpen (Makonye, 2014). Alleen zo zullen zij er ook wat aan hebben in hun latere aanrakingen met wiskunde.

Zoals eerder genoemd, worden in het hoofdstuk 'Machtsverbanden' vele formules van functies en hun toepassingen behandeld. Echter is uit onderzoek gebleken dat mensen moeite hebben met het onthouden van veel informatie op hetzelfde moment, vooral als deze informatie niet aan elkaar gelinkt

is (Rosenshine & Stevens, 1986). Dit is in het genoemde hoofdstuk van Getal en Ruimte helaas wel het geval, omdat de paragrafen veelal op zichzelf staan en ook als zodanig worden gepresenteerd. Voor veel leerlingen zal de onderliggende relatie tussen alle onderwerpen dus wegvallen, omdat ze alleen de procedures leren per onderwerp en niet de connecties naar de context van alle onderwerpen samen (Makonye, 2014). Hierin zou een begrippennetwerk uitkomst kunnen bieden.

Een manier voor de docent om dit te voorkomen, is het aansluiten bij de relevante voorkennis van leerlingen, waardoor leerlingen iets hebben om hun nieuw opgedane kennis aan op te hangen. Hierdoor zal het voor hen minder moeilijk zijn om de nieuwe informatie te verwerken (Rosenshine & Stevens, 1986). Daarnaast is het aansluiten bij een alledaagse context binnen opdrachten nuttig om het relationele begrip van leerlingen te stimuleren (Makonye, 2014).

Voor een goede les over functies, noemen Rosenshine en Stevens (1986) samengevat zes punten waaraan voldaan moet worden:

- De lesdoelen moeten vooraf kort kenbaar gemaakt worden;
- De indeling van de les moet vooraf bekend gemaakt worden;
- De nieuwe informatie moet in kleine stappen, maar in een snel tempo worden verteld;
- De presentatie moet onderbroken worden door vragen aan de leerlingen, om hen na te laten denken;
- De belangrijkste aspecten moeten worden gemarkeerd;
- Er moeten voldoende illustraties en voorbeelden worden gegeven.

3.5. PLAN VAN EISEN

Op basis van de verzamelde data in het theoretisch kader, kan er een plan van eisen worden opgesteld voor de lessen en de pre- en post-test.

Allereerst betekent dit voor de lessen in het algemeen dat de lesdoelen vooraf kenbaar gemaakt moeten worden aan de leerlingen, zoals Rosenshine en Stevens (1986) benoemen. Verder is het voor mensen vaak niet mogelijk om veel nieuwe informatie te verwerken op hetzelfde moment, dit geldt met name als de stukken informatie niet aan elkaar gelinkt zijn. Een manier om dit te ondervangen, is door aan te sluiten op de voorkennis van leerlingen. Daarnaast moet de lesstof gepresenteerd worden in kleine stappen, maar wel op een rap tempo, om de aandacht erbij te houden maar niet te snel te gaan qua denkstappen (Rosenshine & Stevens, 1986). Belangrijk is hierbij ook om relatief vaak te stoppen en leerlingen om hun eigen input te vragen bij onderdelen, om zo hun participatie te stimuleren (Rosenshine & Stevens, 1986).

Voor het functiebegrip van leerlingen, geven van Drijvers, Van Streun en Zwaneveld (2015) aan dat het belangrijk is dat leerlingen precies weten wat een functie is, namelijk een procedure is die een ingevoerd getal afbeeldt op een uitvoergetal met een bepaald proces. Daarnaast is het voor het relationele begrip van de leerlingen belangrijk voorbeelden van een context te geven die aansluiten op het dagelijks leven van de leerlingen, zoals beschreven door Makonye (2014). Op deze manier kunnen leerlingen makkelijker de transfer leren maken naar andere situaties (Evans, 1989) en dus hun relationele begrip verder ontwikkelen.

Samenvattend betekent dit dat de lessen moeten voldoen aan:

- Leerdoelen en indeling van de les vooraf bekend maken (R1);
- Nieuwe informatie linken aan bestaande kennis (R2);
- Lesstof presenteren in kleine stappen in een rap tempo (R3);
- Presentatie onderbreken om de leerlingen om eigen input te vragen (R4);
- Begrippen duidelijk definiëren en de belangrijkste aspecten markeren (R5);
- Context aanbieden die echt aansluit op het dagelijks leven van de leerlingen door middel van voldoende illustraties en voorbeelden (R6).

Of de lessen hebben voldaan aan deze punten, zal geverifieerd worden met interviews die gedaan worden met de leerlingen na afloop van de lessenserie.

Daarnaast zijn er specifieke leerdoelen met betrekking tot het onderwerp 'Machtsverbanden' waar deze lessen aan moeten voldoen en waar de leerlingen uiteindelijk op getoetst zullen worden. Deze doelen zijn hetzelfde voor beide klassen en zijn aan het begrippennetwerk uit Appendix D gelinkt. De doelen zijn hieronder gegeven:

- Leerlingen kunnen de verschillende voorstellingen van functies aan elkaar linken;
- Leerlingen kunnen benoemen welke soorten machten (even, oneven, gebroken, negatief) er horen bij welke type functies;
- Leerlingen kunnen translaties en vermenigvuldigingen op een formule en een grafiek toepassen;
- Leerlingen kunnen de kenmerken van een even en een oneven macht aangeven en kunnen op basis van een grafiek herkennen of het een even of oneven macht is;
- Leerlingen kunnen grafieken tekenen bij een gegeven formule of gegeven tabel.

4. RESULTATEN

In dit hoofdstuk zullen de resultaten van het onderzoek gepresenteerd worden. Allereerst zal het ontwerp van de lessen, gebaseerd op het literatuuronderzoek gepresenteerd worden. Dit wordt gevolgd door de analyse van de cijfers van de diagnostische toetsen en ten slotte zullen de resultaten van de interviews worden behandeld.

4.1. LESONTWERPEN

Er zullen in totaal vier herhalingslessen worden uitgevoerd voor het hoofdstuk 'Machtsverbanden', twee per klas. Hieronder worden de lessen gepresenteerd per klas. De lesvoorbereidingsformulieren voor deze lessen zijn terug te vinden in Appendices A en B. Deze lessen zullen 30 minuten duren en de leerlingen maken de opdrachten behorend bij de lessen volledig zelfstandig.

De situatie waarmee de klassen beginnen, is dat ze het hoofdstuk 'Machtsverbanden' uit Getal & Ruimte voor 4VWO net volledig hebben afgerond. Ze hebben alle paragrafen behandeld en alle vragen gemaakt, inclusief de d-toets uit het boek. Ze hebben voor de aanvang van deze lessenreeks ook de pre-test gemaakt. Het onderwerp van beide lessenreeksen is 'Machtsfuncties' en de doelen van de lessenreeksen zijn hetzelfde voor beide klassen.

4.1.1. LESSEN EXPERIMENTELE KLAS

Hieronder worden de lessen voor de experimentele klas behandeld. Beide lessen zullen dezelfde indeling hebben en zullen de focus leggen op het creëren van relationeel begrip met behulp van het begrippennetwerk.

LES 1

Peilen beginsituatie/activeren voorkennis

De les zal beginnen met het tonen van de lesdoelen en een uitleg waarom de doelen als zodanig zijn opgesteld [R1]. Omdat dit hoofdstuk relatief gefragmenteerd is, is het gevaar dat leerlingen dus delen niet onthouden of begrijpen, omdat het heel veel nieuwe informatie lijkt. Een manier om dit te ondervangen, is door aan te sluiten op de voorkennis van leerlingen [R2]. Als leerlingen nadenken, hebben ze eigenlijk al best vaak met het begrip 'functie' te maken gehad en door deze voorkennis aan te spreken en de goede concepten eruit te filteren, krijgen zij handvaten om hun nieuwe informatie aan te koppelen. De leerlingen worden dus gevraagd om te benoemen in Socrative wat zij associëren met een 'formule' [R4], de verwachting is namelijk dat zij denken dat 'formule' en 'functie' synoniemen zijn. Dit wordt gedaan door vooraf een formulier aan te maken waarbij zij een open vraag gepresenteerd krijgen waar ze zo veel mogelijk in kunnen vullen. De docent kan dit monitoren en alle antwoorden die ingezonden worden, bekijken. De verwachting is dat leerlingen waarschijnlijk grafieken of verschillende formules zullen noemen. De docent inventariseert de antwoorden en neemt een paar goede en foute voorbeelden en vraagt bij elk goed voorbeeld waarom dit zo is en bij elk fout voorbeeld waarom het fout is en corrigeert eventueel als leerlingen het niet weten [R4]. Omdat de les online is, zal het bevragen van leerlingen wat meer moeite kosten. Daarom wordt ervoor gekozen iedere keer een leerling bij naam te noemen en zo wordt getracht een groot deel van de groep te bereiken. Ook wordt het scherm met de antwoorden van Socrative met de leerlingen gedeeld.

Om dit onderdeel af te sluiten, wordt het begrip ‘functie’ goed gedefinieerd door de docent [R5], ook om een stap te maken naar het begrippennetwerk. De definitie die gegeven wordt is dat een functie een procedure is die een getal dat wordt ingevuld, via een bepaald proces afbeeldt op een nieuw getal, het uitvoergetal.

Presenteren kennis en werkwijze

Hier wordt het begrippennetwerk uit Appendix C op het scherm van de docent gedeeld. Omdat het concept ‘functie’ een van de meest fundamentele concepten is in de wiskunde, is het belangrijk om deze ook als zodanig te presenteren [R5]. De docent moet uitleggen dat daarom dit begrip ook bovenaan het begrippennetwerk staat. Vervolgens wordt het begrippennetwerk verder uitgelegd door steeds één laag naar beneden te gaan en de relaties die op de verbindingslijnen staan te benoemen [R3]. De presentatie wordt steeds onderbroken door leerlingen te vragen of ze het begrijpen, of ze het ermee eens zijn, waarom iets zo is en of zij nog iets zouden willen toevoegen [R4]. Dit wordt ook weer uitgevoerd door de desbetreffende leerlingen bij naam te noemen en ook ruimte te laten voor leerlingen die niet genoemd zijn, maar eventueel nog wel wat willen toevoegen. De belangrijkste begrippen en relaties uit het begrippennetwerk worden op het einde door de docent op het gedeelde scherm gemarkeerd, dus ‘functie’, de relatie tussen ‘functie’ en ‘formule’, ‘grafiek’ en ‘tabel’ [R5]. En de relaties van de machtsformule. Ten slotte wordt de leerlingen verteld dat er onderaan het begrippennetwerk voorbeelden horen te staan [R6]. Aan het einde van dit onderdeel wordt de leerlingen dus gevraagd deze zelf in te vullen [R4]. Het begrippennetwerk wordt online gepubliceerd en de leerlingen kunnen deze vervolgens overtekenen of printen. Hierna kunnen zij de voorbeelden die zij gevonden hebben onderaan invullen. Dit is het einde van deze gezamenlijke les.

Oefenen en feedback krijgen

De leerlingen gaan nu zelf, eventueel met behulp van het boek, voorbeelden zoeken bij de begrippen uit het begrippennetwerk om deze af te maken. Zij moeten ieder een eigen versie van het begrippennetwerk maken en bij de docent inleveren. De docent kijkt dan alles na en pakt de beste voorbeelden eruit. Dit moeten zij 12 uur voor de volgende les hebben ingeleverd.

LES 2

Peilen beginsituatie/activeren voorkennis

Ook deze les begint weer met het tonen van de lesdoelen [R1]. Daarnaast is dit al deels afgehandeld voor de aanvang van de les, door de leerlingen voorbeelden te laten bedenken bij de begrippen uit het begrippennetwerk. Deze hebben zij ingeleverd en de docent heeft een aantal goede voorbeelden gekozen en zo het begrippennetwerk afgemaakt. De finale versie van het begrippennetwerk wordt gepresenteerd aan de leerlingen en de leerlingen worden nog eens getest op de kennis over het begrippennetwerk die zij uit de vorige les onthouden hebben [R4] door een willekeurige selectie van leerlingen de volgende vragen te stellen: waarom zijn bepaalde begrippen gemarkeerd, hoe kan je zien welke relatie er is tussen de verschillende begrippen, welke volgorde heeft het begrippennetwerk?

Presenteren kennis en werkwijze

Vervolgens wordt het begrippennetwerk nog eens doorgenomen met de leerlingen op dezelfde manier als de vorige les, maar dan iets sneller [R3]. Daarnaast wordt de werkwijze van de post-toets uitgelegd en de volgende regels worden op het scherm gedeeld [R1]: ze moeten deze maken alsof het een echte toets is, dus zonder overleg en zonder behulp van aantekeningen of het boek. Ook mogen ze het

begrippennetwerk niet gebruiken. Ze moeten hun tijd bijhouden en foto's maken van hun uitwerkingen en deze insturen.

Oefenen en feedback krijgen

De leerlingen moeten nu de post-test maken en inleveren voor het begin van de volgende les.

4.1.2. LESSEN CONTROLEKLAS

Hieronder worden de lessen voor de controleklas behandeld. Ook voor de controleklas zullen beide lessen dezelfde indeling hebben. Echter zal hier geen uitgesproken focus zijn op het creëren van relationeel begrip door middel van een begrippennetwerk, maar zal de indeling van het boek gevolgd worden. De PowerPoint die is gebruikt voor deze lessen is te vinden in Appendix E.

LES 1

Peilen beginsituatie/activeren voorkennis

Bij deze groep worden tevens dezelfde lesdoelen aan het begin van de les getoond en uitgelegd [R1]. Daarnaast zal de docent tijdens dit onderdeel de indeling van het boek volgen en zo langs alle paragrafen een samenvatting geven [R3]. Deze samenvatting zal bestaan uit het toelichten van de begrippen uit elke paragraaf [R5] en het benoemen van de vaardigheden die de leerlingen moeten kunnen. Dit wordt gedeeld op een PowerPoint presentatie. Bij iedere paragraaf wordt even de tijd genomen om de leerlingen naar voren te laten komen met vragen en deze te beantwoorden of anders door te gaan [R4]. De leerlingen zullen dus worden gevraagd om eigen input te geven bij onderdelen, om zo hun participatie te stimuleren.

Presenteren kennis en werkwijze

Dit onderdeel zal door de docent gebruikt worden om deels een opgave voor te doen uit de gemengde opgaven. Dit zal opgave 21 zijn, uit Figuur 2. Er is voor deze opgave gekozen omdat deze context biedt, wat het voor leerlingen moeilijker maakt. Echter is dit geen voorbeeld van een context die aansluit op het dagelijks leven van de leerlingen. De context die hier geboden wordt, is voor leerlingen ver van hun bed en zo in principe net zo abstract als een kaal sommetje [R6]. Omdat zij het lastig zullen vinden de transfer te maken naar een dergelijke situatie, bestaat de mogelijkheid dat zij juist minder relationeel begrip ontwikkelen. Onderdelen a en c uit deze opgave zullen voorgedaan worden, omdat deze een extra denkstap vereisen, die leerlingen waarschijnlijk lastig zullen vinden. Hiermee zouden zij genoeg handvaten gekregen moeten hebben om zelf onderdelen b en d te maken. De uitwerkingen van de opgaven zullen op een PowerPoint worden gedeeld, waarbij elke stap kort wordt behandeld en apart wordt getoond, zodat de opgave als het ware 'ontstaat' voor de leerlingen zoals deze op het bord ook zou ontstaan [R3]. Hierbij zullen de stappen klein zijn, maar het tempo waarop ze behandeld worden zal hoog liggen. Bij de iets grotere stappen zullen leerlingen gevraagd worden eigen input te geven, door een willekeurige naam van een leerling te noemen [R4].

21 Er bestaat een verband tussen de populatiedichtheid P en de gemiddelde lengte l in meter van een volwassen organisme. Dit verband is te benaderen door het model $P = 800 \cdot l^{-2,25}$. Hierbij is P het aantal exemplaren per km^2 .

- a Onderzoek of de volgende bewering in overeenstemming is met de formule. 'Grote organismen leven gemiddeld verder van elkaar dan kleinere.'
- b Van een diersoort is de populatiedichtheid 1350. Bereken algebraïsch de lengte van deze diersoort.
- c In een gebied met een oppervlakte van 250 km^2 leeft een kudde kariboes. Kariboes zijn gemiddeld 2,15 meter lang. Schat het aantal kariboes in dit gebied.
- d In een gebied van 5 km^2 leven ongeveer 160 000 exemplaren van de wandelende tak. Schat de gemiddelde lengte van deze insectensoort.



FIGUUR 2: GEMENGDE OPGAVEN G&R 11E EDITIE

Oefenen en feedback krijgen

De leerlingen gaan nu zelf, eventueel met behulp van het boek, de gemengde opgaven verder maken. Dit moet af zijn voor de volgende les. Bovendien moeten zij aangeven welke opgaven uit de gemengde opgaven en het hele hoofdstuk ze moeilijk vonden via een Excel bestand dat op Teams staat. Hierin wordt de volgende classificering gehanteerd:

- ++ ik maak de opgave foutloos, zonder eerst in de uitwerking te kijken.
- + ik maak de opgave zonder eerst in de uitwerking te kijken, ik maak slechts rekenfoutjes.
- + - ik maak de opgave goed, maar ik moest even in de uitwerking kijken omdat ik op een bepaald punt vastliep
- ik kan de opgave niet maken, maar de uitwerking snap ik wel.
- ik kan de opgave niet maken en de uitwerking snap ik ook niet.

In de volgende les zullen dan de opgaven en onderdelen worden besproken met de meeste minnetjes.

LES 2

Peilen beginsituatie/activeren voorkennis

Dit onderdeel is al deels opgevangen door de leerlingen het Excel bestand te laten invullen en te laten updaten. De docent heeft een inventarisatie gemaakt van opgaven die het lastigst blijken, dus waar de meeste minnetjes zijn ingevuld. Er zullen altijd een aantal leerlingen zijn die opgaven wel begrijpen, dus er wordt aangegeven bij welke opdrachten leerlingen mogen doorwerken. Naar verwachting zullen er ongeveer drie tot vier opgaven behandeld kunnen worden in de 30 minuten. Er zullen ook opgaven tussen zitten die voor iedereen relevant zijn, omwille van een andere uitwerking dan het boek of de notatie, deze zullen als eerste behandeld worden. Leerlingen die de andere opgaven dus begrijpen, kunnen zelfstandig verder werken.

Presenteren kennis en werkwijze

Dit onderdeel hangt af van de input van de leerlingen. Maar allereerst zal de werking van de post-test worden uitgelegd: ze moeten deze maken alsof het een echte toets is, dus zonder overleg en zonder behulp van aantekeningen of het boek. Ze moeten hun tijd bijhouden en foto's maken van hun uitwerkingen en deze insturen.

Oefenen en feedback krijgen

De leerlingen mogen nu gaan leren voor de toets. Zij kunnen nog eens de opgaven herhalen waar zij moeite mee hadden. Ook gaan ze zelfstandig de post-test maken.

4.2. CIJFERS

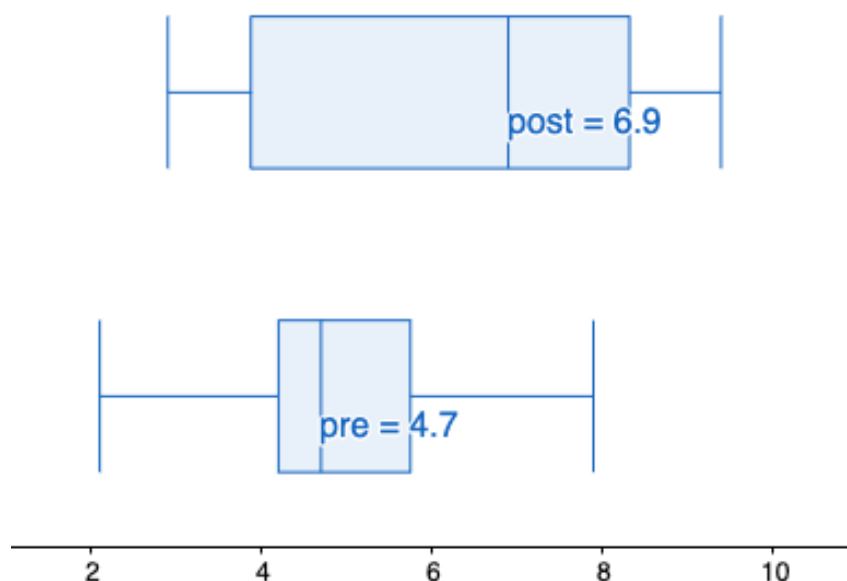
In dit hoofdstuk worden de cijfers van de toetsen geanalyseerd. Eerst zullen de centrummaten van de cijfers worden getoond, dit wordt gevolgd door de gemiddelde scores per vraag en het leerrendement. Ten slotte wordt hypothesetoets gepresenteerd.

4.2.1. CENTRUMMATEN EN BOXPLOTS

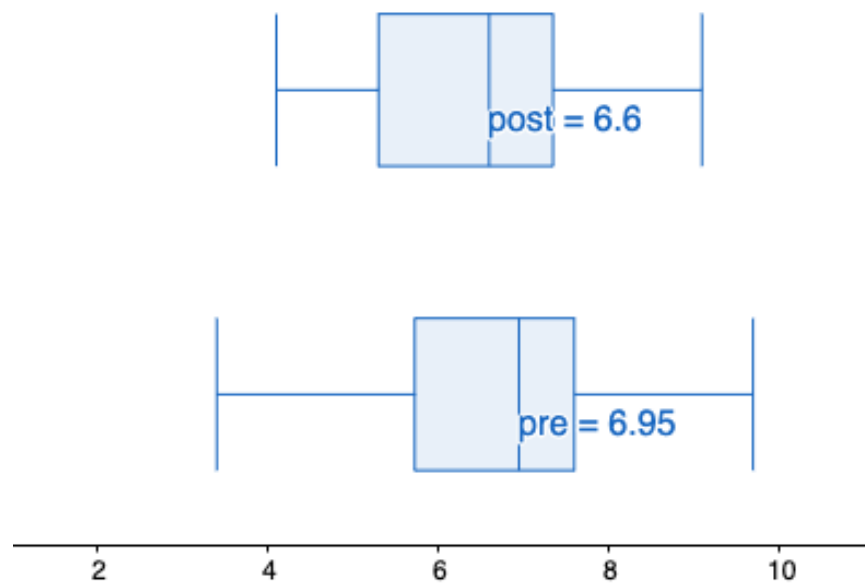
De cijfers van de tests zijn berekend op basis van de nakijkmodellen in Appendices G en I. De punten zijn toegekend per goed antwoord en vervolgens zijn de cijfers berekend door de formule: $Cijfer = \frac{gehaalde\ punten}{totaal\ punten} * 9 + 1$. Het totaal van de punten in de pre-test was 34 en voor de post-test was dit 29. Hieronder zijn de boxplots van de cijfers weergegeven.

Het gemiddelde van de experimentele klas was voor de pre-test 4,9 en voor de post-test 6,3. De mediaan van de pre-test van de experimentele klas was 4,7 en van de post-test 6,9. Deze waarden zijn ook af te lezen in de boxplots van Figuur 3. Van deze groep was de standaarddeviatie van de pre-test 1,69 en van de post-test 2,23.

Verder was het gemiddelde van de controleklas voor de pre-test 6,6 en voor de post-test 6,5. De mediaan was respectievelijk voor de pre- en post-test 7,0 en 6,6. Deze waarden zijn terug te zien in de boxplots van Figuur 4. De controleklas had een standaarddeviatie van 1,72 voor de pre-test en 1,52 voor de post-test.



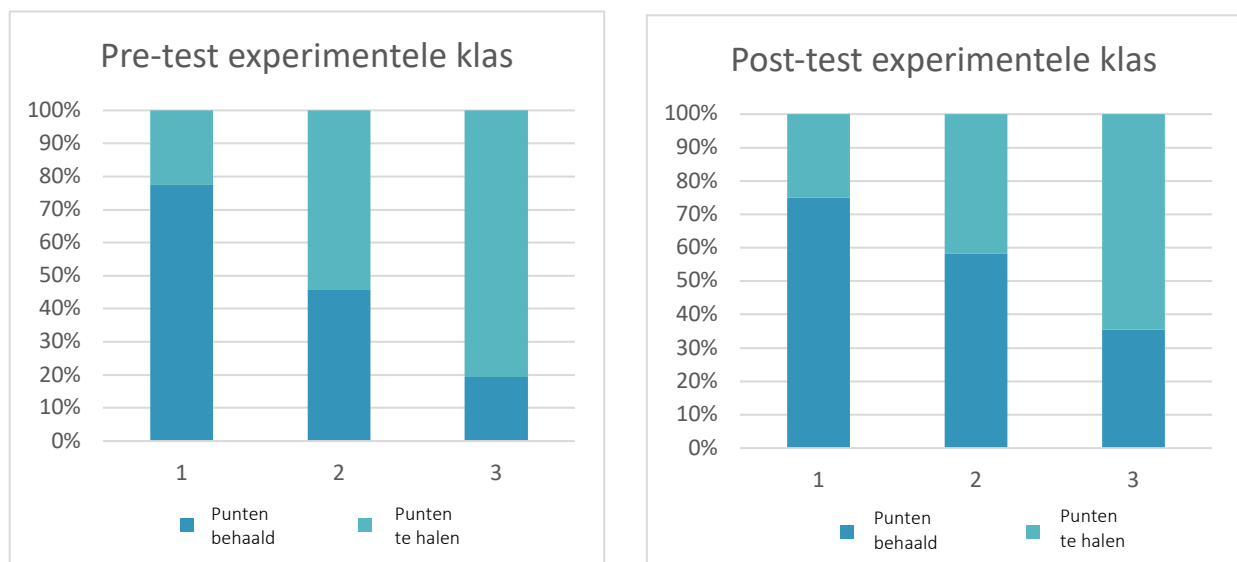
FIGUUR 3: BOXPLOTS EXPERIMENTELE KLAS

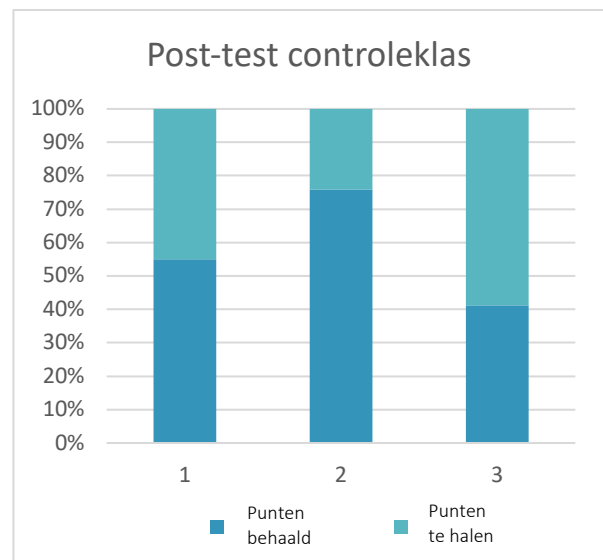
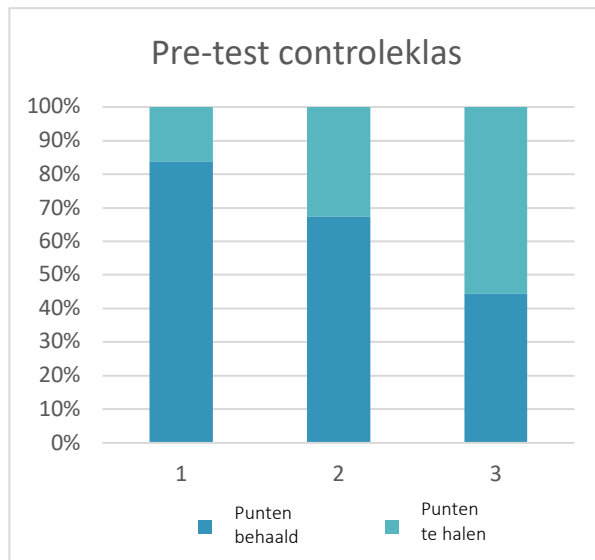


FIGUUR 4: BOXPLOTS CONTROLE KLAS

4.2.2. GEMIDDELDEN PER VRAAG

Tijdens het nakijken zijn ook de gemiddelde scores per vraag berekend. Deze zijn hieronder weergegeven per klas. Per vraag is het gemiddelde puntenaantal getoond, samen met het maximale puntenaantal.





4.2.3. LEERRENDEMENT

Vervolgens is het totale leerrendement berekend. Dit is de vooruitgang die gemiddeld wordt behaald door leerlingen (Palsma, 2010) en wordt berekend door:

$$\text{leerrendement} = \frac{\text{gemiddelde posttest} - \text{gemiddelde pretest}}{\text{maximum cijfer} - \text{gemiddelde pretest}}$$

In deze formule worden de gemiddeldes van beide tests gebruikt, alsmede het maximum cijfer dat behaald is door de klas. Voor de experimentele klas was het totale leerrendement $\frac{6,3 - 4,9}{9,4 - 4,9} = 0,31$. En voor de controle klas was het totale leerrendement $\frac{6,5 - 6,6}{9,7 - 6,6} = -0,03$.

Ook is per vraag bijgehouden hoeveel punten er gehaald werden. Vervolgens zijn van iedere vraag de gemiddelde punten berekend. En is ook het leerrendement per vraag berekend. In onderstaande tabellen is het leerrendement per vraag weergegeven voor de experimentele en controle klas respectievelijk. De meeste vragen kunnen vergeleken worden omdat ze nagenoeg identiek zijn qua vraagstelling en ook precies dezelfde puntentelling hebben. De enige uitzonderingen hierin zijn vraag 3a en 3c. Deze zijn niet meegenomen, omdat deze vragen verschilden qua puntenaantal in de post- en pre-tests.

TABEL 2: LEERRENDEMENT EXPERIMENTELE KLAS

Vraag	1	2a	2b	2c	2d	2e	2f	2g	2h	2i	2j	3a	3b	3c	3d
Leerrendement	-0,1	0,5	0	0,5	0,3	0,4	0	0,5	0,5	0,5	0	X	0,5	X	0,2

TABEL 3: LEERRENDEMENT CONTROLE KLAS

Vraag	1	2a	2b	2c	2d	2e	2f	2g	2h	2i	2j	3a	3b	3c	3d
Leerrendement	-1,8	0	0	0,3	0,2	0	0	0	0,3	0,7	0	X	0,5	X	0,1

4.2.4. SIGNIFICANTIE

De significantie van het gemiddelde van de experimentele klas is bepaald door eerst de nulhypothese en de alternatieve hypothese op te stellen. De nulhypothese voor deze groep is dat het begrippennetwerk geen effect heeft gehad op de gemiddeldes van de leerlingen, dus $H_0: \mu = 4,9$. De alternatieve hypothese is dat het begrippennetwerk wel effect heeft gehad op de gemiddeldes van leerlingen, dus $\mu > 4,9$.

Om de significantie te berekenen, is ervanuit gegaan dat de resultaten normaal verdeeld zijn en is de t-toets gebruikt. De significantie kan dan berekend worden met de volgende formule: $T = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n}} = \frac{6,3 - 4,9}{2,23 / \sqrt{20}} = 2,81$. Als er een significantie geëist wordt van 5%, dan is $\xi_{0,05} = 1.645$ betekent dit dat T groter is en dat de nulhypothese verworpen kan worden.

Het gemiddelde van de controleklas is niet toegenomen, daarom is de significantie van deze groep ook niet berekend.

4.3. INTERVIEWRESULTATEN

De resultaten van de interviews kunnen verdeeld worden in de volgende categorieën: lesdoelen, voorkennis, uitlegtempo, input, begrippen, context en begrippennetwerk. De codering van de interviews is te vinden in Appendix M. In onderstaande tabel (Tabel 4) is een overzicht te zien van de belangrijkste opbrengsten van de interviews. Die opbrengsten worden onder de tabel verder toegelicht.

TABEL 4: OPBRENGSTEN UIT INTERVIEWS

Interview	Categorie	Tekst
#1	Lesdoelen	Ik vond het wel duidelijk dat u de lesdoelen op de PowerPoint had staan. U liet ze ook een voor een voorbijkomen en vertelde er dan wat bij, dat was wel fijn.
#2	Lesdoelen	Ja uhm, eerlijk gezegd ben ik daar meestal niet zo mee bezig maar het was wel fijn om aan het begin van de les te weten wat we die dag gingen behandelen. Dat hielp op zich wel een beetje met mijn aandacht erbij houden.
#2	Voorkennis	Ja de meeste wel, vond het wel fijn dat het nog een keer voorbij kwam en dan op een andere manier. Zo bleef het allemaal wel beter bij mij steken.
#1	Uitlegtempo	Soms ging u dan terug en vertelde iets opnieuw wat u al had verteld, dat vond ik niet nodig. Dus dat had wat sneller gemogen van mij.
#2	Uitlegtempo	Het tempo vond ik prima, u legde alles stap voor stap uit en ik vond het ook fijn dat u het presenteerde en wij dan mee konden kijken.
#1	Input	Dat vond ik wel nuttig en het was ook wel leuk want het was wel makkelijk om te doen. Ik vond het ook wel leuk dat u zei dat u de beste voorbeelden ging gebruiken om te laten zien aan de klas.
#2	Input	Ja ik had niet echt veel vragen, maar soms vroeg ik me wel iets af en normaal zou ik dat dan aan iemand naast me direct vragen, maar nu kon

		dat dus niet. Is niet alleen in uw les, maar het digitale werkt voor mij niet zo goed gewoon.
#2	Begrippen	Ja, aan het einde van de les snapte ik alles wel beter en kon ik beter met mijn huiswerk bezig.
#2	Begrippen	Aan het begin van de volgende les nog een korte herhaling van de vorige misschien? Dat zou mij wel helpen, ik weet niet of de hele klas daar behoefte aan heeft maar dan kom ik er zelf iets meer in voordat er weer nieuwe dingen worden uitgelegd.
#1	Context	Ik denk heel veel voorbeelden geven. Ik vind dat altijd wel fijn. Dat onthoud ik het ook beter.
#2	Context	Een beetje afwisselend met normale opgaven, dus soms een verhaaltje en dan weer wat opgaven zonder verhaaltje. Dat houdt het allemaal een beetje interessant.
#1	Begrippen-netwerk	Nou het begrippennetwerk was heel kort, maar het was wel een samenvatting van het hoofdstuk waar alles in stond. Dus dan voelt het alsof je veel minder hoeft te leren.
#1	Begrippen-netwerk	Ik denk dat het heel veel werk kost en ik weet ook niet hoe ik het zou moeten doen. Dan zou ik dat eerst moeten opzoeken en dat kost ook weer veel werk. Ik vind het makkelijker om een eigen samenvatting te maken zoals ik gewend ben.
#2	Begrippen-netwerk	Nou ik ben eigenlijk bang dat ik er fouten in zou maken dus zou het samen doen met vrienden en misschien de docent vragen of het goed is. Dan weten we meteen of we het wel of niet moeten gebruiken bij het leren.

In de tabel valt te lezen dat beide leerlingen de lesdoelen goed uitgelegd en toegelicht vonden, echter wisten de leerlingen de lesdoelen niet meer (helemaal) op te noemen. Tevens zagen de leerlingen de toegevoegde waarde van het noemen van de lesdoelen in en werd dit gewaardeerd. De lesdoelen zijn niet helemaal voldaan voor beide leerlingen, met name de leerling uit het tweede interview gaf aan dat de lesdoelen niet zijn gehaald.

De link met de voorkennis was succesvol volgens de leerlingen, maar de leerling uit het eerste interview gaf aan dat dit vooral kwam doordat het herhaling was. De leerling uit het tweede interview voegde hier wel nog aan toe dat het van toegevoegde waarde was om het op een andere manier gepresenteerd te krijgen.

Het uitlegtempo was volgens de leerling uit het tweede interview goed. De leerling uit het eerste interview vond het echter af en toe te langzaam en dan met name het herhalen van ieder blok begrippen en de nadruk op de relaties.

De leerling uit het eerste interview gaf aan genoeg input te hebben geleverd en vond het voorbeelden zoeken een goede oefening en een verduidelijking van de stof. De leerling uit het tweede interview gaf echter aan dat er een drempel was om vragen te stellen vanwege de online omgeving en had ook moeite met het zoeken van de voorbeelden. Dit kwam voort uit onzekerheid om het fout te doen.

De uitleg van de begrippen was volgens de leerling uit het eerste interview goed, echter kwam dit wel voornamelijk doordat het herhaling was. De leerling uit het tweede interview gaf aan dat de uitleg in de huidige les afdoende was, maar dat er in volgende lessen nog wel op teruggekomen moet worden om het ook duidelijk te houden.

De context werd door beide leerlingen goed beoordeeld. Vooral de voorbeelden maakten de stof duidelijker, interactiever en interessanter.

De mening over het begrippennetwerk is tevens overwegend positief. De leerling uit het eerste interview geeft aan dat vooral de korte wijze van opschrijven en de overzichtelijkheid pluspunten zijn van het begrippennetwerk. Echter geeft deze leerling wel aan dat het zelf maken van een dergelijk netwerk te ingewikkeld lijkt en ook te veel werk zou kosten. Dus het gebruik hangt ervan af of de docent een begrippennetwerk opstelt. De leerling uit het tweede interview staat wel wat positiever richting het zelf opstellen, maar uit zorgen over de mogelijkheid om fouten te maken. Dus ook deze leerling wenst actie vanuit de docent, in de vorm van nakijken en beoordelen, alvorens zelf een begrippennetwerk op te stellen.

5. CONCLUSIES EN DISCUSSIE

In dit hoofdstuk zullen eerste de conclusies van het onderzoek worden gegeven. Verder zal er ingegaan worden op de discussie van de resultaten en zullen onverwachte resultaten worden belicht en nader worden uitgelegd. Ten slotte worden de limitaties van het onderzoek genoemd en worden op basis hiervan aanbevelingen gedaan voor verder onderzoek.

5.1. CONCLUSIES

In dit hoofdstuk zal getracht worden antwoorden te formuleren op de onderzoeksvragen.

Onderzoeksvraag 1: Wat zegt wetenschappelijke literatuur over schematische weergave die wordt ingezet om verbanden te kunnen leggen en welke lessen kunnen hieruit getrokken worden voor het ontwerpen van een les in het leggen van verbanden door middel van schematische weergave?

Relationeel begrip is zowel het begrijpen wat er gedaan moet worden als waarom precies dat gedaan wordt. Het is belangrijk om leerlingen relationeel begrip aan te leren omdat het makkelijker toe te passen is buiten het kader van het geleerde onderwerp en het zodanig toegepast kan worden op nieuwe problemen en onderwerpen. Daarnaast is het makkelijker te onthouden en het geleerde blijft ook langer hangen bij leerlingen. Bovendien biedt relationeel begrip ook de kans meer onderwerpen te behandelen en deze aan elkaar te verbinden. Echter gaat dit laatste voordeel vaak verloren in het klaslokaal, omdat veel onderwerpen in het klaslokaal afgezonderd worden en niet worden gezien als fundamentele concepten waaraan hele gebieden van de wiskunde gehangen kunnen worden. Daarom is het belangrijk te werken met schematiseren. Schematiseren kan worden gedefinieerd als het construeren en verbeteren van symbolische representaties en het onderscheidt zich van andere aanpakken door het gebruik van schema's en diagrammen om belangrijke informatie samen te vatten en semantische verbanden aan te brengen met als doel om begrip van de informatie te faciliteren. In die hoedanigheid biedt schematiseren leerlingen een middel om hun gedachten en kennis te organiseren.

Een voorbeeld van een schematisering die in het onderwijs toegepast kan worden, is een begrippennetwerk. Een begrippennetwerk is een grafische structuur die knooppunten bevat die verbonden zijn met gelabelde, directe lijnstukken. Het grootste doel van de visualisatie is om verbanden tussen de concepten inzichtelijk te maken. Daarom stelt een begrippennetwerk de leerling in staat om belangrijke informatie te abstraheren, concepten aan elkaar te linken en het geheel op een gestructureerde wijze te representeren.

Om vervolgens een goede les te ontwerpen in het leggen van verbanden door schematische weergave, moet de les voldoen aan de onderstaande doelen:

- Leerdoelen vooraf bekend maken;
- Nieuwe informatie linken aan bestaande kennis;
- Lesstof presenteren in kleine stappen in een rap tempo;
- Eigen input van leerlingen vragen;
- Begrippen duidelijk definiëren;
- Context aanbieden die echt aansluit op het dagelijks leven van de leerlingen.

Onderzoeksvraag 2: Hoe zou een les over het leggen van verbanden door middel van schematische weergave eruit kunnen zien over het onderwerp 'Machtsverbanden'?

De lesvoorbereiding begint met het opstellen van doelen. De doelen voor de les over 'Machtsverbanden' zijn:

- Leerlingen de verschillende voorstellingen van functies aan elkaar linken;
- Leerlingen kunnen benoemen welke soorten machten (even, oneven, gebroken, negatief) er horen bij welke type functies;
- Leerlingen kunnen translaties en vermenigvuldigingen op een formule en een grafiek toepassen;
- Leerlingen kunnen de kenmerken van een even en een oneven macht aangeven en kunnen op basis van een grafiek herkennen of het een even of oneven macht is;
- Leerlingen kunnen grafieken tekenen bij een gegeven formule of gegeven tabel.

Vervolgens moet de beginsituatie worden gepeild en de voorkennis worden geactiveerd. Door de gefragmenteerde aard van het te behandelen onderwerp, ontstaat het gevaar dat leerlingen delen niet begrijpen of onthouden. Om die reden dient er aangesloten te worden bij de voorkennis. Als leerlingen nadenken, hebben ze eigenlijk al best vaak met het begrip 'functie' te maken gehad en door deze voorkennis aan te spreken en de goede concepten eruit te filteren, krijgen zij handvaten om hun nieuwe informatie aan te koppelen. Om dit onderdeel af te sluiten, wordt het begrip 'functie' goed gedefinieerd door de docent, ook om een stap te maken naar het begrippennetwerk.

Vervolgens wordt verder gegaan met het presenteren van de kennis en werkwijze. Hier wordt het begrippennetwerk gepresenteerd. Omdat het concept 'functie' een van de meest fundamentele concepten is in de wiskunde, is het belangrijk om deze ook als zodanig te presenteren. Vervolgens wordt het begrippennetwerk verder uitgelegd door steeds één laag naar beneden te gaan en de relaties die op de verbindingslijnen staan te benoemen. Dit moet in kleine stappen op een rap tempo gebeuren. De presentatie wordt steeds onderbroken door leerlingen te vragen of ze het begrijpen, of ze het ermee eens zijn, waarom iets zo is en of zij nog iets zouden willen toevoegen.

Ten slotte wordt de les beëindigd door de leerlingen voorbeelden te laten zoeken bij de begrippen uit het begrippennetwerk en deze dus af te laten maken.

Onderzoeksvraag 3: Heeft schematische weergave van het onderwerp 'Machtsverbanden' een positief effect op het relationele begrip van leerlingen?

Het gemiddelde van de experimentele klas voor de pre-test was 4,9 en voor de post-test 6,3. Daarnaast was het leerrendement van de experimentele klas 0,31, dit betekent dat hun prestaties binnen de marge van het maximale cijfer toenamen met 31%. Verder was het gemiddelde van de controleklas voor de pre-test een 6,6 en voor de post-test een 6,5. Dit betekent dat hun leerrendement neerkomt -0,03, wat betekent dat hun prestaties binnen de marge van het maximale cijfer afnamen met 3%. Omdat de resultaten van de gemiddeldes significant zijn voor de experimentele klas en het gemiddelde van de controleklas is afgenomen, kan er voorzichtig geconcludeerd worden dat het begrippennetwerk gewerkt heeft en dat schematische weergave dus een positief effect heeft gehad op de prestaties van de leerlingen.

Onderzoeksvraag 4: Hoe ervaren de leerlingen de les over schematische weergave en welke verbeterpunten geven zij?

De leerlingen vonden de lesdoelen goed uitgelegd en toegelicht, echter konden zij de lesdoelen niet meer (helemaal) opnoemen. Daarnaast vonden de leerlingen het noemen van de lesdoelen van toegevoegde waarde. Echter zijn de lesdoelen zijn niet helemaal voldaan voor beide leerlingen, met name de leerling uit het tweede interview gaf aan dat de lesdoelen niet zijn gehaald. Verder was de link met de voorkennis succesvol volgens de leerlingen, maar hierbij was de kanttekening wel dat dit hoofdzakelijk kwam door het feit dat het herhaling was. Het uitlegtempo werd afwisselend beoordeeld, één leerling vond het te langzaam en de andere vond het wel goed. Ook het leveren van voldoende input is niet eensgezind beoordeeld, één leerling geeft aan wel genoeg input te hebben kunnen leveren, echter geeft de andere leerling aan het digitale karakter van de les als een te grote drempel te zien om vragen te kunnen stellen. Maar het zoeken naar voorbeelden werd wel gewaardeerd door beide leerlingen. Het uitleggen van de begrippen was volgens de leerlingen goed gedaan, een verbeterpunt wat hier wel genoemd werd door een leerling was dat er in de volgende les nog even op teruggekomen kan worden. De geboden context werd door beide leerlingen ook goed beoordeeld. Vooral de voorbeelden maakten de stof duidelijker, interactiever en interessanter. De mening over het begrippennetwerk is tevens overwegend positief. De pluspunten waren de korte wijze van opschrijven en de overzichtelijkheid. Een nadeel is echter dat het zelf maken van een dergelijk netwerk te veel werk zou kosten en ook foutgevoelig zou zijn. Dus het gebruik hangt ervan af of de docent een begrippennetwerk opstelt of nakijkt.

5.2. DISCUSSIE

Uit de resultaten in hoofdstuk 4.2 blijkt dat het leerrendement van de experimentele klas 0,31 was, dit betekent dat hun prestaties binnen de marge van het maximale cijfer toenamen met 31%. Het leerrendement van de controleklas was -0,03, wat betekent dat hun prestaties binnen de marge van het maximale cijfer afnamen met 3%. Samen met de gevonden significantie uit hoofdstuk 4.2.4 kan er voorzichtig geconcludeerd worden dat het begrippennetwerk gewerkt heeft. Echter mag de correlatie tussen het begrippennetwerk en de verbeterde resultaten niet zomaar aangenomen worden, immers er kunnen andere variabelen in het spel zijn geweest die de resultaten hebben beïnvloed. Een daarvan kan liggen in het feit dat de pre- en de post-test relatief veel op elkaar leken, waardoor de leerlingen hebben 'geleerd' hoe ze de vragen moesten oplossen. Echter wordt dit deels opgevangen doordat de tests tussendoor niet zijn besproken en bovendien heeft de controleklas op de post-test zelfs slechter gescoord. Nog een kanttekening die geplaatst kan worden bij de positieve werking van het begrippennetwerk, is dat de gemiddeldes van de controleklas en het gemiddelde van de experimentele klas allemaal rond de 6,5 liggen. Een mogelijke verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat een 6,5 het hoogst haalbare is voor een dergelijke test en dat de controleklas al op dit niveau zat en dat de experimentele klas hier naartoe heeft gewerkt. Echter kan deze verklaring terzijde worden geschoven, omdat er meerdere leerlingen zijn die boven de 9 hebben gescoord, dus het hoogst haalbare lag boven de 6,5.

Als er wordt gekeken per vraag, dan is het leerrendement van vraag 1 bij de experimentele klas negatief (-0,1) en zijn de prestaties dus lichtelijk afgenomen. Bij de controle klas is dit ook het geval en is het leerrendement zelfs -1,8, wat betekent dat de prestaties erg zijn afgenomen. Dit kan liggen in het feit dat de vraagstelling van de pre-test en de post-test wat anders was. In de pre-test moesten de leerlingen

namelijk niks zelf 'bedenken' maar alleen dingen aan elkaar linken. Gokken was hier dus relatief makkelijk en dat moet meegenomen worden als de pre-test wordt vergeleken met de post-test. In de post-test konden de leerlingen de antwoorden ook wel gokken, maar hier was het makkelijker om de mist in te gaan. Dit kan het afgenomen leerrendement verklaren.

Vragen 2a, 2b, 2f en 2g zijn vergelijkbaar in wat er van de leerlingen wordt gevraagd, de leerlingen moesten hier toppen en symmetriepunten herkennen uit het functievoorschrift. Bij deze vragen is bij de controleklas een leerrendement van 0 te observeren, wat inhoudt dat deze klas gemiddeld hetzelfde heeft gescoord op de pre- en post-test. Bij de experimentele klas is het leerrendement bij de vragen 2a en 2g gelijk aan 0,5 en bij 2b en 2g gelijk aan 0. De verklaring voor het lage gemiddelde leerrendement is dat deze vragen relatief makkelijk waren en de meeste leerlingen hier al in de pre-test de volle punten hadden gescoord.

Vragen 2c, 2d, 2e, 2h, 2i en 2j leken qua vraagstelling ook op elkaar, omdat de leerlingen hier moesten transleren en vermenigvuldigen ten opzichte van de y-as. Het leerrendement van de experimentele klas was hier respectievelijk 0,5, 0,3, 0,4, 0,5, 0,5 en 0. De leerrendementen van de controleklas waren respectievelijk 0,3, 0,2, 0, 0,3, 0,7 en 0. De enige uitzondering hier is vraag 2i, waar de controleklas een uitzonderlijk hoog leerrendement van 0,7 heeft gescoord. De reden voor dit hoge leerrendement ligt misschien aan de vraagstelling. In de post-test werd in deze opgave namelijk vermenigvuldigd ten opzichte van de y-as met gehele getallen en in de pre-test waren dit breuken. Leerlingen ervaren breuken als moeilijker ten opzichte van gehele getallen, waardoor zij de vraagstelling van de post-test als makkelijker hebben kunnen ervaren.

Vragen 3b en 3d leverden voor de experimentele klas leerrendementen op van respectievelijk 0,5 en 0,2 en voor de controleklas respectievelijk 0,5 en 0,1. Een groot aantal leerlingen in zowel de experimentele klas als de controleklas heeft deze vraag in beide tests niet of nauwelijks gemaakt. Dus het effect van het begrippennetwerk op het tekenen en gebruiken van grafieken kan niet bepaald worden.

De pre- en post-test waren echter niet helemaal hetzelfde. Bij vraag 1 was de vraagstelling lichtelijk gewijzigd en onderdelen a en c van vraag 3 hadden ook niet hetzelfde aantal punten. Hier is voor gekozen om de leerlingen met de post-test toch ook uit te dagen. Immers, als zij precies dezelfde vragen zouden krijgen, met alleen gewijzigde getallen, dan zouden ze geneigd zijn weer dezelfde antwoorden te geven en weer dezelfde fouten te maken. Door de post-test toch redelijk verrassend te houden, moesten zij alle vragen weer opnieuw doornemen en steeds opnieuw nadenken, in plaats van terug te vallen in oude patronen.

Op basis van hoofdstuk 3, moesten de lessen voldoen aan de volgende doelen:

- Leerdoelen vooraf bekend maken;
- Nieuwe informatie linken aan bestaande kennis;
- Lesstof presenteren in kleine stappen in een rap tempo;
- Eigen input van leerlingen vragen;
- Begrippen duidelijk definiëren;
- Context aanbieden die echt aansluit op het dagelijks leven van de leerlingen.

De interviews hebben aangetoond dat het eerste doel is gelukt. Beide leerlingen gaven aan dat ze het van toegevoegde waarde vonden dat de leerdoelen vooraf bekend gemaakt waren. Echter bleek uit beide interviews ook dat de leerdoelen niet lang zijn blijven hangen, omdat beide leerlingen deze weer vergeten waren ten tijde van het interview. Het doel om nieuwe informatie te linken aan bestaande kennis is op basis van de interviews ook gehaald, echter bleek dit vooral te zijn gelukt omdat het al herhaling was en geen 'nieuwe' informatie in de klassieke zin van het woord. Of het uitlegtempo juist was, is niet duidelijk naar voren gekomen uit de interviews. Het eerste interview gaf aan dat het tempo vaak te laag lag, echter gaf het tweede interview aan dat het wel goed was. De reden dat dit verschilt, is omdat het afhankelijk is van een persoonlijke voorkeur en van het niveau van de leerling. Verder werd het zoeken naar voorbeelden ook ervaren als een goede manier om de input van de leerlingen te vragen. Echter werd er wel aangegeven dat input lastiger is door het online aspect van de gegeven lessen. Daarnaast waren de begrippen wel duidelijk gedefinieerd, echter werd dit ook verklaard door het feit dat het herhaling was en de begrippen al eerder waren gedefinieerd. Aan de andere kant gaf de leerling uit het tweede interview wel aan dat het toegevoegde waarde had om de begrippen op een andere manier te presenteren. Ten slotte was de context volgens beide leerlingen goed en ook van toegevoegde waarde, waardoor dit doel bestempeld kan worden als gehaald.

5.3. LIMITATIES

De eerste en belangrijkste limitatie van dit onderzoek ligt bij de kleine schaal waarop het onderzoek is uitgevoerd. Het onderzoek is uitgevoerd op maar één school, met maar twee klassen. Tevens zijn deze klassen niet zo groot. Om deze reden moeten de resultaten van dit onderzoek worden opgevat als preliminair. Er bestaan mogelijkheden dat de resultaten beïnvloed zijn door toeval of dat er andere variabelen in het spel zijn, waardoor er eigenlijk geen correlatie is tussen het gebruik van het begrippennetwerk en de verbeterde resultaten. Bovendien liggen de experimentele groep en de controlegroep ver uit elkaar wat betreft niveau. In de controlegroep zitten relatief meer betere leerlingen en deze groep haalt ook structureel hogere cijfers voor wiskunde. Echter is deze limitatie (deels) opgevangen door de leerlingen twee tests te laten maken.

Daarnaast is een limitatie dat het onderzoek ook maar is toegepast op één onderwerp, waardoor er weinig kan worden gezegd over de werking op andere onderwerpen, oftewel de generalisatie. Ook is het voor de meeste leerlingen de eerste en wellicht de enige keer dat zij een begrippennetwerk hebben toegepast, terwijl het bij begrippennetwerken belangrijk is dat deze structureel worden toegepast om een relationeel leerproces op gang te brengen (De Simone, Schmid, & McEwen, 2010). Echter toont dit onderzoek aan dat er zelfs al bij incidenteel gebruik een positief effect ontstaat op het relationele begrip. Dit betekent dat het op lange termijn alleen nog maar beter zou kunnen worden.

Bovendien hebben de leerlingen de toetsen zelfstandig thuis gemaakt vanwege de situatie ten tijde van het onderzoek. Dit kan betekenen dat ze hulp van buitenaf hebben gehad, het boek, aantekeningen of andere materialen hebben gebruikt, internet hebben geraadpleegd of samen hebben gewerkt. De kans hierop zal niet groot zijn, maar het kan echter niet uitgesloten worden. Daarom moeten de resultaten ook opgevat worden als preliminair. Nog een limitatie die te maken heeft met de leerlingen, is hun bereidheid om het onderzoek en de tests serieus te nemen. Omdat de tests niet tellen voor de overgang en verder geen invloed hebben op de leerlingen zelf, bestaat de mogelijkheid dat zij deze niet serieus genoeg hebben genomen.

Ten slotte liggen er limitaties in de interviews. Een interview is altijd een subjectieve databron en er zijn ook niet zodanig veel interviews gedaan dat er een objectieve conclusie uit gevormd kan worden. Daarnaast heeft er ook een tijd gezeten tussen de interviews en de lessen zelf, waardoor bepaalde indrukken en meningen over tijd vervaagd of vervormd hebben kunnen raken.

5.4. AANBEVELINGEN VOOR VERDER ONDERZOEK

Verder onderzoek kan zich baseren op de limitaties van dit onderzoek. Allereerst zou het onderzoek uitgebreid kunnen worden naar meer scholen en klassen. Er zou onderscheid gemaakt kunnen worden tussen onder- en bovenbouw of mavo, havo en vwo. Er zou ook gericht geselecteerd kunnen worden op vergelijkbare experimentele- en controlegroepen. Daarnaast zouden alle onderwerpen die het wiskundeonderwijs van de middelbare school bevat en die zich lenen voor een begrippennetwerk kunnen worden behandeld. Op deze manier zouden bepaalde leerlingen ook tijdens hun hele schoolperiode gevolgd kunnen worden. Bovendien zou verder onderzoek meer controle kunnen houden op de leerlingen tijdens de lessen en tijdens het maken van de tests. Ten slotte zouden meer interviews gehouden kunnen worden en zouden deze interviews ook vlak na de gegeven lessenserie moeten plaatsvinden. Op deze manier kan er objectievere informatie uit de interviews worden gehaald en kunnen er meer conclusies aan verbonden worden.

BIBLIOGRAFIE

- Booth, R., & Thomas, M. (2000). Visualization in Mathematics Learning: Arithmetic Problem-solving and Student Difficulties. *Journal of Mathematical Behavior*, 18(2), 169-190.
- Borba, M., & Confrey, J. (1996). A Student's Construction of Transformations of Functions in a Multiple Representational Environment. *Educational Studies in Mathematics*, 31, 319-337.
- Brinkmann, A. (2005). Knowledge maps—tools for building structure in mathematics. *International Journal for Mathematics*.
- Chiou, C. (2008). The effect of concept mapping on students' learning achievements and interests. *Innovations in Education and Teaching International*, 375-387.
- De Simone, C., Schmid, R., & McEwen, L. (2010). Supporting the Learning Process with Collaborative Concept Mapping Using Computer- Based Communication Tools and Processes. *Educational Research and Evaluation*, 263-283.
- Drijvers, D., Van Streun, A., & Zwaneveld, B. (2015). Functies. In D. Drijvers, A. Van Streun, & B. Zwaneveld, *Handboek wiskundendidactiek* (pp. 85-108). Amsterdam: Epsilon Uitgaven.
- Evans, J. (1999). Building Bridges: Reflections on the problem of transfer of learning in mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 39, 23-44.
- Freudenthal, H. (1983). Didactical Phenomenology of Mathematical Structures. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Hutchinson, N. (1993). Effects of Cognitive Strategy Instruction on Algebra Problem Solving of Adolescents with Learning Disabilities. *Learning Disability Quarterly*, 16 (1), 34-63.
- Jencks, S., & Peck, D. (1972). Mental imagery in mathematics. *The Arithmetic Teacher*, 642-644.
- Jitendra, A., DiPipi, C., & Perron-Jones, N. (2002). An Exploratory Study of Schema-Based Word-Problem-Solving Instruction for Middle School Students with Learning Disabilities: An Emphasis on Conceptual and Procedural Understanding. *The Journal of Special Education*, 36(1), 23-38.
- Kone, A. (2017). *Begrippenkaarten en VMBO leerlingen: niet stampen maar begrijpen*. Enschede: Universiteit Twente.
- Leech, N., & Onwuegbuzie, A. (2009). A typology of mixed methods research designs. *Qual Quant*, 43, 265-275.
- Makonye, J. (2014). Teaching Functions Using a Realistic Mathematics Education Approach: A Theoretical Perspective. *International Journal of Educational Sciences*, 7(3), 653-662.
- Meijerink, R. (2009). *Begrip in kaart*. Enschede: Universiteit Twente.
- Novak, J., & Cañas, A. (2008). The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them. *Florida Institute for Human and Machine Cognition*.
- Palsma, P.H. (2010). Begrippenkaart Beter Samenvatten? Geraadpleegd op 17 april 2020, van <http://essay.utwente.nl/64372/>
- Peltenburg, M. (2014). 'Common sense' rekenen-wiskunde. *Freudenthal*, 100, 50-54.
- Poland, M., Van Oers, B., & Terwel, J. (2014). Effecten van het leren schematiseren van jonge leerlingen op hun latere prestaties in het reken-wiskundeonderwijs. *Pedagogische Studiën*, 87, 105-117.
- Rosenshine, B., & Stevens, R. (1986). Handbook of research on teaching. In *Teaching functions*. Formapex.
- Sale, J., Lohfeld, L., & Brazil, K. (2002). Revisiting the Quantitative-Qualitative Debate: Implications for Mixed-Methods Research. *Quality & Quantity*, 36, 43-53.
- Skemp, R. (1976). Relational Understanding and Instrumental Understanding. *Mathematics teaching*, 1-16.
- Terrell, S. (2015). Mixed-Methods Research Methodologies. *The Qualitative Report*, 17(1), 254-280.

- Timmer, M., & Verhoef, N. (2014). Combinatoriek: meer dan trucjes. *Euclides*, 90, 12-13.
- Van Garderen, D., & Montague, M. (2003). Visual-Spatial Representation, Mathematical Problem Solving, and Students of Varying Abilities. *Learning Disabilities Research & Practice*, 18(4), 246-254.
- van der Vegt, F. (2019). *Het effect van het gebruik van begrippennetwerken op het begrip van leerlingen voor het vak wiskunde B*. Enschede: Universiteit Twente.
- Yin, R. (2014). *Case Study Research*. Los Angeles, California: SAGE.

APPENDIX A: LESONTWERPEN EXPERIMENTELE KLAS

Docent:
Merima Basic

Datum: 26-05-2020

School: Het Assink Lyceum

Tijd: 11.30-12.00

Klas: 4VWO experimentele klas

Leerboek/project: G&R

Paragrafen/deelopdracht: Hoofdstuk 6 les 1

Beginsituatie: De leerlingen hebben het hoofdstuk 'Machtsverbanden' uit het boek volledig afgerond, inclusief d-toets. Ze hebben ook al de pre-test gemaakt om hun relationele begrip van het hoofdstuk te testen.

Onderwerp: Machtsfuncties

Doelstelling: Leerlingen kunnen de verschillende voorstellingen van een functie benoemen en kunnen deze aan elkaar linken; Leerlingen kunnen benoemen welke soorten machten er horen bij welke formules; Leerlingen kunnen translaties en vermenigvuldigingen op een formule en een grafiek toepassen; Leerlingen kunnen de kenmerken van een even en een oneven macht aangeven en kunnen op basis van een grafiek herkennen of het een even of oneven macht is; Leerlingen kunnen grafieken tekenen bij een gegeven formule of gegeven tabel.

Hulpmiddelen: Begrippennetwerk, laptop, schermdeling.

Onderwijsfuncties	Docent	Leerlingen	Tijd
Peilen beginsituatie/ activeren voorkennis	Beginnen met inventariseren wat leerlingen denken dat een functie is in Socrative. 'Foute' antwoorden neerleggen bij andere leerlingen en hen laten uitleggen waarom het fout is, hetzelfde voor goede antwoorden.	Hun ideeën delen en commentaar geven op andermans ideeën.	10'
Presenteren kennis en werkwijze	Begrippennetwerk presenteren en uitleggen. Nadruk leggen op het begrip 'functie' en de relaties tussen de onderwerpen.	Luisteren en aantekeningen maken.	10'
Oefenen en feedback krijgen	De leerlingen voorbeelden laten zoeken bij het begrippennetwerk.	Voorbeelden zoeken.	30'

Docent:
Merima Basic

Datum: 28-05-2020

School: Het Assink Lyceum

Tijd: 10.00-10.30

Klas: 4VWO experimentele klas

Leerboek/project: G&R

Paragrafen/deelopdracht: Hoofdstuk 6 les 2

Beginsituatie: De leerlingen hebben een les gehad over het begrippennetwerk en ze hebben zelf voorbeelden bij de begrippen gezocht.

Onderwerp: Machtsfuncties

Doelstelling: Leerlingen kunnen de verschillende voorstellingen van een functie benoemen en kunnen deze aan elkaar linken; Leerlingen kunnen benoemen welke soorten machten er horen bij welke formules; Leerlingen kunnen translaties en vermenigvuldigingen op een formule en een grafiek toepassen; Leerlingen kunnen de kenmerken van een even en een oneven macht aangeven en kunnen op basis van een grafiek herkennen of het een even of oneven macht is; Leerlingen kunnen grafieken tekenen bij een gegeven formule of gegeven tabel.

Hulpmiddelen: Begrippennetwerk, laptop, schermdeling.

Onderwijsfuncties	Docent	Leerlingen	Tijd
Peilen beginsituatie/ activeren voorkennis	Beginnen met inventariseren wat leerlingen als voorbeelden hebben gegeven en het afgemaakte begrippennetwerk aan de leerlingen tonen.	Hun ideeën delen en commentaar geven op andermans ideeën.	10'
Presenteren kennis en werkwijze	Begrippennetwerk nog eens herhalen en de leerlingen testen op hun kennis en begrip ervan.	Luisteren en aantekeningen maken.	10'
Oefenen en feedback krijgen	De leerlingen de post-test laten maken.	De post-test maken.	30'

APPENDIX B: LESONTWERPEN CONTROLE KLAS

Docent:
Merima Basic

Datum: 26-05-2020

School: Het Assink Lyceum

Tijd: 12.30-13.00

Klas: 4VWO controle klas

Leerboek/project: G&R

Paragrafen/deelopdracht: Hoofdstuk 6 les 1

Beginsituatie: De leerlingen hebben het hoofdstuk 'Machtsverbanden' uit het boek volledig afgerond, inclusief d-toets. Ze hebben ook al een diagnostische toets gemaakt om hun relationele begrip van het hoofdstuk te testen.

Onderwerp: Machtsfuncties

Doelstelling: Leerlingen kunnen de verschillende voorstellingen van een functie benoemen en kunnen deze aan elkaar linken; Leerlingen kunnen benoemen welke soorten machten er horen bij welke formules; Leerlingen kunnen translaties en vermenigvuldigingen op een formule en een grafiek toepassen; Leerlingen kunnen de kenmerken van een even en een oneven macht aangeven en kunnen op basis van een grafiek herkennen of het een even of oneven macht is; Leerlingen kunnen grafieken tekenen bij een gegeven formule of gegeven tabel.

Hulpmiddelen: Laptop, schermdeling.

Onderwijsfuncties	Docent	Leerlingen	Tijd
Peilen beginsituatie/activeren voorkennis	Samenvatting geven over alle paragrafen, sterk de lijn van het boek volgend en de leerlingen betreffend.	Hun input geven op de samenvatting.	10'
Presenteren kennis en werkwijze	Opgave 21 onderdelen a en c van de GO bespreken.	Luisteren en aantekeningen maken.	10'
Oefenen en feedback krijgen	De leerlingen de GO laten maken en uitleggen dat zij Excel moeten updaten.	De GO maken en het Excel bestand invullen.	30'

Docent:
Merima Basic

Datum: 28-05-2020

School: Het Assink Lyceum

Tijd: 11.30-12.00

Klas: 4VWO controle klas

Leerboek/project: G&R

Paragrafen/deelopdracht: Hoofdstuk 6 les 2

Beginsituatie: De leerlingen hebben een les gehad over het begrippennetwerk en ze hebben zelf voorbeelden bij de begrippen gezocht.

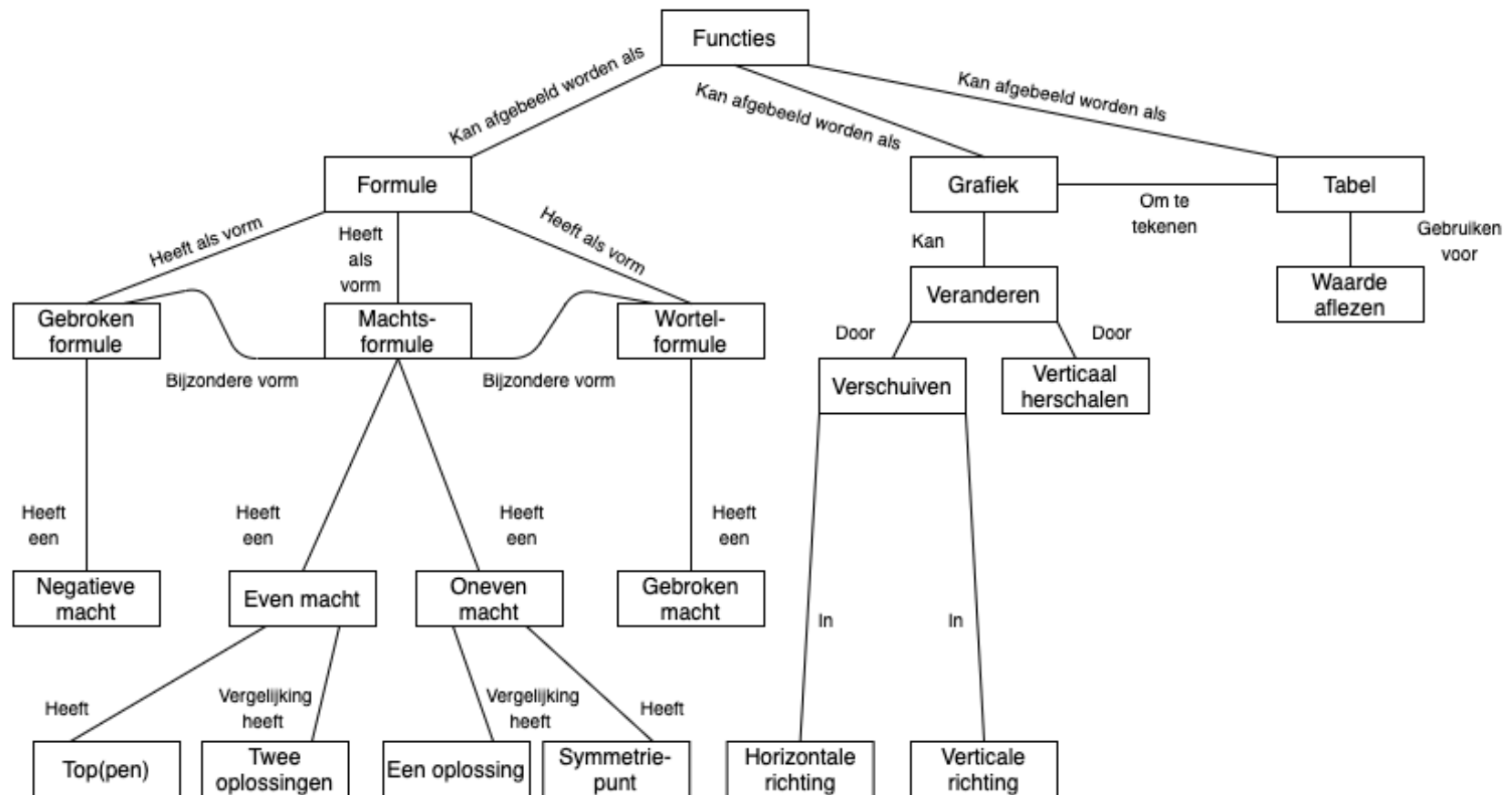
Onderwerp: Machtsfuncties

Doelstelling: Leerlingen kunnen de verschillende voorstellingen van een functie benoemen en kunnen deze aan elkaar linken; Leerlingen kunnen benoemen welke soorten machten er horen bij welke formules; Leerlingen kunnen translaties en vermenigvuldigingen op een formule en een grafiek toepassen; Leerlingen kunnen de kenmerken van een even en een oneven macht aangeven en kunnen op basis van een grafiek herkennen of het een even of oneven macht is; Leerlingen kunnen grafieken tekenen bij een gegeven formule of gegeven tabel.

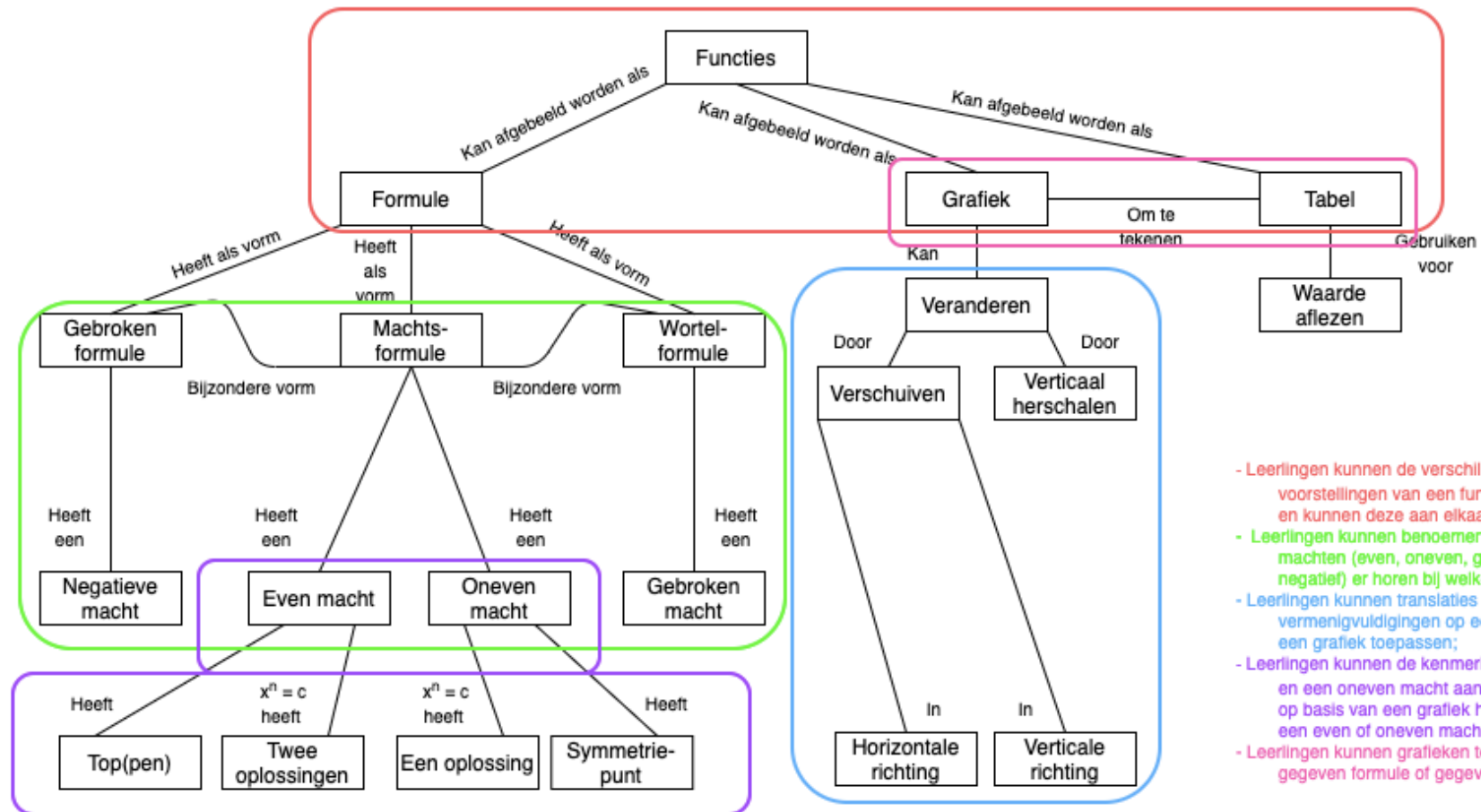
Hulpmiddelen: Laptop, schermdeling.

Onderwijsfuncties	Docent	Leerlingen	Tijd
Peilen beginsituatie/ activeren voorkennis	Uitleg werkwijze over opgaven met meeste minnetjes behandelen en de strikte tijdsindelingen.	Luisteren.	5'
Presenteren kennis en werkwijze	Opgaven met de meeste minnetjes behandelen.	Luisteren en aantekeningen maken.	25'
Oefenen en feedback krijgen	De leerlingen de post-test laten maken.	De post-test maken.	30'

APPENDIX C: BEGRIPPENNETWERK VOOR LEERLINGEN



APPENDIX D: BEGRIPPENNETWERK LINKS



- Leerlingen kunnen de verschillende voorstellingen van een functie benoemen en kunnen deze aan elkaar linken;
- Leerlingen kunnen benoemen welke soorten machten (even, oneven, gebroken, negatief) er horen bij welke formules;
- Leerlingen kunnen translaties en vermenigvuldigingen op een formule en een grafiek toepassen;
- Leerlingen kunnen de kenmerken van een even en een oneven macht aangeven en kunnen op basis van een grafiek herkennen of het een even of oneven macht is;
- Leerlingen kunnen grafieken tekenen bij een gegeven formule of gegeven tabel.

APPENDIX E: POWERPOINT CONTROLEKLAS

Herhaling H6 4VWO 26-05-2020	Wat gaan we doen komende lessen? • Vandaag: herhalen H6 a.d.h.v. een kleine samenvatting • Donderdag: bespreken eerste deel gemengde opgaven • Vrijdag: bespreken tweede deel gemengde opgaven + post-test
Doelen voor deze les • De verschillende voorstellingen van functies aan elkaar kunnen linken; • Kunnen benoemen welke soorten machten (even, oneven, gebroken, negatief) er horen bij welke type functies; • Verschuivingen en herschalingen op een formule en een grafiek kunnen toepassen; • De kenmerken van een even en een oneven macht aan kunnen geven en op basis van een grafiek herkennen of het een even of oneven macht is; • Grafieken kunnen tekenen bij een gegeven formule of gegeven tabel.	§6.1: Kwadratische formules • Wat moet je weten? • Wat is een minimum/maximum? • De kleinste/grootste y-waarde van een grafiek • Wat moet je kunnen? • Een grafiek tekenen • Minimum/maximum berekenen m.b.v. de GR • Snijpunten berekenen m.b.v. de GR • Kwadratische formules opstellen
§6.2: Grafieken veranderen • Wat moet je weten? • Wat is een machtsformule? • $y = ax^n$ • Wanneer heeft een grafiek een top? • Bij een even n • Wanneer heeft een grafiek een punt van symmetrie? • Bij een oneven n • Wat moet je kunnen? • Horizontaal en verticaal verschuiven • Verticaal herschalen	§6.3: Rekenen met machten en wortels • Wat moet je kunnen? • Hogeregraads vergelijkingen oplossen • Oneven n geeft 1 oplossing • Even n geeft 2 oplossingen • Wortelvergelijkingen oplossen • Variabelen vrijmaken
§6.4: Gebroken formules • Wat moet je weten? • Wat is een gebroken formule? • Een formule met een variabele in de noemer (onderkant) van de breuk • Wat moet je kunnen? • Kruislings vermenigvuldigen • Breuken herleiden (optellen, vermenigvuldigen, delen)	§6.5: Formules met machten • Wat moet je weten? • Wat is een coëfficiënt? • Dit is a in $y = ax^n$ • Wat moet je kunnen? • Coëfficiënt berekenen • Exponent berekenen • Machtsformules gebruiken

APPENDIX F: PRE-TEST

OPDRACHT 1

Koppel onderstaande formules steeds aan hun bijbehorende grafieken. Maak een kolom met F1 t/m F8 en vul hierachter de juiste grafiek in (G1 t/m G8).

$$F_1: y = 2x^2 + x + 3$$

$$F_2: y = x^4 + 5$$

$$F_3: y = \sqrt{x-1}$$

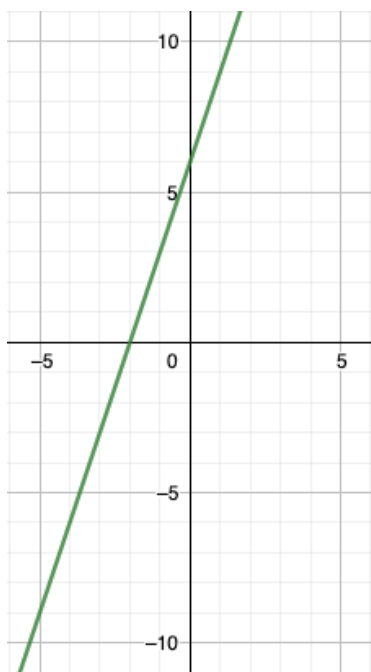
$$F_4: y = \frac{5}{x+3}$$

$$F_5: y = -x^2 + 4$$

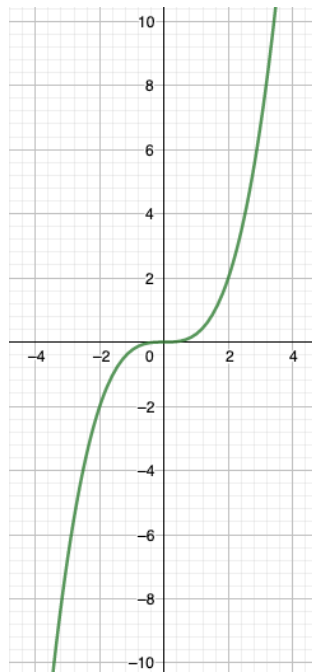
$$F_6: y = 3x + 6$$

$$F_7: y = \frac{1}{10}x^2$$

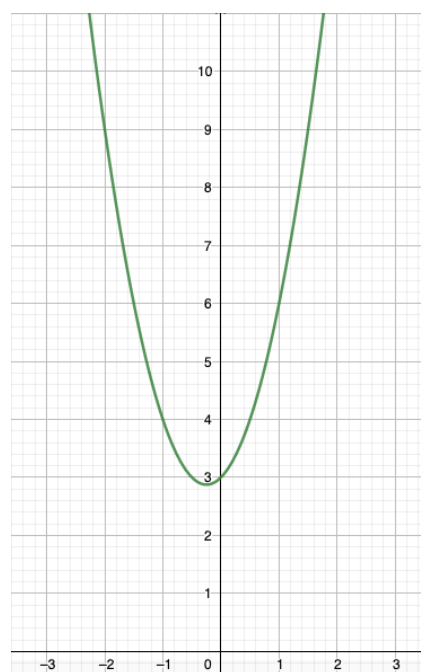
$$F_8: y = \frac{1}{4}x^3$$



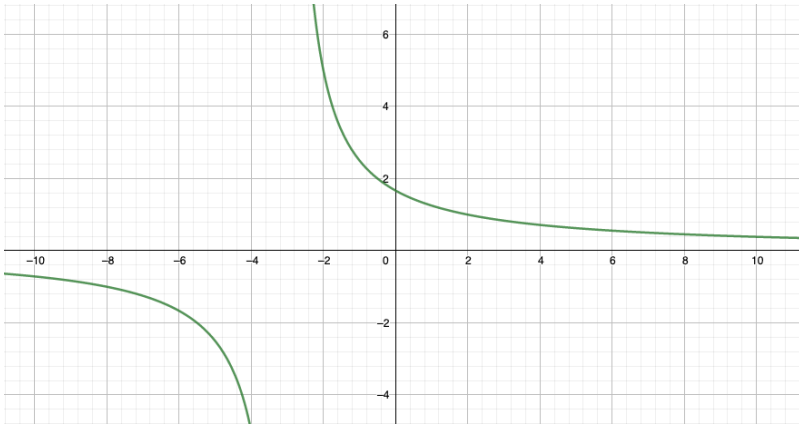
G1



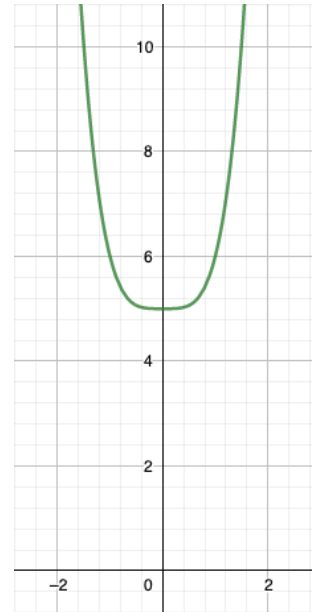
G2



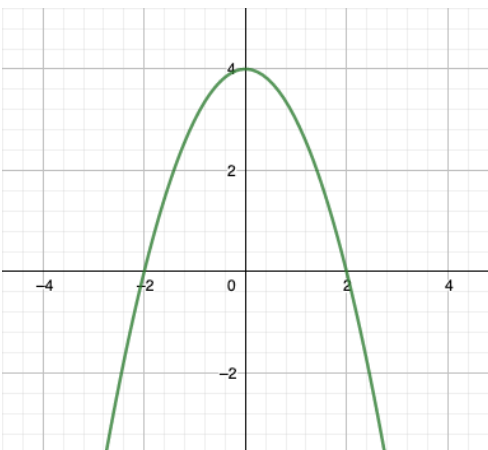
G3



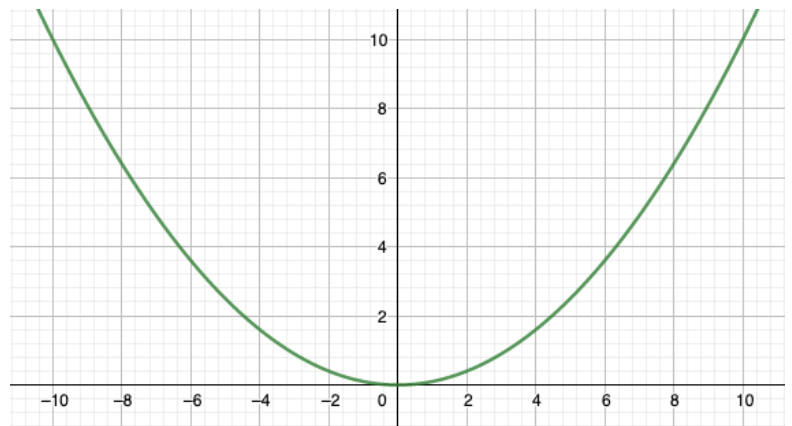
G4



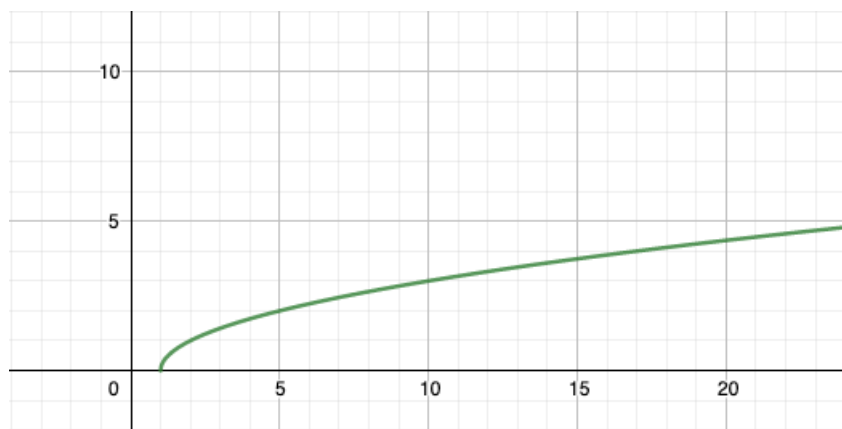
G5



G6



G7



G8

OPDRACHT 2

- a. Wat is het punt van symmetrie in $y = \frac{1}{4}x^3$
- b. Wat is het punt van symmetrie in $y = \frac{1}{4}(x + 3)^3 + 5$
- c. Transleer de grafiek van $y = \frac{1}{4}(x + 3)^3 + 5$ over $\begin{pmatrix} -3 \\ 2 \end{pmatrix}$
- d. Hoe kan ik de grafiek van b verkrijgen uit de grafiek van a? En de grafiek van c uit de grafiek van a?
- e. Welke invloed heeft translatie op de grafiek?

- e. Wat is de top van $y = \frac{1}{4}(x - 3)^2 + 2$
- f. Wat is de top van $y = \frac{1}{8}(x - 3)^2 + 1$
- g. Vermenigvuldig de grafiek van $y = \frac{1}{8}(x - 3)^2 + 1$ met 3 ten opzichte van de y-as.
- h. Hoe kan ik de grafiek van f verkrijgen uit de grafiek van e? En de grafiek van g uit de grafiek van e?
- i. Welke invloed heeft herschaling op de grafiek?

OPDRACHT 3

- a. Teken de grafieken van $y = 3x + 6$ en $y = x^2 + x + 3$ op $X_{\min} = -10$, $X_{\max} = 10$, $Y_{\min} = -10$ en $Y_{\max} = 10$ zonder het gebruik van de GR.
- b. Snijden de grafieken elkaar binnen tekening? Zo ja, in welk punt?
- c. Snijden de grafieken elkaar buiten de tekening? Zo ja, in welk punt?
- d. Welke methode heb je gebruikt om de antwoorden van b en c te vinden? Waarom heb je dit zo gedaan?

APPENDIX G: NAKIJKMODEL PRE-TEST

OPDRACHT 1 (8 punten)

F1 & G3	1
F2 & G5	1
F3 & G8	1
F4 & G4	1
F5 & G6	1
F6 & G1	1
F7 & G7	1
F8 & G2	1

OPDRACHT 2 (12 punten)

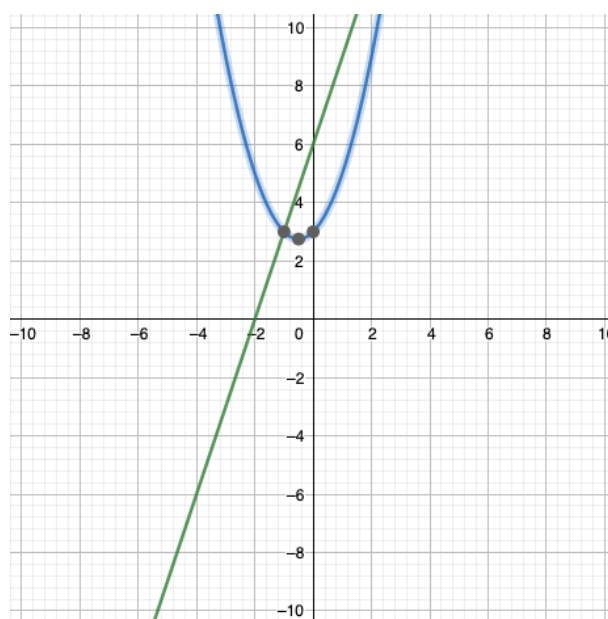
a. (0,0)	1
b. (-3, 5)	1
c. $y = \frac{1}{4}(x + 3)^3 + 5$ wordt $y = \frac{1}{4}(x + 6)^3 + 7$	1
d. Translatie over $\begin{pmatrix} -3 \\ 5 \end{pmatrix}$ en translatie over $\begin{pmatrix} -6 \\ 7 \end{pmatrix}$	2
e. Verschuift mee met de translatie.	1
f. (3,2)	1
g. (3,1)	1
h. $y = \frac{1}{8}(x - 3)^2 + 1$ wordt $y = \frac{3}{8}(x - 3)^2 + 3$	1
i. Vermenigvuldiging t.o.v. de y-as met $\frac{1}{2}$ en $\frac{3}{2}$	2
j. De grafiek wordt smaller/breder en kan ook verschuiven.	1

OPDRACHT 3 (14 punten)

a. (2 punten per tabel en 2 punten grafiek)

x	-2	0
y	-6	6

x	-2	-1	0	1	2
y	5	3	3	5	9

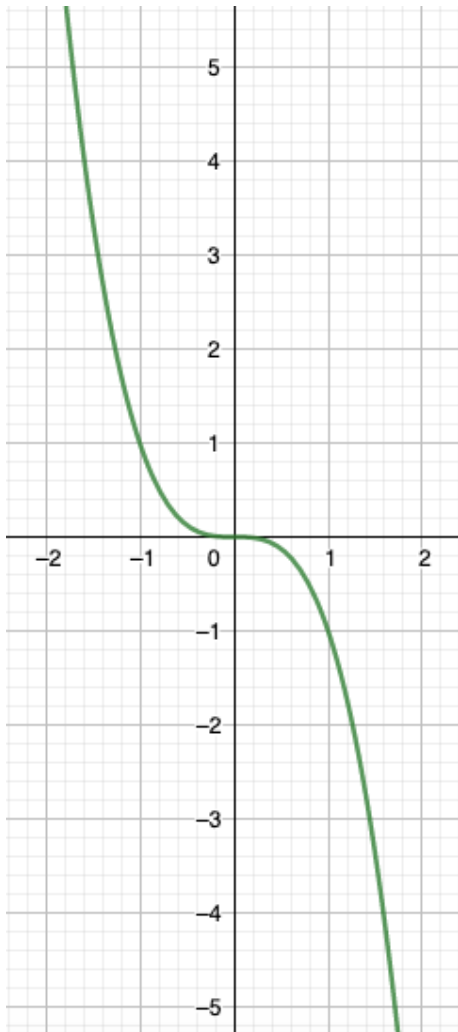


b. Ja, op $(-1, 3)$	1
c. Ja: $3x + 6 = x^2 + x + 3$	1
$x^2 - 2x - 3 = 0$	
$(x - 3)(x + 1) = 0$	1
$x = 3 \vee x = 1$	1
$3 \cdot 3 + 6 = 15$	1
Dus in $(3, 15)$	1
d. Aflezen en berekenen.	2

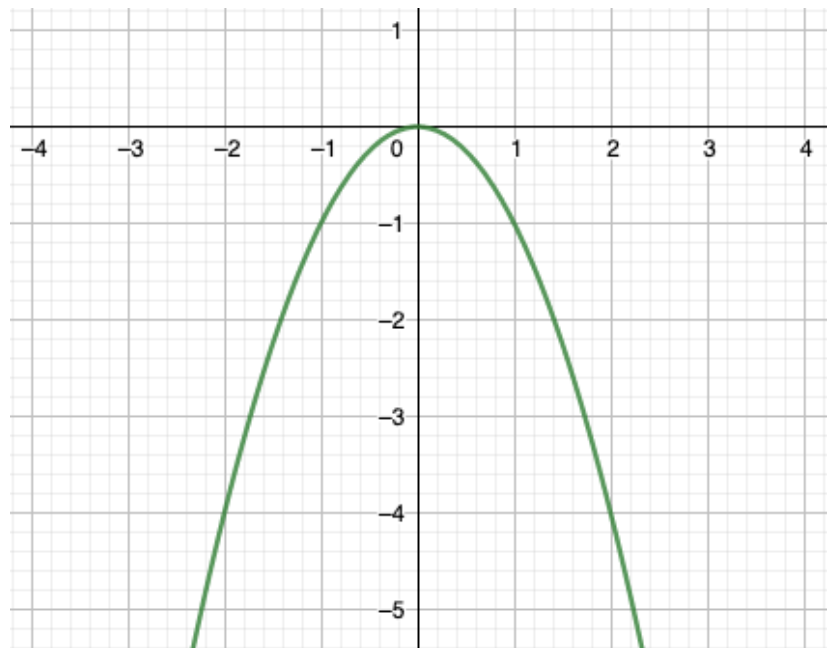
APPENDIX H: POST-TEST

OPDRACHT 1

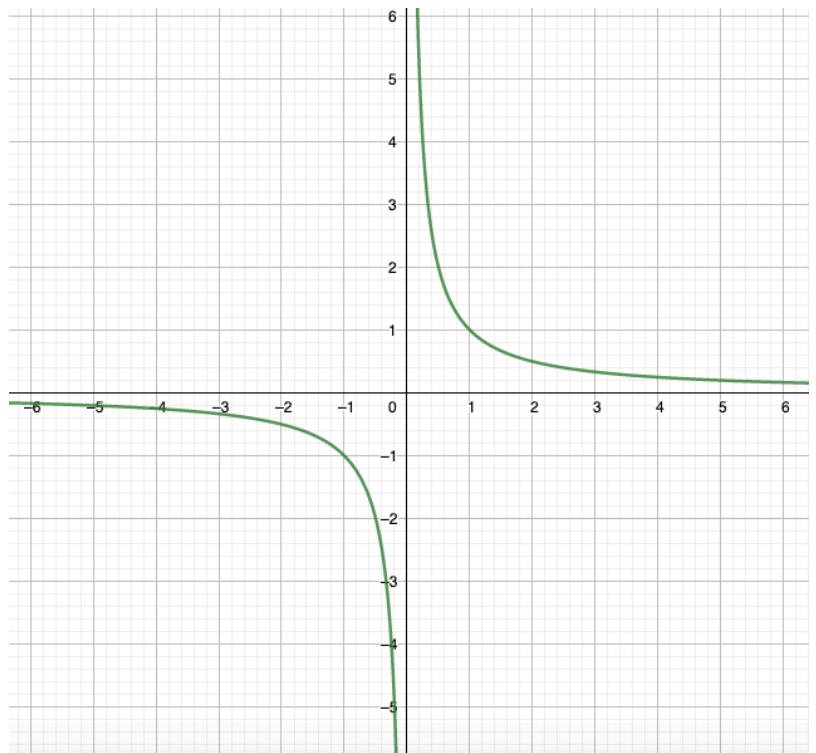
Bepaal welke macht bij de onderstaande grafieken hoort (negatief/even/oneven/gebroken). Schrijf in je antwoorden G1 t/m G8 onder elkaar op en vermeld erachter welke macht en welke formule erbij horen.



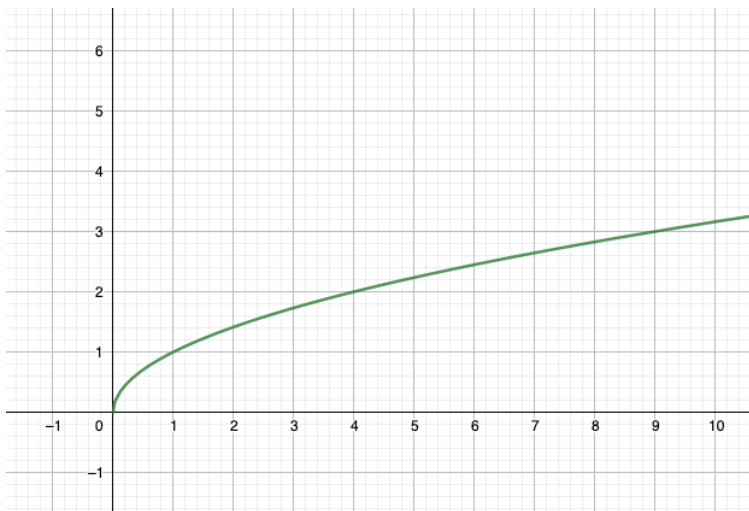
G1



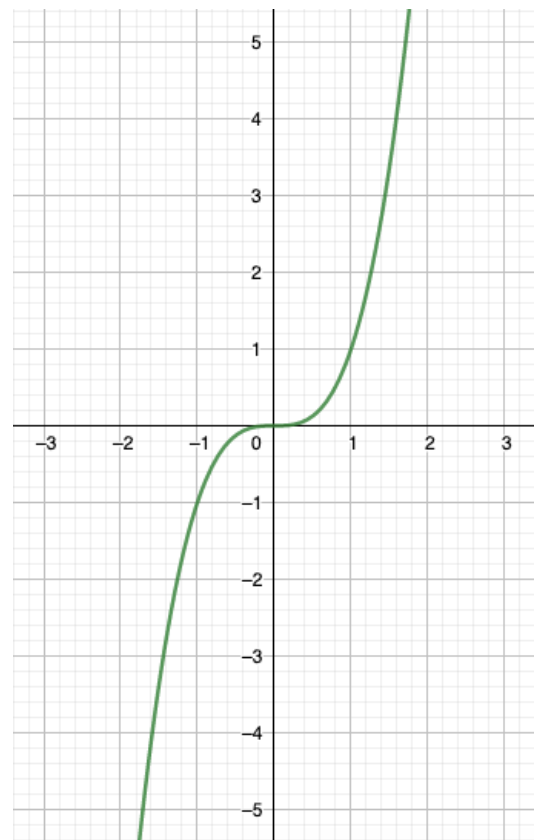
G2



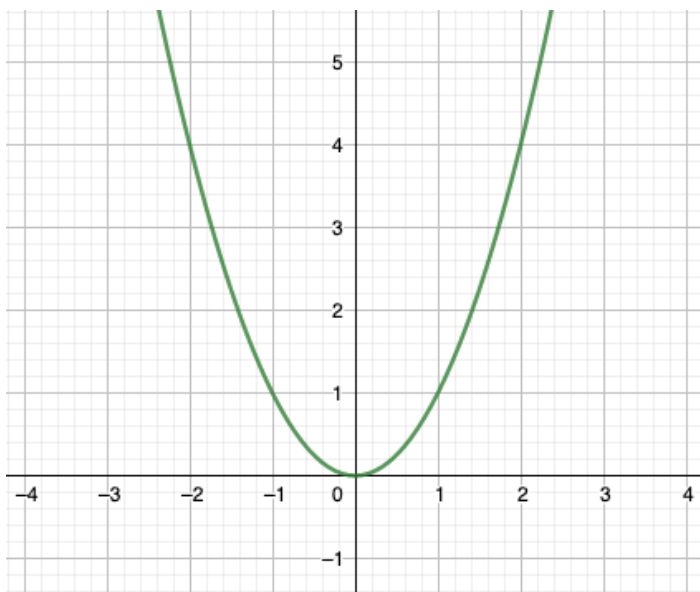
G3



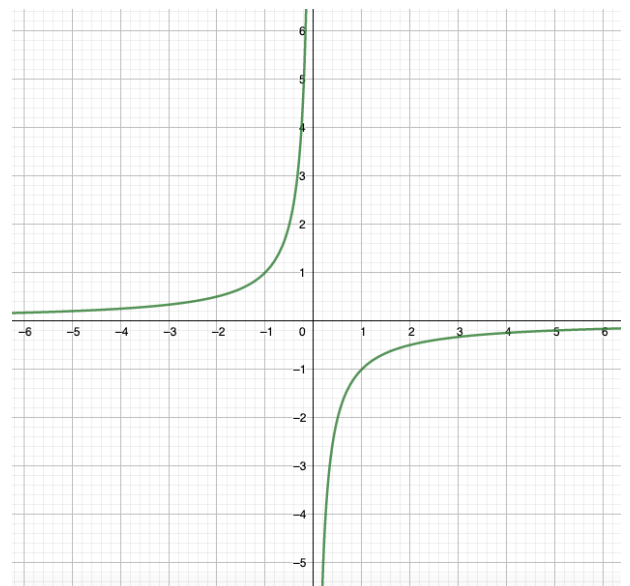
G4



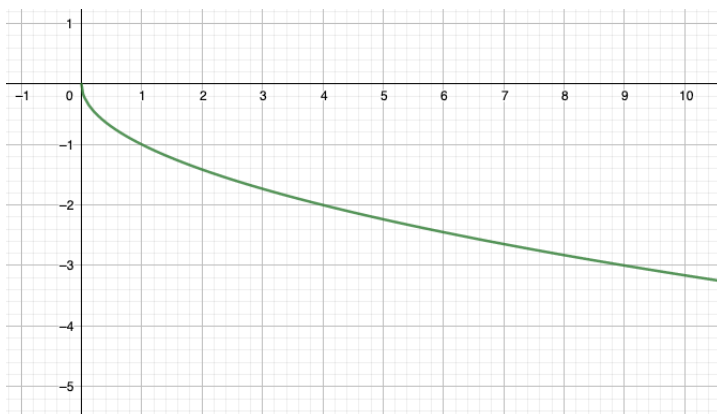
G5



G6



G7



G8

OPDRACHT 2

- a. Wat is het punt van symmetrie van $y = 2x^3$?
- b. Wat is het punt van symmetrie van $y = 2(x - 5)^3 - 7$?
- c. Verschuif de grafiek van $y = 2(x - 5)^3 - 7$ over $\begin{pmatrix} -3 \\ 2 \end{pmatrix}$. Welke formule krijg je dan?
- d. Hoe kan ik de grafiek van b verkrijgen uit de grafiek van a? En de grafiek van c uit de grafiek van a?
- e. Welke invloed heeft verschuiving op de grafiek (en dan met name op het punt van symmetrie/de top)?
- e. Wat is de top van $y = 2(x + 3)^2 - 2$?
- f. Wat is de top van $y = 4(x + 3)^2 - 4$?
- g. Herschaal de grafiek van $y = 2(x + 3)^2 - 2$ met 3 in verticale richting. Welke formule krijg je dan?
- h. Hoe kan ik de grafiek van f verkrijgen uit de grafiek van e? En de grafiek van g uit de grafiek van e?
- i. Welke invloed heeft verticale herschaling op de grafiek?

OPDRACHT 3

- a. Teken de grafieken van $y = 6$ en $y = x^3 - 2$ op $X_{\min} = -10$, $X_{\max} = 10$, $Y_{\min} = -10$ en $Y_{\max} = 10$ zonder het gebruik van de GR.
- b. Snijden de grafieken elkaar binnen tekening? Zo ja, in welk punt?
- c. Snijden de grafieken elkaar buiten de tekening? Zo ja, in welk punt?
- d. Welke methode heb je gebruikt om de antwoorden van b en c te vinden? Waarom heb je dit zo gedaan?

APPENDIX I: NAKIJKMODEL POST-TEST

OPDRACHT 1 (8 punten)

G1: oneven	1
G2: even	1
G3: negatief	1
G4: gebroken	1
G5: oneven	1
G6: even	1
G7: negatief	1
G8: gebroken	1

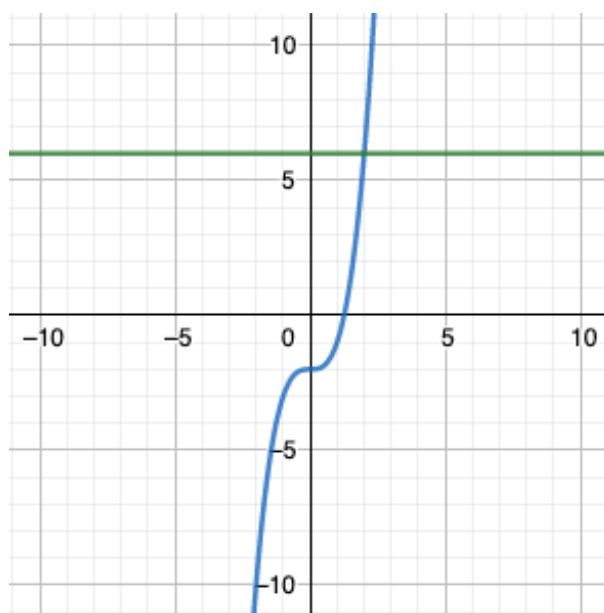
OPDRACHT 2 (12 punten)

a. (0, 0)	1
b. (-5, -7)	1
c. $y = 2(x - 5)^3 - 7$ wordt $y = 2(x - 2)^3 - 5$	1
d. Translatie over $\begin{pmatrix} 5 \\ -7 \end{pmatrix}$ en translatie over $\begin{pmatrix} 2 \\ -5 \end{pmatrix}$	2
e. Vershuift mee met de translatie.	1
f. (-3, -2)	1
g. (-3, -4)	1
h. $y = 2(x + 3)^2 - 2$ wordt $y = 6(x + 3)^2 - 6$	1
i. Vermenigvuldiging t.o.v. de y-as met 2 en 3	2
j. De grafiek wordt smaller/breder en kan ook verschuiven.	1

OPDRACHT 3 (9 punten)

a. (2 punten voor tabel en 2 punten grafiek)

x	-2	-1	0	1	2
y	-10	-3	-2	-1	6



- b. Ja, op (2, 6) 1
- c. Nee, een derdegraads heeft maar 1 snijpunt met een horizontale lijn. 2
- d. Aflezen en bedenken/berekenen. 2

APPENDIX J: TOESTEMMINGSFORMULIER

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

Mijn naam is Merima Basic en ik doe een opleiding voor eerstegraads docent wiskunde aan de Universiteit Twente. Ik geef sinds maart les op het Assink en in het kader van mijn afstudeeronderzoek ga ik onderzoeken of een begrippennetwerk een positief effect heeft op het relationele begrip van 4HAVO wiskunde A leerlingen. Een begrippennetwerk is een manier om op grafische wijze relaties weer te geven tussen verschillende onderwerpen.

Het onderzoek zal bestaan uit een diagnostische pre- en post-test en een tweetal lessen in de laatste twee weken van mei. De tests zullen anoniem gemaakt worden en vanzelfsprekend zullen de cijfers dus ook niet meetellen in een beoordeling voor het vak wiskunde. De lessen zullen ingezet worden als herhaling van het behandelde hoofdstuk en de leerlingen zullen er dus profijt van hebben in het leren voor hun toetsweek.

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** 19 mei 2020 terug naar m.basic@hetassink.nl.

Ik hoop u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd.

Met vriendelijke groet,

Merima Basic (stagiaire wiskunde op Het Assink Lyceum te Haaksbergen)

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

Naam:

Handtekening ouder/verzorger:

.....
.....
.....

Handtekening leerling:

.....
.....
.....

APPENDIX K: TOESTEMMING INTERVIEW

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

Mijn naam is Merima Basic en ik doe een opleiding voor eerstegraads docent wiskunde aan de Universiteit Twente. Ik geef sinds maart les op het Assink en in het kader van mijn afstudeeronderzoek ga ik onderzoeken of een begrippennetwerk een positief effect heeft op het relationele begrip van 4HAVO wiskunde A leerlingen. Een begrippennetwerk is een manier om op grafische wijze relaties weer te geven tussen verschillende onderwerpen.

Het onderzoek zal bestaan uit een diagnostische pre- en post-test en een tweetal lessen in de laatste twee weken van mei. De tests zullen anoniem gemaakt worden en vanzelfsprekend zullen de cijfers dus ook niet meetellen in een beoordeling voor het vak wiskunde. De lessen zullen ingezet worden als herhaling van het behandelde hoofdstuk en de leerlingen zullen er dus profijt van hebben in het leren voor hun toetsweek.

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 4HAVO zat en wiskunde A 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 (pre- en post-test en lessen) 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 19 mei 2020** naar m.basic@hetassink.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 2 juni 2020** naar m.basic@hetassink.nl te sturen.

Ik hoop u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd.

Met vriendelijke groet,

Merima Basic (stagiaire wiskunde op Het Assink Lyceum te Haaksbergen)

FORMULIER 1: GEEN TOESTEMMING ONDERZOEK

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

Naam:

Handtekening ouder/verzorger:

.....
.....
.....

Handtekening leerling:

.....
.....
.....

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:

.....
.....
.....

APPENDIX L: INTERVIEWVRAGEN

Lesdoelen

- Aan het begin van de les zijn er lesdoelen benoemd. Is dit duidelijk gedaan? Zo nee, wat had jij graag anders gezien?
- Vond je de lesdoelen van toegevoegde waarde? Waarom wel/niet?
- Weet je nog wat de lesdoelen waren?
- Is er volgens jou aan de lesdoelen voldaan? Waarom wel/niet?

Link bestaande kennis

- Vond je dat er veel nieuwe kennis gepresenteerd werd? Waarom wel/niet?
- Kon je de begrippen die genoemd werden linken aan kennis die je al had? Waarom wel/niet?

Kleine stappen, rap tempo

- Hoe vond je het tempo waarop uitgelegd werd?
- Waren er ook dingen die sneller of langzamer verteld konden worden?
- Werden er stappen overgeslagen, waren er te veel stappen?

Input leerlingen

- Vind je dat je zelf genoeg input hebt kunnen leveren? Waarom wel/niet?
- Hoe zou jij de input van de klas nog meer stimuleren?
- Hoe vond je het om zelf voorbeelden te moeten zoeken?

Begrippen duidelijk definiëren

- Was aan het einde van de lessen voor jou duidelijk wat alle begrippen inhielden? Waarom wel/niet?
- Hoe zou de docent het kunnen aanpakken om iets nog duidelijker over te brengen?

Context bieden

- Vond je dat de context die geboden werd, relevant was? Waarom wel/niet?
- Vind je context in het algemeen van toegevoegde waarde tijdens de les? Waarom wel/niet?
- Hoe zou jij graag zien dat de docent context verwerkt in de lessen?

Mening begrippennetwerk

- Wat vond je van het begrippennetwerk? Waarom vond je dit?
- Heeft het begrippennetwerk jou geholpen in het voorbereiden richting de post-test?
- Zou je een begrippennetwerk zelf nog eens gebruiken voor het leren?
- Heb je nog tips/verbeterpunten voor het presenteren/gebruiken van het begrippennetwerk?

APPENDIX M: CODERING INTERVIEWS

In deze bijlage worden de codes behorende bij de tekst uit de interviews gepresenteerd. De dikgedrukte tekst is tekst die de interviewer zelf heeft gezegd en de overige tekst is door de respondenten gezegd.

Interview	Tekst	Open code	Axiale code
#1	Ik vond het wel duidelijk dat u de lesdoelen op de PowerPoint had staan. U liet ze ook een voor een voorbijkomen en vertelde er dan wat bij, dat was wel fijn.	Uitleg lesdoelen	Lesdoelen
#1	Ja, want u noemt het dan, dus dan denk ik van: u vindt dat belangrijk dus dat zal dan ook wel in de toets kunnen komen. Dan weet ik ook beter waar ik op moet letten bij het leren.	Toegevoegde waarde van lesdoelen	Lesdoelen
#1	Uhm, ik denk dus de doelen die ik noemde wel, want die kon ik me nog herinneren en die kwamen ook in de post-test. Vond je de post-test dan makkelijker te maken dan de pre-test? Ja dat vond ik wel. Vind je dat je verschillende voorstellingen van functies aan elkaar kan linken? Ik weet niet precies wat u daarmee bedoelt, dus ik denk het niet... Nou verschillende voorstellingen van een functie zijn de grafiek, tabel en de formule. Kan je bijvoorbeeld als je een grafiek krijgt, daar de formule bij vinden. Oh ja dat kan ik wel! Dus dan kunnen we stellen dat hieraan voor jou in ieder geval voldaan is? Ja ik denk het wel. Vind je dat je de kenmerken van een even en een oneven macht kan aangeven? Wat bedoelt u met kenmerken? Nou bijvoorbeeld dat je weet dat een oneven macht gesneden met een horizontale lijn 1 oplossing heeft en een even macht 0, 1 of 2. Ja dat weet ik wel ja. Dus dit doel is voor jou ook voldaan? Ja volgens mij wel. Weet je ook hoe je een grafiek moet tekenen? Ja ik denk het wel, u bedoelt dan gewoon een tabel maken en zo? Ja inderdaad, dat hoort erbij. Oke dan denk ik wel dat dat lukt. Oke dan is dit doel dus ook voldaan.	Voldoen aan lesdoelen	Lesdoelen
#1	Ja, want het was herhaling, dus ik wist al een beetje wat alles betekende, dus ik kon alles wel volgen.	Linken aan voorkennis	Voorkennis
#1	Ik vond het meestal wel een goed tempo, u liet het begrippennetwerk stapje voor stapje zien, dat was wel fijn. U vertelde er ook wel wat bij steeds en dat was ook wel nuttig.	Uitleg begrippennetwerk	Uitlegtempo
#1	Soms ging u dan terug en vertelde iets opnieuw wat u al had verteld, dat vond ik niet nodig. Dus dat had wat sneller gemogen van mij.	Te veel herhaling	Uitlegtempo
#1	De stappen dat u terugging en bijna weer hetzelfde vertelde vond ik wel te veel. Maar volgens mij heeft u niks overgeslagen.	Aantal stappen	Uitlegtempo

#1	U vroeg wel vaak of alles duidelijk was en of iemand vragen had, dus ik denk het wel. Maar ik heb zelf niet gereageerd, omdat ik ook geen vragen had.	Zelf input geven	Input
#1	Misschien namen noemen van mensen, dan moeten ze wel antwoord geven.	Meer input stimuleren	Input
#1	Dat vond ik wel nuttig en het was ook wel leuk want het was wel makkelijk om te doen. Ik vond het ook wel leuk dat u zei dat u de beste voorbeelden ging gebruiken om te laten zien aan de klas.	Voorbeelden zoeken	Input
#1	Nou sommige dingen die in het begrippennetwerk stonden wist ik niet direct wat het was, maar ik heb het meeste via het boek opgezocht en daarin herkende ik het dan wel, dus dan werd het voor mij wel veel duidelijker.	Voorbeelden zoeken	Input
#1	Ja, maar ik wist het eigenlijk al omdat het herhaling was. En die ik niet wist, had ik dus wel de voorbeelden bij gezocht in het boek.	Kennis begrippen	Begrippen
#1	Soms wel, ik vind het vooral fijn als de docent heel veel voorbeelden geeft. En ook vooral bij onderwerpen zoals statistiek en kansrekenen vind ik het fijn als de docent er wat meer bij vertelt en ook voorbeelden geeft.	Relevantie context	Context
#1	Ik denk heel veel voorbeelden geven. Ik vind dat altijd wel fijn. Dat onthoud ik het ook beter.	Manier van context bieden	Context
#1	Ik vond het wel handig. Waarom vond je dit? Nou het begrippennetwerk was heel kort, maar het was wel een samenvatting van het hoofdstuk waar alles in stond. Dus dan voelt het alsof je veel minder hoeft te leren.	Mening begrippen-netwerk	Begrippen-netwerk
#1	Ik denk het wel, ik vond de laatste toets wel makkelijker te maken dan de eerste toets, dus volgens mij was het wel nuttig. Heb je het ook veel gebruikt bij het leren? Een klein beetje, ik had het dus al overgeschreven voor het invullen van de voorbeelden en ik heb het ook wel nog een keer bekeken vlak voor de toets.	Gebruik begrippen-netwerk	Begrippen-netwerk
#1	Als de docent het geeft wel. Dus je zou het niet zelf willen of kunnen maken? Ik denk dat het heel veel werk kost en ik weet ook niet hoe ik het zou moeten doen. Dan zou ik dat eerst moeten opzoeken en dat kost ook weer veel werk. Ik vind het makkelijker om een eigen samenvatting te maken zoals ik gewend ben.	Gebruik begrippen-netwerk	Begrippen-netwerk
#2	Volgens mij was dit wel duidelijk, soms snapte ik niet alles helemaal maar dan legde u het wel uit of kon een klasgenoot me helpen het te snappen.	Uitleg lesdoelen	Lesdoelen
#2	Ja uhm, eerlijk gezegd ben ik daar meestal niet zo mee bezig maar het was wel fijn om aan het begin van de les te weten wat we die dag gingen behandelen. Dat hielp op zich wel een beetje met mijn aandacht erbij houden.	Relevantie lesdoelen	Lesdoelen

#2	Nou, een ander lesdoel was om de verschillende voorstellingen van functies, dat zijn een tabel, een grafiek of een formule, aan elkaar te kunnen linken. Dus bijvoorbeeld als je een grafiek krijgt, dat je dan weet welke formule daar bij zou kunnen horen. Vind je dat je dit kan? Ja dit kan ik wel, dat kwam ook in de toets toch? Ja klopt, dat heb ik ook getest ja. Nou nog een lesdoel was om te kunnen benoemen welke soorten machten horen bij welke type functies. Dus je krijgt een functie en dan moet jij noemen welke macht dat is. Kan je dit? Nee dit zegt me zo niets. Oke, het volgende lesdoel was dat je verschuivingen en herschalingen kan toepassen op de grafiek. Kan je dit? Nee dit vind ik moeilijk, ik snap dat niet helemaal. Ten slotte moet je de grafiek kunnen tekenen als je een formule of een tabel krijgt. Lukt jou dit? Uhm nee niet helemaal denk ik, ik weet nooit zo goed hoe ik die grafiek moet tekenen.	Voldoen aan lesdoelen	Lesdoelen
#2	Ja de meeste wel, vond het wel fijn dat het nog een keer voorbij kwam en dan op een andere manier. Zo bleef het allemaal wel beter bij mij steken.	Linken aan voorkennis	Voorkennis
#2	Het tempo vond ik prima, u legde alles stap voor stap uit en ik vond het ook fijn dat u het presenteerde en wij dan mee konden kijken.	Uitleg begrippennetwerk	Uitlegtempo
#2	Ja ik had niet echt veel vragen, maar soms vroeg ik me wel iets af en normaal zou ik dat dan aan iemand naast me direct vragen, maar nu kon dat dus niet. Is niet alleen in uw les, maar het digitale werkt voor mij niet zo goed gewoon.	Vragen stellen	Input
#2	Hmmm, ja niet digitaal doen maar ik snap dat dat nu niet anders kan. Maar, even nadenken... Misschien leerlingen vragen een opgave op te lossen? Hoe zie jij dat dan voor je? Nou dat u de opgave opschrijft en een leerling dus de stappen doet en zo eigenlijk samen met u de opgave oplost.	Input stimuleren	Input
#2	Ja het hielp wel, maar ik vond het wel lastig soms. Waarom vond je het lastig? Ik was bang het fout te doen.	Voorbeelden zoeken	Input
#2	Ja, aan het einde van de les snapte ik alles wel beter en kon ik beter met mijn huiswerk bezig.	Kennis begrippen	Begrippen
#2	Aan het begin van de volgende les nog een korte herhaling van de vorige misschien? Dat zou mij wel helpen, ik weet niet of de hele klas daar behoefte aan heeft maar dan kom ik er zelf iets meer in voordat er weer nieuwe dingen worden uitgelegd. Wat is kort? Bedoel je dan de belangrijkste begrippen nog een keer bespreken of? Ja, de rode lijn van de vorige les want meestal ben ik dat alweer kwijt als de les begint.	Beter uitleggen	Begrippen
#2	Oh nee, ik vind dat wel leuk! Dat maakt wiskunde ook iets minder stom.	Relevantie context	Context

#2	Een beetje afwisselend met normale opgaven, dus soms een verhaaltje en dan weer wat opgaven zonder verhaaltje. Dat houdt het allemaal een beetje interessant.	Context bieden	Context
#2	Dat was wel prima. Het was niet heel lang en er stond in wat ik moest weten.	Mening begrippen-netwerk	Begrippen-netwerk
#2	Uhm ja, ik denk het. Ik heb er wel naar gekeken en geleerd wat erin stond.	Gebruik begrippen-netwerk	Begrippen-netwerk
#2	Ja, dat denk ik wel. Zou je het zelf willen of kunnen maken? Nou ik ben eigenlijk bang dat ik er fouten in zou maken dus zou het samen doen met vrienden en misschien de docent vragen of het goed is. Dan weten we meteen of we het wel of niet moeten gebruiken bij het leren.	Gebruik begrippen-netwerk	Begrippen-netwerk
#2	Nee niet echt. Ik vond dat allemaal wel duidelijk.	Verbetertips	Begrippen-netwerk