



Modelleren voor nu en in de toekomst



Onderzoek van Onderwijs

Wiskunde

Michael Hekker s8718105

Laura van de Weerd s1002295



UNIVERSITEIT TWENTE.

Samenvatting

Binnen dit onderzoek wordt gekeken naar de ontwikkeling van de cognitieve structuur en de modelleervaardigheden van leerlingen uit 5VWO met een natuurprofiel. Dit is naar aanleiding van de grote overbrugging tussen het VWO en het WO wat betreft de eisen voor de modelleervaardigheden. Op het moment zijn er grote verschillen zichtbaar tussen leerlingen, de één heeft modelleren zo onder de knie en voor de ander lijkt het maar niet te lukken. In dit onderzoek wordt gekeken waarin de cognitieve schema's verschillen van deze leerlingen, zodat er een oplossing geboden kan worden voor dit probleem.

Het onderzoek is grotendeels gebaseerd op de 3CM-methode van Barnard, maar ook de theorie van Tall is een belangrijk uitgangspunt. Gebleken is dat leerlingen die veel onderlinge verbanden weten te leggen tussen begrippen, ook het beste in staat zijn om op een goede manier te modelleren. Als dit uit een kleinschalig onderzoek al blijkt, verdient het zeker aanbeveling dit grootschaliger uit te voeren. De uitkomst van het onderzoek biedt namelijk zeker mogelijkheden om de overbrugging tussen het VWO en het WO te verkleinen.

Inhoud

Samenvatting	2
1. Inleiding.....	4
2. Theoretisch kader.....	5
2.1 Cognitieve structuur en eenheden	5
2.2 Modelleren.....	8
2.3 Conceptual Content Cognitive Map Methode	13
3. Onderzoeksvragen	15
3.1 Hoofdvraag en subvragen	15
3.2 Verwachtingen	15
4. Methode.....	16
4.1 Respondenten	16
4.2 Instrumenten.....	16
4.3 Materiaal	17
4.4 Procedure	19
5. Resultaten	23
5.1 Cognitieve opdracht	23
5.2 Modelleeropgave	25
5.3 Cijferlijst	26
5.4 Overzichtstabel.....	27
6. Conclusie	31
6.1. Conclusie	31
6.2 Verantwoording conclusie middels subvragen.....	31
7. Discussie.....	33
7.1 Resultaten	33
7.2 Onderzoek	34
8. Aanbevelingen.....	36
9. Referenties	37
Bijlage I --- Instructie en begrippen Cognitieve opdracht	39
Bijlage II--- Cognitieve schema's opdracht 1	41
Bijlage II--- Cognitieve schema's opdracht 2	58
Bijlage III---Voorbeeld matrix bij cognitief schema.....	72
Bijlage IV --- Onderzoeksevaluatie	73
Bijlage V --- Modelleeropdracht	74
Bijlage VI--- Voorbeeld uitwerking modelleeropdracht.....	76

1. Inleiding

Het wiskundeonderwijs is continu in beweging. Inmiddels zijn er de varianten wiskunde A,B,C en D die ook nogal eens van inhoud willen wisselen door de jaren heen. Ook in 2015 verschijnt weer een nieuw wiskundeprogramma. Ondanks al deze veranderingen zien wij dat studenten op de Universiteit op diverse onderdelen van de wiskunde vastlopen. In dit onderzoek hebben wij één van deze aspecten onder de loep genomen: Het modelleren. Modelleren is officieel een onderdeel van wiskunde D op het VWO, maar er wordt weinig tot geen aandacht besteed aan het ontwikkelen van de vaardigheden hiervoor. Dit was voor ons reden hier een onderzoek naar uit te voeren.

In dit onderzoek hebben wij ons gericht op de modelleervaardigheden van de middelbare scholieren. Hierbij keken wij naar hun modelleervaardigheden en hoe de ontwikkelingen hiervan bevorderd zouden kunnen worden. Om dit te kunnen meten richtten we ons op de cognitieve structuur van de leerlingen en kozen we een specifiek onderwerp uit de wiskunde: Goniometrie.

De algemene hoofdvraag die we hierbij stelden is als volgt:

Waarin verschillen de cognitieve schema's van 5 vwo leerlingen, die een correlatie kleiner dan 0.25 hebben van het klassengemiddelde? En welke verschillen hiervan zijn zichtbaar in de overbrugging van de hiaten in de cognitieve structuur, die nodig is om de benodigde modelleervaardigheden te beheersen?

Om antwoord te kunnen geven op deze hoofdvraag verdiepten we ons in de theorie behorende bij dit onderwerp. In het hoofdstuk *Theoretisch kader* beschrijven we de theorie die al bekend is over dit onderwerp. Zo wordt hier ingegaan op de theorie achter de cognitieve structuur en eenheden, modelleren en Conceptual Content Cognitive Map methode (3CM methode). Aan de hand van het theoretische kader en het onderzoeksdoel zijn de onderzoeksvragen gedefinieerd en is de onderzoeksmethode opgesteld. Het verslag vervolgt daarna met de resultaten om af te sluiten met een conclusie en discussie.

2. Theoretisch kader

Het theoretische kader verdiept zich in de theorie die van toepassing is op de ontwikkeling van de hersenen en de modelleervaardigheden. Daarbij zal de basis van de hersenstructuur worden uitgelegd volgens de theorie over de cognitieve structuur en eenheden. Ook de werking en de vorming van het geheugen spelen een belangrijke rol in het begrip van dit onderzoek. Uiteraard zal ook de theorie achter het modelleren en de goniometrie besproken worden.

2.1 Cognitieve structuur en eenheden

2.1.1 Cognitieve eenheid

De hersenen zijn een complex systeem waar veel verschillende processen tegelijk actief zijn. Toch is het mogelijk om complexe beslissingen te maken. Door het onderdrukken van onnodige details is het mogelijk relevante informatie op te roepen. Deze relevante informatie kan bijvoorbeeld een mentale afbeelding zijn, maar ook een symbool of een feit als '3+4 is 7'. De opslag van informatie in onze hersenen is erg groot en we kunnen ons niet continu bewust zijn van alle informatie. Het kleine stukje informatie waar we ons bewust op kunnen focussen noemt Tall een cognitieve eenheid (Barnard & Tall, 1997).

"A piece of cognitive structure that can be held in the focus of attention all at one time will be called a cognitive unit." (Barnard & Tall, 1997).

Meestal wordt een som als '3+4 is 7' ook aan andere rekenkundige kennis gerelateerd, denk bijvoorbeeld aan '4+3 is 7' of '7-4 is 3'. Dit zijn losse structuren, maar onderling zo sterk verbonden met elkaar dat ze één cognitieve eenheid vormen. Daarom zegt Tall:

"A cognitive unit consists of a cognitive item that can be held in the focus of attention of an individual at one time, together with other ideas that can be immediately linked to it (Tall & Barnard, 2001)".

Een rijke cognitieve eenheid bestaat uit veel onderlinge verbanden. Veel losstaande structuren zijn zó nauw met elkaar verbonden dat ze één cognitieve eenheid vormen (Vogel, 2005). Des te meer verbindingen, des te rijker de cognitieve eenheid. Deze mentale verbindingen kunnen uit meerdere lagen bestaan. Door deze structuur ontstaat een complexiteit in denkprocessen die het mogelijk maakt op enkele rijke cognitieve eenheden te focussen. Daarom maakt een rijke cognitieve eenheid 'powerfull ways of thinking' mogelijk (Tall & Barnard, 2001).

2.1.2 Cognitieve structuur

Hiebert en Carpenter (1992) beschrijven twee verschillende metaforen van de cognitieve structuur: verticale hiërarchieën en spinnenwebben (Crowley & Tall, 1999).

"We believe it is useful to think about the networks in terms of two metaphors ... structured like vertical hierarchies or ... like webs. When networks are structured like hierarchies, some representations subsume other representations, representations fit as details underneath or within more general representations. Generalisations are examples of overarching or umbrella representations, whereas special cases are examples of details. In the second metaphor a network may be structured like a spider's web. The junctures, or nodes, can be thought of as the pieces or represented information, and the threads between them as the connections or relationships (Hiebert, 1992)."

Tall(Tall & Barnard, 2001) beschrijft de cognitieve structuur volgens een model dat de verticale hiërarchieën en de spinnenwebben bevat. Tall ziet de cognitieve eenheden als de knooppunten van de cognitieve structuur. Hij beschrijft de cognitieve structuur dus als het spinnenweb. Hierin zijn de gerelateerde eenheden met elkaar verbonden door de draden in het web. Het is per individu verschillend hoe deze eenheden met elkaar verbonden zijn. Een rijke cognitieve eenheid bestaat uit veel begrippen en binnen een rijke cognitieve structuur zullen hiertussen veel verbindingen bestaan.

2.1.3 Anatomische structuur

De cognitieve eenheden en structuur zijn een schematische weergave van de werkelijkheid. Zo is er in de hersenen sprake van neuronen en neuronverbindingen. Deze zenuwcellen kunnen (elektrische) signalen ontvangen en doorgeven. Neuronen bestaan uit dendrieten en axonen die het mogelijk maken om signalen te versturen. De neuron ontvangt een elektrisch signaal via de dendrieten. Als het elektrische signaal boven de drempelwaarde uitkomt zal het via de axonen worden doorgegeven aan andere neuronen. Door onderlinge verbindingen met interneuronen ontstaan neurongroepen. Deze groepen zijn instaat tot complexere activiteit. Projectie neuronen maken het mogelijk om interactie te hebben tussen verschillende subsystemen, waardoor hogere orde van mentale activiteit mogelijk is(Purves, 2008; Widrow & Aragon, 2013).

Neurologische activiteit vindt plaats door de vuurfrequentie. De mate van vuurfrequentie bepaalt de activiteit van andere neuronen. De onderlinge verbindingen versterken naarmate de vuurfrequentie hoger en vaker voorkomt. Het omgekeerde geldt ook, de verbindingen worden minder sterk wanneer er weinig activiteit is(Purves, 2008) .

Het model van cognitieve eenheden slaat dus terug op de neurongroepen in de hersenen. Bij onderling sterke verbindingen (compressie) zullen dus ook de omliggende neuronen van het gestimuleerde neuron actief worden(Purves, 2008).

2.1.4 Compressie cognitieve eenheden

Compressie is de wijze waarop kleine, rijke cognitieve eenheden worden gevormd binnen de cognitieve structuur. Bij cognitieve compressie worden de hersengebieden onderling zó nauw verbonden, dat aanroepen van het ene gebied ook leidt tot activiteit van de andere (Tall & Barnard, 2001). De knooppunten zijn als het ware zo dik geworden dat ze elkaar raken.

Compressie wordt uitgevoerd op verschillende manieren, waaronder het gebruik van woorden en symbolen. Woorden kunnen gebruikt worden om een hiërarchische structuur op te zetten. Een dergelijke ontwikkeling van een hiërarchische structuur is onderdeel van de cognitieve groei. Zo bevordert taal de communicatie en verfijning van de cognitieve eenheden. Dit geldt zowel voor het individu zelf, als voor de communicatie tussen twee individuen. Taal maakt het mogelijk om de verwoording van waarnemingen als basis te gebruiken voor cognitieve eenheden.

Compressie kan ook voorkomen voor een verzameling van ideeën of symbolen. Dit gebeurt als de verzameling te groot is om op één moment je aandacht op te focussen. In dat geval kan het soms worden opgeslagen in een groep van kleine eenheden. Zo kan bijvoorbeeld '56' worden opgeslagen door twee bekende cognitieve eenheden aan elkaar te koppelen. Iemand met een hoog ontwikkeld cognitieve organisatie zal dit doen door gebruik van de twee eenheden : "Vijf achten zijn veertig" en " Twee achten zijn zestien". Deze twee eenheden samen maken dat "Zeven achten zijn $40+16=56$ ".

Een meer standaard manier is bijvoorbeeld '56 7 keer 8', dan onthoud je 5678. Zo heeft ieder mens zijn eigen manier van cognitieve compressie. (Tall & Barnard, 2001)

Gray & Tall (1994) zagen ook een centrale rol in het symbool als schakeling tussen een proces en object. Zo kan het symbool '40+16' een schakeling zijn tussen het proces (van optelling) en het concept (de som). Daarvoor kwamen zij met de term "procept"(Tall & Barnard, 2001).

'Proceptual thinking is characterised by the ability to compress stages in symbol manipulation to the point where symbols are viewed as objects which can be decomposed and recomposed in flexible ways(Gray, 1994).'

Deze theorie zegt dat een 'procept' rijker wordt, wanneer meerdere symbolen en processen hetzelfde object oproepen (Tall & Barnard, 2001).

In het artikel (Tuminaro & Redish, 2007) wordt op iets andere wijze in feite hetzelfde genoemd. Daar wordt gezegd dat het met name gaat over het leggen van verbanden in het denkproces. Twee kernwoorden komen hierin naar voren: verbanden en proces. Volgens het artikel wordt op scholen nog teveel naar het resultaat gekeken. Willen we namelijk ontdekken hoe iemand zich ontwikkelt van beginner naar expert, dan zullen we vooral naar het proces moeten kijken en moeten ontdekken hoe iemand de verbanden tussen begrippen legt.

2.1.5 Geheugen

Anatomisch gezien ontstaat het geheugen door de vorming van sterke verbindingen tussen de neuronen. Langetermijnpotentiëring speelt in het vormen van geheugen een zeer grote rol (Vogel, 2005). Hierbij is namelijk sprake van langdurige verhoging van stimulatie van een neuron. Dit resulteert in een zeer sterke en stabiele verbinding tussen twee neuronen. Langetermijnpotentiëring is erg belangrijk in het vormen van hersenstructuren. Het is ook bepalend in de synchrone vuurfrequentie van en tussen de substructuren. Daarbij zorgt het er ook voor dat bepaalde handelingen onderbewust uitgevoerd worden. Ook zorgt het voor het bewust kunnen gebruiken van de rijke hersenstructuren(Purves, 2008). Zo is *intermediate working memory* een gevolg van deze neuron verbindingen. Door de plasticiteit van de neuronverbindingen is het mogelijk om aan andere dingen te denken. Bij de wisseling van gedachte worden er verschillende verbindingen geopend en gesloten tussen de neuronen (Barnard & Tall, 1997; Starzyk, Li, & Vogel, 2005). Het werkgeheugen bestaat uit nauw met elkaar verbonden hersenstructuren die gebruikt kunnen worden voor probleem oplossen (Crowley & Tall, 1999; Widrow & Aragon, 2013).

Er zijn verschillende soorten geheugen: Het *episodische geheugen* is voor gebeurtenissen die in het verleden hebben plaatsgevonden. In de wiskunde betekent dit herinneringen als, 'wat hij zei', 'hoe hij het deed'. Het *semantische geheugen* is voor betekenissen, begrippen en feiten. Het semantische geheugen staat los van de gebeurtenissen. Het *procedurele geheugen* is zowel voor het leren van motorische vaardigheden als cognitieve vaardigheden. Hierbij gaat het om automatisering van bepaalde handelingen. In de wiskunde kan dit vooral betekenen dat men automatisch een bepaalde aanpak uitvoert in het oplossen van een probleem (Sweller, 1988). Als laatste is er nog het *explanatieve geheugen*. Dit is het vermogen om informatie te herinneren door deze bewust te reconstrueren wanneer gewenst.

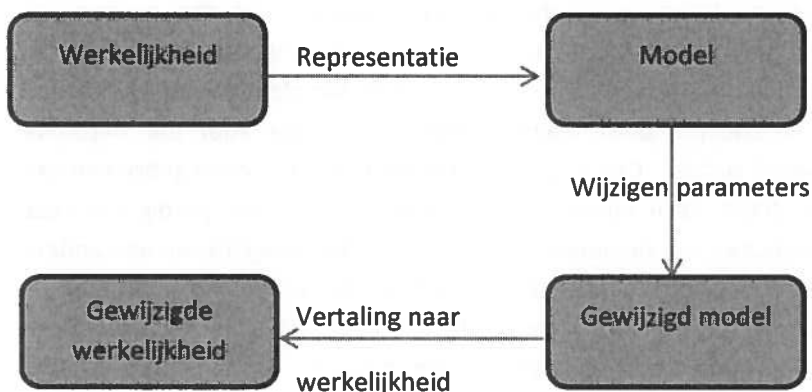
Al deze vormen van geheugen spelen ook een rol binnen de wiskunde. De grootte van het geheugen speelt dan ook een rol in de cognitieve structuur. Hoe groter het geheugen, des te meer onderlinge verbindingen tussen neuronen. Afhankelijk van het soort geheugen worden er tussen verschillende soorten neuronen verbindingen gelegd. In dit onderzoek is het voornamelijk belangrijk om bewust te zijn van de invloed van het geheugen op de cognitieve structuur.

Samengevat kan dus worden gezegd dat een cognitieve eenheid de modellering van de neuronen is en de cognitieve structuur de modellering van de neuronverbindingen/hersenstructuren is. In de volgende paragraaf wordt verder uitgelegd wat precies onder modelleren verstaan wordt.

2.2 Modelleren

2.2.1 Wat is modelleren?

In dit onderzoek wordt gekeken naar de ontwikkeling van de modelleervaardigheden van de middelbare scholier. Daarvoor is het belangrijk om te definiëren wat modelleren is. Voor dit onderzoek is de leidraad het onderzoek van Wouter van Joolingen (van de oratie van Prof & van Joolingen, 2010). Hierin spreekt hij over modelleren als *een schematische representatie van een verschijnsel*. Het is belangrijk om dit inzicht te hebben. Het model is namelijk niet de werkelijkheid, maar representeert de werkelijkheid. Modellen zijn tegenwoordig een belangrijk onderdeel in de wetenschap, doordat het bijvoorbeeld mogelijk is om verschijnselen mee te simuleren (Lijnse, 2008). Zo kun je leren door bestaande modellen te onderzoeken door parameters in het model te veranderen en de gevolgen waar te nemen. In een schema (modell) ziet dit er als volgt uit:



Wel is het belangrijk om je bewust te zijn van de aard van de kennis die met simulatiegebaseerd leren wordt verworven.

2.2.2 Waarom modelleren?

Modelleren activeert specifiek leerprocessen die mogelijk waardevol zijn (Ormel, 2010). Zo confronteren modelberekeningen onderzoekers met de effecten van hun theorieën op een manier die zonder computationele tools onmogelijk zouden zijn. Denk hierbij aan computationele tools als een verschijnsel simuleren (van de oratie van Prof & van Joolingen, 2010).

Externe representaties spelen een rol bij het leren met simulaties. Het maakt uit op welke manier de resultaten van de simulatie worden weergegeven, bijvoorbeeld als een grafiek, een tabel of een animatie en of leerlingen zelf representaties kunnen construeren (van de oratie van Prof & van Joolingen, 2010).

Niet alleen maken leerlingen hun ideeën expliciet, maar ze worden meteen geconfronteerd met de gevolgen daarvan. Zelf je model kunnen simuleren leidt dus tot een beter inzicht in het systeem dat je modelleert. Leerlingen die de grafische representatie gebruikten bleken veel meer modellen te maken, en uiteindelijk dichter in de buurt te komen van een model dat de verschijnselen die ze modelleerden kon verklaren dan leerlingen die met een tekstuele representatie werkten. Nadere inspectie van het modellerenproces liet wel zien dat leerlingen in de grafische conditie oppervlakkiger werkten. Kortom, het gedrag van leerlingen kan in hoge mate gestuurd worden door het modellerenformalisme dat gebruikt wordt (van de oratie van Prof & van Joolingen, 2010).

De belangrijkste reden om te modelleren in het onderwijs is leerlingen bewust te maken van het denken in modellen als de kern van wetenschappelijke activiteit. Het modeldenken kan ondersteund worden met het maken van tekeningen. Zo gebruiken experts tekeningen om hun denken te ordenen. Wellicht kunnen tekeningen goed helpen bij de belangrijkste eerste stappen in een modellerenproces, onafhankelijk van enig modellerenformalisme (Doorman & Gravemeijer, 1999; Nersessian, 1995; Ormel, 2010; van de oratie van Prof & van Joolingen, 2010).

Een tekening ondersteunt modellerenproces en helpt op die manier een leerling zijn ideeën over te brengen in een beschikbaar modellerenformalisme. We kunnen ook de tekening zelf het model laten zijn. Ook een tekening kan immers een representatie van de werkelijkheid zijn (van de oratie van Prof & van Joolingen, 2010).

2.2.3 Voorwaarden modellerenopdrachten

De ontwerpers van de opdrachten (modellerenopdrachten in wiskunde A olympiade) hanteren de volgende criteria (W. Bosma, 2013):

1. Het onderwerp moet leerlingen boeien
2. Leerlingen moeten wiskunde kunnen toepassen
3. Er moeten verschillende oplossingen mogelijk zijn
4. Iedereen moet tenminste een deel van de opdracht kunnen maken
5. De opdracht moet onderscheidend vermogen hebben
6. De rol van de domeinkennis in de opdrachten is beperkt

Ook van Driel (1997) beschrijft modelkenmerken. Hij gaat uit van de volgende 7 kenmerken:

1. Een model is altijd een model van iets, namelijk van een object van onderzoek
2. Een model is een hulpmiddel bij onderzoek aan het betreffende object
3. Een model vertoont een aantal overeenkomsten met het object van onderzoek
4. Een model verschilt van het object van onderzoek vanwege toegepaste reducties
5. Een model heeft een compromiskarakter, omdat 3 en 4 elkaar tegenwerken
6. Een model is niet rechtstreeks van het object van onderzoek afgeleid
7. Een model kan een ontwikkeling doormaken in de loop van een onderzoek

Lijnse voegt hier nog aan toe dat een model altijd een doel heeft. Hiermee bedoelt hij beschrijven, verklaren en voorspellen. Afhankelijk van het doel kan een bepaalde vorm van model worden gekozen (Lijnse, 2008).

Bij het opstellen van modellerenreizen is het belangrijk om je bewust te zijn van het soort model: Is het een wiskundig of een natuurkundige model? Bovenstaande kenmerken zijn hoofdzakelijk opgesteld

voor natuurkundige modellen. Dit verschilt niet veel van een wiskundig model, maar er mist een belangrijk aspect. Zo zal in een wiskundig model duidelijk een schema opgesteld moeten worden met daarin de wiskundige denkstappen naar de oplossing. Dat betekent dat alle bovengenoemde kenmerken van toepassing zijn voor een wiskundig model, maar is kenmerk 2 van W. Bosma (2013) niet concreet genoeg.

2.2.4 Modelleren en cognitieve vaardigheden

Modelleren biedt bij uitstek de mogelijkheid om cognitieve structuren rond wiskundige begrippen te verrijken door het gebruik van die begrippen in niet-wiskundige probleemsituaties. Voorwaarde daarvoor is dat leraren hun leerlingen helpen een positieve houding ten aanzien van modelleren te ontwikkelen (W. Bosma, 2013).

Leerlingen moeten de modelleercyclus leren kennen en gebruiken bij het aanpakken en oplossen van problemen in niet-wiskundige situaties (weten dat), de activiteiten van de modelleercyclus leren inzetten als heuristieken (weten hoe), in staat zijn aan te geven hoe een concreet probleem is aangepakt en hoe de verschillende stappen van de modelleercyclus daarbij gehanteerd zijn en die handelingen kunnen motiveren (weten waarom) (W. Bosma, 2013).

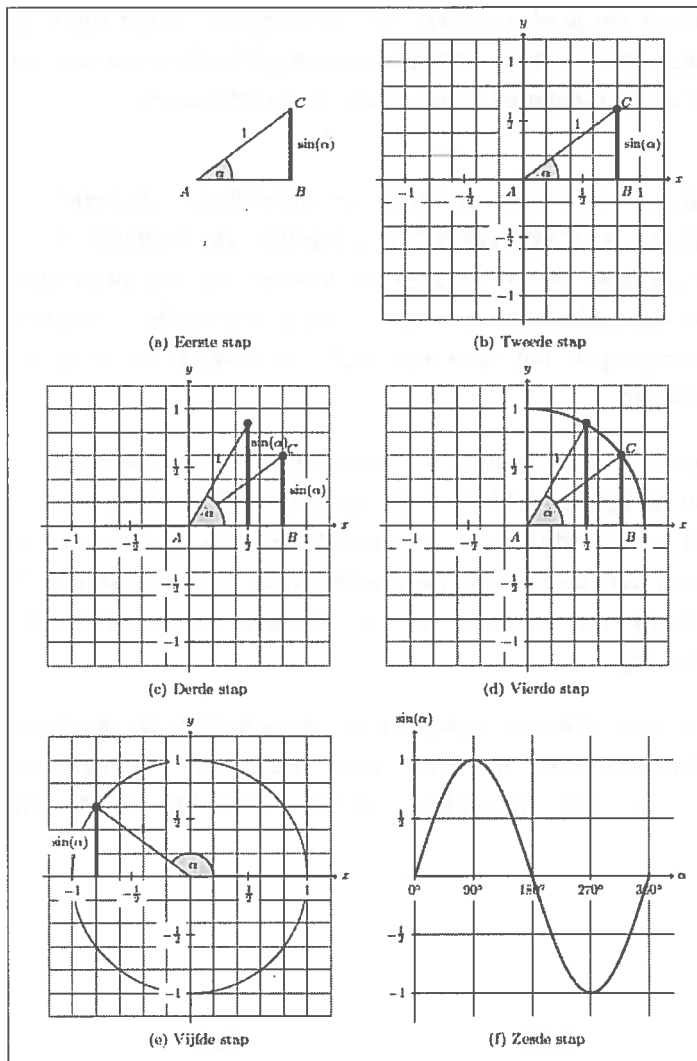
Leerlingen die zich bij modelleren richten op het doorzien van de probleemsituatie, maken betere modellen. Zij zijn minder gericht op datafitten en meer op het begrijpen van de relevante variabelen en hun verbanden (W. Bosma, 2013).

2.2.5 Goniometrie

Modelleren is een breed begrip dat op veel onderwerpen en problemen van toepassing kan zijn. Binnen dit onderzoek is het modelleren daarom beperkt tot het modelleren van de goniometrie, om zo gericht onderzoek naar de cognitieve structuur te kunnen doen.

2.2.5.1 Goniometrie op de middelbare school

Goniometrie wordt op de middelbare school zowel in de bovenbouw als in de onderbouw van havo en vwo behandeld. In klas 3 krijgen de leerlingen te maken met de meetkundige representatie met de rechthoekige driehoeken en de definitie van de sinus als een verhouding. In de bovenbouw komt de analytische representatie aan bod in de vorm van de eenheidscirkel en tenslotte als signaal waarbij de waarde van de sinus als functie van de tijd wordt uitgezet. Ook wordt dan overgegaan op radialen in plaats van graden (Alberink, Muijlwijk, & Timmer, 2011; Verhoef & Timmer, 2013). Deze overgang is vaak een grote en moeilijke stap voor leerlingen. M. Timmer (Alberink et al., 2011) heeft in zijn onderzoek een les ontworpen waarbij deze overgang beter verloopt. Hij gaat in deze les uit van de sinus en zegt dat als deze basis is gelegd, de stap naar cosinus en radialen niet meer zo groot is. In de uitleg van de sinus gaat hij uit van 6 stappen. Deze stappen zijn terug te zien in figuur 1. Stap 1 is het tekenen van een rechthoekige driehoek ABC met de hoek $\angle BAC = \alpha$. Stap 2 betreft een assenstelsel bij de driehoek. Stap 3 en 4 gaan de hoek α veranderen en betrekken hierbij een lijn. Stap 5 maakt een eenheidscirkel van deze lijn en gaat in stap 6 door naar de sinusgrafiek. Het onderzoek heeft uitgewezen dat deze manier van aanpak erg goed werkt en de overgang tussen de onderbouw en bovenbouw goniometrie verbeterd.



Figuur 1 Afbeeldingen van de uitlegopbouw

N. Verhoef en M. Timmer hebben ook een Lesson study uitgevoerd over het onderwerp goniometrie (Verhoef & Timmer, 2013). Daarbij zijn ook zij ingegaan op de overgang van de meetkundige benadering van de sinus naar de analytische benadering in de vorm van een periodieke beweging. Zij hebben binnen deze Lesson study drie lesontwerpen gemaakt. Hierbij geven zij aan:

“Er is specifiek gekeken naar de door (Bruner, 1966) geïntroduceerde opeenvolgende stappen in de ontwikkeling van het denken, gebruikmakend van representaties: (1) het doen van activiteiten, (2) het gebruik van iconen en (3) het denken in symbolen. Het doen van activiteiten gaat over concrete handelingen tezamen met ervaringen die daar een gevolg van zijn (Verhoef & Timmer, 2013)”.

In combinatie met literatuur van D. Tall zijn ze tot drie lesontwerpen gekomen. Alle drie de lessen begonnen met herkenning voor de leerlingen. Door deze herkenning of herinnering van de leerlingen konden ze intuïtief aan de slag en gingen ze van daaruit visualiseren. De volgende stap was het gebruik van een assenstelsel met x- en y- coördinaten en verhoudingstabellen met radialen (Verhoef & Timmer, 2013).

Uit de uitkomsten van de Lesson study bleek dat je als opsteller van de les precies moet zijn in de visualisatie. Er mag geen verwarring optreden en er moet een goede overgang blijven. Wanneer daar sprake van is, is het mogelijk de overgang tussen meetkundig en analytisch te verbeteren.

2.2.5.2 Goniometrie binnen dit onderzoek

Binnen dit onderzoek wordt gekeken naar de cognitieve structuur van middelbare scholieren. Dit heeft als doel het verbeteren van de overgang van VWO naar WO op het gebied van modelleren. Om dit te kunnen onderzoeken is er voor gekozen het onderzoek te baseren op het onderwerp goniometrie. Deze keuze is onder andere voortgekomen uit de grote vraag voor verder onderzoek rondom dit onderwerp. Daarbij vinden leerlingen het vaak een lastig onderwerp en komt het veelvuldig terug binnen technische opleidingen.

Goniometrie kent verschillende representaties. In het middelbaar onderwijs zijn dat: Verhouding in een rechthoekige driehoek, de waarden in de eenheidscirkel en als signaal. In dit onderzoek zal er sprake zijn van modelleren met behulp van deze drie representaties. De goniometrische cosinusfunctie wordt gebruikt, in de vorm van de analytische representatie van de cosinus. De sinusoïde wordt beschreven als een functie $f(x) = a + b\cos(cx + d)$. Met a de evenwichtsstand, b de amplitude, c de periode en d de verschuiving.

Ook wordt in het opstellen van de cognitieve schema's uitgegaan van goniometrie. De leerlingen krijgen daarvoor 70 goniometrische begrippen. Deze begrippen gaan dieper dan de hierboven genoemde representaties. Daarbij worden ook begrippen gebruikt die pas in het WO aan de orde komen.

2.3 Conceptual Content Cognitive Map Methode

In de vorige paragraaf is aangegeven dat ervoor gekozen is de sinusfunctie te modelleren, om op deze wijze inzicht te verwerven in de cognitieve eenheden en de cognitieve structuur. In deze paragraaf wordt beschreven welke theoretische onderbouwing gebruikt wordt om deze aanpak te verantwoorden. Hierbij is gekozen voor gebruik van een mind map, ook wel cognitief schema genoemd. Uit onderzoek is gebleken dat dit een betrouwbare en valide methode is voor het meten van de cognitieve structuur (Kearney & Kaplan, 1997; Somers, Passerini, Parhankangas, & Casal, 2014).

Het onderzoek van Kearney and Kaplan (1997) heeft de 3CM onderzoeksmethode opgesteld, ook wel conceptual content cognitieve map genoemd. Ons onderzoek is hier op gebaseerd en daarom zal hieronder de 3CM methode uitgebreid besproken worden.

De 3CM methode is gebaseerd op de theorie van de cognitieve structuur. In het onderzoek van Kearney and Kaplan (1997) is deze methode voorgesteld als de nieuwe benadering van de menselijke mentale modellen. De resultaten van dit onderzoek tonen namelijk aan dat het voldoet aan de criteria voor validiteit, gebruikersvriendelijk en betrouwbaarheid. Dat is ook waarom de 3CM methode is uitgekozen voor dit onderzoek.

De 3CM methode moet een beeld geven van de cognitieve structuur van de modelleervaardigheden van de deelnemers van het onderzoek. Hiervoor wordt uitgegaan van de theorie achter de cognitieve map. Een cognitieve map is een schematische weergave van de cognitieve structuur van een individu. Een cognitieve map gaat uit van een georganiseerde structuur, die een indicatie geeft van de kennis over een zeker concept (Kearney & Kaplan, 1997). De 3CM methode gaat uit van het maken van een cognitieve map van de deelnemers. Hiervoor beschrijven Kearney and Kaplan (1997) in hun artikel twee verschillende onderzoeksvarianties voor de 3CM methode. De open-ended methode en de structured methode. Binnen dit onderzoek wordt uitgegaan van de structured 3CM methode. Hierbij gaat het om metingen van grote groepen en strikte statistische analyse, dat noodzakelijk is voor dit onderzoek.

Voor het uitvoeren van de structured 3CM methode is enige voorbereiding nodig. In dit onderzoek maken de proefpersonen namelijk een cognitieve map met een al van te voren opgestelde set initiële begrippen. In dit onderzoek moet van te voren dus een lijst worden gemaakt van begrippen rondom het onderwerp goniometrie. Deze lijst wordt samengesteld uit de resultaten van de open-ended versie van de 3CM methode. Daarbij maken de deelnemers een mind map rondom een begrip. In ons geval betreft het goniometrie. De deelnemers die hiervoor worden gevraagd betreffen experts, maar ook leken op het gebied van goniometrie. Verder wordt ook een aantal willekeurig gekozen deelnemers gevraagd deze mind map te vormen. Alle concepten in deze mind maps worden verzameld en vormen de complete verzameling begrippen die aan de deelnemers van het onderzoek worden voorgelegd.

De proefpersonen van het daadwerkelijke onderzoek krijgen ieder een envelop. Deze envelop is gevuld met begrippen op kaartjes + lege kaartjes + paperclips+ instructies. In de instructies wordt de deelnemer gevraagd na te denken over hoe hijzelf het zou uitleggen aan een vriend(in). Hiervoor moet hij die begrippen uit de lijst kiezen die hij zou gebruiken voor de uitleg. Daarbij mag ook een aanvulling worden gegeven op de gegeven begrippen in de envelop. Als laatste wordt aan de

proefpersonen gevraagd de concepten te ordenen. Hierbij maken ze groepen van begrippen die volgens hen bij elkaar horen. Per groep geven ze een woord of een korte beschrijving, waarmee duidelijk wordt gemaakt waarom deze concepten bij elkaar horen.

De proefpersoon krijgen 15 tot 25 minuten de tijd om naar hun idee de begrippen te groeperen. In dit onderzoek is het erg belangrijk om te vragen aan de deelnemers om specifiek die begrippen te kiezen die betekenis voor hen hebben. Zo wordt gemeten welke begrippen bekend zijn voor de deelnemer.

In het onderzoek van Kearney and Kaplan (1997) is gebruik gemaakt van een controlegroep van 41 deelnemers. Daarnaast zijn twee onderzoeksgroepen van 76 en 74 personen gebruikt. Beide onderzoeksgroepen werden van tevoren geïnformeerd over het onderwerp, de controlegroep niet. De onderzoeksgroepen verschilden van elkaar in de voorbereiding op het onderzoek. De eerste onderzoeksgroep werd dagelijks voorzien van informatie van het onderwerp, de tweede onderzoeksgroep eenmalig. De onderzoeksgroepen bestonden uit experts, junior experts en mensen die er geen verstand van hadden. De concepten voor de structured 3CM methode waren verzameld door onderzoek te doen naar de verschillende perspectieven en houding van mensen die mensen hebben over het onderwerp. Daaruit waren 46 begrippen voortgekomen. De deelnemers van het onderzoek zelf kregen de lijst van 46 begrippen samen met een envelop en 50 lege kaartjes, 8 paperclips (voor het maken van groepen) en een instructies (op papier). De deelnemers is gevraagd om de begrippen te ordenen (eerder al beschreven hoe). Nadat de deelnemers klaar waren met het maken van groepen en het labelen van deze groepen mochten ze alles in de envelop plaatsen.

De 3CM data werd aan het einde van de test verzameld en geanalyseerd met drie verschillende technieken. De resultaten van deze drie methoden waren vrijwel gelijk aan elkaar (Kearney & Kaplan, 1997).

De data van de drie onderzoeksgroepen waren verzameld in 3 afzonderlijke maar gelijke 46×46 matrices. Deze matrices zijn *begrip x begrip* matrices, waar elke ij staat voor het percentage deelnemers die begrip i en begrip j verbonden had.

Individuele correlaties werden vergeleken met groeps correlaties. Deze correlaties werden gebruikt om uitschieters eruit te halen. In dit onderzoek ging het om individuen die een correlatie hadden lager dan 0.25 t.o.v. de groep matrix waren, deze werden weggelaten uit de analyse.

Na deze bewerking zijn de drie verschillende onderzoeksmethodes toegepast, die elk hetzelfde resultaat opleverde. Voor elke methode konden dezelfde conclusies getrokken worden. Aan de hand van deze resultaten kon worden gezegd dat de 3CM methode een betrouwbare en valide manier is om de cognitieve structuur te meten (Kearney & Kaplan, 1997). Daarom is ervoor gekozen deze methode als rode draad te gebruiken voor de onderzoeksmethode binnen dit onderzoek.

3. Onderzoeksvragen

3.1 Hoofdvraag en subvragen

3.1.1 Doel onderzoek

Dit onderzoek had als doel een mogelijke oplossing te bieden voor het verbeteren van de overgang tussen het VWO en het WO op het gebied van de modelleervaardigheden van de leerlingen. Dit onderzoek richtte zich dan ook op de modelleervaardigheden en de bevordering van de ontwikkeling hiervan bij middelbare scholieren. Daarbij is specifiek nagegaan op de relatie tussen de cognitieve structuur van de leerlingen en zijn/haar modelleervaardigheden. Om de cognitieve- en modelleervaardigheden te meten, lag de focus van het onderzoek op het wiskundige onderwerp goniometrie.

Op basis hiervan en op basis van eerdere gedane onderzoeken, hebben wij de volgende onderzoeksvraag geformuleerd:

3.1.2. Hoofdvraag

Waarin verschillen de cognitieve schema's van 5 vwo leerlingen, die een correlatie kleiner dan 0.25 hebben van het klassengemiddelde? En welke verschillen hiervan zijn zichtbaar in de overbrugging van de hiaten in de cognitieve structuur, die nodig is om de benodigde modelleervaardigheden te beheersen?

3.1.3 Subvragen

Om op de hoofdvraag antwoord te kunnen geven, wordt uitgegaan van bovenstaande theorie en onderstaande vragen.

1. Wat zijn de huidige modelleervaardigheden van de leerlingen?
2. Zijn de modelleervaardigheden te relateren aan de schoolcijfers? Zo ja, wat is het verband?
3. Is de correlatie bij cognitieve schema's te relateren aan de schoolcijfers van de leerlingen? Zo ja, wat is het verband?
4. Is de correlatie bij het cognitieve schema's te relateren aan de modelleervaardigheden? Zo ja, wat is het verband?
5. Welke aspecten in een cognitief schema bepalen dat een leerling een correlatie van 0.25 of minder heeft met het klassengemiddelde?
6. Is er een significant verschil zichtbaar in de cognitieve structuur van een leerling na het maken van een modelleeropdracht?

3.2 Verwachtingen

Wij vermoeden dat er een duidelijk verschil zichtbaar zal zijn tussen de cognitieve structuur van leerlingen die goede modelleervaardigheden hebben en de leerlingen die minder goede modelleervaardigheden hebben. Aan de hand van bovenstaande theorie vermoeden wij dat de leerlingen die goed kunnen modelleren beter verbanden leggen, als resultaat van vermoedelijk sterkere en meer neuronverbindingen. Wij verwachten daarom dat de cognitieve eenheden en/of structuur rijker zijn bij een leerling die goed is in modelleren, dan bij een leerling die lage modelleervaardigheden heeft. In het onderzoek zal dit volgens ons resulteren in een uitkomst waarbij rijke cognitieve schema's gerelateerd zijn aan goede modelleervaardigheden. Dit zullen hoogst waarschijnlijk ook de leerlingen zijn met hoge cijfers.

4. Methode

4.1 Respondenten

In dit onderzoek werd gebruik gemaakt van twee soorten testen. De eerste test onderzocht de cognitieve structuur door gebruik van een cognitief schema. De tweede test onderzocht door middel van een modelleeropgave de modelleervaardigheden. Voor beide testen waren respondenten nodig, waarvoor het Twickel College in Hengelo is benaderd.

Het onderzoek is uitgevoerd op het Twickel College in Hengelo. Het onderzoek is afgenomen bij de enige 5 vwo klas met wiskunde B. Dit kwam neer op 16 leerlingen. Als respondenten deden zowel mannen als vrouwen mee, waarbij de leeftijd tussen de 16-17 jaar lag. Cijfers van de leerlingen moesten bekend zijn, in verband met hun relatie tot het onderzoek.

Deze respondenten zijn geselecteerd op het vak wiskunde B en hun profiel(natuurprofiel). Dit heeft te maken met de voorkennis die deze leerlingen bezitten. Daarbij zijn de modelleervaardigheden voor deze leerlingen ook belangrijk vanwege het vermoedelijke vervolgonderwijs. In het technisch onderwijs speelt modelleren namelijk een grote rol.

De respondenten werkten gedurende het hele onderzoek goed mee. Helaas hadden bij de eerste cognitieve opdracht twee studenten niet in de gaten dat de begrippen in twee stapeltjes waren opgesplitst. Zij hadden slechts één stapeltje gebruikt. Verder hebben drie respondenten niet aan de tweede cognitieve opdracht deelgenomen. Het gaat om leerling 7, 9 en 10. Bij de tweede cognitieve opdracht moet ook nog opgemerkt worden dat deze gedaan werd vlak voordat de leerlingen een schooluitje hadden waardoor niet iedereen even geconcentreerd was. Tijdens het uitvoeren van de modelleeropdracht waren de leerlingen enigszins vermoeid. Het was een erg warme dag en de leerlingen hadden ook nog een sportdag gehad de dag voor dit onderzoek.

4.2 Instrumenten

Voor het onderzoek zijn verschillende instrumenten gebruikt. Zo is er gebruik gemaakt van de daadwerkelijke onderzoeksinstrumenten, maar ook instrumenten ter verduidelijking en controle van de onderzoeksinstrumenten. Hieronder staan alle instrumenten kort beschreven.

4.2.1 Cognitieve opdracht

Voor het meten van de cognitieve structuur werd gebruik gemaakt van een van tevoren vastgelegde lijst begrippen. Deze begrippen waren door de onderzoekers zelf opgesteld en verzameld door respondenten te benaderen. Deze begrippen werden, ieder afzonderlijk, op kaartjes van 5.5 cm bij 1.7 cm afgedrukt. Deze kaartjes werden samen met een instructielijst en een A2 formaatpapier in een envelop gedaan. Deze envelop was aan de respondenten uitgedeeld. De respondenten gebruikten dit materiaal voor het maken van een cognitief schema. Het resultaat werd weer ingeleverd en geanalyseerd.

4.2.2 Evaluatieformulier cognitieve opdracht

Nadat de respondenten de cognitieve opdracht hadden uitgevoerd, moest een evaluatieformulier worden ingevuld. Dit formulier gaf ons inzicht in de wijze waarop de respondenten naar de cognitieve opdracht keken.

4.2.3 Modelleeropgave

Een deel van het onderzoek werd uitgevoerd door de respondenten een modelleeropgave te laten maken. Deze modelleeropgave is ontworpen met behulp van het boek Handboek wiskundedidactiek van Paul Drijvers (W. Bosma, 2013) en het artikel Modeltekenen van Van Joolingen (van de oratie van Prof & van Joolingen, 2010). De uitkomst van deze opgave gaf een beeld van de modelleervaardigheden van de 5vwo wiskunde B leerlingen. De uitkomsten van de respondenten werden beoordeeld. Hiervoor werd een schaling van onvoldoende, voldoende, goed of zeer goed gebruikt. Deze resultaten droegen bij in de kwalitatieve uitkomst van het onderzoek naar de ontwikkeling in modelleervaardigheden.

4.2.4 Cijferlijst

Van de respondenten moesten de cijfers bekend zijn van de vakken: wiskunde, natuurkunde, scheikunde en eventueel informatica. Deze gegevens werden verzameld door de respondenten hun gegevens op de envelop te laten schrijven (tijdens de cognitieve opdracht). Deze resultaten dienden ter verduidelijking van de uitkomsten van het onderzoek van de cognitieve structuur.

4.3 Materiaal

4.3.1 Ontwikkeling Cognitieve opdracht

Voor het meten van de cognitieve structuur was een groot aantal begrippen rondom goniometrie nodig. Deze begrippen zijn verkregen door gebruik te maken van respondenten. Hen is gevraagd een cognitief schema (spinnenweb structuur) te maken rondom het begrip goniometrie. Elke respondent stelde een cognitief schema op met zelfbedachte begrippen die hij/zij koppelde aan het begrip goniometrie. Dit leverde in totaal 68 verschillende, bruikbare begrippen op.

De respondenten die deelnamen waren gekozen op hun deskundigheid, ervaring, vakgebied en/of leeftijd. Zo hebben de volgende respondenten meegedaan:

Een beroepswiskundige (v), 4 master studenten Biomedische Technologie (v), 1 master student Scheikundige Technologie met als bachelor Technische Natuurkunde(m), 1 leerling 4 vwo wiskunde A (v) en 5 master studenten SEC-Wiskunde(v /m).

Vervolgens is een pilotonderzoek opgesteld aan de hand van de 68 verzamelde begrippen. Opnieuw moest een cognitief schema opgesteld worden. Nu echter met deze vooraf gegeven begrippen. Voor deze pilot zijn twee studenten gebruikt: 1 master student Biomedische technologie(v) en 1 master student Scheikundige Technologie met bachelor Technische Natuurkunde(m). Deze studenten zijn gekozen aan de hand van hun bijdrage van de cognitieve schema. Zij bleken namelijk respectievelijk de breedste en de diepste orde te hebben in hun schema. Hierbij ging het breedste cognitieve schema 6 begrippen diep en het diepste cognitieve schema 8 diep. Aan de hand van deze pilot zijn een paar fouten uit de instructies van het onderzoek boven water gekomen. Zo was de formulering van de opdracht niet voldoende duidelijk en is gebleken dat de structuur van de cognitieve opdracht aangepast moest worden. Dit heeft uiteindelijk geleid tot de cognitieve opdracht zoals deze is terug te vinden in bijlage I. Deze opdracht is weer als pilot uitgevoerd aan 1 leerling 4 vwo wiskunde A (v) en 1 leerling 6 vwo wiskunde a (v). Beide begrepen de opdracht en voerden deze uit zoals de opdracht bedoeld was.

4.3.2 Ontwikkeling Modelleeropdracht

Een ander deel van het onderzoek beruiste op het maken van een modelleeropgave. Deze modelleeropdracht is opgesteld door de onderzoekers en is daarom ook getest door respondenten.

De respondenten die de modelleeropgave vooraf aan het onderzoek gemaakt hebben waren:

4 master studenten Biomedische Technologie (v), 1 master student Scheikundige Technologie met als bachelor Technische Natuurkunde(m), 1 leerling 4 vwo wiskunde A (v) en 1 leerling 6 vwo wiskunde a (v).

Uit deze pilot bleek dat opdracht duidelijk was, maar dat er een schematische weergave van de opzet van de opdracht ontbrak. Deze is dus toegevoegd aan de hand van de pilot. De uiteindelijke modelleeropgave is terug te vinden in bijlage II.

De studenten binnen deze pilot konden zonder problemen de opdracht maken binnen korte tijd. De twee middelbare scholieren hadden er moeite mee, maar kwamen na verduidelijking met het schema in de goede richting. Het is deze twee leerlingen uiteindelijk niet gelukt de opdracht te modelleren, door gebrek aan kennis. De opdracht op zichzelf was voor hen wel voldoende duidelijk.

4.3.2 Uitvoering Cognitieve opdracht

Voor de uitvoering van de cognitieve opdracht hebben de respondenten allemaal een envelop met daarin een instructie, 68 begrippen en een A2 vel gekregen met daar middenin de term goniometrie gezet. De respondenten moesten de kaartjes in een soort spinnenwebstructuur leggen en zo een cognitief schema vormen, te vergelijken met een mind map. Ze kregen hier een kwartier de tijd voor. Doel was niet zozeer dat alle kaartjes gebruikt zouden worden. Het ging om de verbanden tussen de begrippen. De wijze waarop de kaartjes met elkaar verbonden zijn geeft inzicht in de cognitieve eenheden en de cognitieve structuur van de respondenten. Nadat de respondenten dit gedaan hadden, werd een foto van het geheel gemaakt en werden de gegevens geanalyseerd. Een week later maakten de respondenten een modelleeropgave (zie bijlage IV) en nog weer een week later voerden zij deze cognitieve opdracht met de kaartjes nog een keer uit. Dit om te zien of er, mede dankzij de modelleeropdracht, veranderingen zijn opgetreden binnen de cognitieve eenheden en de cognitieve structuur van de proefpersonen. Na elke opdracht werd de respondenten gevraagd een evaluatieformulier in te vullen. De gegevens van de cognitieve opdracht werden in 3 verschillende matrices verwerkt. De gegevens van de evaluatie werden meegenomen als kwalitatieve input. In paragraaf 4.4 wordt beschreven hoe de gegevens geanalyseerd worden.

4.3.2.1 3CM tegenover cognitieve opdracht

De 3CM methode is niet één op één overgenomen. Dit had vooral praktische redenen. In de discussie wordt dit beschreven. Hieronder de overeenkomst en verschillen tussen 3CM en de cognitieve opdracht, zie tabel 1.

Tabel 1. *Vergelijking 3CM methode en Cognitieve opdracht.*

3CM Methode	Cognitieve Opdracht
Begrippen verzamelen via open-ended methode	Begrippen verzamelen via open-ended methode
Verskillende onderzoeksgroepen	Eén onderzoeksgroep
Groeperen kaartjes/verzamelde begrippen op één niveau	Groeperen kaartjes/verzamelde begrippen op meerdere niveaus (diepgangen)
Verskillende technieken voor analyse	Eén techniek voor analyse
Deelnemers maken eenmalig de onderzoeksopdracht met de kaartjes	Deelnemers maken cognitieve opdracht, vervolgens modelleeropdracht en tenslotte weer de cognitieve opdracht

4.3.3 Uitvoering Modelleeropgave

De modelleeropgave betrof een (zelf bedachte) opgave op het gebied van goniometrie. Doel van deze opgave was dat de respondenten een duidelijk verband gingen zien tussen de rechthoekige driehoek, de eenheidscirkel en de sinus als signaal als functie van de tijd. Door het ontdekken van, dan wel beter inzicht krijgen in deze verbanden, wilden wij bereiken dat er ook andere verbanden tussen de termen ontdekt worden. Dat geeft een verbetering van het inzicht en daarmee ook een sterkere cognitieve structuur.

4.4 Procedure

4.4.1 Verzameling gegevens

Het onderzoek begon met het selecteren van de respondenten. Er werd aan de hand van de onderwijsgegevens van de leerlingen gezocht naar het benodigde profiel. Leerlingen met wiskunde B binnen een natuurprofiel werden geselecteerd. Voor het onderzoek was het van belang dat van deze leerlingen het vakkenpakket bekend is en hun cijfers. Daarbij moeten cijfer gegevens als dubleren ook worden meegenomen in de resultaten van het onderzoeken.

Het onderzoek naar de modelleervaardigheden gebeurde aan de hand van twee verschillende onderzoeken, de cognitieve opdracht en een modelleeropdracht. Doel van de cognitieve opdracht was het in kaart brengen van de cognitieve structuur van de leerlingen. Doel van de modelleeropdracht was enerzijds het verduidelijken van de cognitieve opdracht: Door het maken van een modelleeropdracht konden leerlingen beter inzicht krijgen in de begrippen en de verbanden tussen de begrippen. Anderzijds was het doel het inzichtelijk krijgen van de modelleervaardigheden van de leerlingen. De cognitieve opdracht werd twee keer uitgevoerd. De eerste keer was een nulmeting, de tweede meting was voor een resultaat voor de ontwikkeling op het gebied van de modelleervaardigheden en het leggen van verbanden wat betreft goniometrie.

Onderstaande tabel geeft de volgorde binnen het onderzoek aan met daarbij de respondenten en het gebruikte instrument

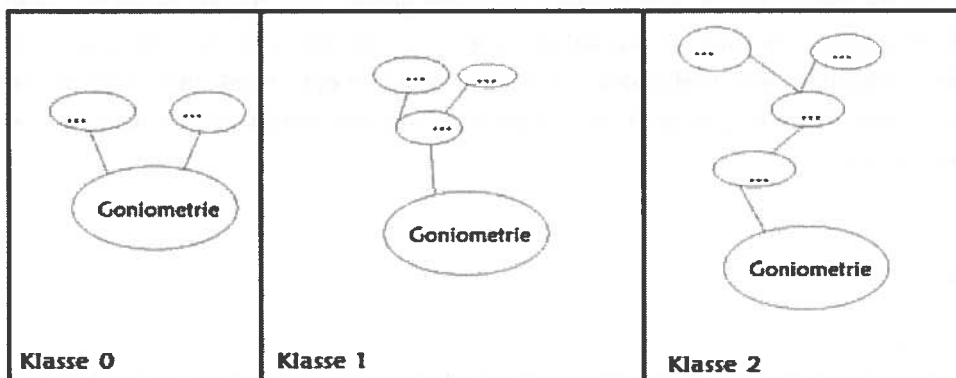
Tabel 2. *Overzicht uitvoering onderzoek.*

Datum	Respondenten	Instrument
7 mei 2014	5VWO WB klas	Cognitieve opdracht
7 mei 2014	5VWO WB klas	Evaluatieformulier
14 mei 2014	5VWO WB klas	Modelleeropdracht
21 mei 2014	5VWO WB klas	Cognitieve opdracht
21 mei 2014	5VWO WB klas	Evaluatieformulier

4.4.2 Verwerking gegevens

4.4.2.1 Klassenindeling cognitieve opdracht

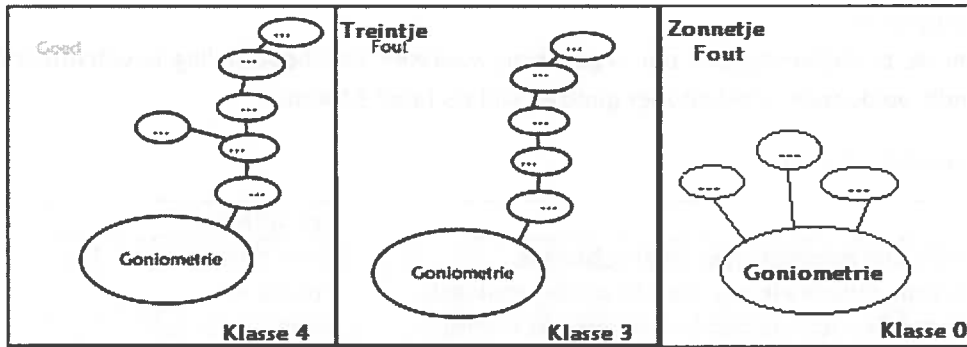
Voor de analyse van de cognitieve opdracht werden de respondenten in klassen in gedeeld. Deze indeling gebeurde door middel van de diepgang van de verbindingen die door de respondenten gemaakt zijn. Hiervoor werd gekeken tot welke diepte de verbindingen worden gelegd vanaf het centrale begrip goniometrie. Zie figuur 2 als voorbeeld. Daarbij zijn begrippen die direct aan goniometrie zijn gekoppeld niet mee geteld en daarom als klasse 0 geteld.



Figuur 2. Klassenindeling cognitieve schema.

Bij de klasse indeling van de cognitieve schema's werd niet verder geteld dat klasse 5. Hiervoor is gekozen, omdat uit de pilot bleek dat vanaf klasse 5 gesproken kan worden van een rijk cognitief schema. Dus alle leerlingen die hoger dan klasse 5 scoorden hebben een rijk cognitief schema en konden in dezelfde klasse geanalyseerd worden.

Bij de indeling van de klassen telden 'treintjes' langer dan drie begrippen niet meer mee. Dit kan betekenen dat een schema 4 diep gaat, maar bij klasse 3 is in gedeeld, zie voorbeeld in figuur 3. 'Treintjes' langer dan drie werden in dit onderzoek altijd als klasse 3 gerekend. Elk niveau dieper is niet als extra diepgang beschouwd. Begrippen die dieper in het schema staan kunnen in dat geval namelijk altijd weer verbonden worden aan andere begrippen. Wordt dat niet gedaan dan geeft dat, net zoals bij een 'zonnetje' gebrek aan diepgang aan.



Figuur 3. Voorbeeld van 'treintjes' en 'zonnetje' in cognitief schema.

4.4.2.2 Invulling matrix cognitieve opdracht

Per klasse, bovengenoemd, werd matrix Type I voor elke deelnemer apart opgesteld. Deze 68x68 matrix is opgebouwd uit begrip x begrip. Daarbij werd een matrixcel gevuld met een 1 indien er een verbinding tussen de betreffende begrippen gemaakt is en een 0 indien dit niet het geval is.

4.4.2.3 Modelleeropdracht

De modelleeropdracht is ingenomen en vervolgens direct geanalyseerd.

4.4.3 Analyse gegevens

4.4.3.1 Cognitieve opdracht

4.4.3.1.1 Matrix

Per klasse, bovengenoemd, vond de volgende analyse plaats. De resultaten zijn verwerkt in 3 verschillende typen matrices. Alle drie de typen zijn 68x68 matrices opgebouwd uit begrip x begrip.

Matrix Type I is voor elke deelnemer apart opgesteld en een matrixcel werd gevuld met een 1 indien er een verbinding tussen de betreffende begrippen gemaakt is en een 0 indien dit niet het geval is.

Voor matrix type II is als volgt opgebouwd: Elk element ij in de matrix staat voor het percentage deelnemers die concept i en concept j samen hadden. Voor de duidelijkheid is gekozen om bv 80 % weer te geven als 0.8.

Matrix type III is een afgeleide van matrix type I. Daarbij zijn alle percentages uit matrix II kleiner dan 50% gelijk gesteld aan 0. De percentages groter of gelijk aan 50% worden gelijk gesteld aan 1.

4.4.3.1.2 Correlatie

Tussen matrix type I en matrix type III wordt de correlatie bepaald. Dit gebeurde per deelnemer per klasse. Zo is dus gekeken wat de correlatie tussen de uitkomst van een specifieke deelnemer en het gemiddelde van alle leerlingen van die klasse. De uitkomsten zijn verwerkt in een tabel, zoals hieronder besproken.

4.4.3.2 Modelleeropgave

De uitkomsten van de modelleeropgave zijn nagekeken, waarvoor een beoordeling is gehanteerd volgens onvoldoende, voldoende, goed en zeer goed en wel als tabel 3 toont.

Tabel 3. *Toelichting beoordelingscriteria.*

Resultaat	Beoordeling
Geen modelvorm en ook duidelijk geen poging hiertoe	Onvoldoende
Poging tot modelvorm, enkele elementen van model aanwezig	Voldoende
Wel model aanwezig maar kan duidelijker uitgewerkt worden	Goed
Model aanwezig, structuur is helder en krachtig	Zeer goed

4.4.3.3 Cijferlijst

In deze lijst zijn de cijfers van de respondenten verzameld van de vakken: wiskunde, natuurkunde, scheikunde en eventueel informatica. Deze gegevens werden verzameld aan de hand van formulieren die door de respondenten zijn ingevuld tijdens de cognitieve opdracht.

4.4.3.4 Overzichtstabel

Per respondent zijn de verzamelde resultaten verwerkt in een tabel. Deze tabel bevat zowel de cijfers van de respondent, de uitkomsten van de cognitieve opdracht als het resultaat van de modelleeropgave. Daarbij is het resultaat van de cognitieve opdracht uitgedrukt in een correlatie en het niveau van het cognitieve schema. Deze correlatie geeft de mate aan waarin een respondent respectievelijk minder of meer verbindingen legt in zijn cognitieve schema in vergelijking met het gemiddelde van de subklasse. Dit betekent dat een leerling met een rijk cognitief schema in de hoogste subklasse valt, met daarbij een positieve afwijking ten opzichte van het gemiddelde van die betreffende groep.

De respondenten die afwijkend scoorden met een correlatie kleiner dan 0.25 zijn geselecteerd. De respondenten die positief afwijken worden vergeleken met de deelnemers die negatief afwijken. Dit gebeurde per klasse en over het totaal. Daarbij zijn de verschillen besproken.

5. Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten besproken aan de hand van de gebruikte instrumenten. Omwille van de leesbaarheid worden cognitieve opdracht 1 en 2 samengenomen in één paragraaf.

5.1 Cognitieve opdracht

5.1.1 Meting 1

Tabel 4. Per leerling is de correlatie weergegeven in de bijbehorende klasse van de betreffende orde.

	Leerling 1	Leerling 2	Leerling 3	Leerling 4	Leerling 5	Leerling 6	Leerling 7	Leerling 8	Leerling 9	Leerling 10	Leerling 11	Leerling 12	Leerling 13	Leerling 14	Leerling 15	Leerling 16
Klasse 0																
Klasse 1																
Klasse 2				1												
Klasse 3		0.37	0.00						0.25	0.37	0.37				0.28	0.00
Klasse 4	0.55					0.12		0.40								
Klasse 5					0.29		0.23					0.15	0.35	0.30		

In tabel 4 is zichtbaar dat leerling 4 de enige is met een cognitief schema met orde 2. Daaruit volgt vanzelfsprekend een correlatie van 1. Verder blijkt dat klasse 3 de meeste leerlingen bevat, namelijk 7 leerlingen. Klasse 5 verschilt hier niet veel van met 5 leerlingen, terwijl klasse 4 weer duidelijk minder leerlingen heeft met een aantal van 3.

Opgemerkt moet worden dat leerling 3 en 16 een correlatiewaarde van 0.00 hebben en leerlingen 2, 10 en 11 binnen dezelfde klasse precies dezelfde correlatiewaarde.

Verder is zichtbaar dat leerling 3, 6, 7, 9, 12 en 16 voldoen aan een het criterium van een correlatiewaarde kleiner dan of gelijk aan 0.25.

5.1.2 Meting 2

Tabel 5. Per leerling is de correlatie weergegeven in de bijbehorende klasse van de betreffende orde.

	Leerling 1	Leerling 2	Leerling 3	Leerling 4	Leerling 5	Leerling 6	Leerling 7	Leerling 8	Leerling 9	Leerling 10	Leerling 11	Leerling 12	Leerling 13	Leerling 14	Leerling 15	Leerling 16
Klasse 0																
Klasse 1																
Klasse 2																
Klasse 3																1.00
Klasse 4			0.59								0.80					
Klasse 5	0.40	0.63		0.13	0.43	0.46	-	0.34	-	-		0.16	0.38	0.09	0.52	

In tabel 5 is een duidelijke verschuiving ten opzichte van tabel 4 te zien. Zo is leerling 16 de enige binnen klasse 3 en heeft tabel 4 een veel grotere variatie dan tabel 5. Verder is te zien dat leerling 3 en leerling 11 een grote correlatiewaarde hebben en de enige twee zijn binnen klasse 4. Binnen klasse 5 zitten de meeste leerlingen, waarbij de leerling 4, 12 en 14 een correlatie lager dan 0.25 hebben. Dit is een verschuiving ten opzichte van tabel 4. Alleen leerling 12 voldoet voor beide testen aan een correlatiewaarde kleiner dan 0.25.

5.1.3 Evaluatieformulier cognitieve opdracht

5.1.3.1 Cognitieve opdracht meting 1

Tabel 6. Resultaten evaluatieformulier cognitieve opdracht 1. Per leerling wordt de betreffende kolom geselecteerd indien dit van toepassing was tijdens de eerste cognitieve opdracht.

	Leerling 1	Leerling 2	Leerling 3	Leerling 4	Leerling 5	Leerling 6	Leerling 7	Leerling 8	Leerling 9	Leerling 10	Leerling 11	Leerling 12	Leerling 13	Leerling 14	Leerling 15	Leerling 16
Kende alle gebruikte begrippen test 1									x			x	x	x		x
Meer tijd betere test 1	x	x	X		x		x	x	x	x	x		x	x	x	x

Tabel 6 geeft de resultaten weer van het afgenomen interview na de eerste cognitieve opdracht. Daarbij is te zien dat de meeste leerlingen aangeven een beter resultaat te hebben wanneer ze meer tijd krijgen. Enkel leerling 4, 6 en 12 hadden genoeg tijd. Leerling 12 is hiervan de enige leerling is die ook alle begrippen kende die hij/zij heeft gebruikt. Uit tabel 6 blijkt ook dat er een kleine hoeveelheid leerlingen is die alleen begrippen heeft gebruikt die bekend waren voor hem/haar.

Op de vraag hoe de cognitieve opdracht begrepen was, gaven alle 16 leerlingen een omschrijving die voldeed aan de cognitieve opdracht.

5.1.3.2 Cognitieve opdracht meting 2

Tabel 7. Resultaten interview cognitieve opdracht 2. Per leerling wordt de betreffende kolom geselecteerd indien dit van toepassing was tijdens de eerste cognitieve opdracht.

		Leerling 1	Leerling 2	Leerling 3	Leerling 4	Leerling 5	Leerling 6	Leerling 7	Leerling 8	Leerling 9	Leerling 10	Leerling 11	Leerling 12	Leerling 13	Leerling 14	Leerling 15	Leerling 16
Kende alle gebruikte begrippen test 2	x	x				x	x	-	x	-	-	x	x	x			x
Meer betere test 2	tijd		x	X	x		x	-	x	-	-		x	x	x		x

Tabel 7 verschilt duidelijk van tabel 6, met name het aantal leerlingen dat alle gebruikte begrippen kent is toegenomen. Leerling 14 wijkt hierin af, deze kende bij de eerste test juist alle gebruikte begrippen, maar bij test 2 niet meer. Wat betreft een betere uitkomst met meer tijd, geven leerling 1, 5, 11 en 15, in tegenstelling tot de eerste test, aan dat ze voldoende tijd hadden.

Op de vraag hoe de cognitieve opdracht begrepen was, gaven alle 13 leerlingen een omschrijving die voldeed aan de cognitieve opdracht.

5.2 Modelleeropgave

Tabel 8. Beoordeling modelleeropgaven. Daarbij is een beoordelingsmodel gehanteerd volgens onvoldoende, voldoende, goed en zeer goed.

Leerling	Beoordeling	Beschrijving resultaten
1	Voldoende	Netjes stapsgewijs, duidelijke verwerking van resultaten. Wel moeite met opzetten van model
2	Onvoldoende	Niets van een model en fout antwoord
3	Onvoldoende	Niets gemodelleerd
4	Goed	Lang verhaal in blokken, maar blokken vormen duidelijke structuur en stappen in de oplossing.
5	Zeer goed	Een model zoals je het hoort !
6	Onvoldoende	Geeft wel duidelijk stappen aan, maar niet modelmatig. Het zijn hele verhalen
7	Voldoende	Duidelijke poging tot modelleren
8	Onvoldoende	Geen model en geen antwoord
9	Voldoende	Geen model, maar wel duidelijke poging
10	Zeer goed	Zoals het hoort!
11	Onvoldoende	Geen model, gewoon sommetje uitwerken
12	Zeer goed	Duidelijk model
13	Zeer goed	Heel goed gemodelleerd
14	Onvoldoende	Opgave uitgewerkt, geen model
15	Goed	Het is duidelijk model, maar de uitwerking van het model kan netter
16	Zeer goed	Mooi duidelijk model

Uit tabel 8 kan worden samengevat dat van de 16 deelnemende leerlingen er in het totaal 6 een onvoldoende hebben. Van de 10 leerlingen die een voldoende hebben, zijn er 5 leerlingen geweest die de modelleeropdracht zeer goed hebben uitgevoerd. Deze leerlingen hebben het model tot in detail uitgewerkt, in tegenstelling tot de overige leerlingen met een goed of voldoende. Deze laatste twee groepen hebben wel een model gemaakt, maar deze had nog duidelijk de structuur van de oplossing van een wiskundeopgave. De beoordeling zeer goed is het resultaat van een model waarbij duidelijk de schematische weergave is gebruikt en de denkstappen zijn toegepast die voor het maken van een model vereist zijn.

5.3 Cijferlijst

Tabel 9 geeft per leerling de cijfers van de schoolvakken weer. Hierbij is het schoolvak informatica weggelaten, omdat geen van de leerlingen het vak informatica volgde.

Tabel 9. Cijferlijst leerlingen.

	Leerling 1	Leerling 2	Leerling 3	Leerling 4	Leerling 5	Leerling 6	Leerling 7	Leerling 8	Leerling 9	Leerling 10	Leerling 11	Leerling 12	Leerling 13	Leerling 14	Leerling 15	Leerling 16
Cijfer wiskunde B	6	6	7	5	8	6.3	6	6	5	7	5	9.5	6	8	5	8
Cijfer Wiskunde D			9		6							9.5				
Cijfer Natuurkunde	7	7	9	6	7.5	6.4	6	6	6	8	7	8	6	7	6	7
Cijfer Scheikunde	7	7	9	7	6.5	7	6	8	6	9	7	8	6	7	7	7

5.4 Overzichtstabel

Tabel 10. Verzameling van de resultaten met de cijfers van de leerlingen daaraan toegevoegd. O=onvoldoende, V=valdoende, G=goed, Zg= zeer goed.

	Klasse test 1	Correlatie test 1	Klasse test 2	Correlatie test 2	Modelleeropdracht	Cijfer wiskunde B	Cijfer wiskunde D	Cijfer natuurkunde	Cijfer scheikunde	Kende alle gebruikte begrippen test 1	Kende alle gebruikte begrippen test 2	Meer tijd betere test 1	Meer tijd betere test 2
Leerling 1	4	0,55	5	0,40	V	6	-	7	7	X	X	X	
Leerling 2	3	0,37	5	0,63	O	6	-	7	7	X	X	X	X
Leerling 3	3	0,00	4	0,59	O	7	9	9	9	X	X	X	X
Leerling 4	2	1,00	5	0,13	G	5	-	6	7				X
Leerling 5	5	0,29	5	0,43	Zg	8	6	7,5	6,5	X	X	X	
Leerling 6	4	0,12	5	0,46	O	6,3	-	6,4	7	X	X		X
Leerling 7	5	0,23	-	-	V	6	-	6	6			X	
Leerling 8	4	0,40	5	0,34	O	6	-	6	8	X	X	X	X
Leerling 9	3	0,25	-	-	V	5	-	6	6	X		X	
Leerling 10	3	0,37	-	-	Zg	7	-	8	9			X	
Leerling 11	3	0,37	4	0,80	O	5	-	7	7	X	X	X	
Leerling 12	5	0,15	5	0,16	Zg	9,5	9,5	8	8	X	X		X
Leerling 13	5	0,35	5	0,38	Zg	6	-	6	6	X	X	X	X
Leerling 14	5	0,30	5	0,09	O	8	-	7	7	X		X	X
Leerling 15	3	0,28	5	0,52	G	5	-	6	7			X	
Leerling 16	3	0,00	3	1,00	Zg	8	-	7	7	X	X	X	X

Tabel 10 is een samenvoeging van alle resultaten. Daarin is zichtbaar dat de meeste leerlingen in klasse omhoog zijn gegaan bij de tweede cognitieve opdracht. In het geval van de correlaties is er geen samenhang zichtbaar tussen de eerste en tweede test over het geheel gezien. Ook blijkt er geen samenhang te zijn tussen de klasse en de schoolcijfers, zowel bij test 1 als bij test 2. De schoolcijfers op zichzelf tonen weer geen samenhang met de uitkomst van de modelleeropdracht. De uitkomst van de evaluatie staat ook weer los van de andere uitkomsten. Kortom, tabel 10 lijkt over het totaal gezien geen verbanden te leggen. Daarom volgt nu een analyse per leerling.

Leerling 1

Leerling 1 toont geen opvallende resultaten.

Leerling 2

Leerling 2 maakt een grote sprong in klasse, van 3 naar 5. De modelleeropdracht is onvoldoende gemaakt en de schoolcijfers zijn gemiddeld. De leerling geeft bij de eerste test aan dat niet alle gebruikte begrippen bekend zijn, wat bij de tweede test wel het geval is.

Leerling 3

Leerling 3 heeft voor de eerste test een lage correlatie binnen klasse 3, een onvoldoende voor de modelleeropdracht, maar heeft erg hoge cijfers. Binnen de modelleeropdracht is zichtbaar dat deze leerling erg snel bij het juiste antwoord was, maar daarin heel veel stappen heeft overgeslagen. Zo was er ook geen sprake van een model in het antwoord. Het cognitieve schema bestaat uit weinig begrippen en weinig verbindingen.

Bij de tweede cognitieve opdracht heeft de leerling een hoge correlatie, wat een duidelijk verschil is met de eerste test. Voor deze tweede test is de leerling een klasse hoger gekomen, waarin hij/zij samen zit met leerling 11. Deze klasse (4) bestaat slechts uit twee leerlingen.

Leerling 4

Leerling 4 is opvallend van klasse 2 naar 5 gegaan. Het grote verschil in correlatie hangt samen met de omvang van de klassen waarin de leerling is geplaatst. De leerling heeft een goed voor de modelleeropdracht, maar scoort matig op de bètavakken. Daarbij zou hij/zij alleen bij de tweede cognitieve opdracht meer tijd nodig hebben gehad.

Leerling 5

Leerling 5 heeft een zeer goed beoordeelde modelleeropdracht, geen opvallende correlatiewaarden en gemiddelde cijfers voor de schoolvakken. Het cognitieve schema bevat zeer veel begrippen die veel verbindingen hebben. De leerling geeft bij de tweede test aan alle begrippen te kennen en voldoende tijd te hebben, in tegenstelling tot de eerste opdracht. De cognitieve schema's verschillen echter niet veel.

Leerling 6

Leerling 6 heeft voor de eerste cognitieve opdracht binnen klasse 4 een lage correlatie, wat voor de tweede opdracht niet het geval is. De leerling heeft een onvoldoende voor de modelleeropdracht maar presteert wel aardig op de schoolvakken. Bij deze leerling is terug te zien dat er een verband is tussen de lage correlatie en de onvoldoende voor de modelleeropdracht. Zowel voor de eerste cognitieve opdracht als voor de tweede opdracht, maakt de leerling gebruik van zeer veel begrippen met onderling weinig verbindingen.

Leerling 7

Leerling 7 presteert matig voor de schoolvakken en heeft een voldoende voor de modelleeropdracht. Voor de correlatie heeft de leerling een waarde van 0.23 in klasse 5 en geeft de leerling aan daarbij een deel van de begrippen te zijn vergeten. De cognitieve opdracht laat in dit geval duidelijk resultaat zien. De leerling maakt gebruik van weinig begrippen, maar maakt erg veel verbindingen hier tussen.

Leerling 8

Leerling 8 vertoont hoge correlaties. De modelleeropdracht is onvoldoende. De schoolcijfers zijn laag op scheikunde na. Net als leerling 7, heeft ook deze leerling vergeten een deel van de begrippen te gebruiken.

Leerling 9

Leerling 9 heeft maar één test uitgevoerd, waaruit niet zeer opvallende resultaten zijn voortgekomen. De schoolvakken zijn matig en de modelleeropdracht is net aan voldoende.

Leerling 10

Leerling 10 kon ook niet bij de tweede cognitieve opdracht aanwezig zijn. Het resultaat van de eerste opdracht is echter afwijkend. De leerlingen heeft de modelleeropdracht zeer goed uitgevoerd, maar heeft een correlatie die gemiddeld is. Verder zijn de schoolcijfers wel hoog, gemiddeld een 8. Het cognitieve schema is duidelijk opgebouwd voor veel verbindingen en de leerling geeft aan te weinig tijd te hebben.

Leerling 11

Leerling 11 heeft hoge correlatiewaarden en maakt een sprong in klasse. De schoolcijfers zijn gemiddeld en de modelleeropdracht is onvoldoende. Zijn cognitieve schema's bevatten veel 'treintjes'.

Leerling 12

Leerling 12 heeft hoge cijfers voor de schoolvakken, de modelleeropdracht is zeer goed gemaakt en de correlaties zijn laag in klasse 5. De modelleeropdracht had als resultaat een duidelijk, netjes en verzorgd model. De cognitieve schema's bestaan uit veel begrippen, die allen ook veel met elkaar verbonden zijn.

Leerling 13

Leerling 13 scoorde voor de modelleeropdracht zeer goed. De correlatiewaarden zijn echter gemiddeld en de schoolcijfers aan de lage kant. De leerling geeft in beide gevallen aan te weinig tijd te hebben, maar wel alle begrippen te kennen die zijn gebruikt. De cognitieve schema's bevatten veel verbindingen.

Leerling 14

Leerling 14 scoort in klasse 5 gemiddeld voor de eerste cognitieve opdracht. Voor de tweede cognitieve opdracht heeft de leerling in dezelfde klasse een zeer lage correlatiewaarde. Deze leerling gebruikt veel begrippen maar legt weinig verbindingen. De schema's bestaan uit veel treintjes.

Leerling 15

Leerling 15 heeft de modelleeropdracht wel goed gemaakt, maar de schoolcijfers zijn gemiddeld en de correlatiewaarden zijn gemiddeld. De cognitieve schema's van de leerling bevatten veel verbindingen.

Leerling 16

Leerling 16 scoort een zeer goed voor de modelleeropdracht en een correlatie van 0 en van 1 in klasse 3. Deze leerling blijft als enige in dezelfde klasse, maar vertoont wel een ander patroon in de structuur van beide cognitieve schema's. De eerste opdracht heeft deze leerling gebruik gemaakt van weinig begrippen, maar veel onderlinge verbindingen. De tweede opdracht gebruikt de leerling meer begrippen, maar veel 'treintjes'. In verhouding hebben beide schema's wel relatief verbindingen en zijn ze zeer gestructureerd neergelegd.

6. Conclusie

6.1. Conclusie

Aan de hand van de resultaten kan worden gesteld dat leerlingen met veel verbindingen in hun cognitieve schema beter kunnen modelleren dan leerlingen met minder onderlinge verbindingen. Dit duidt op de cognitieve structuur van de leerlingen. Verder blijkt uit de resultaten dat het aantal gebruikte begrippen de klasse van het cognitieve schema bepaalt. Dit representeert de cognitieve eenheid. Duidelijke voorbeelden van deze conclusie zijn leerling 3, 4, 8, 12, 13, 14 en 16.

De eindconclusie van dit onderzoek is dus als volgt:

Leerlingen die goed kunnen modelleren hebben een rijke cognitieve structuur. Leerlingen die in een hoge klasse uitkomen hebben een rijke cognitieve eenheid. Wanneer leerlingen erg goed kunnen modelleren is er sprake van compressie. Deze leerlingen hebben zowel een rijke cognitieve eenheid als een rijke cognitieve structuur.

Voor goede modelleervaardigheden is het dus belangrijk dat leerlingen een rijke cognitieve structuur hebben. Door herhaling van stof kan de cognitieve structuur zich ontwikkelen tot een rijke cognitieve structuur. Dit blijkt uit het verband tussen de eerst en de tweede cognitieve opdracht. Voor de ontwikkeling van de modelleervaardigheden van een middelbare scholier is herhaling van stof dus indirect belangrijk.

6.2 Verantwoording conclusie middels subvragen

1. *Wat zijn de huidige modelleervaardigheden van de leerlingen?*

De modelleervaardigheden van de leerlingen lopen erg uiteen, van onvoldoende tot zeer goed. Er is hier geen lijn in te trekken, er is teveel variatie.

2. *Zijn de modelleervaardigheden te relateren aan de schoolcijfers? Zo ja, wat is het verband?*

De modelleervaardigheden zijn niet te relateren aan de schoolcijfers. Er kan niet per definitie worden gezegd dat leerlingen met hoge schoolcijfers ook goed modelleren of andersom. Zo heeft leerling 3 hoge schoolcijfers en een onvoldoende voor de modelleeropdracht en leerling 13 een zeer goede modelleeropdracht met lage cijfers. Wel heeft de meerderheid met goede cijfers ook de modelleeropdracht tenminste voldoende gemaakt. Zo heeft leerling 12 hoge cijfers en een zeer goed beoordeelde modelleeropdracht.

3. *Is de correlatie bij het cognitieve schema van de leerling te relateren aan de schoolcijfers? Zo ja, wat is het verband?*

Er is geen verband tussen de schoolcijfers en de correlatie van de cognitieve schema's. De correlatiewaarden bij leerlingen met hoge cijfers en leerlingen met lage cijfers verschillen niet significant. Daarbij verschillen de correlatiewaarden per leerling ook te veel om een verband te kunnen leggen, zie als voorbeeld leerling 14 en leerling 16.

4. *Is de correlatie bij het cognitieve schema te relateren aan de modelleervaardigheden? Zo ja, wat is het verband?*

Nee, er zijn namelijk zeer goed gemaakte modelleeropdrachten bij leerlingen die niet uitschieten met hun correlatiewaarde en andersom. Dergelijke voorbeelden zijn leerling 5 en 14. Er is geen verband tussen de correlatiewaarde en de modelleeropdracht zichtbaar in tabel 7.

5. *Welke aspecten in een cognitief schema bepalen dat een leerling een correlatie van 0.25 of minder heeft met het klassengemiddelde?*

Als leerlingen een correlatie lager dan 0.25 hebben, betekent dit ofwel een negatieve afwijking ofwel een positieve afwijking ten opzicht van het klassengemiddelde. Uit de resultaten blijkt dat leerlingen die positief afwijken een cognitief schema hebben met veel begrippen en/of veel verbindingen. Daarbij heeft met name de hoeveelheid verbindingen invloed op de correlatie en bepaalt de hoeveelheid begrippen voornamelijk de klasse waarin het cognitieve schema is geplaatst. Deze conclusie wordt duidelijk bevestigd door leerling 3, 8, 12, 13 en 14. Zo hebben de leerlingen 3, 8 en 14 een onvoldoende voor hun modelleeropdracht en bestaat hun cognitieve schema uit weinig verbindingen. Ze hebben bij de laatste cognitieve opdracht hun hoge klasse te danken aan het aantal begrippen die ze gebruiken, maar gebruiken daar weinige onderlinge verbindingen. De leerlingen 12 en 13 hebben een zeer goed voor de modelleeropdracht en een cognitief schema met veel verbanden én veel begrippen.

6. *Is er een significant verschil zichtbaar in de cognitieve structuur van een leerling na het maken van een modelleeropdracht?*

Ja. De tweede keer dat de cognitieve test is uitgevoerd is er een duidelijke ontwikkeling zichtbaar in de cognitieve schema's. Leerlingen gebruiken vooral meer begrippen. Enkele leerlingen leggen ook meer onderlinge verbindingen. Leerling 4 maakt een duidelijke sprong in klasse, wat het gevolg is van een toename in het aantal gebruikte begrippen. Leerling 16 laat als opmerkelijk resultaat zien dat er bij hem geen vooruitgang is in klasse. Ondanks dat de leerling gebruik maakt van weinige begrippen, neemt de hoeveelheid verbindingen wel toe. Dit geeft wederom aan dat de cognitieve structuur zeer belangrijk is, ofwel de hoeveelheid onderlinge verbindingen, en de hoeveelheid begrippen duidelijk van ondergeschikt belang is.

7. Discussie

7.1 Resultaten

Uit de conclusie blijkt dat subvragen 1 t/m 4 geen antwoord op de hoofdvraag leveren. Subvragen 5 en 6 zijn echter van groot belang voor het beantwoorden van de hoofdvraag. Omdat deze vragen beantwoord zijn door naar elke leerling specifiek te kijken zullen hieronder de opvallende resultaten van de leerlingen afzonderlijk besproken worden.

Leerling 3

Een van de leerlingen met zeer opvallende resultaten is leerling 3. Deze leerling heeft zeer hoge cijfers, maar een onvoldoende voor de modelleeropdracht. Daarbij zit er ook een duidelijk verschil in de correlatiewaarden tussen de twee cognitieve opdrachten. Er kan echter een duidelijke conclusie worden getrokken uit de resultaten van de leerling. Zo gebruikt de leerling in de eerste cognitieve opdracht weinig begrippen, waarbij onderling weinig verbindingen worden gelegd. Bij de tweede cognitieve opdracht neemt het aantal begrippen toe, maar blijft het aantal verbindingen laag. De lage correlatie van de eerste opdracht is te verklaren doordat de gemiddelde leerling bij resultaat in dezelfde klasse meer verbindingen legt. Minder onderlinge verbindingen kan op zijn weer worden gerelateerd aan de lage beoordeling van de modelleeropdracht. Opmerkelijk zijn nog de hoge cijfers van deze leerling. Deze hebben blijkbaar geen invloed op de modelleervaardigheden. Interessant bij deze leerling is na te gaan op welke wijze hij zijn hoge schoolcijfers haalt. Dit omdat hij bij de modelleeropdracht wel het juiste antwoord had, maar niet in kaart heeft gebracht hoe hij tot de oplossing kwam. Doorgaans zijn dit hoogbegaafde leerlingen die vaak vastlopen tijdens hun studie.

Leerling 4

Leerling 4 vertoont als opvallend resultaat een sterke stijging in klasse, namelijk van klasse 2 naar 5. Ook de correlatiewaarden verschillen sterk onderling, dat hoofdzakelijk het gevolg is van de verschuiving in klasse. De leerling maakt in beide schema's gebruik van veel begrippen, maar er zit een duidelijk verschil in de hoeveelheid verbindingen die worden gelegd. Bij de tweede opdracht probeert de leerling duidelijk meer onderlinge verbindingen te leggen dan bij de eerste opdracht. Zo worden de begrippen zo neergelegd dat ze een verbinding aangeven, maar ontbreken de streepjes tussen de verbindingen. De toename in het aantal begrippen verklaart ook de stijging in klasse. Dit verschil tussen de cognitieve schema's is opvallend. De leerling vertoont duidelijk ontwikkeling aan de hand van de modelleeropdracht en de herhaling.

Leerling 10

Ondanks dat leerling 10 maar resultaat heeft van één opdracht laat deze wel opvallend resultaat zien bij de modelleeropdracht. De leerling heeft de modelleeropdracht zeer goed uitgevoerd, maar heeft een correlatie die gemiddeld is. Dit kan verklaard worden met behulp van het cognitieve schema van de leerling. Zo is het schema duidelijk opgebouwd voor veel verbindingen, maar deze ontbreken. De leerling geeft aan te weinig tijd te hebben. Wij vermoeden dat dit ten koste is gegaan van het opbouwen van een goed cognitief schema. De leerling lijkt dus duidelijk veel onderlinge verbanden te kunnen leggen, maar had hier te kort de tijd voor. Dit verklaart hoogstwaarschijnlijk de hoge correlatie.

Leerling 16

Leerling 16 laat als opmerkelijk resultaat zien dat er geen vooruitgang is in klasse. Ondanks dat de leerling gebruik maakt van weinige begrippen, neemt de hoeveelheid verbindingen wel toe. Wij zien het toenemen van de hoeveelheid verbindingen als een ontwikkeling. Dit geeft wederom aan dat de cognitieve structuur, ofwel de hoeveelheid onderlinge verbindingen, zeer belangrijk is en de hoeveelheid begrippen duidelijk van ondergeschikt belang is.

7.2 Onderzoek

Kleinschalig onderzoek

Ons onderzoek heeft plaatsgevonden bij slechts één klas 5-VWO met 16 leerlingen. Een kleine populatie wat een vertekend beeld kan geven van de uitkomst. Reden voor het onderzoek in slechts één klas is dat scholen op het moment van uitvoeren (begin mei) volop in de afronding van het seizoen en de examens zitten en weinig ruimte hebben voor onderzoeksopdrachten.

Achtergrond leerlingen

Op basis van de cijfers voor de vakken Wiskunde, Natuurkunde, Scheikunde, Informatica en de informatie over al dan niet doubleren, hebben we wel een globaal beeld van de achtergrond van leerlingen maar we kunnen er niet uit opmaken in hoeverre leerlingen al bekend zijn met modelleren en het maken van een cognitief schema.

Geen informatica

In de resultaten zijn de gegevens over het vak informatica weggelaten omdat simpelweg geen van de respondenten het vak informatica volgde. Ter wille van een overzichtelijk resultaat is dit daarom niet meegenomen in de resultaten.

Pilot cognitieve opdracht bij kleine groep uitgevoerd

Onze pilot hebben we bij vier personen uitgevoerd. Het betrof twee bijlesleerlingen en twee studenten. Het was niet mogelijk om snel een grote groep bij elkaar te krijgen waarmee de pilot uitgevoerd kon worden. Toch heeft deze pilot veel informatie opgeleverd (zie par 4.1). Het beeld zou echter vollediger zijn wanneer er een grotere groep had deelgenomen bij de pilot

Pilot modelleeropdracht

Voor de pilot van de modelleeropdracht voldeed geen van de respondenten aan de eisen van de respondenten die nodig waren voor het daadwerkelijke onderzoek (5VWO leerling met NT-profiel). Voor deze pilot kon geen tijd worden vrijgemaakt op de middelbare scholen in verband met het strakke curriculum. Er is voor hoofdzakelijk studenten gekozen die zelf veel te maken hebben met modelleren. Op deze manier is getracht een zo kritisch mogelijke blik te werpen op de ontworpen modelleeropdracht.

3CM niet één op één overgenomen

Omwillen van de omvang van het onderzoek was het niet mogelijk de 3CM methode volledig over te nemen. We hebben ons moeten beperken tot een vereenvoudigde versie. Voor verder onderzoek zou een groter project opgestart moeten worden, waarin wel de methode volledig gevolgd wordt. Wij hebben ons daar waar mogelijk gebaseerd op de structured 3CM methode, een methode die voor grote groepen bedoeld is. Zoals al vermeld was er in ons geval geen sprake van een grote groep.

In tegenstelling tot de open-ended 3CM methode leent de structured methode zich wel goed voor het uitvoeren van analyses en dat is de reden dat we deze keus gemaakt hebben.

Beoordeling modelleerresultaten

Wij hebben zelf een indeling gemaakt waarop we de diepgang in het cognitieve schema beoordeeld hebben. Deels gebaseerd op theorie, deels op eigen inzichten. Deze indeling zou verder onderzocht moeten worden, bij meer klassen op meerdere niveaus

Ontwikkeling door modelleren of herhaling

In het onderzoek is duidelijk zichtbaar dat de leerlingen een ontwikkeling vertonen in hun cognitieve schema. Echter, er kan niet worden gezegd of dit komt door de herhaling en/of door de modelleeropdracht. Het doel van de modelleeropdracht was echter wel de leerlingen in de juiste denkrichting te sturen, waarbij ze onderling meer verbanden zouden zien tussen de begrippen. Maar ook de herhaling van de opdracht geeft de leerlingen de mogelijkheid dit doel te bereiken. Het enige dat met zekerheid gezegd kan worden is dat er ontwikkeling is, maar of dit komt door de modelleeropdracht en/of herhaling kan in dit onderzoek niet worden gezegd en zal bepaald moeten worden in een vervolg onderzoek.

8. Aanbevelingen

Uit dit onderzoek is een mooi resultaat gebleken, echter was de onderzoeksgroep erg klein en raden wij aan het nogmaals uit te voeren met een grotere groep respondenten. Daarbij raden wij ook aan het onderzoek ook meer te richten op de invloed van de herhaling en de modelleeropdracht op de ontwikkeling. Herhaling en modelleren zou van elkaar losgekoppeld moeten worden om op die manier zo goed mogelijk het effect van beide te kunnen meten. Dit kan door een deel van de respondenten de cognitieve opdracht enkele malen uit te laten voeren met tussentijds wel leerstof met betrekking tot goniometrie (in ons geval), maar geen modelleeropgaven hierover en een andere deel van de respondenten verschillende modelleeropdrachten te laten doen. Ook is het verstandig dit onderzoek zo ver uit te breiden dat het wordt toegepast op verschillende onderwerpen. Op deze manier heb je per leerling betrouwbaarder resultaat, aangezien het minder onderwerpsafhankelijk is.

9. Referenties

- Alberink, M., Muijlwijk, H., & Timmer, M. (2011). De sinus: van meetkundige definitie naar analytisch begrip. *Euclides*, 86(6), 250-252.
- Barnard, T., & Tall, D. (1997). *Cognitive units, connections and mathematical proof*. Paper presented at the PME Conference (Vol. 2, pp. 2-41). THE PROGRAM COMMITTEE OF THE 18TH PME CONFERENCE.
- Bruner, J. S. (1966). *Toward a theory of instruction* (Vol. 59): Harvard University Press.
- Crowley, L., & Tall, D. (1999). *The roles of cognitive units, connections and procedures in achieving goals in college algebra*. Paper presented at the In O. Zaslavsky (Ed.), Proceedings of the 23rd Conference of PME.
- Doorman, M., & Gravemeijer, K. (1999). Modelleren als organiserende activiteit in het wiskundeonderwijs. *Tijdschrift voor Didactiek der*, 38-55.
- Gray, E. M., Tall, D.O. (1994). Duality, Ambiguity and Flexibility: A Proceptual View of Simple Arithmetic. *Journal of Research in Mathematics Education*, 26(2), 115-141.
- Hiebert, J., Carpenter, T.P. (1992). Learning and Teaching with Understanding. In D. Grouws, (ed.), *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*, 65-97.
- Kearney, A. R., & Kaplan, S. (1997). Toward a methodology for the measurement of knowledge structures of ordinary people the conceptual content cognitive map (3CM). *Environment and Behavior*, 29(5), 579-617.
- Lijnse, P. (2008). Modellen van/voor leren modelleren. *Tijdschrift voor Didactiek der beta-wetenschappen*, 25, 3-24.
- Nersessian, N. J. (1995). Should physicists preach what they practice? *Science & Education*, 4(3), 203-226.
- Ormel, B. (2010). Het natuurwetenschappelijk modelleren van dynamische systemen; Naar een didactiek voor het voortgezet onderwijs. *Fisme-reeks*, 61.
- Purves, D. (2008). *Neuroscience* (4th ed.). Sunderland, Mass.: Sinauer.
- Somers, M. J., Passerini, K., Parhankangas, A., & Casal, J. (2014). Using mind maps to study how business school students and faculty organize and apply general business knowledge. *The International Journal of Management Education*, 12(1), 1-13. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijme.2013.11.001>
- Starzyk, J. A., Li, Y., & Vogel, D. D. (2005). Neural network with memory and cognitive functions. In W. Duch, J. Kacprzyk & S. Zadrozny (Eds.), *Artificial Neural Networks: Biological Inspirations - Ican 2005, Pt 1, Proceedings* (Vol. 3696, pp. 85-90). Berlin: Springer-Verlag Berlin.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257-285.
- Tall, D., & Barnard, T. (2001). Cognitive units, connections and compression in mathematical thinking. *Unpublished Manuscript*. Accessed from <http://homepages.warwick.ac.uk/staff/David.Tall/pdfs/dot2002z-barnard-coqn-units.pdf>, 8, 01-03.
- Tuminaro, J., & Redish, E. F. (2007). Elements of a cognitive model of physics problem solving: Epistemic games. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 3(2), 020101.
- van de oratie van Prof, S., & van Joolingen, W. (2010). Bij het aanvaarden van de leerstoel 'Computationeel modelleren in onderwijssituaties' Universiteit Twente, 4 februari 2010.

- van Driel, J. v. (1997). Het onderwijzen van modellen binnen ANW. *Tijdschrift voor Didactiek der β β -wetenschappen*, 14(2), 177-196.
- Verhoef, N., & Timmer, M. (2013). Lesson study-deel 3; ervaringen bij de introductie van periodieke bewegingen. *Euclides*, 88(4), 173-176.
- Vogel, D. D. (2005). A neural network model of memory and higher cognitive functions. [Article]. *International Journal of Psychophysiology*, 55(1), 3-21. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2004.05.007
- W. Bosma, F. B., H.W. Broer, M.E. Hochstenbach, C. Kraaikamp, B.W. Rink, G. Vegter. (2013). *Handboek Wiskundendidactiek*. Amsterdam: Epsilon.
- Widrow, B., & Aragon, J. C. (2013). Cognitive memory. *Neural Networks*, 41(0), 3-14. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neunet.2013.01.016>

Bijlage I --- Instructie en begrippen Cognitieve opdracht

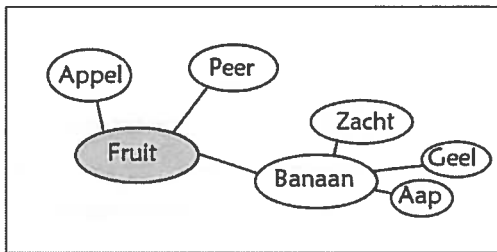
Instructie

Instructie

In de envelop vind je kaartjes met begrippen en een groot vel papier. Voor het onderzoek is het de bedoeling een cognitief schema te maken met deze kaartjes. Ga uit van de begrippen die jij zou gebruiken als je goniometrie zou uitleggen aan een vriend(in).

Op het grote vel staat in het midden goniometrie, vanuit dit punt moet je je cognitieve schema (spinnenweb) gaan opbouwen. Leg de kaartjes op het vel en verbind deze met elkaar met pen. Vorm zo een zo groot mogelijk cognitief schema.

Voorbeeld cognitief schema



Je hebt 15 minuten de tijd en bent niet verplicht alle kaartjes te gebruiken. Na deze 15 minuten maken wij een foto van je schema, dus laat hem op tafel liggen.

Succes!

Begrippen

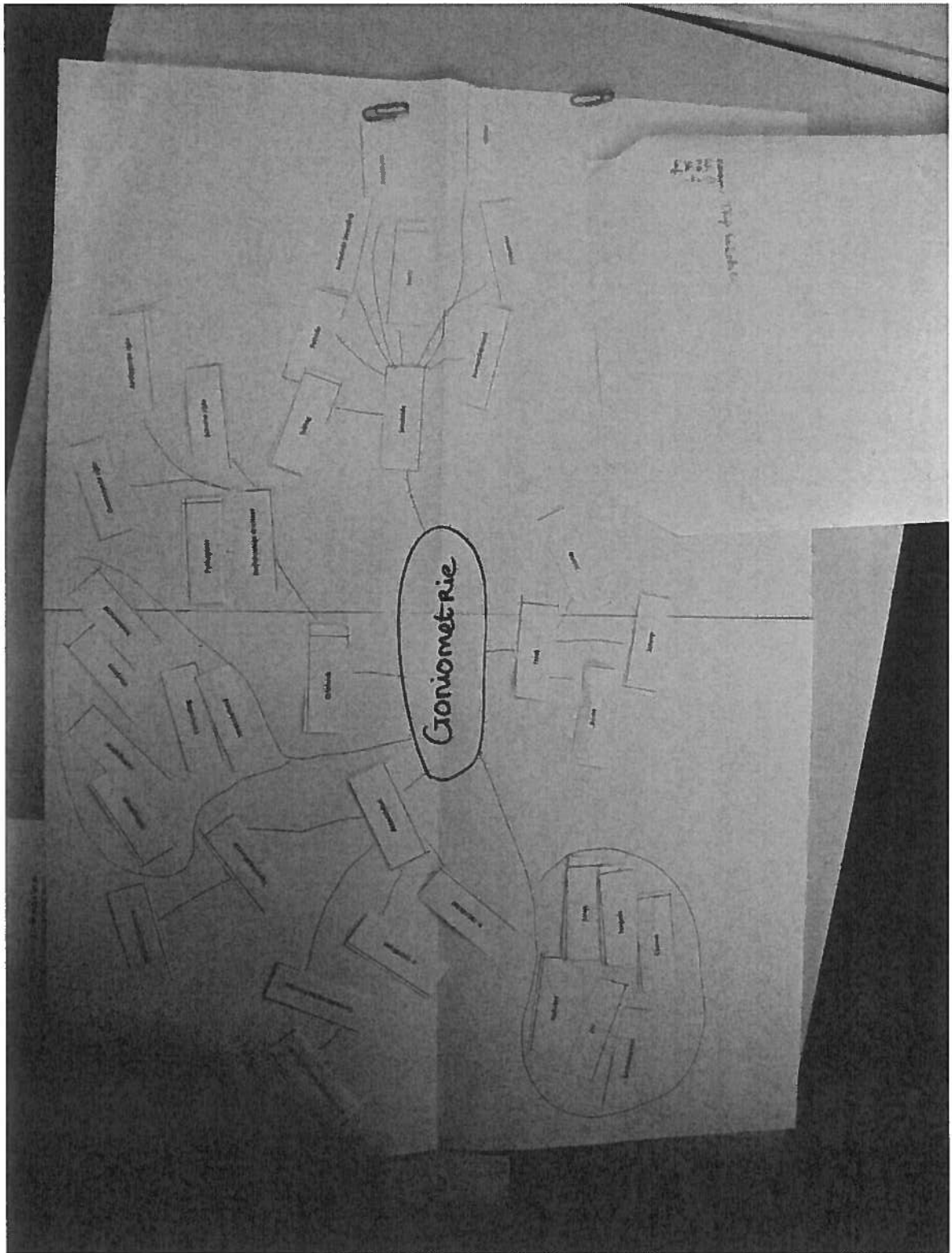
Planimetrie	$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$	Assenstelsel	Cotangens	Sinusoïde
Periode	Evenwichtsstand	Periodieke beweging	Booglengte	$2\pi r$
Overstaande zijde	Schuine zijde	Rechthoekige driehoek	Symmetrie	Straal
Hellingshoek	Hellingsgetal	x- coördinaat	y- coördinaat	\cos^{-1}
\tan^{-1}	\sin^{-1}	Aanliggende zijde	Hoeksnelheid	$\sin(2\alpha) = 2 \sin(\alpha) \cos(\beta)$
Scherp	Stomp	Recht	$\cos(2\alpha) = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha$	$\cos^2(t) + \sin^2(t) = 1$
$\sin(\alpha) = -\sin(\alpha)$	$\cos(\alpha) = \cos(-\alpha)$	$\sin(\alpha + \beta) = \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta$		

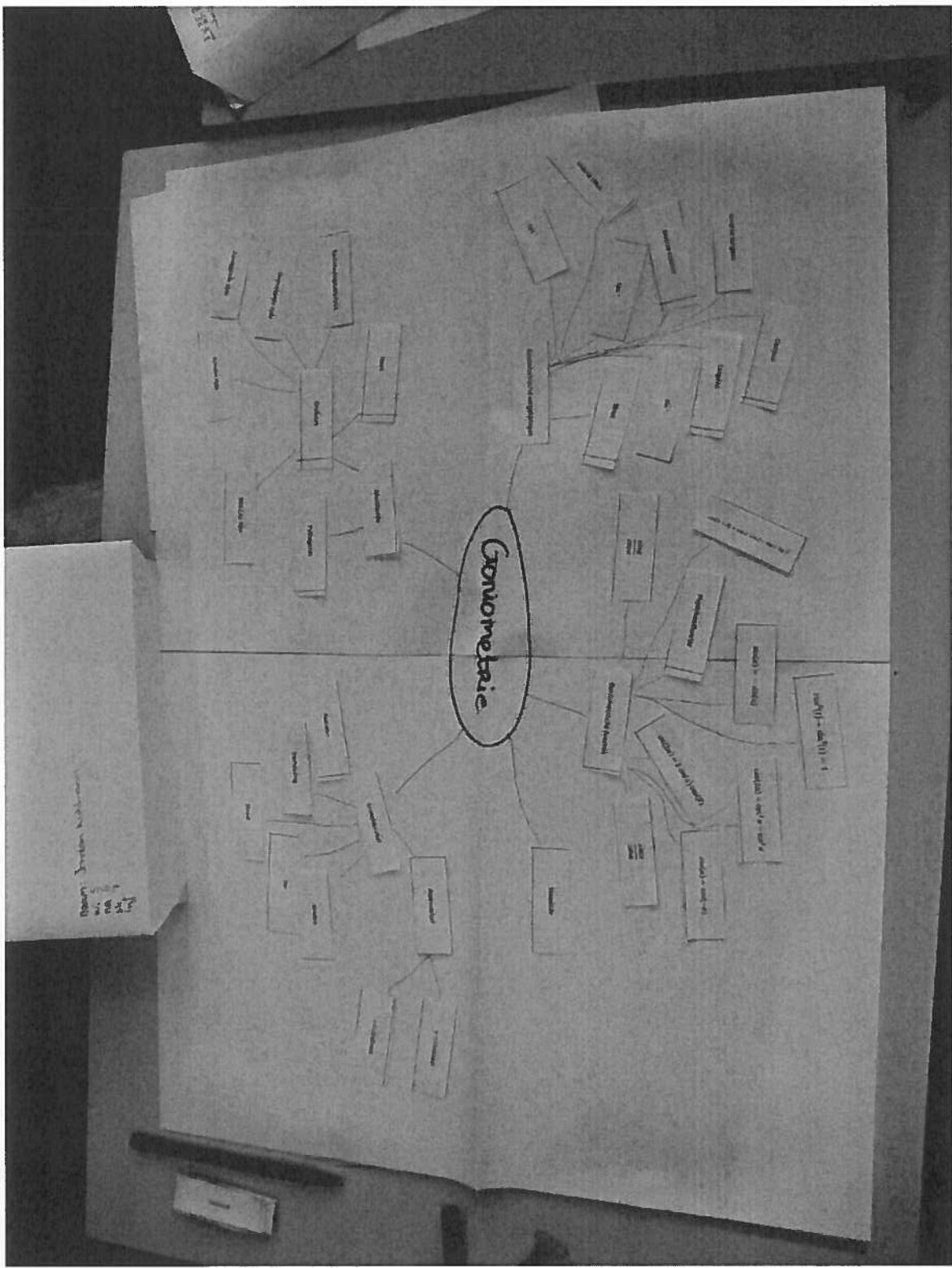
Driehoek	Hoek	Trilling	OHOAHA	SOS CAS TOA
Sinus	Tangens	Cosinus	Inverse sinus	Inverse tangens
Inverse cosinus	Hoeksom	hoekverschil	Parameterkromme	Signaal
Sec	<u>Csc</u>	e-macht	Eulervergelijking	Eenheidscirkel
Hyperboolfunctie	Pythagoras	Goniometrische functies	Meetkunde	Goniometrische vergelijkingen
Graden	Radialen	Golven	Amplitude	Frequentie
Hertz	Laplace	<u>Fourier</u>	Verhouding	$\frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}$

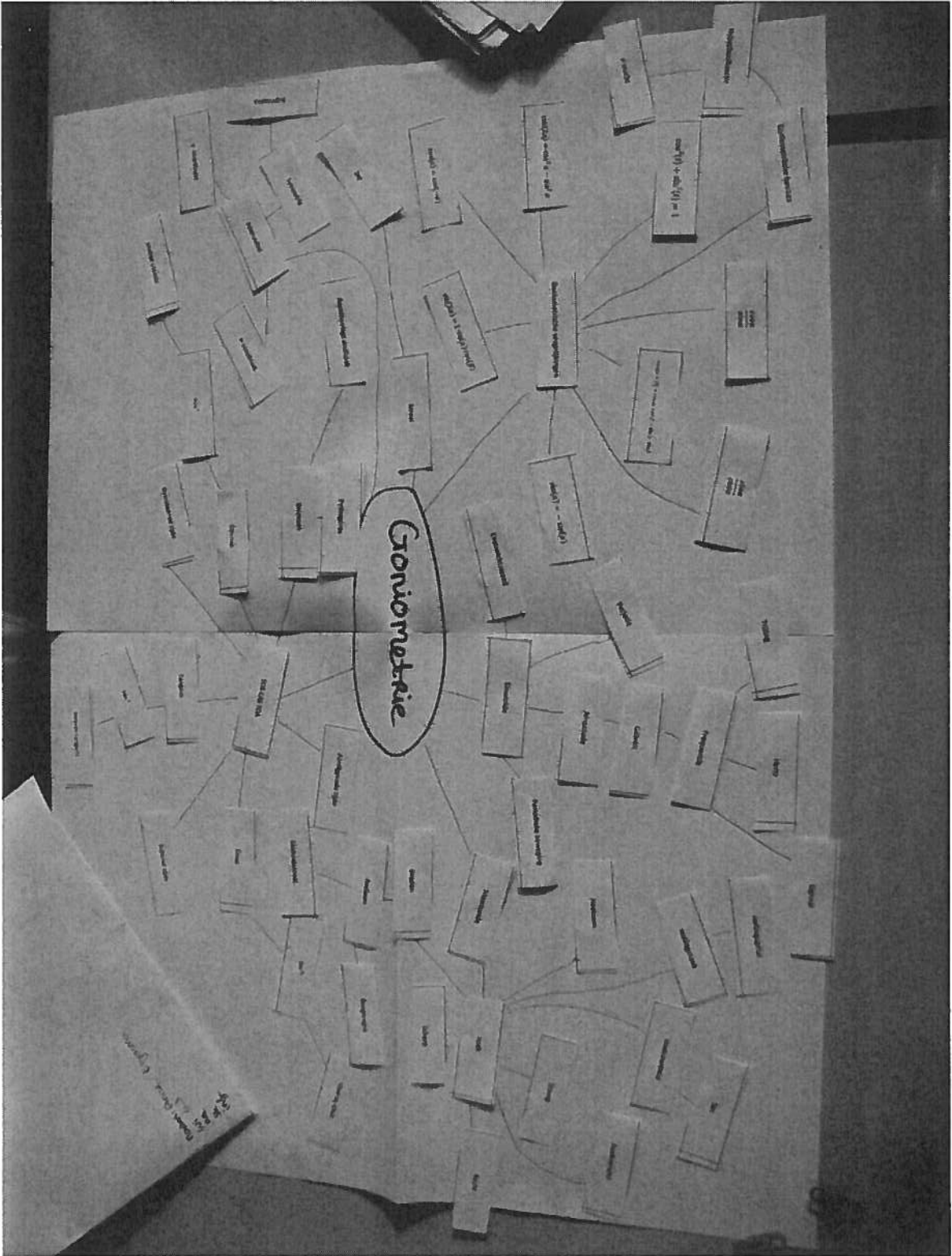
Bijlage II--- Cognitieve schema's opdracht 1

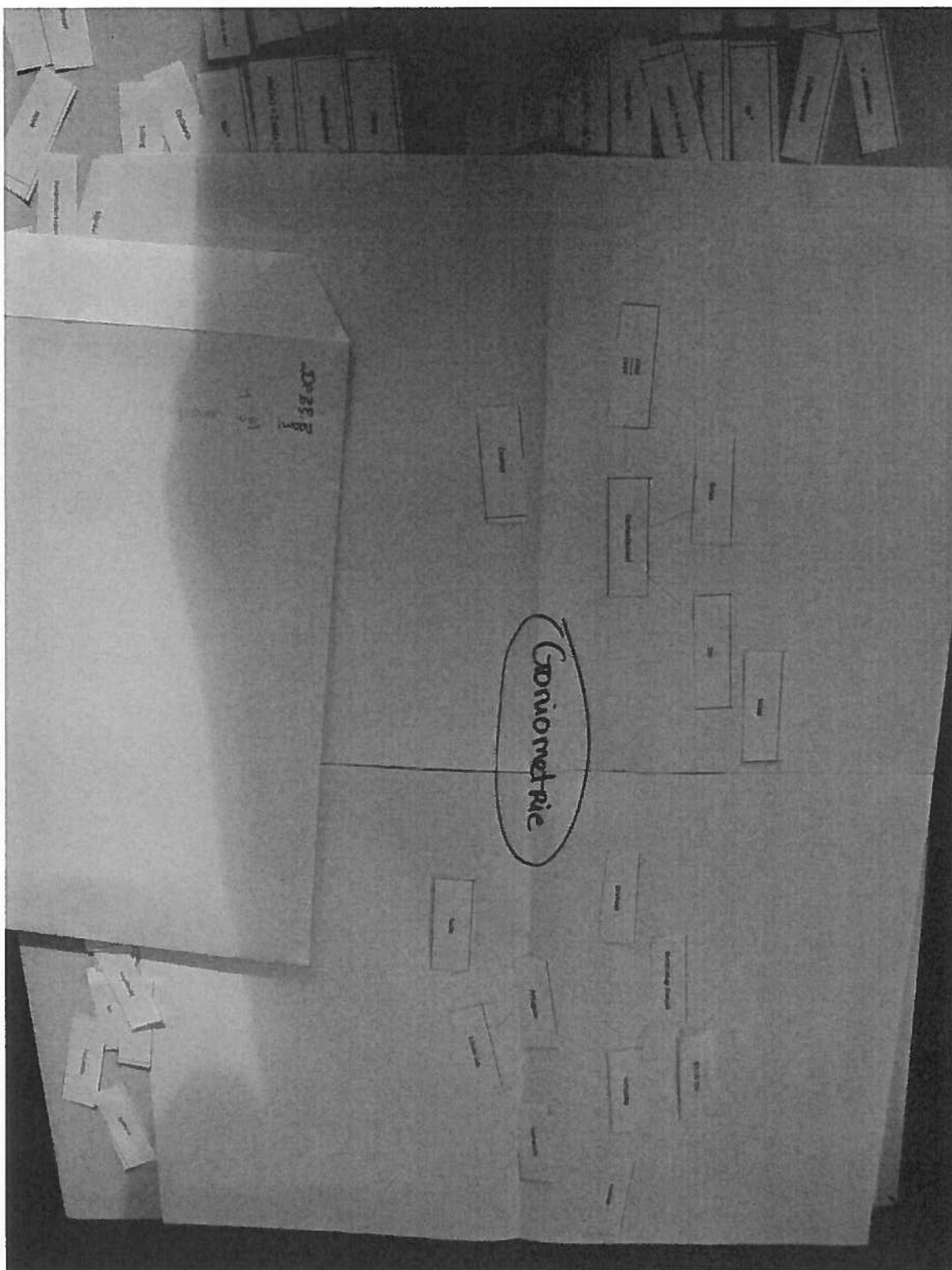
Tabel 11 Leerling nummer gekoppeld aan naam. Tabel ter verduidelijking van de cognitieve schema's

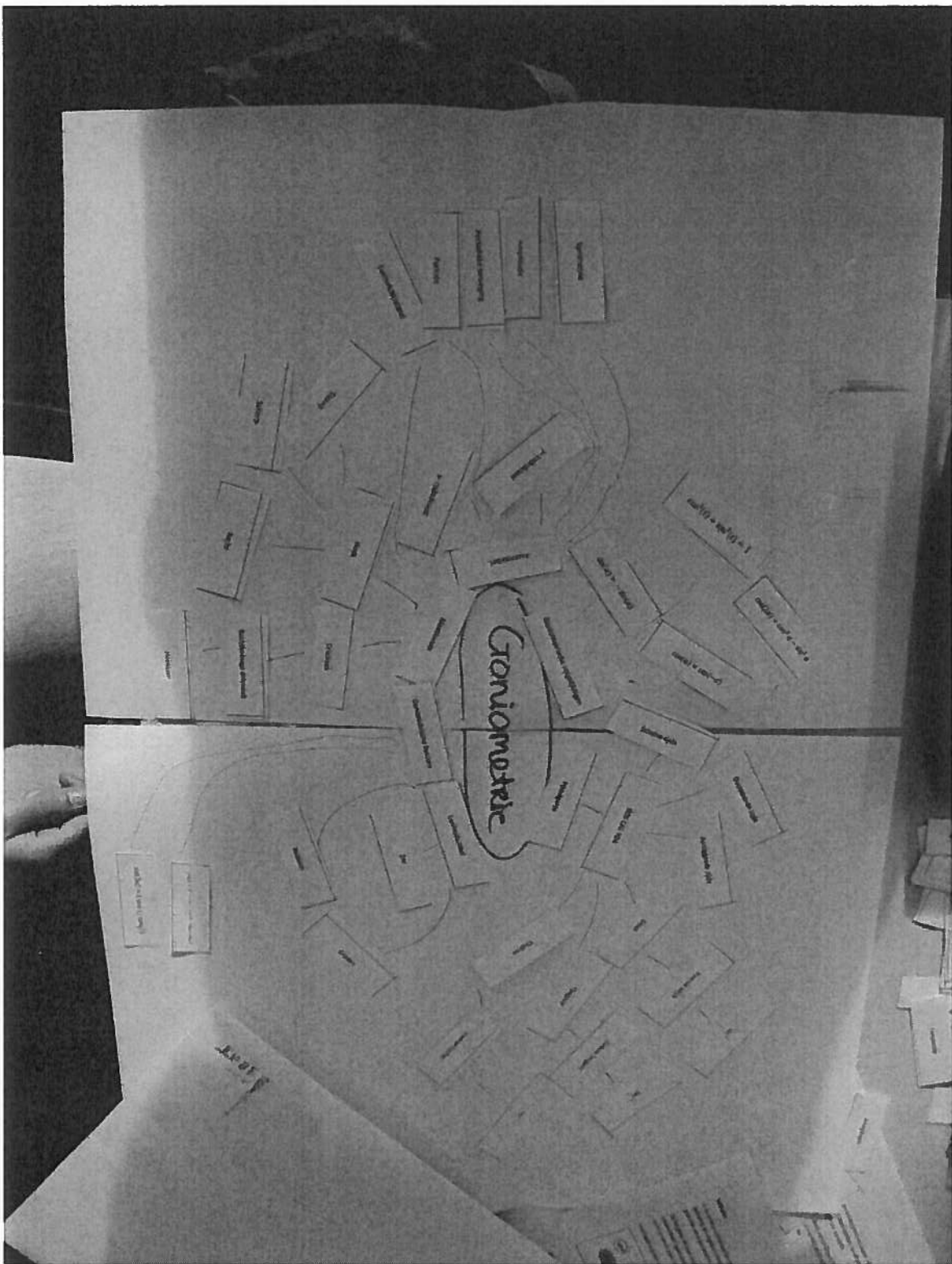
Leerling nummer	Naam Leerling
1	Eva Ensink
2	Emma
3	Thymo ter Doest
4	Jonathan Kuhlmann
5	Martijn Mos
6	Anne Elgersma
7	Niels Wissink
8	Dion ter Berg
9	Tom Jonathans
10	Tjerk Reintsma
11	Max Jonathans
12	Dirk van Bree
13	Barend Potijk
14	Thijs Exterkate
15	Tim te Morsche
16	Wouter Ensink

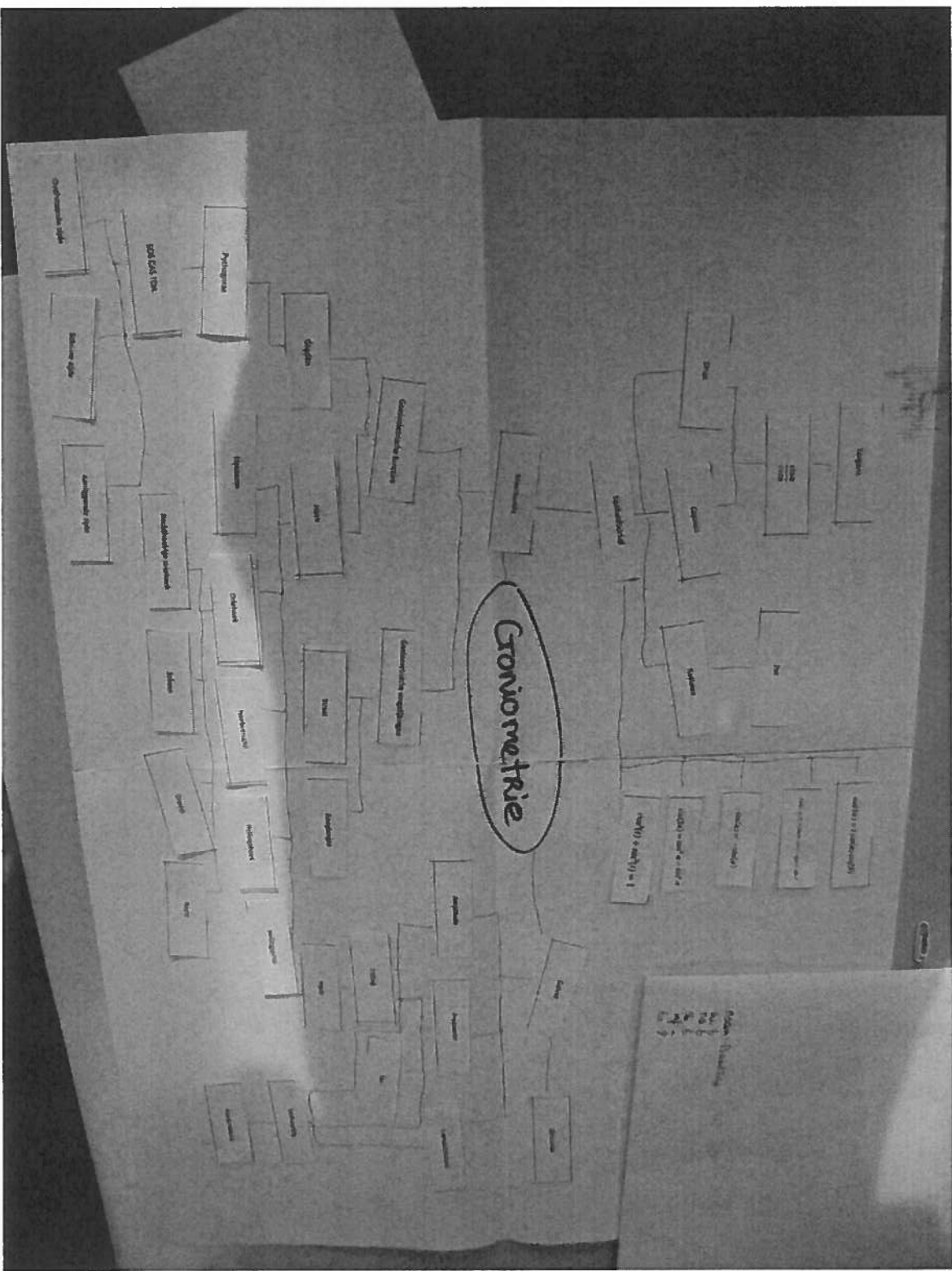






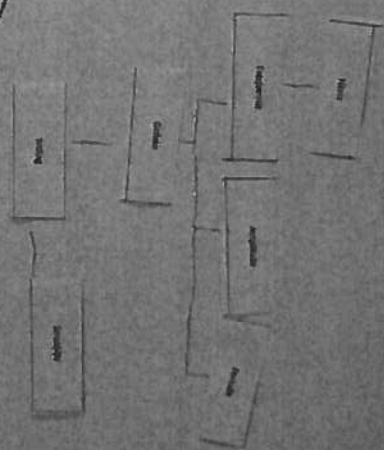
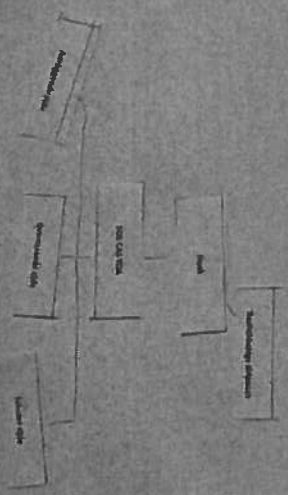


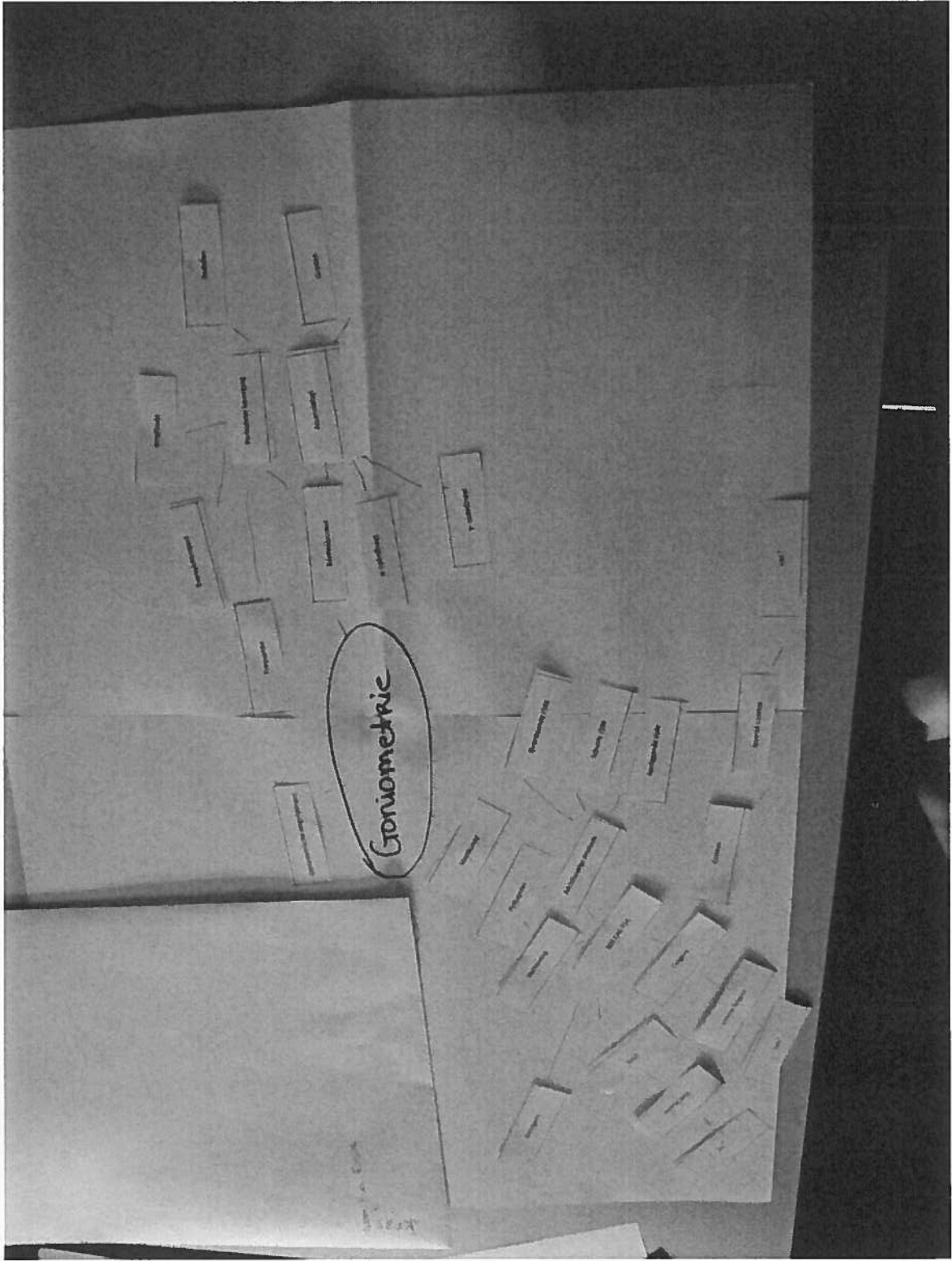


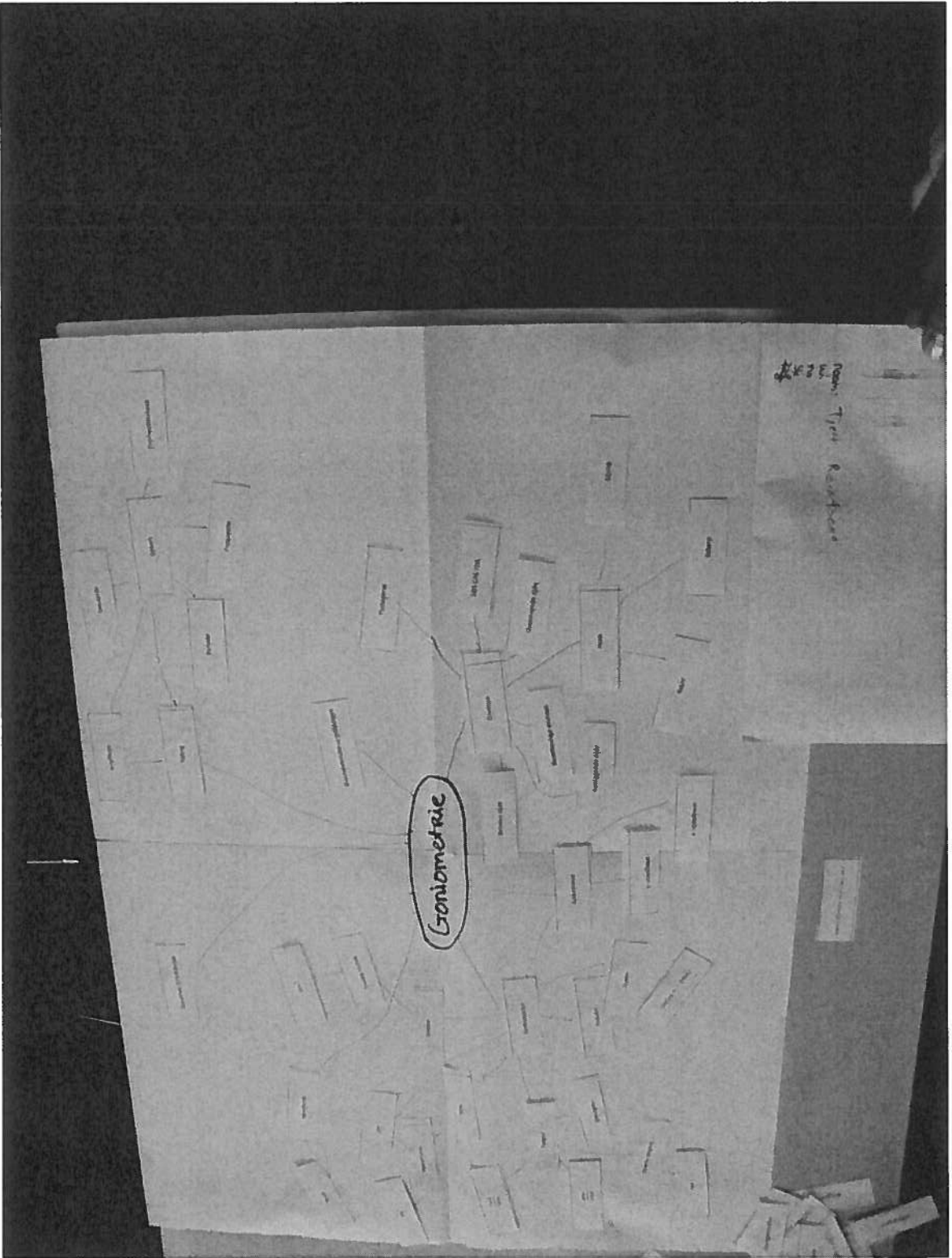


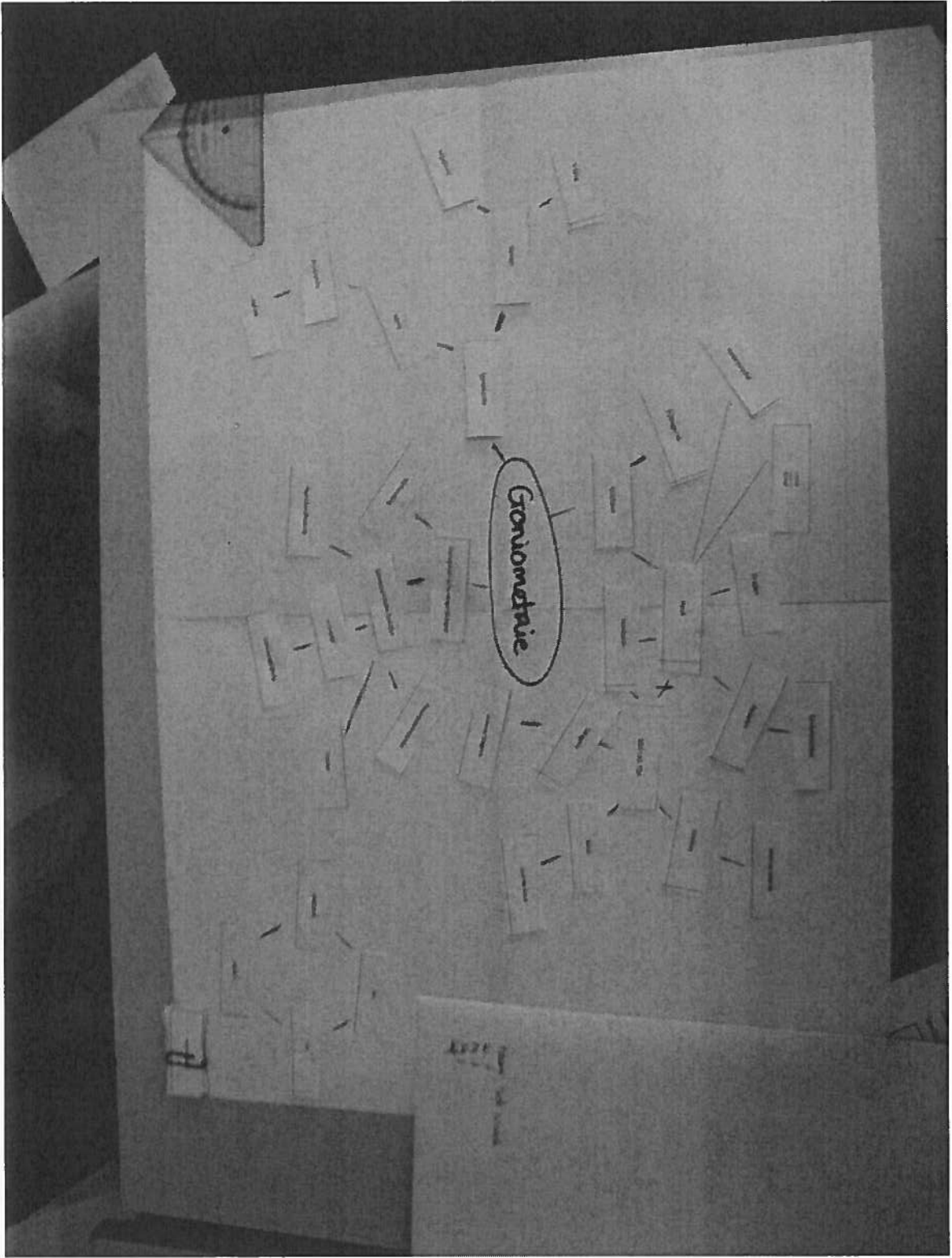
NaOH, Water, Ethanol
100 g
100 ml
100 ml

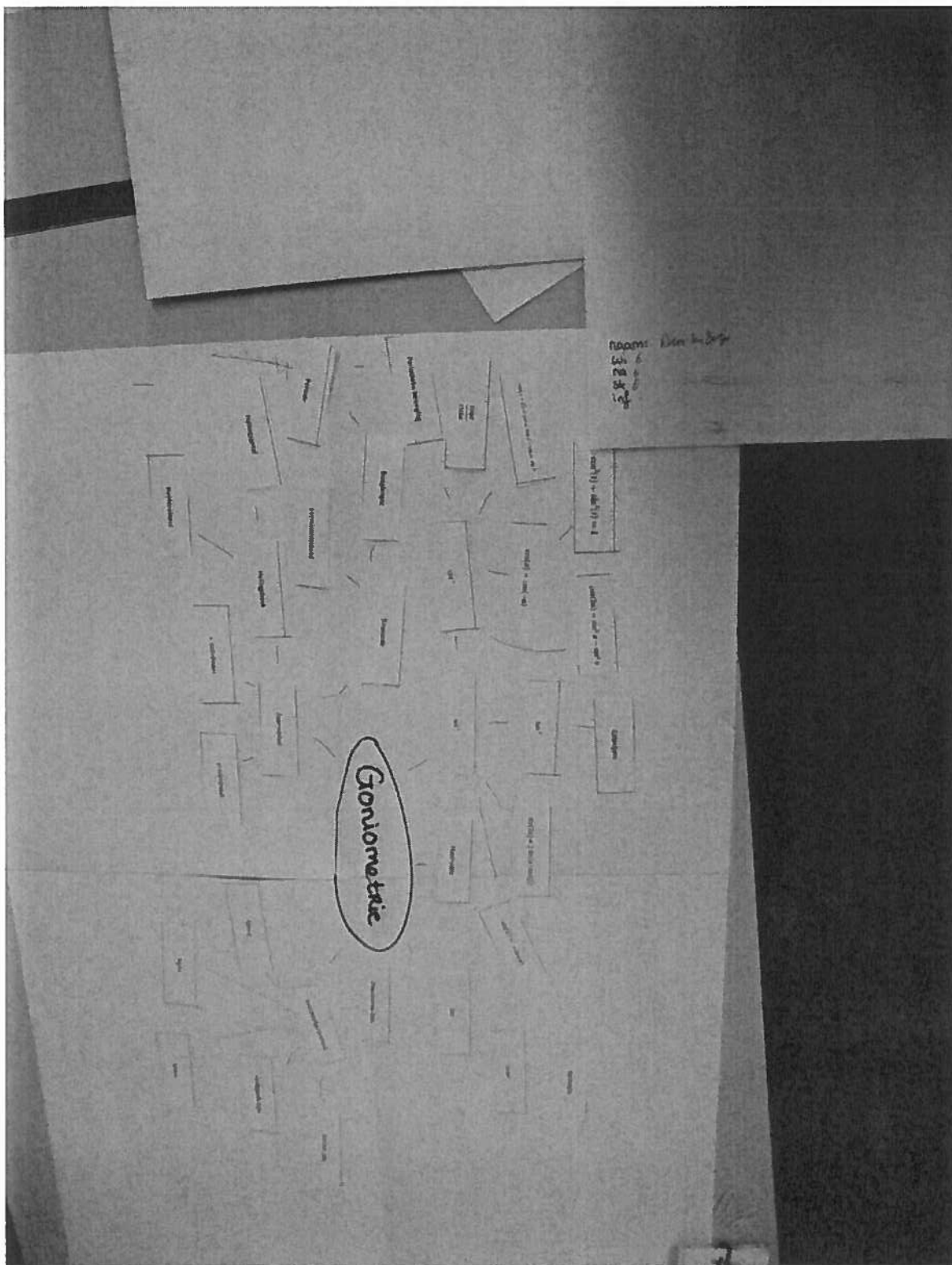
Groniometrie

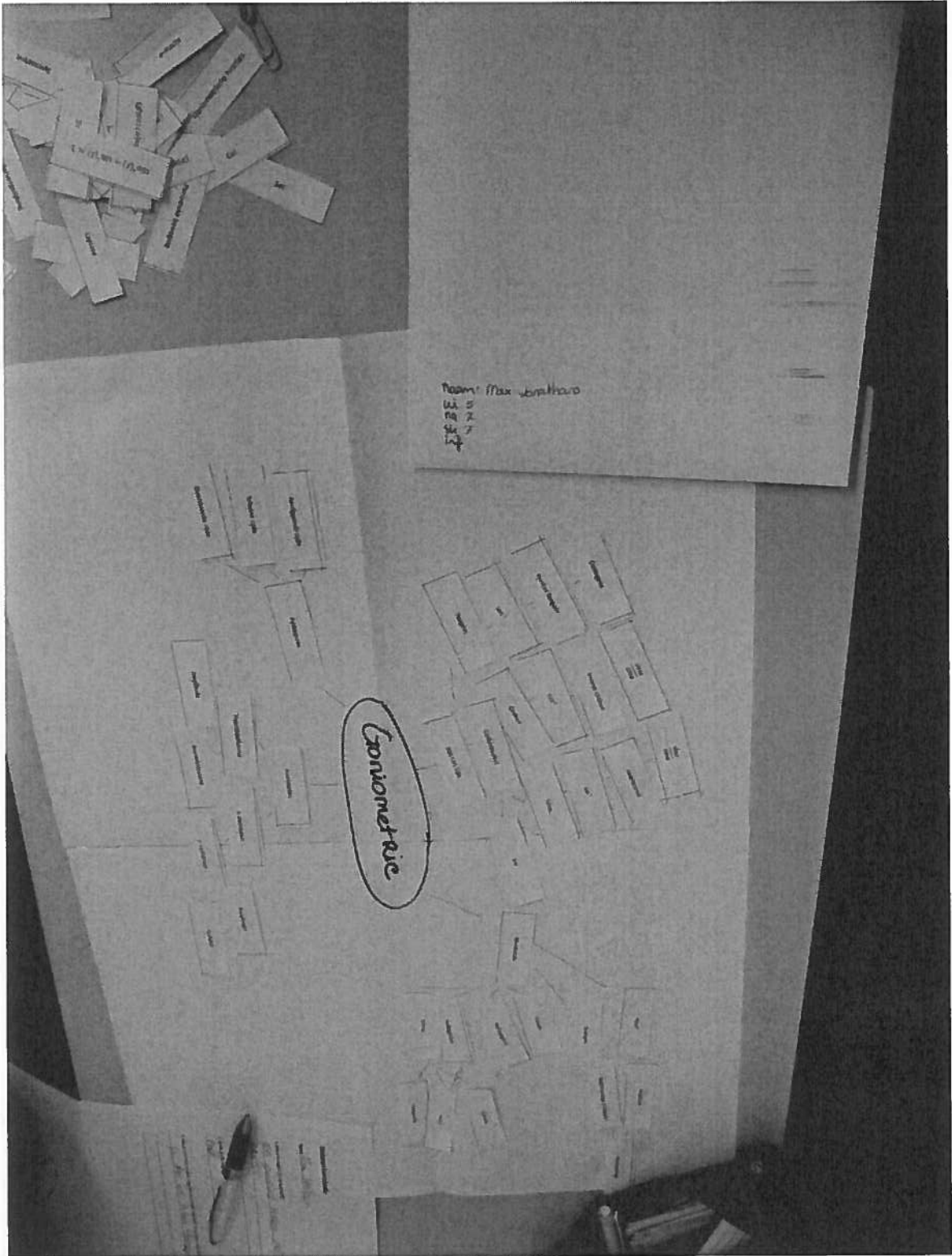


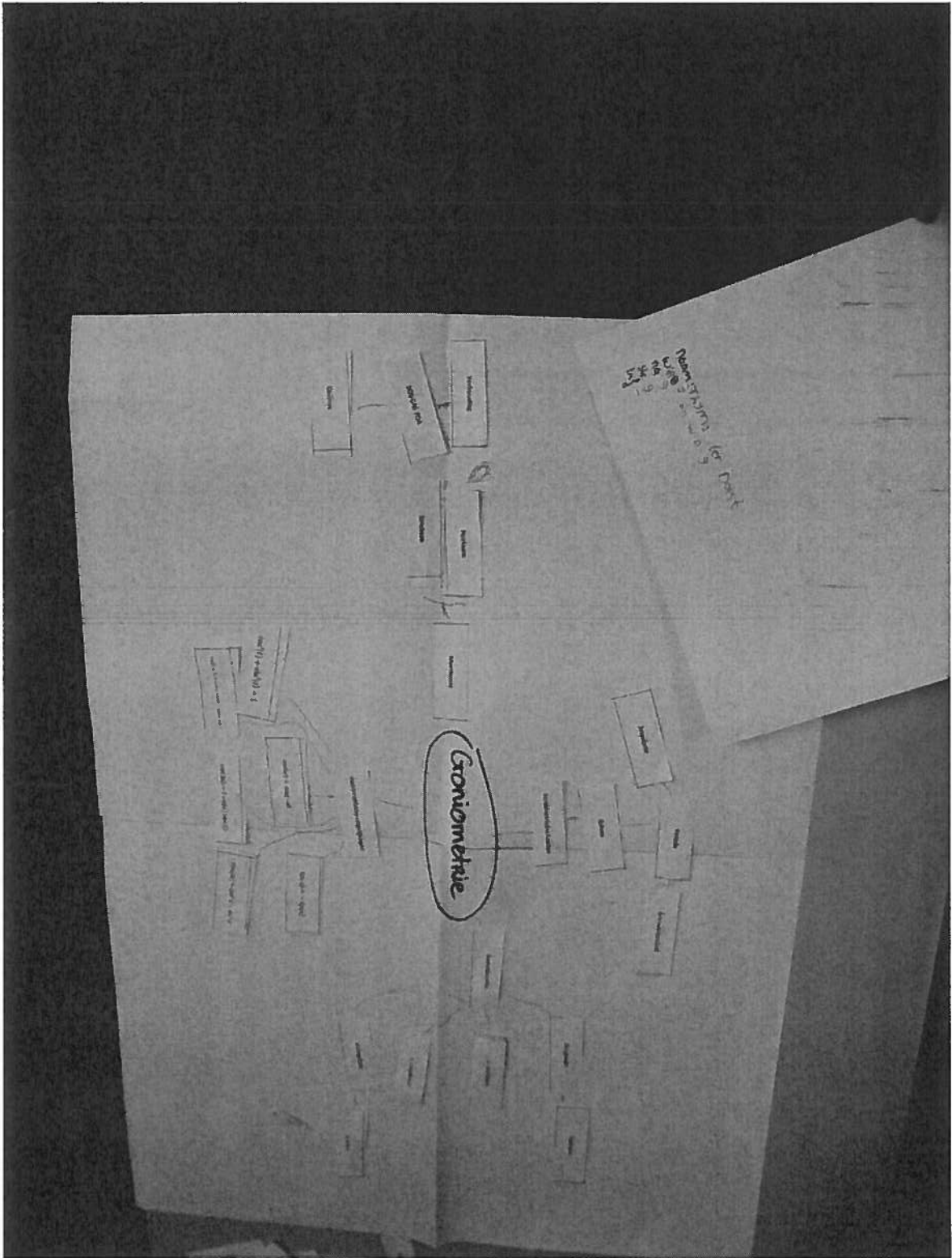


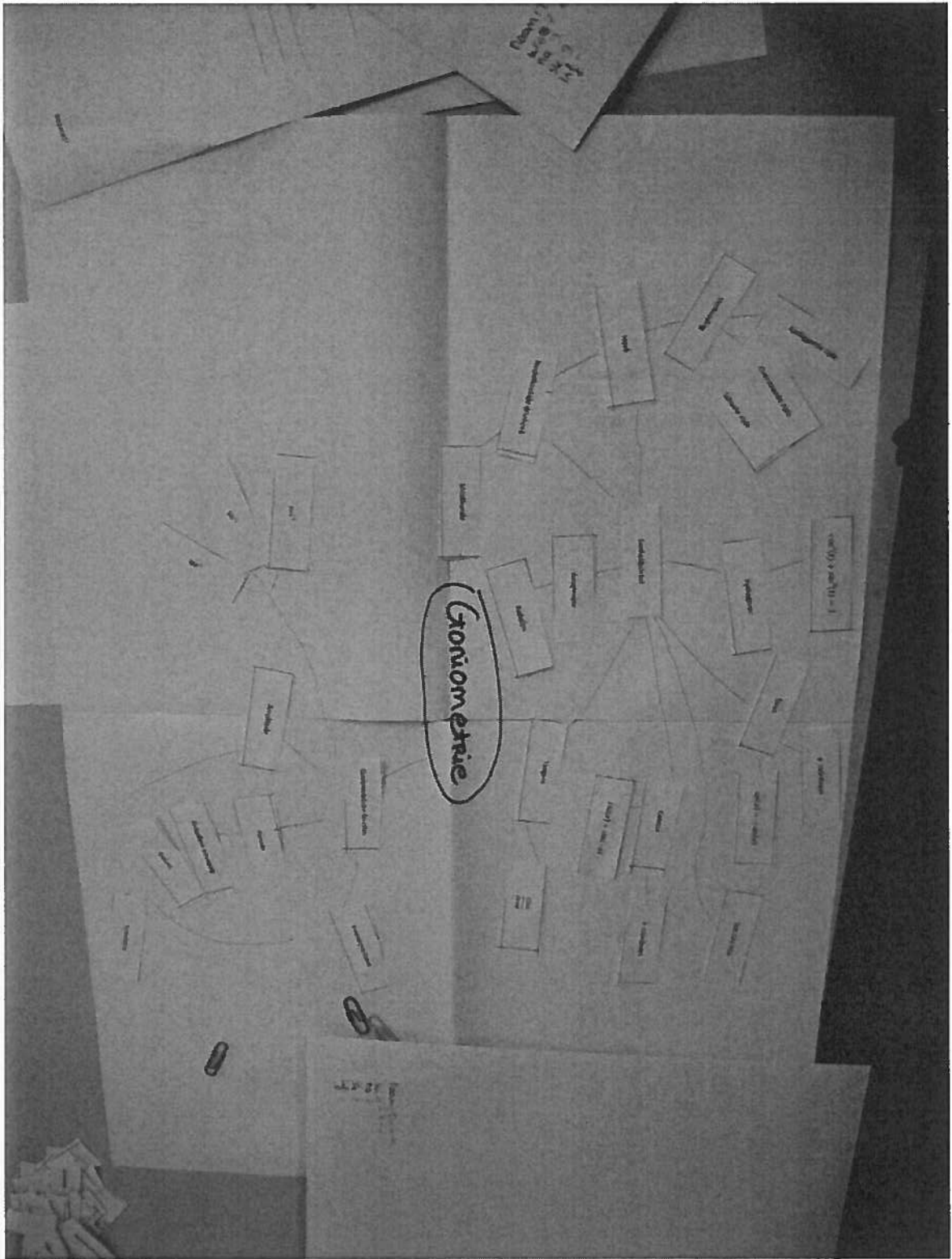


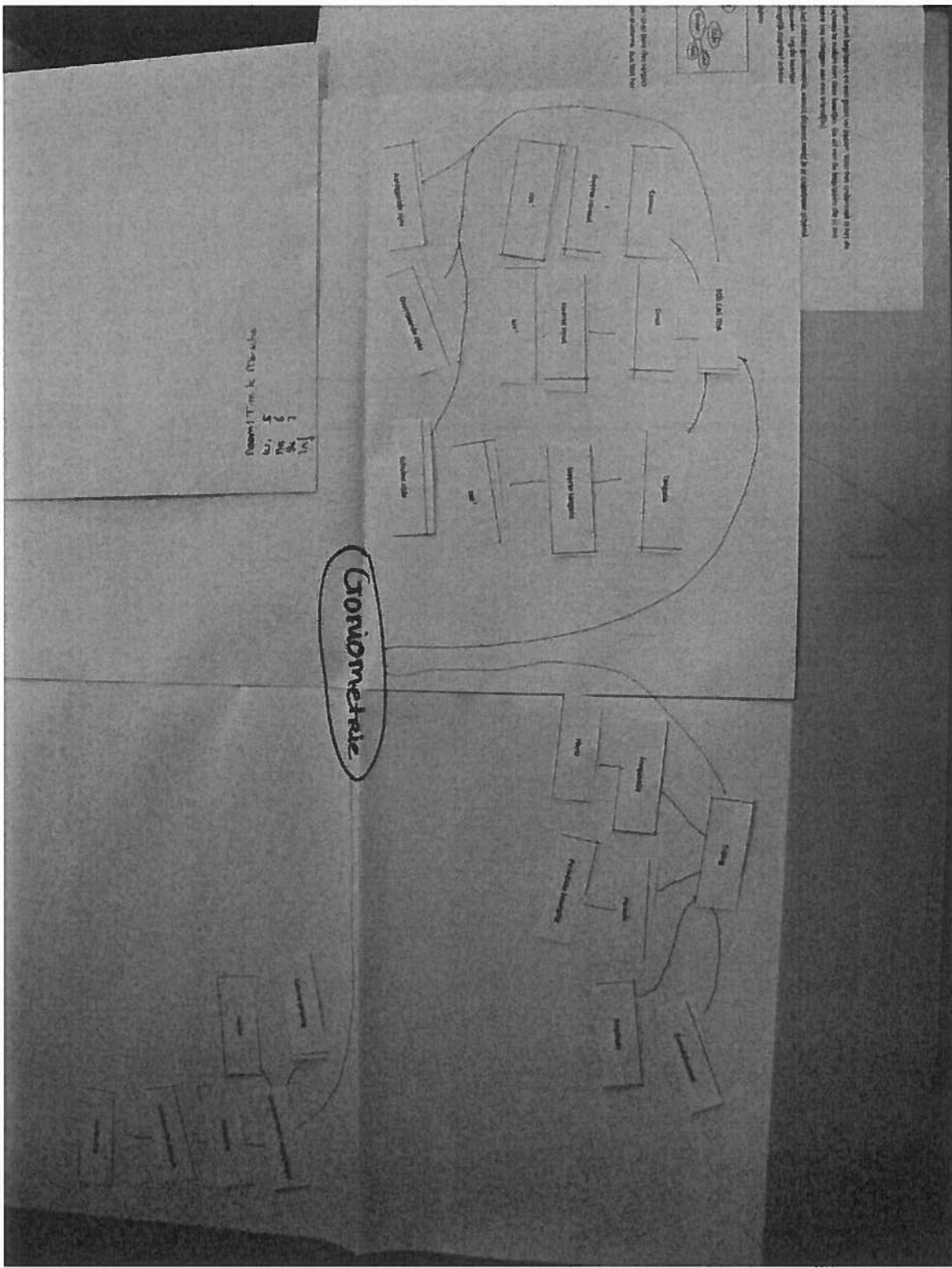


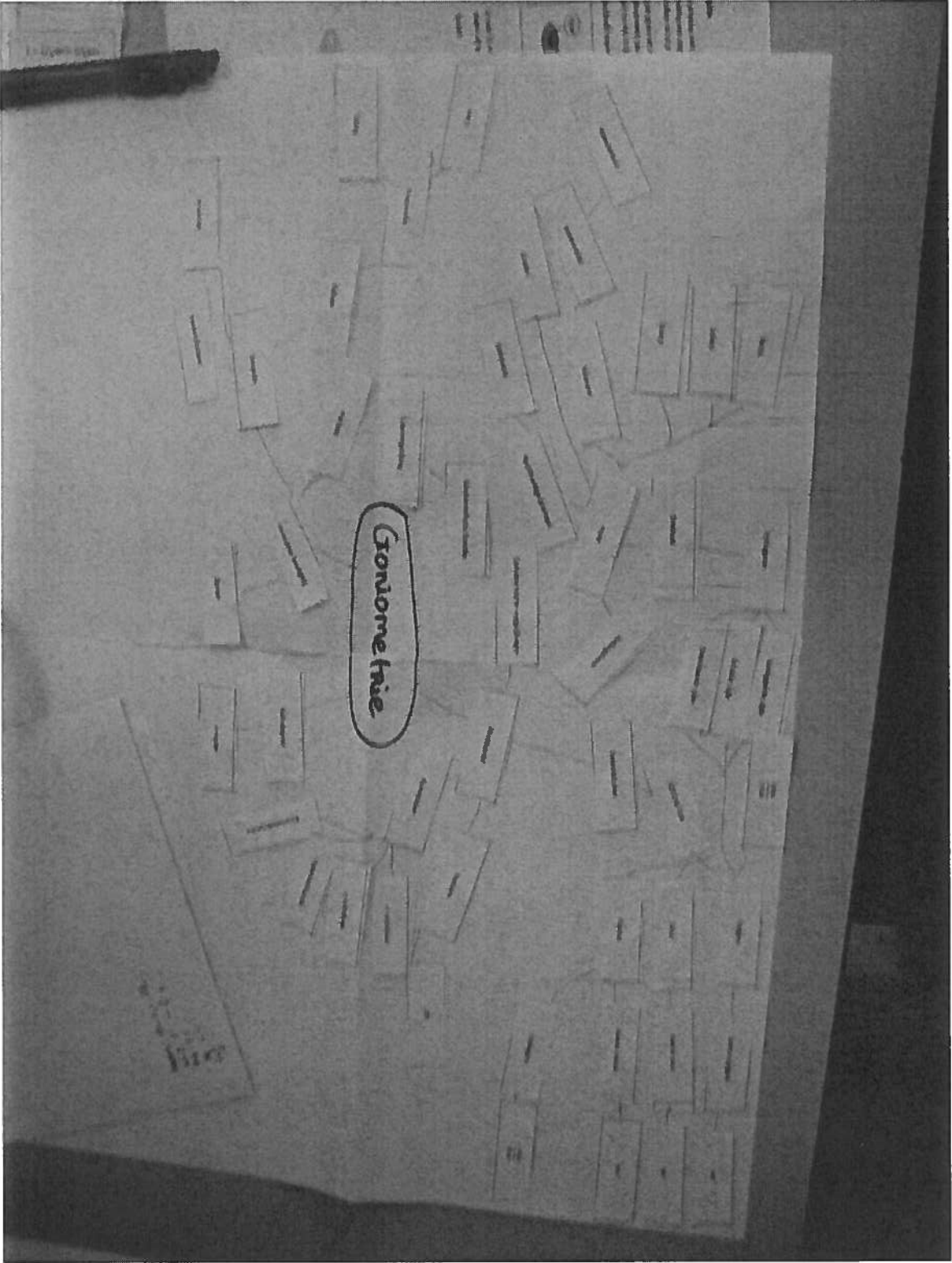




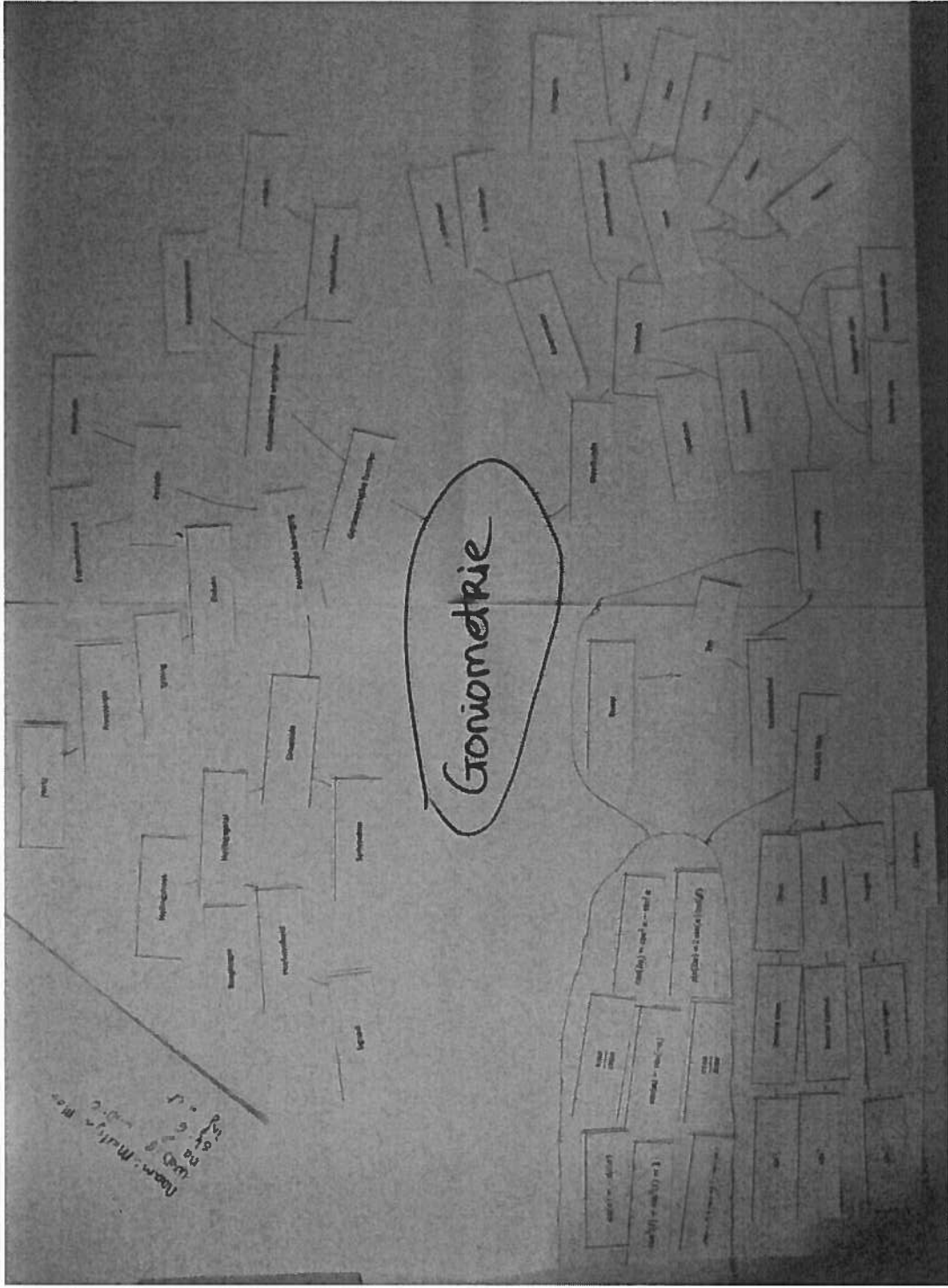


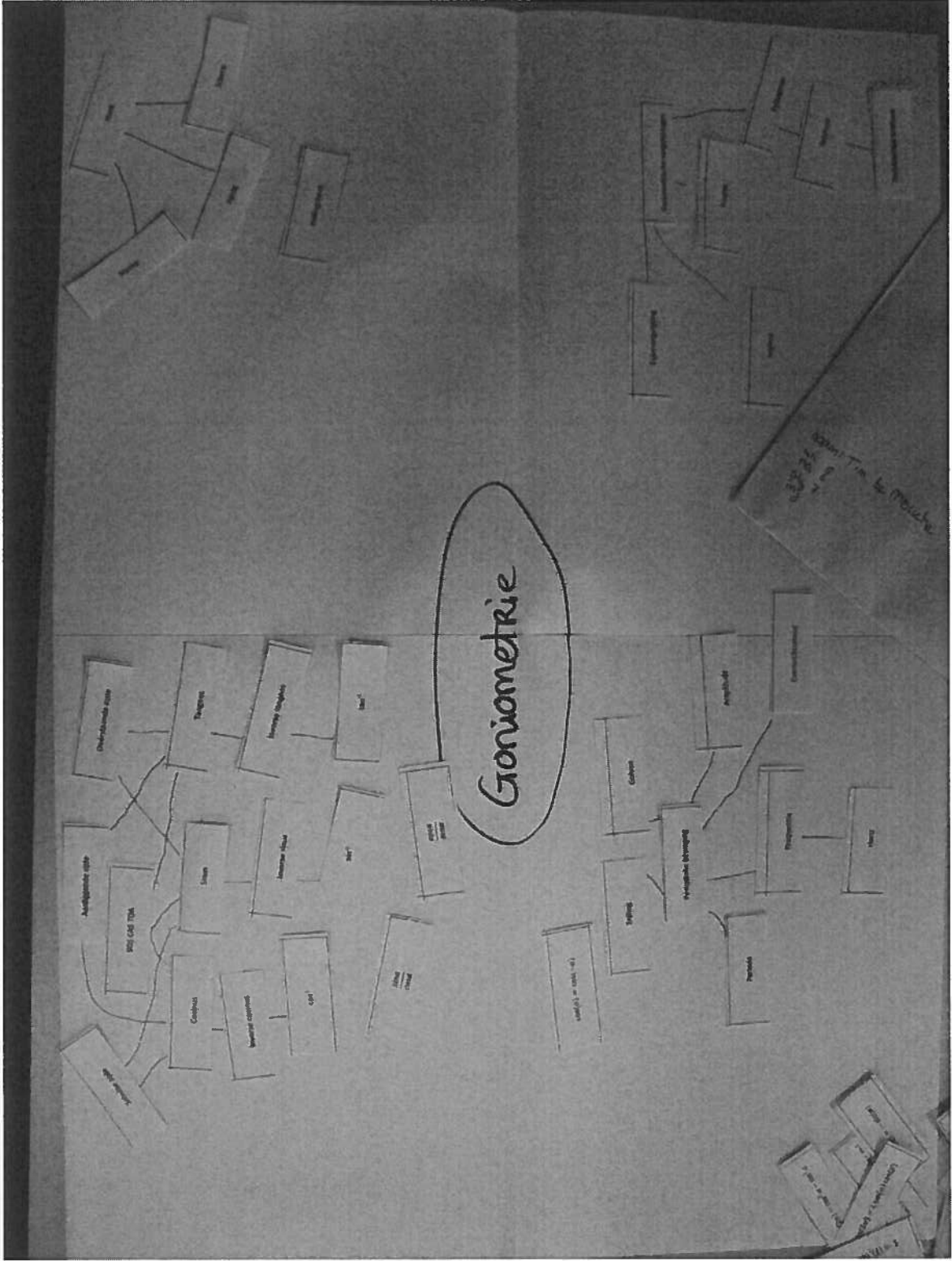


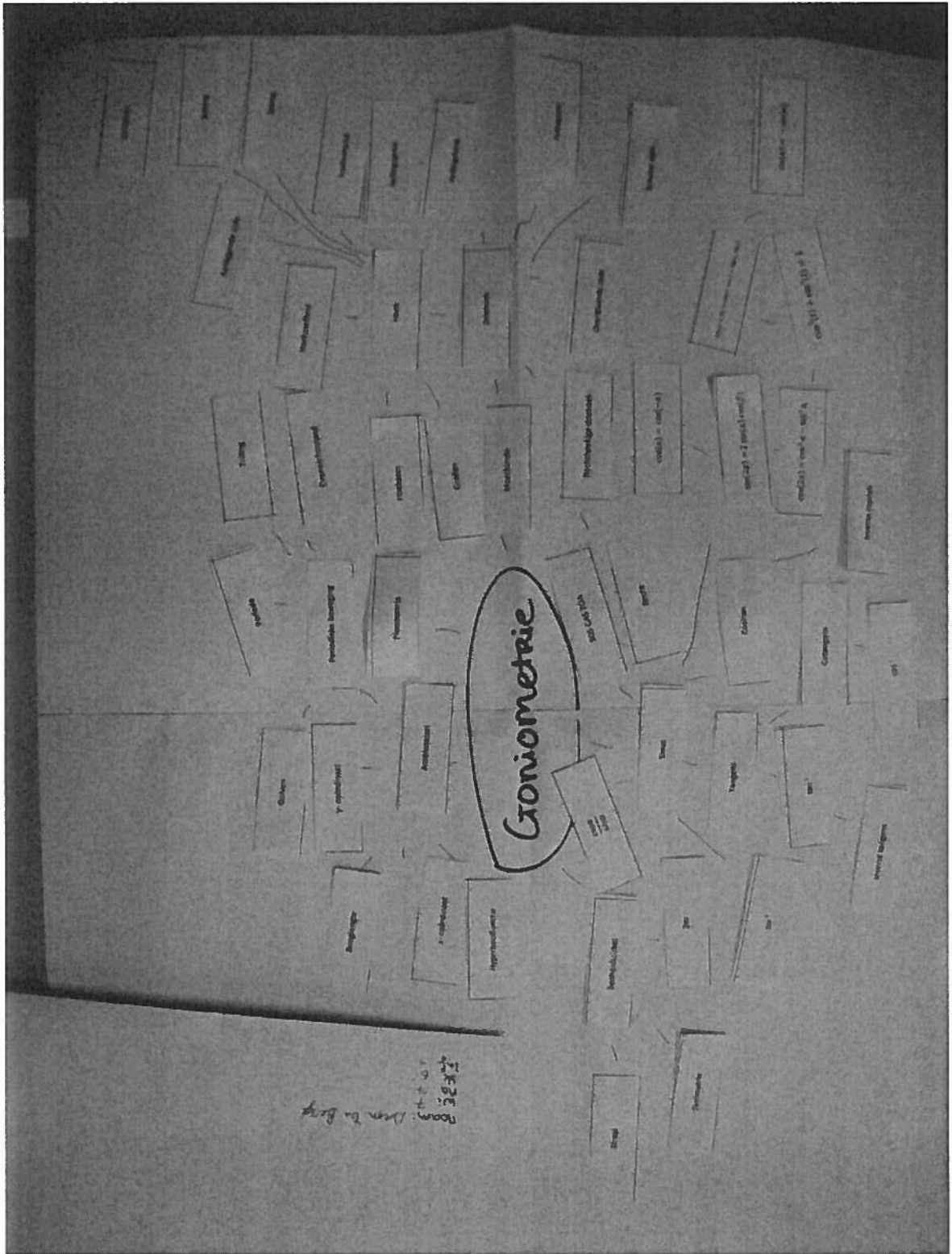


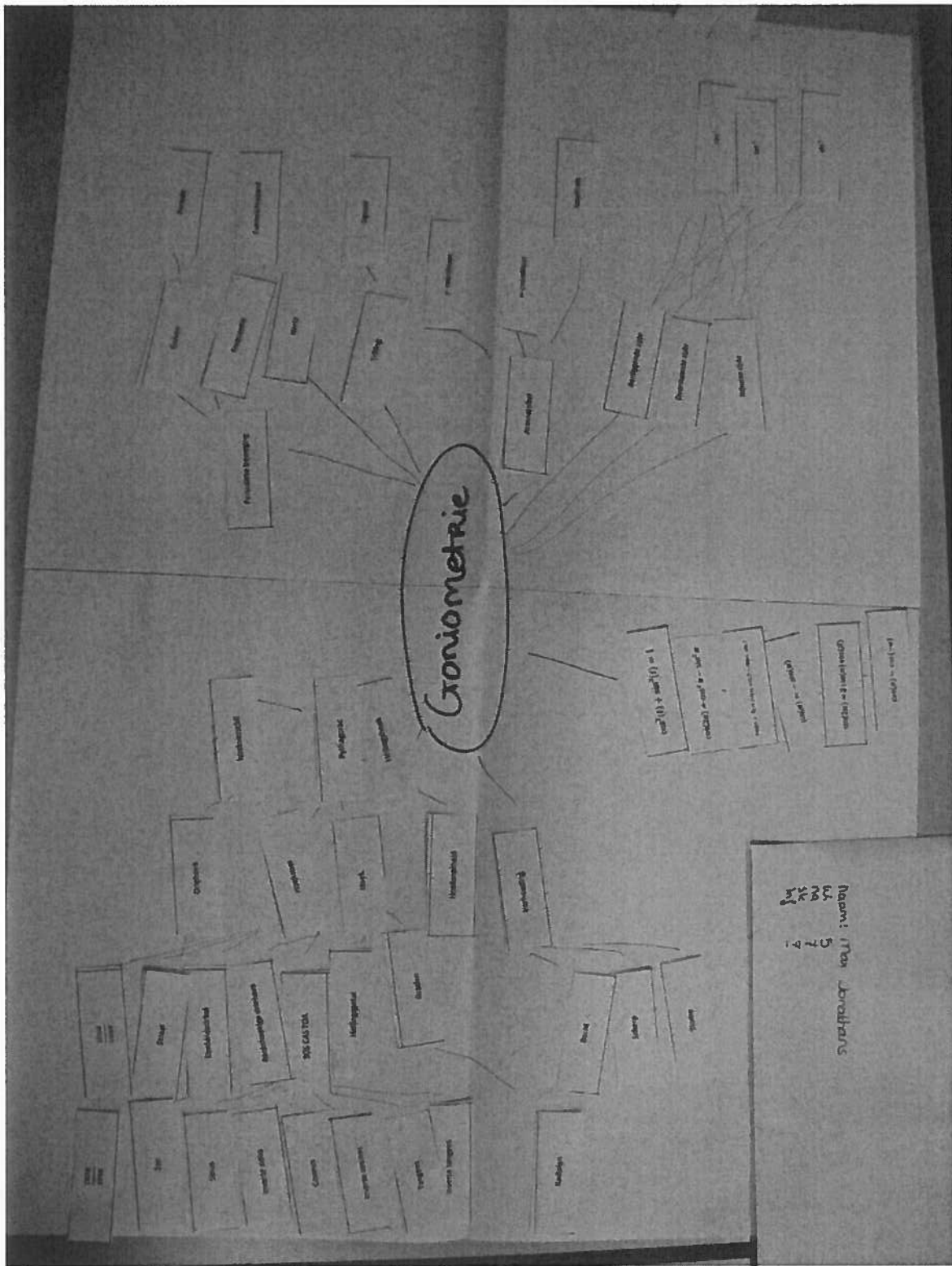


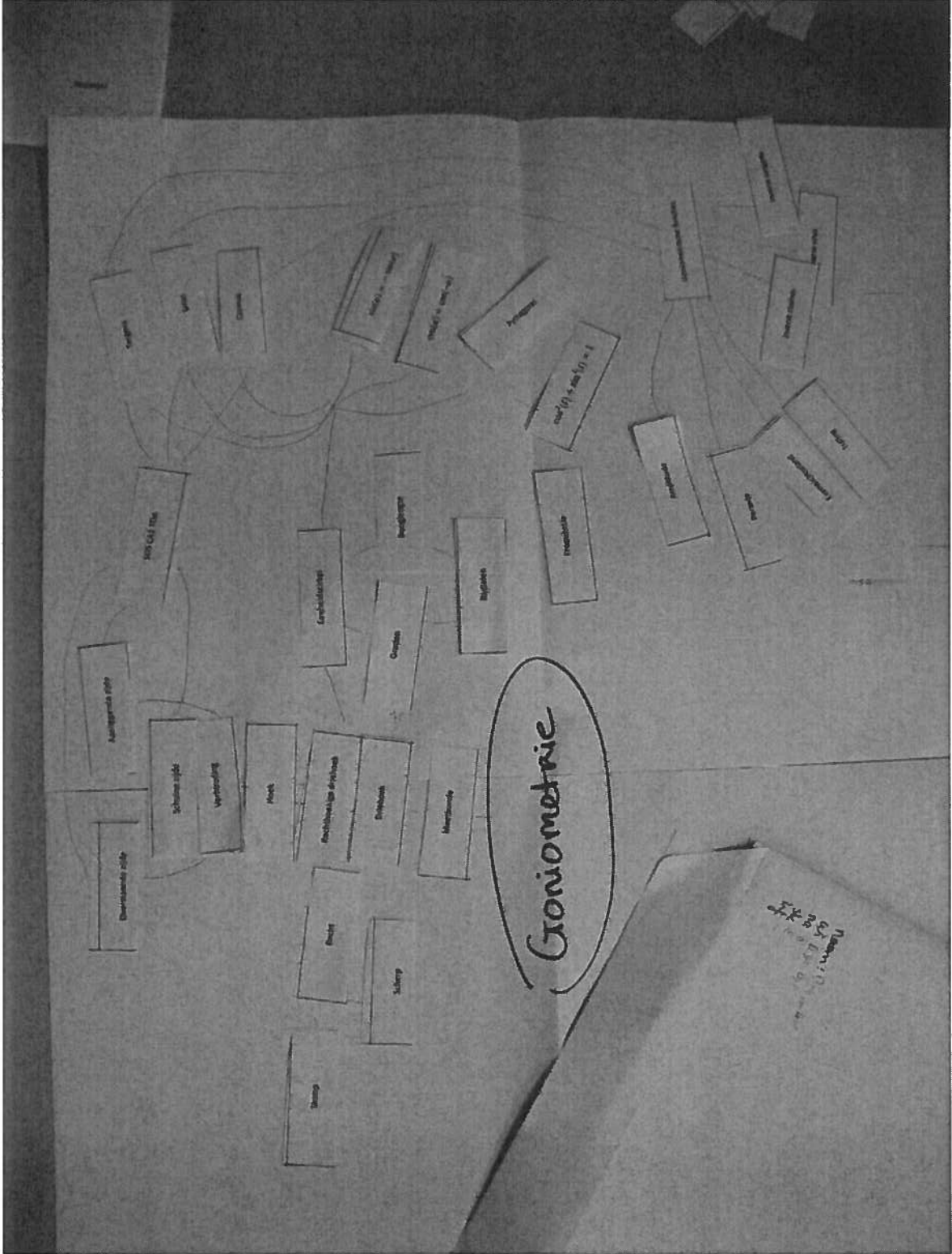
Bijlage II--- Cognitieve schema's opdracht 2

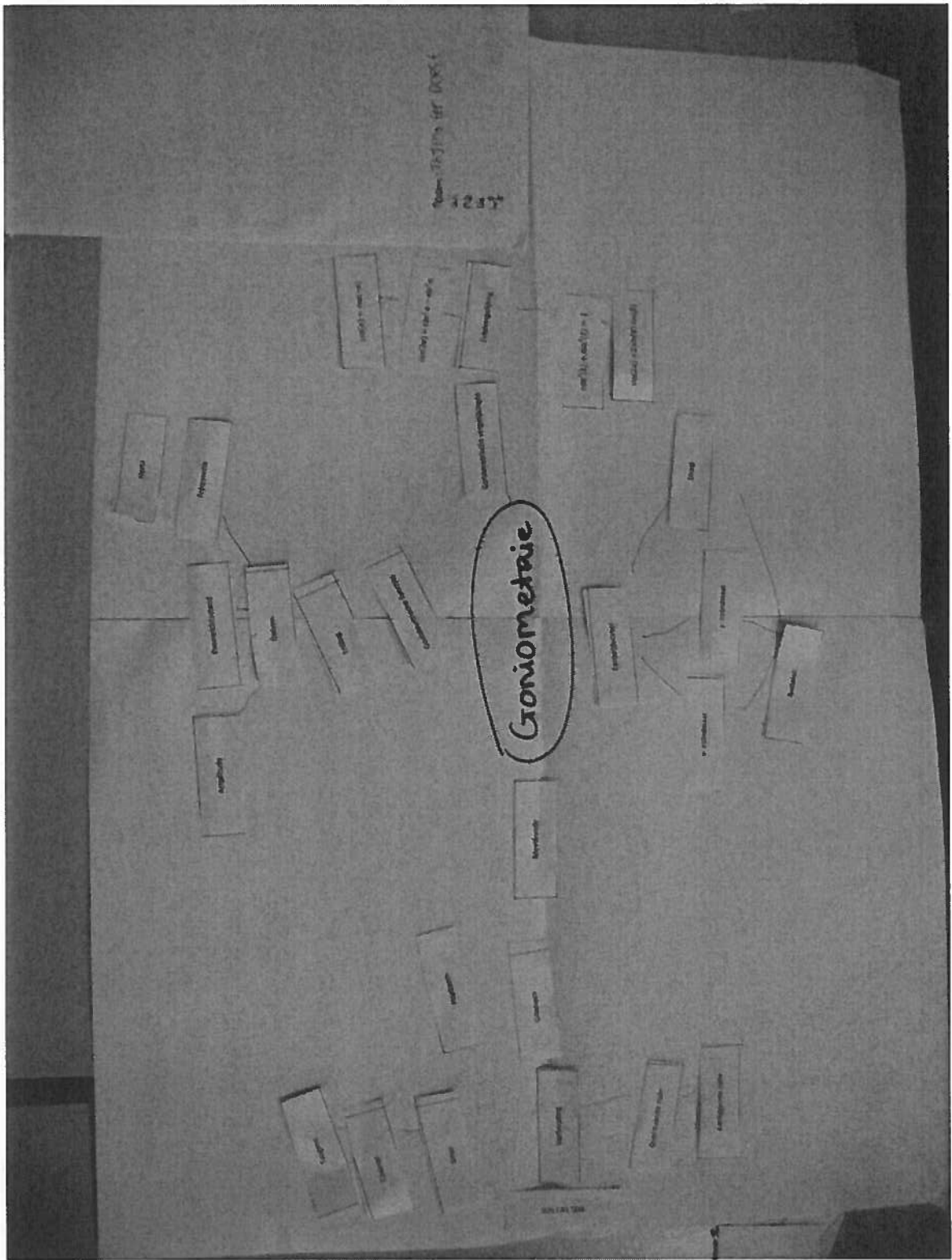


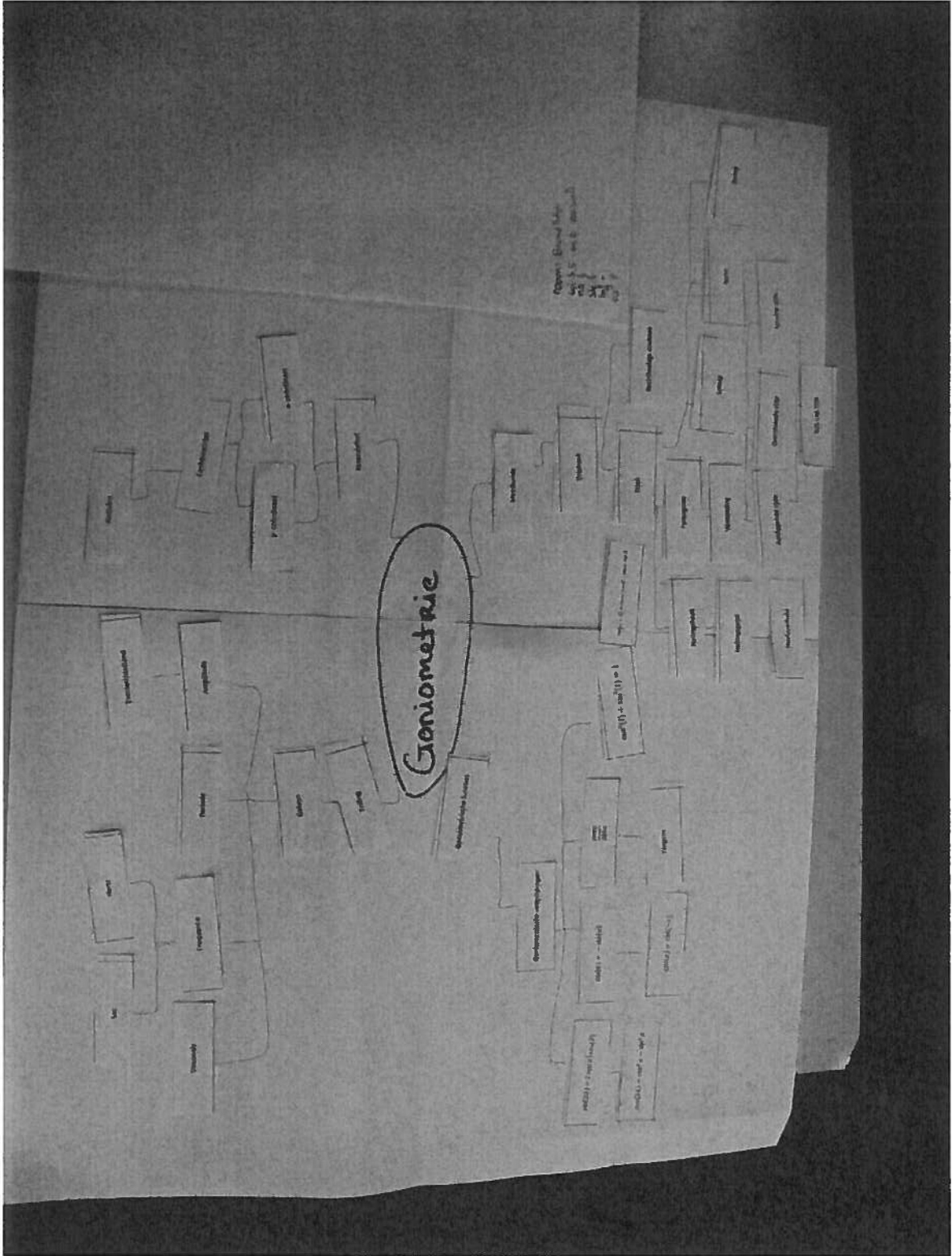


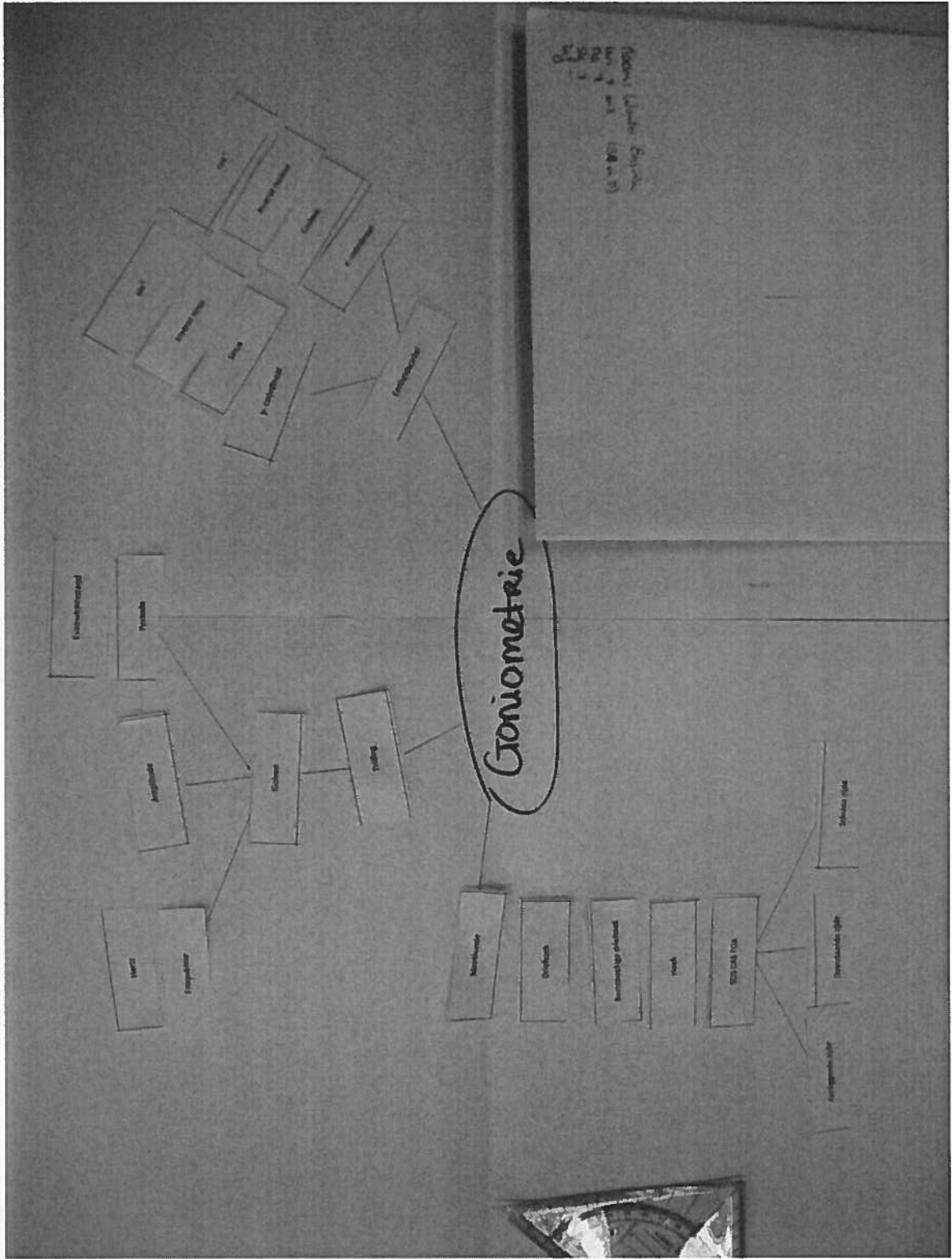


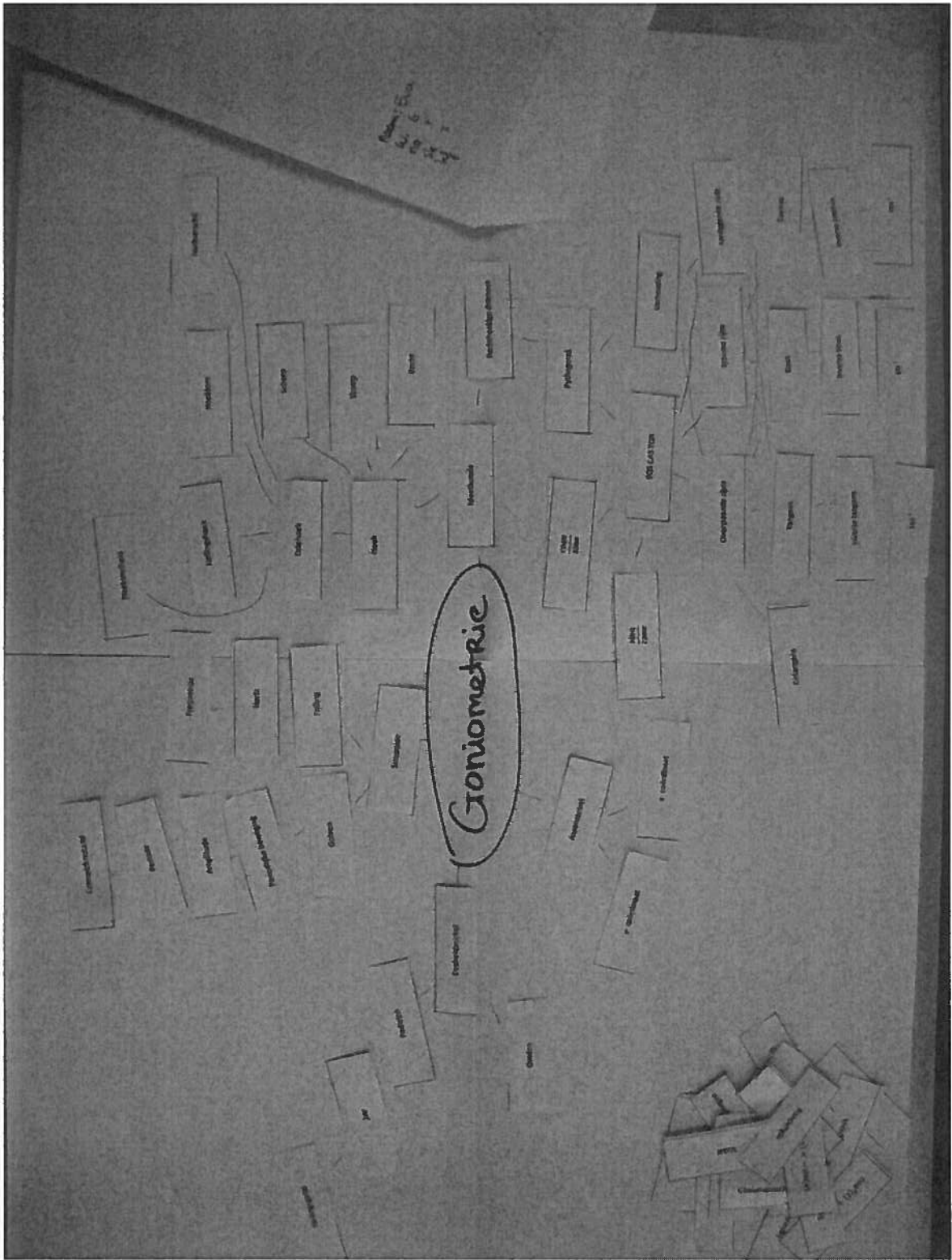


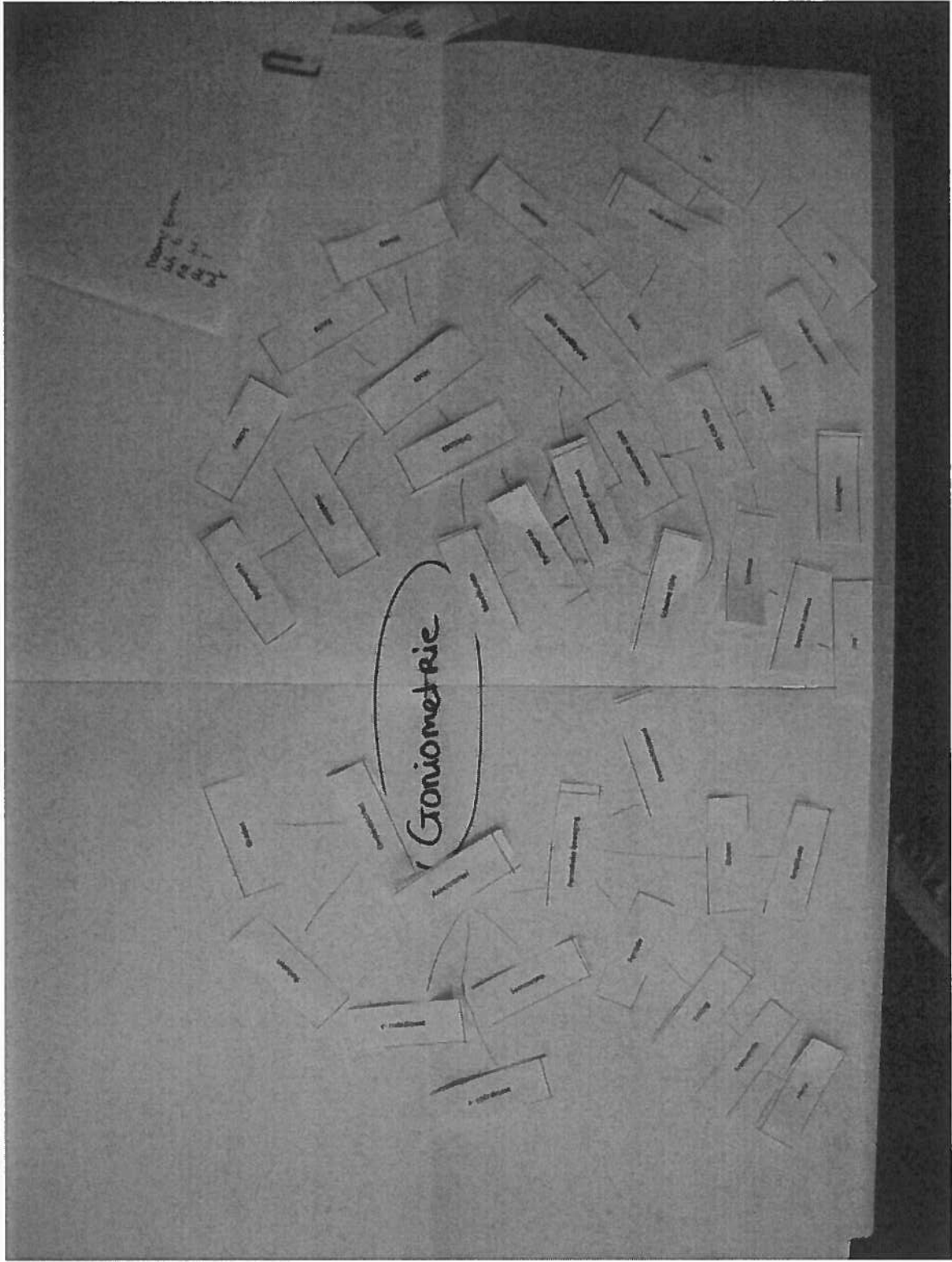


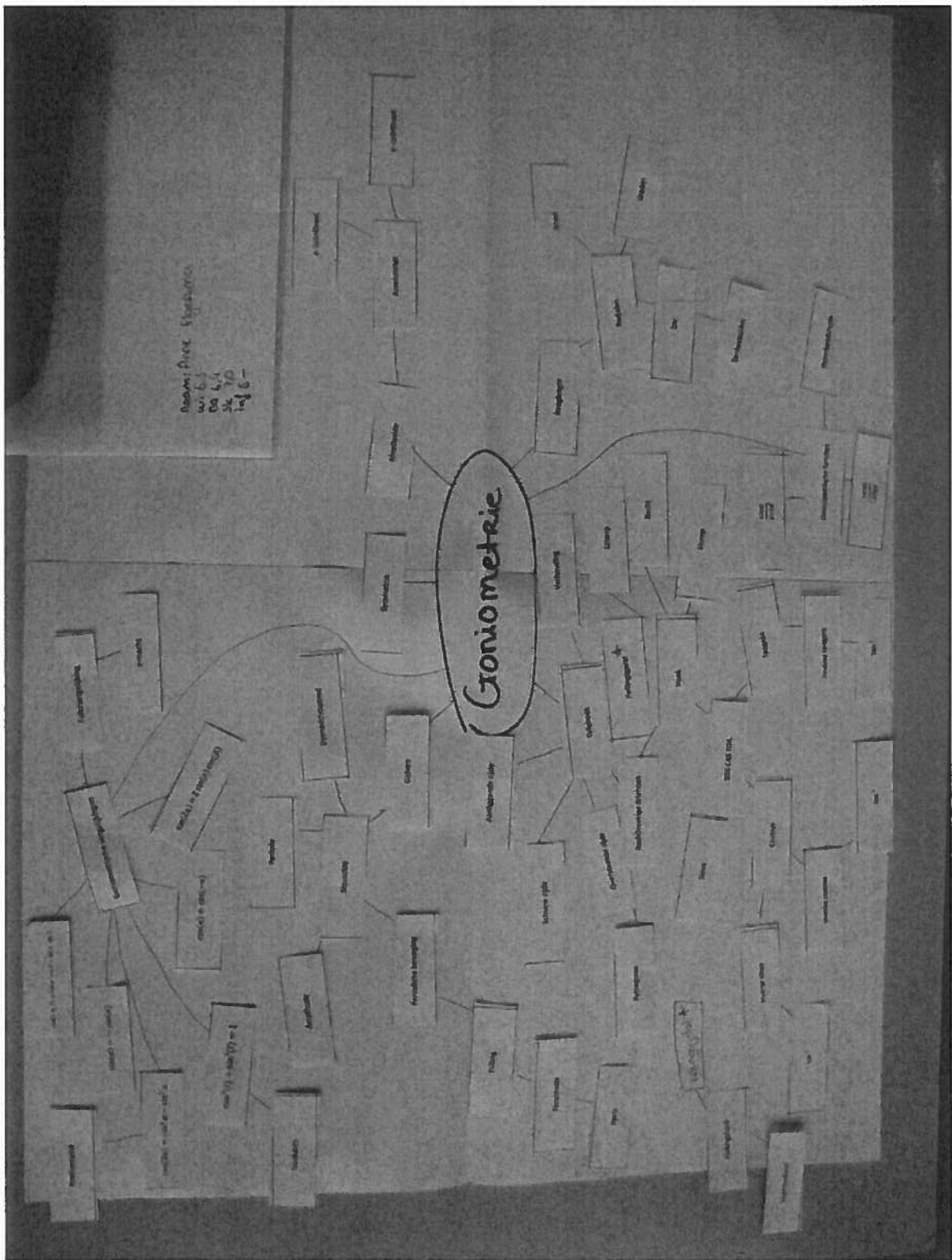


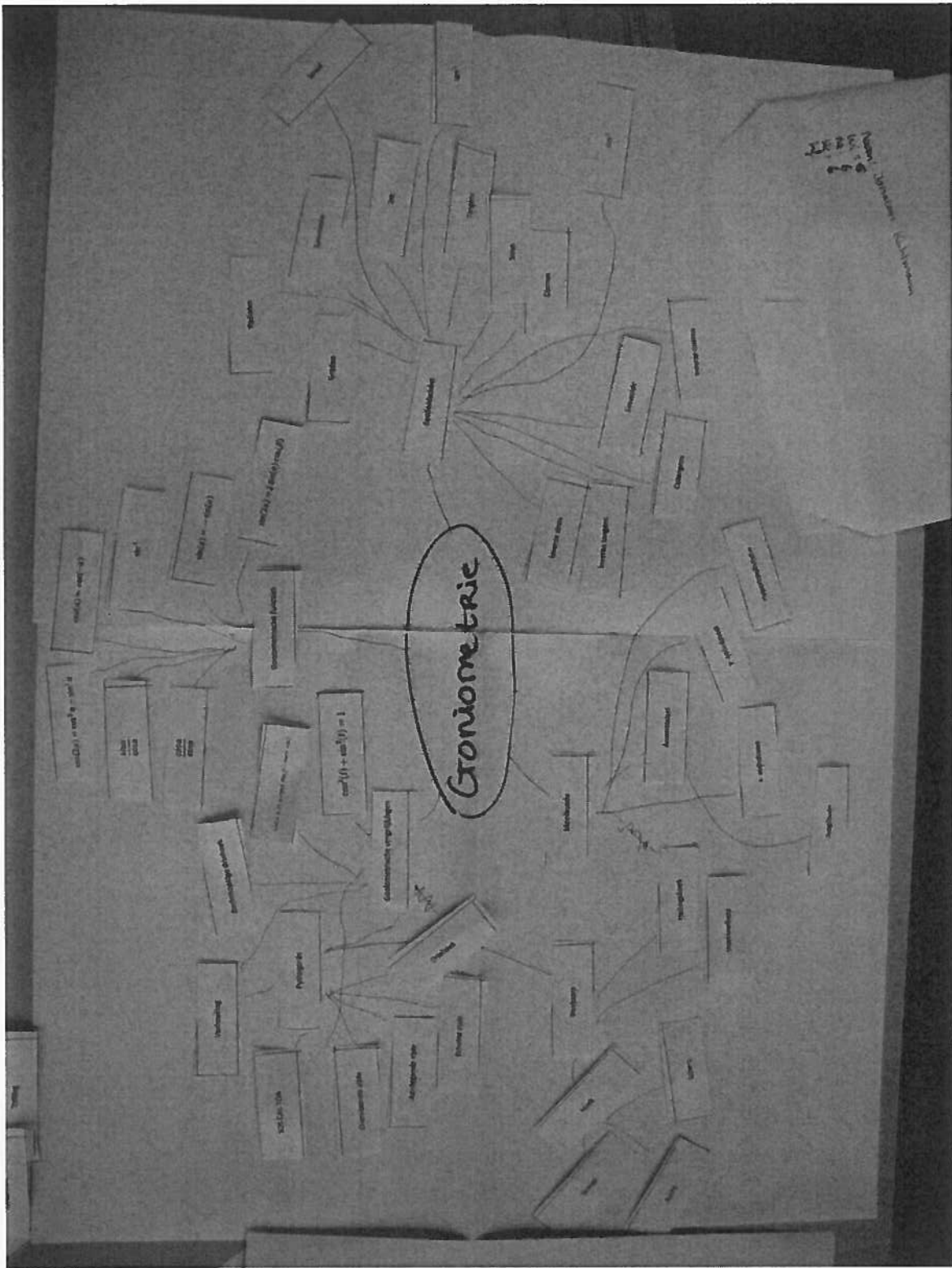


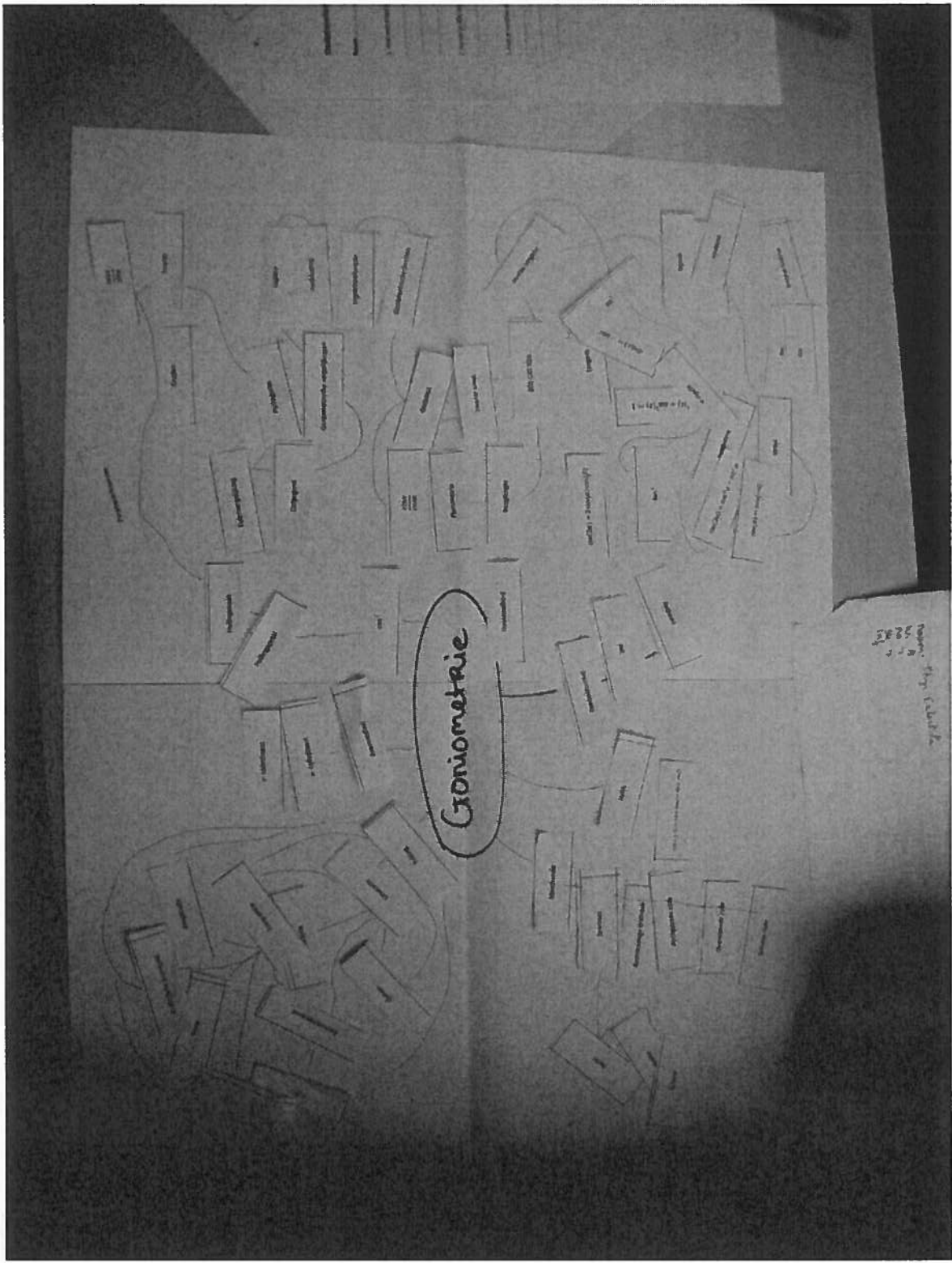


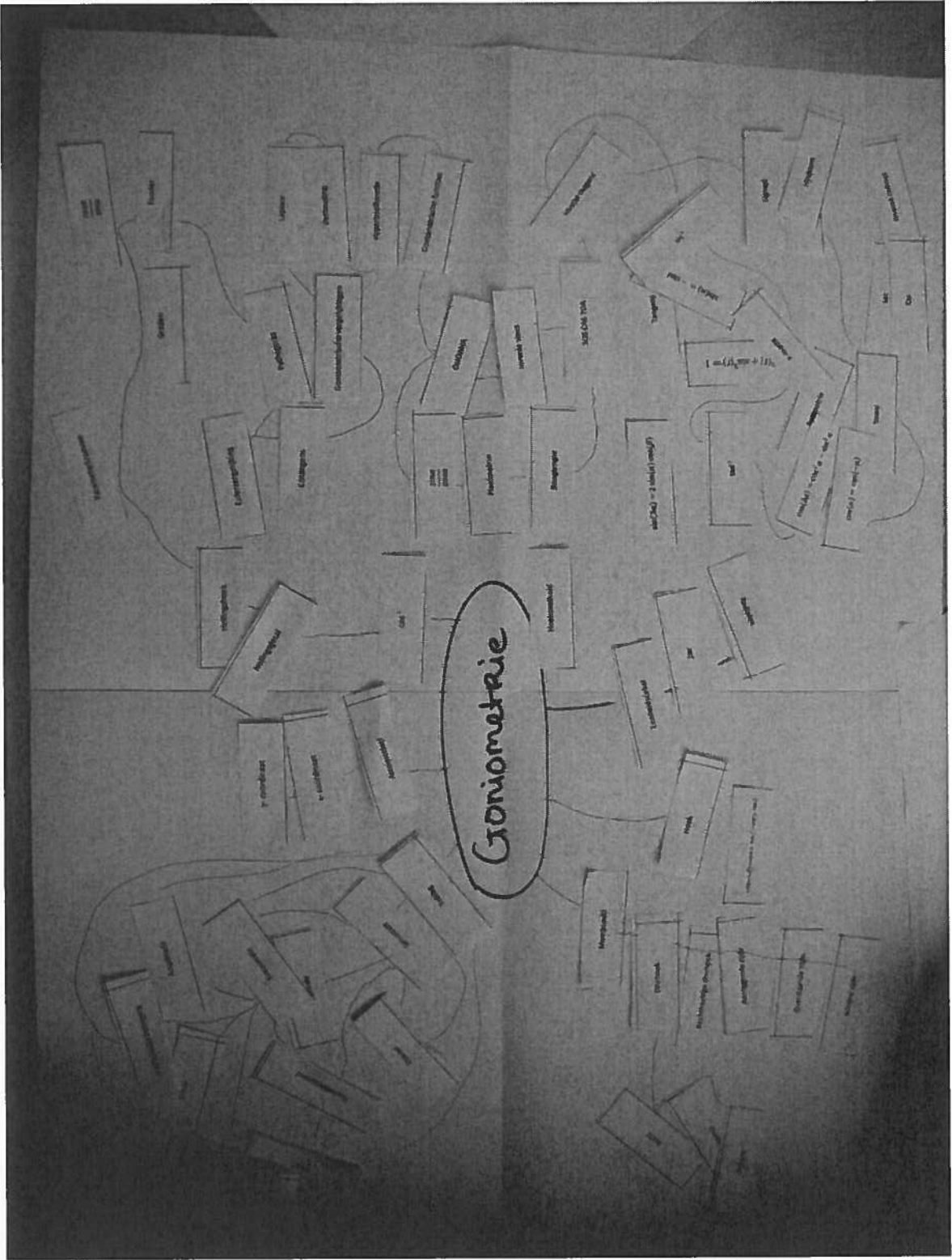












Bijlage IV --- Onderzoeksevaluatie

Onderzoeksevaluatie

Naam:

1. Wat was volgens jou de opdracht?

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

2. Kende je alle begrippen die je hebt gebruikt?

.....

3. Had je schema er anders uitgezien als je meer tijd had? Zo ja, wat is dan het verschil?

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

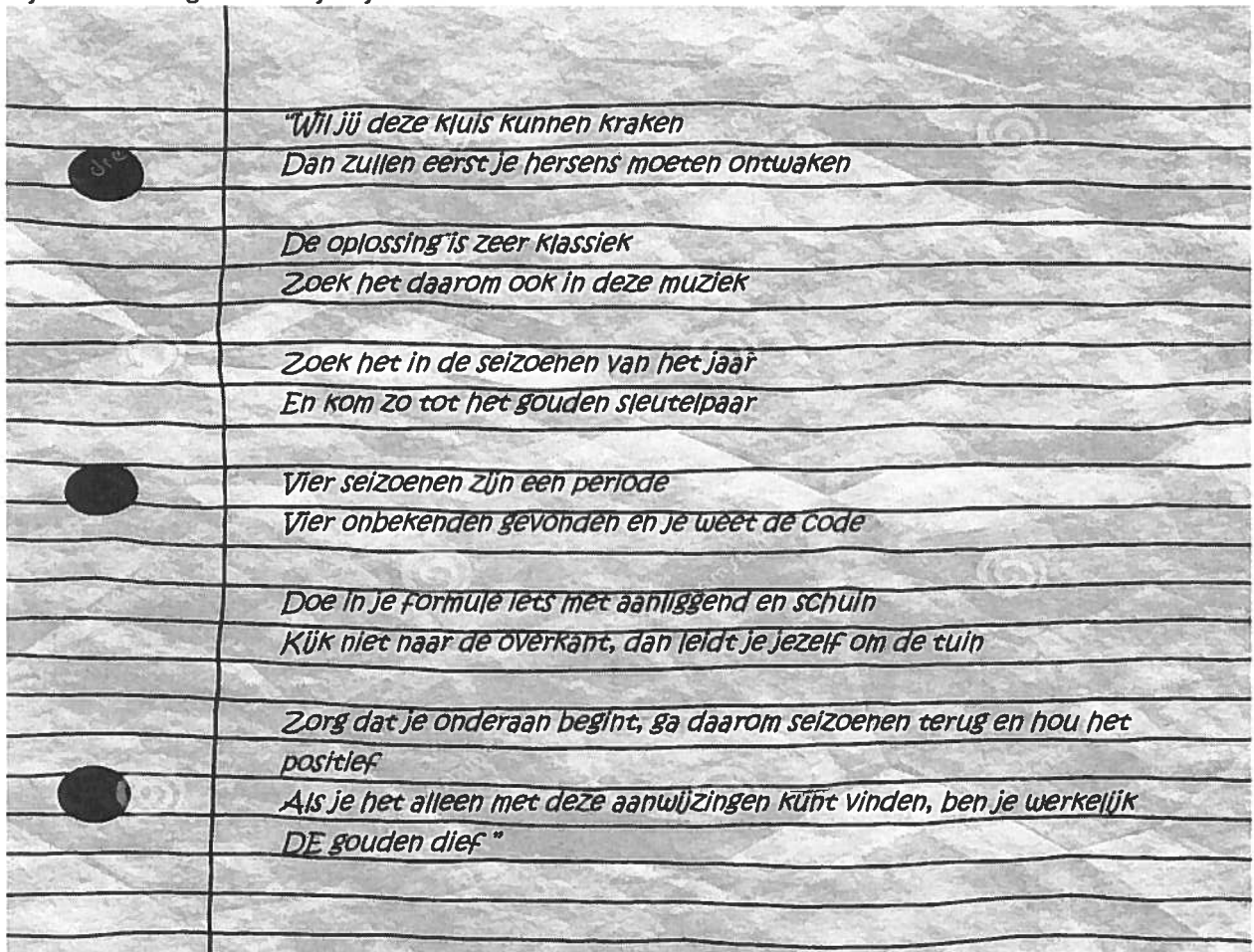
Bedankt!

Bijlage V --- Modelleeropdracht

Kraak de kluis!

Dirk de Dief staat al vele jaren bekend als de expert in het ontcijferen van kluiscodes, tot afgelopen week. Sinds vorige week is er een nieuw soort kluis slot ontwikkeld. Kluisen die een dergelijk slot hebben kunnen alleen worden geopend met het juiste soort geluid. Dirk de Dief is al een week bezig met het ontcijferen van de kluis, maar schiet niet echt op. Het geluidssignaal dat hij tot nu toe heeft voltoed nog niet aan de eisen van de kluis. Het geluid is nog niet sterk genoeg en heeft nog een te lage toonhoogte. Ook is Dirk de Dief er nog niet achter hoe het ingevoerd moet worden. De kluis heeft geen geluidssensor en het signaal invoeren in het tijdsdomein lijkt ook niet te werken. De bevindingen van Dirk de Dief staan hieronder verwerkt. Gebruik deze gegevens voor het kraken van de kluis en zorg dat je het geluidssignaal goed invoert!

Hij vond het volgende briefje bij de kluis



De hersens van Dirk kraakten op volle toeren. De uitdaging van Gouden Dief wilde hij maar al te graag aangaan natuurlijk! Met zijn jarenlange ervaring moest dat een makkie zijn..toch? Hij vond al snel de oplossing van het eerste deel:

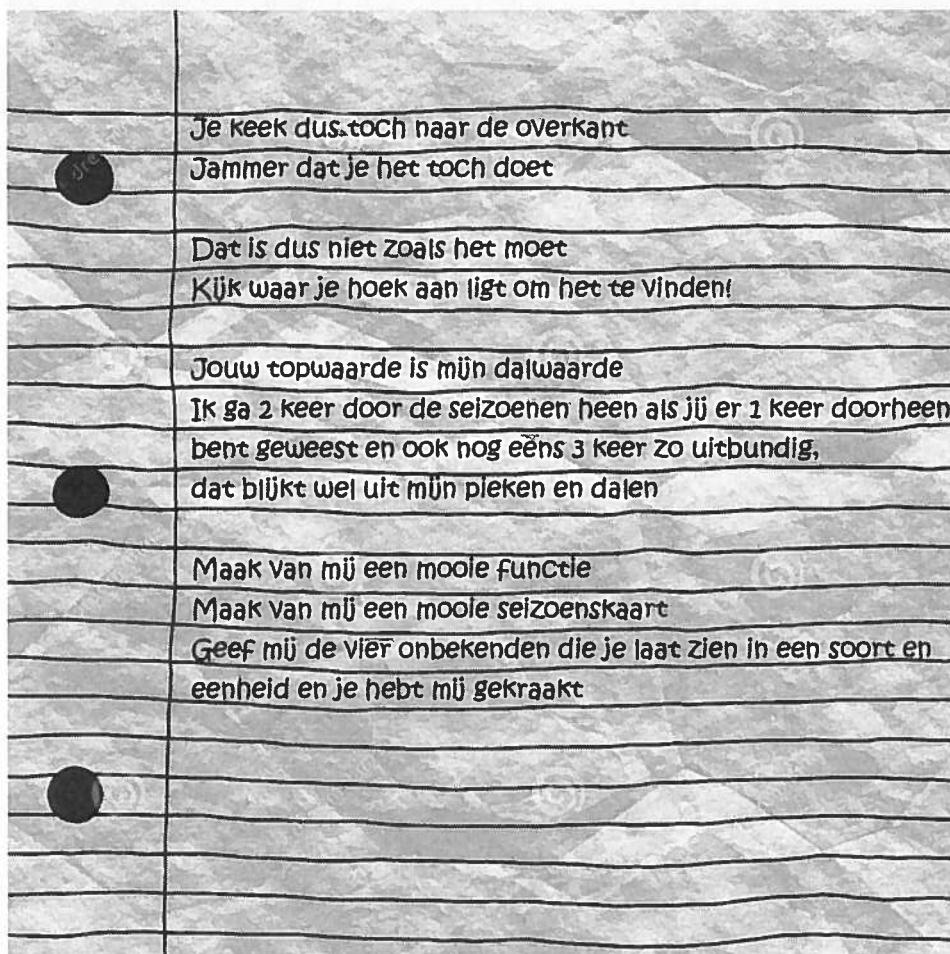
Klassieke muziek....., vier seizoenen. Dit moest over de 4 seizoenen van Vivaldi gaan, kon niet anders. Dat was de periode blijkbaar.

Hé, maar het ging om een geluidssignaal, daar werk je natuurlijk ook met periodes! Hmm dacht Dirk... 4 seizoenen in één periode... 1 seizoen is dus een kwart periode. Er stond ook dat je seizoenen terug moest. Eerst eentje terug is dus een kwart periode.

Dan ook nog positief houden, de waarde mag dus niet negatief worden... nog een verschuiving. En zo kwam Dirk op de volgende oplossing:

$$f(x) = \sin\left(x - \left(\frac{\pi}{2}\right)\right) + 1$$

Dirk voerde de code van de 4 onbekenden in (in zijn geval $1, 1, -\left(\frac{\pi}{2}\right), 1$) en kreeg de volgende melding:



Lukt het jou de kluis te kraken? Laat in een model (schematische weergave) zien hoe jij tot de oplossing bent gekomen. Denk daarbij aan de tussenstappen tot het eind antwoord. Succes!

A



Berwerking
A naar B

B



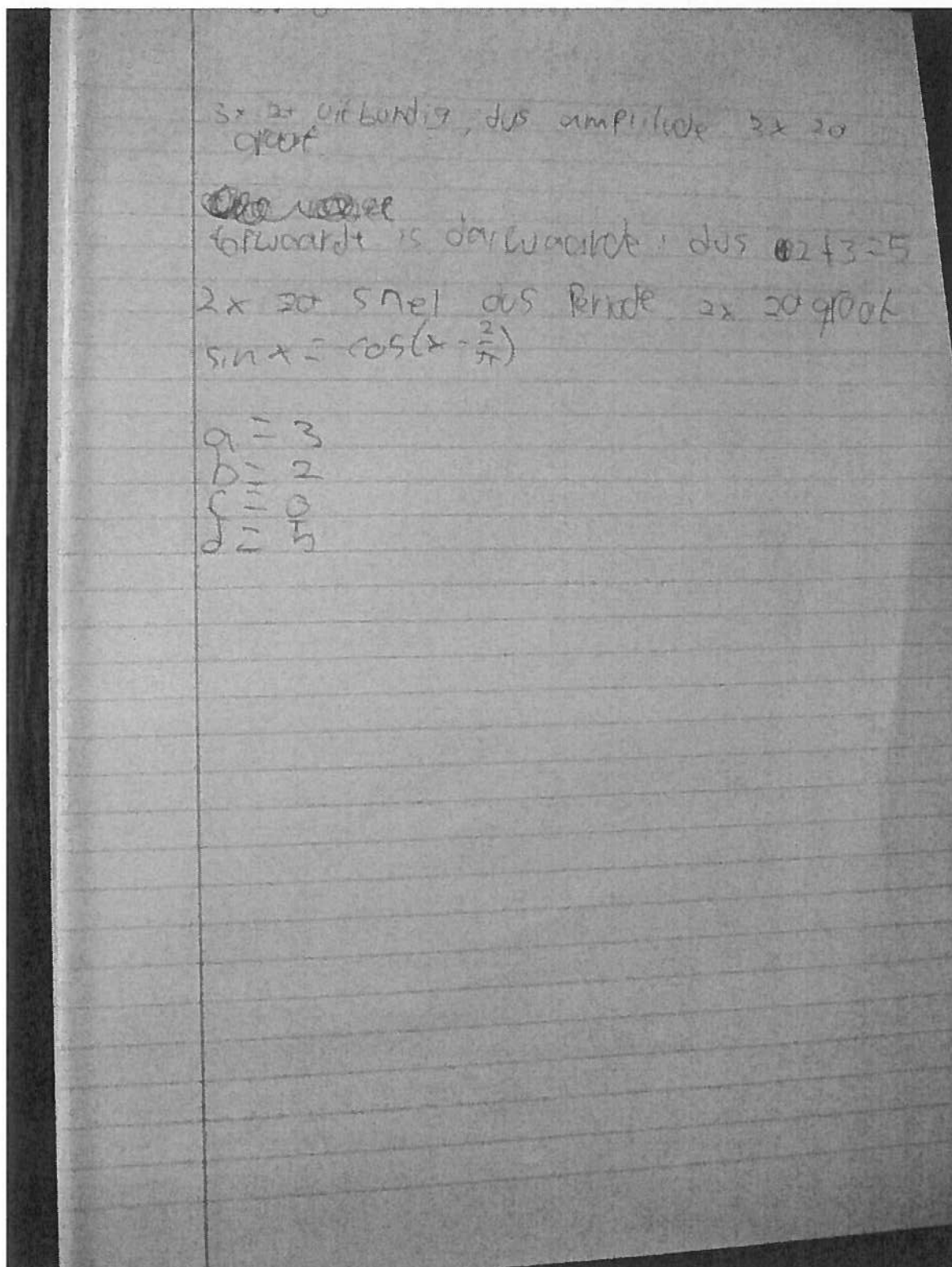
Bewerking
B naar C

C



Bijlage VI--- Voorbeeld uitwerking modelleeropdracht

De eerste foto is een voorbeeld van een Onvoldoende, de tweede van een Zeer Goed



T_n schema

[fact] $f(x) = \dots$ (unvollständig) \Rightarrow [best]

$a = 1, 5 \leftarrow$ (unvollständig) \Rightarrow $g(x) = 2 \dots$

[funktionswert] $\Rightarrow b = \frac{1}{2} \dots$ \Rightarrow [funktionswert] $\Rightarrow 2$

Fragezeichen \leftarrow We mit \dots \leftarrow Antwort \dots

$3 \cos(\dots) = 3 \cos(\dots) = 0 \Rightarrow \dots$

$c = 15 - 12 \dots$

$c = 15 \Rightarrow \dots$

constante = $(3, 2, -1, 5)$

Universiteit Twente

Enschede, 8 juli 2014

Betreft: Onderzoek van Onderwijs

Geachte heer/mevrouw,

Ter afronding van ons onderzoek van Onderzoek van Onderwijs zullen we kort de samenwerking bespreken. Allereerst willen we graag zeggen dat de samenwerking erg goed is verlopen en we de opdracht met plezier hebben uitgevoerd. Vanaf het begin waren we het allebei snel eens met de keuze voor het onderzoek. We wisten ieder van aanpakken en besloten meteen te beginnen met het zoeken van literatuur. Hiervoor zijn we ieder afzonderlijk aan de slag gegaan en vervolgens hebben we de gevonden literatuur samengevoegd. Dit zijn we allemaal door gaan nemen om het daarna gezamenlijk te bespreken. Aan de hand van de opgedane kennis zijn we een opzet gaan maken voor het onderzoek en een takenverdeling voor het verwerken van de literatuur. Zo heeft Laura zich hoofdzakelijk gericht op de cognitieve structuur en eenheden en Michael het modelleren. Deze aanpak verliep erg goed en hebben we doorgevoerd in de rest van het onderzoek. Bij elke belangrijke vervolgstap zijn we om tafel gaan zitten en hebben we besproken hoe we het wilden hebben. Aan de hand daarvan zijn de taken verdeeld en is de besproken opzet thuis uitgevoerd. Dit alles werd vervolgens door beide doorgenomen en aangepast waar nodig. Deze klus was te groot om alleen uit te voeren, waardoor bij de verwerking van de resultaten geen sprake was van een taakverdeling. De conclusie is in zijn geheel, net als de resultaten, gezamenlijk uitgewerkt. Hiervoor hebben we een aantal tijdstippen op de UT afgesproken om er samen mee aan de slag te kunnen, door te nemen en gelijk te verwerken. De discussie is gedurende het onderzoek opgesteld, waardoor er aan het einde van het onderzoek hoofdzakelijk korte punten stonden. Dit is vervolgens in tweeën gesplitst en thuis door ieder afzonderlijk uitgewerkt. We hebben er voor gekozen om het verslag zoveel mogelijk in één schrijfstijl te houden. Laura vond dit een erg leuke taak en heeft er voor gezorgd dat bij het doornemen van het totale verslag de schrijfstijl één geheel werd. Michael heeft het geheel vervolgens doorgenomen met een kritische blik zodat alle puntjes op de 'i' gezet konden worden. Met name de resultaten, conclusie en discussie zijn daarbij aan een kritische blik onderworpen.

Nu het geheel is afgerond kijken we met plezier terug op het uitvoeren van het onderzoek en de prettige samenwerking.

Met vriendelijke groet,

Michael Hekker (s8718105) en Laura van de Weerd (s1002295)



