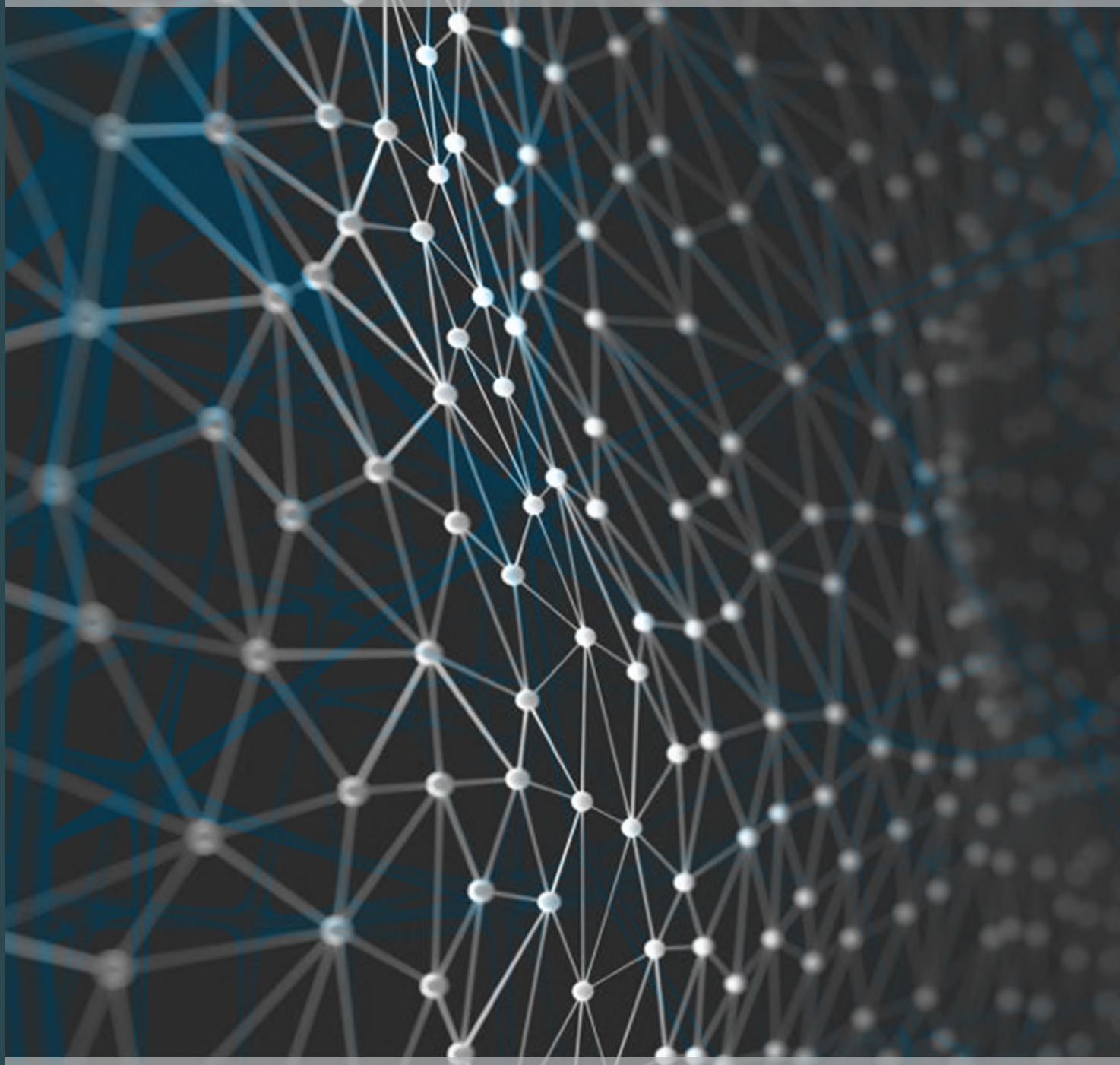
Een systematische aanpak voor het ontwikkelen en rangschikken van leerlijnen

Onderzoek van Onderwijs

Master Educatie en Communicatie in de Bètawetenschappen

Daan J. Geijs



Begeleiding: dr. ir. Henk J. Pol
Afstudeercomissie: dr. ir. Henk J. Pol en dr. Nienke M. Nieveen
Vakgroep ELAN

UNIVERSITY OF TWENTE.

Samenvatting

De autonomie die de overheid de scholen geeft over het indelen van de vakinhoud leidt er toe dat vaksecties en docenten moeten nadenken over het indelen van hun eigen vakinhoud. Wanneer lesmethoden niet aansluiten bij de wensen van de school of vaksectie worden zij automatisch geacht een leerlijn op te stellen. Door tijdgebrek, beperkte curriculumontwerpvaardigheden en het ontbreken van ondersteuning wordt dit als een zeer lastige taak ervaren. Naast het goed ordenen is het ook belangrijk om de leerling tijdig feedback te geven over zijn progressie binnen het curriculum. Een goed opgebouwde leerlijn biedt kansen om ingezet te worden als feedbackmiddel binnen een curriculum. Door gebruik te maken van self-assessment kan een leerling in de leerlijn zien wat de leerdoelen zijn, waar ze nu staan en waar ze heen moeten. Zelfstandig of in overleg met de docent kunnen dan keuzes gemaakt worden om gewenste leerdoelen te bereiken.

In twee ontwerpcycli is onderzocht of het mogelijk was om een systeem te ontwerpen dat op een systematische manier docenten kan ondersteunen in het opbouwen van een leerlijn en of deze opgebouwde leerlijn toegepast kan worden in de klas als feedback middel voor de leerling.

Dit onderzoek heeft laten zien dat een curriculum uit lagen opgebouwd kan worden. Een systeem is ontworden om hieraan een nieuwe laag toe te voegen die het mogelijk maakt om binnen het curriculum modules op te bouwen op basis van vakbegrippen. Door andere vakbegrippen als voorkennis aan een vakbegrip te koppelen kunnen de afhankelijkheden binnen een module in kaart worden gebracht. Een lineaire leerlijn kon opgebouwd worden door een sorteeralgoritme te gebruiken om op basis van de hoeveel afhankelijkheden de vakbegrippen in te delen. In plaats van dat docenten op basis van leerdoelen een eigen module moeten inrichten kon dit systeem automatisch een objectief voorstel genereren voor de opbouw van een module. Het systeem is getest en gevalideerd met behulp van 5 docenten en kwam overeen met de manier waarop zij zelf een module inrichten op basis van vakbegrippen.

Naast het introduceren van een nieuw systeem om een curriculum op te bouwen heeft dit onderzoek aangetoond met behulp van 5 leerlingen dat deze opgebouwde leerlijn visueel gemaakt kan worden en ingezet kan worden als feedback middel voor formatieve toetsing.

Dit exploratieve onderzoek toont aan dat het ontworpen systeem veelbelovend is en wanneer volledig uitgewerkt breed ingezet kan worden om zowel docent als leerling beter te ondersteunen en hierdoor de kwaliteit van onderwijs te verbeteren. Hiervoor zullen wel nog meer ontwerpcycli nodig zijn, op basis van de bevindingen uit dit onderzoek zijn hier aanbevelingen voor gedaan.

0. Inhoudsopgave

1 Introductie **2**

2 Opbouw van een curriculum **5**

3 Cyclus 1: Leerlijn voor docenten **7**
3.1 Inleiding . . . 7
3.2 Exploratie en analyse . . . 7
3.2.1 Vooronderzoek . . . 7
3.2.2 Eisen en ontwerpkeuze . . . 9
3.3 Werkwijze . . . 12
3.3.1 Terminologie en motivatie . . . 12
3.3.2 Ontwerp systematische leerlijn . . . 13
3.3.3 Validatie . . . 17
3.4 Resultaten . . . 20
3.4.1 Workshop activiteit 1 . . . 20
3.4.2 Workshop activiteit 2 . . . 21
3.4.3 Workshop activiteit 3 . . . 23
3.4.4 Resultaat sorteeralgoritme . . . 24
3.4.5 Interview . . . 26
3.5 Validatie en discussie . . . 27
3.6 Deelconclusie en aanbevelingen voor Cyclus 2 . . . 29

4 Cyclus 2: Visuele leerlijn voor leerlingen **30**
4.1 Inleiding . . . 30
4.2 Exploratie en analyse . . . 30
4.2.1 Vooronderzoek . . . 30
4.2.2 Eisen en ontwerpkeuze . . . 31
4.3 Werkwijze . . . 33
4.3.1 Ontwerp visuele leerlijn . . . 33
4.3.2 Validatie . . . 35
4.4 Resultaten . . . 35
4.5 Validatie en discussie . . . 40

5 Afsluitend **42**
5.1 Discussie . . . 42
5.2 Conclusie . . . 44
5.3 Aanbevelingen . . . 44

Bibliografie **46**

Appendices **48**

1. Introductie

In het Nederlands onderwijssysteem staat het curriculum of leerplan voor de globale invulling van een vak. Vaak wordt gedacht dat dit voor het vak natuurkunde van a tot z vastligt, maar het curriculum is continu in ontwikkeling en verschillende partijen hebben hierbij een vinger in de pap. In veel landen zorgt de overheid voor een centrale sturing en wordt op overheidsniveau een curriculum vastgesteld met gedetailleerde voorschriften voor doelen en inhouden, onderwijstijd, selectie van leermiddelen, leerstandaarden en een daaraan gekoppeld toetsingsregime. Hierdoor is er weinig ruimte voor eigen accenten van scholen en leerkrachten; zij worden vooral aangesproken op verantwoording van behaalde leeropbrengsten. In Nederland worden doelen en inhouden door de overheid als hoofdlijnen vastgelegd en de invulling hiervan aan scholen overgelaten (Van den Akker & Thijs, 2009). Vakinhoudelijk mogen vaksecties en zelfs individuele docenten bepalen over hoe en wat de leerling nodig heeft om te voldoen aan de door de overheid opgestelde richtlijnen.

Binnen het huidige systeem zijn er aparte richtlijnen opgesteld voor de onder- en bovenbouw. Voor de onderbouw zijn de richtlijnen samengevat door het Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen(OCW) in kerndoelen. Ze geven in globale termen aan waar het daarbij om gaat: „een onderzoekende houding ten opzichte van de natuur, herkennen van samenhangen en wisselwerkingen, verbinden van theorieën en modellen met praktisch werk en waarneming, bevorderen van duurzaamheid"(OCW, 2006). Er zijn geen richtlijnen op welk niveau de leerling deze kerndoelen moet beheersen of de manier waarop. Voor het natuurwetenschappelijk onderwijs heeft De SLO een kennisbasis onderbouw ontwikkeld die op basis van deze kerndoelen leerdoelen inhouden verschaft (Ottevanger et al., 2014). Aangezien de SLO zoveel mogelijk tracht een objectieve rol te spelen binnen het natuurwetenschappelijk onderwijs is de kennisbasis richtinggevend. Dit betekent dat het niet-verplichtend, inspirerend en toekomstbestendig is. Echter, deze leerdoelen en leerinhouden zijn geformuleerd zodat deze aansluit op het primair onderwijs en op de eindtermen in het eindexamenprogramma. De basiskennis heeft dus als doel om de betrokkenen een meer concrete richtlijn te geven voor hoe de onderbouwvakken kunnen worden ingevuld, zodanig dat rekening wordt gehouden met het onderwijs voorafgaand en na afronding van de onderbouw. Maar ook de kennisbasis geeft dus niet aan hoe dat alles dan moet worden behandeld en in welke volgorde (Pol, 2017).

Voor de bovenbouw is er door het OCW een duidelijk vastgesteld examenprogramma. Net als de onderbouw is er een document opgesteld met daarin een lijst van eindtermen waaraan het onderwijs in de bovenbouw moet voldoen. Een verschil is dat er verschillende eisen worden gesteld aan de toetsing van deze eindtermen. Sommige worden getoetst in een centraal schriftelijk examen (CE) en mogen ook getoetst worden in het schoolexamen (SE), anderen mogen enkel in het SE worden getoetst. De lijst met onderwerpen die in het CE worden getoetst zijn uitwerkt in de syllabus (OCW, 2018). Ook hiervoor heeft de SLO een vergelijkbare aanvulling voor geleverd: de handreiking schoolexamen (Paus, 2012). Hierin staan suggesties voor de invulling van SE-onderwerpen. Docenten en vaksecties zijn namelijk

vrij om onderwerpen die in het SE getoetst worden te kiezen en in te delen. Het document dat SLO heeft opgesteld wil vooral docenten informeren en adviseren over de eisen en de mogelijkheden voor het inrichten van de schoolexamens (Pol, 2017).

De richtlijnen die zijn opgesteld door OCW en SLO zijn vooral van het type *waartoe* leren zij en *waarheen* leren zijn. De vraag over *wat* leerlingen *wanneer* gaan leren is binnen het onderwijs een veelbesproken thema. Overwegingen ontstaan vanuit pedagogische opvattingen, zorg om kwalificatie en aansluiting, vakdidactische inzichten of maatschappelijke problemen. Ieder heeft vanuit zijn eigen ervaring met onderwijs een diepgeworteld beeld hoe het onderwijs eruit moet zien overgehouden (Van den Akker & Thijs, 2009).

Het kiezen van een concrete invulling van het programma, en zeker de weg ernaar toe, is dus voor zowel de onder- als de bovenbouw de taak van de leraar en de vaksectie. Tyler (2013) voegt daar aan toe dat naast het kiezen van de juiste inhouden het bij het invullen van het programma ook gaat om het ordenen van deze inhouden tot een consistent en samenhangend curriculum. Het is van belang te komen tot een samenhangende ordening van inhouden in vakken. Kortom, hoe verdeel je de leerstof over de leerjaren, hoe houd je rekening met de opbouw van het niveau in leerstof en hoe bouw je aan vaardigheden van de leerling? (Pol, 2017)

De samenhang van inhouden over een of meerdere leerjaren wordt vaak zichtbaar gemaakt in leerlijnen. Leerlijnen zijn sequenties van leerinhouden. De sequentie kan lineair zijn, getrapt of concentrisch(spiraalcurriculum). Met een leerlijn kan continuïteit gewaarborgd worden tussen leerinhouden en kan er zo op een doordachte manier naar uiteindelijk leerdoelen gewerkt worden. De leerdoelen worden opgesteld door OCW en verder geconcretiseerd door de SLO. Echter, de lastigste taak blijft over voor de docent en vaksectie, én dat is het ordenen en invullen van de lesinhoud door een leerlijn te maken. Docenten kunnen gebruik maken van leerboeken of lesmethodes. Kies je als vaksectie voor een leerboek, dan is het zaak dat de voorkeur van de docent en vaksectie zo veel mogelijk in overstemming zijn met de voorkeuren van het auteursteam. Onder andere op curriculumniveau is het van belang te kijken hoe een leerboek is opgebouwd (Pol, 2017).

Wanneer methoden niet toereikend genoeg zijn of niet in lijn liggen met de visie van een vaksectie zullen docenten op zichzelf aangewezen zijn om een leerlijn op te stellen. Echter, de huidige (post-)initiële lerarenopleidingen besteden veelal op fragmentarische wijze aandacht aan curriculumontwerpvaardigheden (Nieveen, Van der Hoeven, Ten Voorde, Koopmans & Van Lanschot Hubrecht, 2013). Daarbij komend maakt de spraakverwarring rondom de leerlijnen het moeilijk op een eenduidige manier met het ontwerp en de ontwikkeling van leerlijnen om te gaan. Dit toonde de SLO al aan in 2009 door te concluderen dat er veel uiteenlopende definities over een leerlijn zijn (Strijker, 2010). Ook krijgen docenten te weinig tijd om te werken aan het ontwikkelen van een leerlijn. In 2008 is er een onderzoek gedaan naar de tijdbesteding van een docent VO. Zij concludeerde dat slechts enkele leraren op school zich bezig konden houden met de ontwikkeling van hun vak en deze taak gemiddeld een klein half uur per week op school uitvoerden. Ook, gaf 74% van de ondervraagden aan meer tijd te willen steken in ontwikkeltaken en dat zij naast het lesgeven hier de meeste voldoening uit te halen (Bergen, Van Der Meer & Van Der Otterlo, 2009). Het is dus belangrijk dat naast het verkrijgen van meer ontwikkeltijd docenten ook over goede hulpmiddelen bezitten om tijdsefficiënt een leerlijn op te kunnen ontwikkelen en te onderhouden.

Om docenten beter te ondersteunen heeft de SLO ‘leerplan in beeld’ opgesteld (SLO, 2018). Aan de hand van ‘leerdoelen kaarten’ bieden ze docenten hiermee een overzicht van de leerdoelen en de bijbehorende vakbegrippen. De docent kan kijken of zijn opgestelde leerlijn aan alle doelen voldoet en of de eindtermen van het CE zijn gedekt. Echter, dit hulpmiddel is enkel een kwaliteitscheck van een opgestelde leerlijn en biedt het geen ondersteuning in het

opstellen van een leerlijn.

Uit recent onderzoek blijkt dat leerlingen in het voortgezet onderwijs(VO) vaak niet op de hoogte zijn van de leerdoelen en kwaliteitscriteria, doordat docenten deze niet met hun leerlingen delen (Kippers, Wolterinck et al., 2016). Het is daarom niet alleen belangrijk dat docenten worden geholpen met het opstellen van een goede leerlijn, ook zouden leerlingen hiervan moeten profiteren. Dit doen ze deels doordat bij de opbouw van een goed geordend curriculum de informatie consistent en samenhangend is opgebouwd. Maar tijdens een curriculum zal er ook constant teruggeblikt moeten worden of de doelen zijn behaald. Dit gebeurt vaak in de vorm van een toets, maar feedback in de vorm van een cijfer is echter zo informatiearm, dat voor de leerling na het krijgen van een cijfer het leren meestal voorbij is, en is het leerrendement van korte duur (Wiliam, 2013).

Formatief toetsen wordt de laatste tijd steeds populairder en laat ook de leerling zelf op verschillende wijzen een rol spelen in het feedback proces. Het doel van formatief toetsen is om de voortgang van het leerproces te diagnosticeren en feedback te genereren voor de leerlingen. De leerling komt erachter of hij de stof al begrijpt of beheerst. De docent ziet welke fouten er worden gemaakt en kan de leerlingen passende feedback geven (van den Berg, Sluijsmans & Kneyber, 2016).

Ondanks dat formatief toetsen steeds populairder wordt passen docenten het helaas te weinig toe in hun lessen. Uit onderzoek van Kippers, Schildkamp en Poortman (2016) en Wolterinck, Kippers, Schildkamp en Poortman (2016) blijkt dat 'self-assessment' het minst wordt gebruikt in de huidige praktijk. Dit terwijl 'self-assessment' een zeer belangrijke strategie is om de leerling actief te betrekken bij de opgestelde leerlijn.

Self-assessment is belangrijk, omdat hierbij de verantwoordelijkheid voor het leren meer bij de leerling zelf komt te liggen (Kippers, Wolterinck et al., 2016). Wanneer de leerling eigenaar is van zijn eigen leerproces, vallen veel strategieën op hun plaats: leerlingen spelen een rol in de beslissing wat ze willen leren (leerdoelen en kwaliteitscriteria: waar werk ik naartoe?), ze begrijpen dat docenten en zijzelf moeten weten waar ze nu staan in het leerproces (informatie over het leerproces van de leerling: waar sta ik nu?) om vervolgens te kunnen bepalen wat de volgende stap is (gebruiken en geven van feedback gericht op leerproces van leerlingen: wat heb ik nodig om de gewenste situatie te bereiken?) (Wiliam & Leahy, 2015). Samenvattend kunnen we concluderen dat er veel ongebruikt potentieel ligt om leerlingen meer eigenaarschap te geven en te laten ervaren in hun eigen leerproces (Kippers, Wolterinck et al., 2016).

De autonomie die de overheid de scholen geeft over het indelen van de vakinhoud leidt er toe dat vaksecties en docenten moeten nadenken over het indelen van hun eigen vakinhoud. Deze vakinhoud bestaat uit vakbegrippen en vaardigheden die een leerling dient te beheersen voor het eindexamen. Wanneer methoden niet aansluiten bij de vakinhoudelijke wensen van de school of de vaksectie worden zij automatisch geacht een leerlijn op te stellen. Door tijdgebrek, beperkte curriculumontwerpvaardigheden en het ontbreken van ondersteuning wordt dit als een zeer lastige taak ervaren. Naast het goed ordenen is het ook belangrijk om de leerling tijdig feedback te geven over zijn progressie binnen het curriculum. Een goed opgebouwde leerlijn biedt kansen om ingezet te worden als feedbackmiddel binnen een curriculum. Door gebruik te maken van self-assessment kan een leerling in de leerlijn zien wat de leerdoelen zijn, waar ze nu staan en waar ze heen moeten. Zelfstandig of in overleg met de docent kunnen dan keuzes gemaakt worden om gewenste situaties te bereiken.

Dit onderzoek is daarom opgebouwd uit twee ontwerpcycli. Om het onderzoek toegespitst te houden is er gekozen om een ontwerp te ontwikkelen voor het vak natuurkunde(2e fase). Vanwege de expertise in dit vak was dit de meest voor de hand liggende keuze. Ook zal (om

de grootte van de ontwerpcyclus in te perken) de focus enkel liggen op de vakbegrippen binnen het vak. In de eerste ontwerpcyclus is er onderzocht of er een methode kan worden opgesteld om docenten te ondersteunen in het opstellen en onderhouden van een leerlijn die vakbegrippen indeelt en ordent. In de tweede ontwerpcyclus is onderzocht of de opgestelde leerlijn ook gebruikt kan worden als feedback middel in de klas.

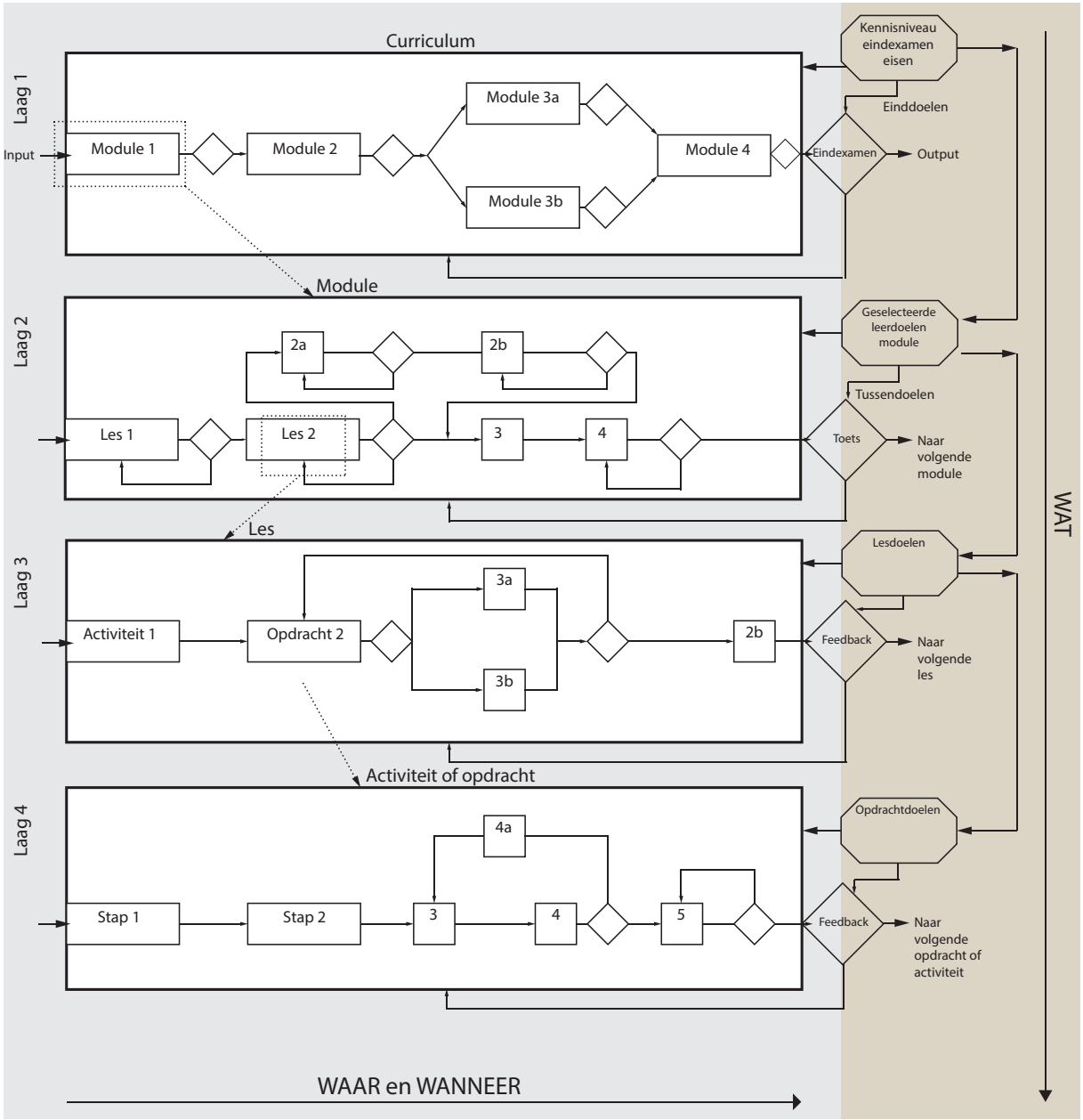
2. Opbouw van een curriculum

Voordat de twee ontwerpcycli worden gepresenteerd is het eerst van belang om een duidelijk beeld te krijgen bij de opbouw van een curriculum. Bij een goede opbouw van een curriculum worden namelijk veel keuzes gemaakt op verschillende lagen. Deze lagen lopen van een macro niveau (een globaal overzicht van het gehele leerjaar) naar een micro niveau waar de volgorde binnen een opdracht wordt bepaald. Om hier een goed beeld bij te krijgen is er gebruik gemaakt van een systematisch overzicht van een curriculum (Romiszowski, 2016). Deze is te zien in Figuur 2.1.

Als eerste wordt het duidelijk dat een curriculum is opgebouwd uit leermomenten (blokken) en uit feedback momenten (ruiten). In elke laag vindt er altijd een moment van terugkoppeling plaats. Dit kan een summatieve of formatieve toetsing zijn. Deze terugkoppeling kan leiden tot het nemen van alternatieve routes in deze lagen, door middel van differentiatie. Hoe dieper in de lagen van het curriculum hoe waarschijnlijker het is dat een docent hier differentiatie toepast.

In de eerste laag zijn de verschillende modules te zien die onderdeel zijn van het curriculum en worden alleen afgesloten met een toets (SE of CE). Uiteindelijk wordt er namelijk aan het einde van het curriculum verwacht dat er een zeker kennis- en vaardigheidsniveau is behaald en dat wordt getoetst aan de hand van het centraal examen. De kennis die nodig is om deel te nemen aan een succesvol eindexamen zijn opgegeven door het OCW in de vorm van een eindexamen eisen in een syllabus (OCW, 2018). Op basis van deze syllabus wordt een curriculum ingericht, om gespreid de kennis aan te bieden aan de leerlingen in de vorm van verschillende opvolgende modules. Laag 1 maakt dus een globale uiteenzetting van waar en wanneer de leerling leert. Wat de leerling dan exact leert is een globale uiteenzetting, die uitgewerkt dient te worden in de lagen eronder. Te zien is dat het kennisniveau opgesteld door het OCW dus ook invloed heeft op de onderliggende laag, die uiteenzet hoe een module is ingericht.

Laag 2 is een weergave van hoe een enkele module opgebouwd wordt. Een module wordt opgebouwd uit lessen en elke les wordt afgesloten met een feedback moment. Een feedback moment kan het maken van huiswerk zijn, een gestructureerde discussie in de les of het voordoen van een opdracht op het bord. Zoals in de introductie al aangegeven, wordt in deze laag weinig gebruik gemaakt van een formatieve toetsing zoals self-assessment. Een feedback moment kan plaatsvinden aan het eind van de les, aan het begin van de volgende les of bij de leerling thuis. In laag 2 worden dus deze momenten ingedeeld en wordt er gekeken welke informatie wanneer wordt gepresenteerd aan de leerling.



Figuur 2.1: Overzicht van een systematische manier om de opbouw van een curriculum in het VO in Nederland weer te geven. De opbouw bestaat uit vier lagen met daarin leer momenten(blok) en feedback momenten(ruit). In een laag wordt vastgelegd waar en wanneer een leerling leert. Hoe dieper de laag hoe concreter wordt WAT de leerling leert. Wat de leerling leert is vastgelegd door het OCW in de vorm van een eindexamen eisen in een syllabus. Dit figuur is afgeleidt van (Romiszowski, 2016).

Onderliggend aan de opbouw van de module zijn de opbouw van de lessen. Laag 3 laat zien dat een les kan bestaan uit activiteiten en opdrachten en dat er ook in de les feedback moment kunnen plaatsvinden. Op basis van de geselecteerde leerdoelen wordt namelijk een les opgebouwd, gelijktijdig zal ook getest moeten worden of de leerling deze doelen heeft behaald aan het einde van de les. Er zal dus gekozen moeten worden welke vorm van feedback hier geschikt voor is. Laag 4, is de diepste laag in de opbouw van een curriculum en in deze laag worden de stappen uit een gezet die nodig zijn voor het succesvol uitvoeren van een activiteit of opdracht.

Wanneer men in het grijze vlak van links naar rechts kijkt, is het duidelijk dat deze stroomvolgorde per laag aan geeft WAAR en WANNEER een leerling leert en gepaste feedback krijgt. Deze stroomvolgorde is de 'leerlijn' en kan voor iedere laag opgesteld worden. Het bruine vlak geeft aan WAT de leerling dan op dat moment leert. Deze WAT is afkomstig uit de kerndoelen die opgegeven zijn door het OCW en worden per laag steeds concreter. Deze inhoud bepaald ook waar op getoetst wordt tijdens de feedback aan het einde van een laag.

3. Cyclus 1: Leerlijn voor docenten

3.1 Inleiding

In deze eerste cyclus is een systeem ontworpen en gevalideerd dat docenten hulp kan bieden bij het opstellen van een leerlijn. Een curriculum bestaat uit ontzettend veel onderdelen die de inhoud vormen van het curriculum. Om al deze onderdelen te kunnen indelen zal de complexiteit van deze taak verlaagd moeten worden om het overzichtelijk voor de gebruiker te houden. Alvorens een systeem te ontwerpen is er een vooronderzoek gedaan. De opbrengsten van deze studie zijn gebruikt om eisen en randvoorwaarden op te stellen. Aan de hand van de opgestelde eisen is een systeen ontworpen samen met een validatie methode. Om de ontwerpcyclus af te ronden zullen de resultaten worden bediscussieerd. Ook is er gekeken of alle opgestelde eisen terug te vinden zijn in het ontworpen systeem. Uit deze analyse zijn aanbevelingen voor een volgende ontwerp cyclus voortgekomen.

3.2 Exploratie en analyse

Voordat er een systeem zal worden ontworpen is er eerst een vooronderzoek gedaan. Er is gezocht naar gelijksoortig onderzoek om een overzicht te krijgen van wat er al is. Ook zijn vijf docenten geïnterviewd en zijn drie lesmethoden natuurkunde benaderd en geïnterviewd. De informatie die verzameld is tijdens dit vooronderzoek heeft geleid tot eisen en een ontwerpkeuze. Deze ontwerpkeuze beschrijft in grote lijnen de route die gekozen zal worden voor het ontwerp van het systeem.

3.2.1 Vooronderzoek

Het laatste decennium is er veel belangstelling voor ontwikkeling van leerlijnen. SLO initieert veel activiteiten en pilotprojecten op dit gebied. De SLO stelt dat voor het voortgezet onderwijs de kerndoelen en eindtermen gebruikt kunnen worden om tussendoelen en einddoelen voor leerlijnen te formuleren. Door de kerndoelen en eindtermen als uitgangspunt te gebruiken, kan ook samenhang en continuïteit worden nagestreefd. SLO heeft overzichten gemaakt voor havo/vwo en vmbo, waarop per vak en per leergebied te zien is welke doorlopende lijn er is vanuit de kerndoelen in het primair onderwijs, via de onderbouw naar de examenprogramma's in de bovenbouw. Ook heeft SLO samen met Kennisnet het project 'Leerlijnen in de praktijk' opgestart in 2009. Het doel van dat project is te komen tot een beschrijving van kenmerken van leerlijnen en te onderzoeken hoe leerlijnen vormgegeven kunnen worden. Daarbij wordt

met name gekeken naar hoe leerlijnen in een ’user-interface’ aangeboden kunnen worden (Strijker, 2010).

In tegenstelling tot de door de SLO opgestelde leerdoelen geeft Ronald Keijzer (2018) aan dat je niet meer enkel leerdoelen moet afwerken, maar dat leerlingen de onderliggende structuur moeten begrijpen. Elk van deze ervaringen draagt namelijk bij aan het begrip, maar dat vraagt wel om explicite benoemingen van die verbanden. Juist dit soort doelen, die gaan over de onderliggende structuren komen nu minder naar voren in lesdoelen per les. Zeker ook omdat deze onderliggende structuren over het algemeen meerdere domeinen met elkaar verbinden en de traditionele doelen per leerstofgebied of domeinen zijn geformuleerd. Terry et al. (1985) geeft aan dat door gebruik te maken van vakbegrippen in de les het docenten in staat stelt om conceptuele misverstanden makkelijker te bespeuren. Dit kunnen hardnekkig misconcepties zijn zoals het ’lekken van stroom’. Door misconcepten zal een leerling moeilijkheden krijgen met het aanleren van nieuwe vakbegrippen. In dit geval zal de leerling problemen kunnen krijgen met het vakbegrip vrije elektronen en elektrische lading. Het is dus van belang hoe vakbegrippen worden ingedeeld (Chi, 1996). McDermott en Shaffer (1992) geven aan dat door te werken met leerdoelen dit een terugkerend probleem is en stelt dat het belangrijk is door niet te kijken wat een leerling moet weten en wat hij moet kunnen maar juist door te kijken wat een leerling al weet en al kan. Novak en Musonda (1991) concludeerde dat door leerdoelen te gebruiken leerlingen deze leerdoelen automatiseren doordat het enkel draait om de oplossing.

De definitie van SLO wat betreft leerlijnen is lastig terug te vinden wanneer natuurkundige methoden van uitgeverijen worden bestudeerd. Op de vraag "wat het idee achter de methode is, op basis van wat de volgorde van hoofdstukken is ingedeeld en hoe de indeling van de inhoud per hoofdstuk tot stand is gekomen“antwoord de methode Newton van uitgeverij ThiemeMeulenhoff het volgende: "Newton is gebouwd op de didactische eindpunten ontdekken, begrijpen, beheersen en verdiepen. Per hoofdstuk is er een verantwoording in de vorm van een docentenhandleiding. Deze geeft aan welke eindtermen in een hoofdstuk worden behandeld, welke onderdelen van het hoofdstuk worden aangeraden en welke onderdelen optioneel zijn. De volgorde binnen een hoofdstuk en de volgorde van de hoofdstukken is bepaald bij het samenstellen van de methode op basis van ervaringen van auteurs en docenten. Hierbij wordt onder andere rekening gehouden met de moeilijkheidsgraad."De methode is zich er bewust van dat docenten/scholen soms de volgorde zelf aanpassen en vindt dat dit ook mogelijk moet zijn. De ontwikkelaars van de methode Stevin geven aan systematisch te werk zijn gegaan. Zij hebben de getracht de hoofdstukken in te delen door alle kennis die benodigd is voorafgaand aan het hoofdstuk te hebben behandeld. Als voorbeeld noemen zij het thema ’golven’, dit wordt pas behandeld nadat er een hoofdstuk over trillingen aan vooraf is gegaan. Ze geven aan er voor gekozen te hebben om alles in één boek te voegen zodat de docent de maximale vrijheid heeft zijn eigen voorkeuren te volgen en vermelden daarbij dat zij van mening zijn dat er niet zoiets als een ideale volgorde bestaat. De auteurs van de lesmethode Pulsar (Uitgeverij Noordhoff) verwezen ons door naar hun docentenhandleiding voor de indeling en toelichting van hun methode. In deze handleiding wordt gebruik gemaakt van het begrip ’lijn’ en voor ieder hoofdstuk is de indeling van de vakbegrippen en concepten per paragraaf gegeven. Ook is te zien welke hoofdstukken behoren tot een thema, bijvoorbeeld voor kracht en beweging, en waar hoofdstukken behorende tot dit thema geplaatst zitten in de leerjaren. In het lesboek begint ieder hoofdstuk met een inleidende tekst die laat zien welke vakinhoud/concepten in het hoofdstuk aan bod komen. Helaas ontbrak er een toelichting hoe de indeling tot stand was gekomen en is het dus niet duidelijk of er op een systematische wijze een indeling is gemaakt of dat dit op basis van de ervaring van auteurs en docenten is gedaan. Op basis van de drie onderzochte lesmethoden kan worden geconcludeerd dat in deze methoden geen sprake is van een sytematische en duidelijk onderbouwde leerlijn. De ontwikkelaars leggen de vrijheid

bij de docent.

De 5 geïnterviewde docenten herkennen dit en geven ook aan dat het boek geen leerlijn is. "Voor een goede leerlijn moet je alle methodes aan de kant schuiven, je moet zelf bedenken wat je eigen lijn is welke steunpunten zijn er nodig en wat heb je daar voor nodig hebt. Dan pas ga je in een methode kijken waar je deze informatie kan vinden. Naar onze mening staat alles door elkaar, en zoek je dus het minst slechte boek uit". "Een methode bevat geen leerlijn, dus een docent die de de methode als leidraad gebruikt zal per definitie het overzicht kwijt raken. Een docent die zonder leerlijn werkt, dat werkt niet, en een leerlijn zonder docent werkt niet. Je hebt een docent nodig die op basis van een leerlijn duidelijk les geeft."

Tijdens dit vooronderzoek benoemden de geïnterviewde docenten dus de noodzaak van een leerlijn, maar toch zijn concreet ingevulde leerlijnen niet te vinden op scholen. Dit heeft te maken met meerdere problemen. De eerste is dat de meest toegankelijke stap voor docenten die zich willen bekwamen in het ontwerpen van eigen lessen of lessenseries is door te werken in een 'docenten ontwikkel team' (DOT). De DOTs functioneren als specifiek instrument voor docentprofessionalisering op het gebied van het uitbreiden en verbeteren van het onderwijs. De definitie voor docententeams luidt als volgt: 'een groep docenten in een relatief vaste samenstelling die een gezamenlijke verantwoordelijkheid hebben voor het verzorgen van een volledig onderwijsonderdeel en voor een herkenbare groep studenten' (Kommers & Dresen, 2010). Echter, de geïnterviewde docenten zijn veelal negatief over het werken in 'docenten ontwikkel teams'. Zij geven aan dat het ontbrak aan een algemeen doel binnen een ontwikkelteam. De eisen en einddoelen verschilden tussen verschillende leden, waardoor er uiteindelijk enkel materiaal uitgewisseld werd. Meerdere docenten geven aan zeer ontevreden te zijn over de samenwerking en het uiteindelijk product wat het opleverde. "DOTS zijn over het algemeen praatgroepen die nauwelijks invloed op het leren van kinderen uitoefenen. Het blijft bij wat losse activiteiten en het bloed dood in de waan van de dag. We zijn als docenten te druk en dan kun je eigenlijk niks meer aan ontwikkel werk doen. Daar lopen wij mee vast en in je vrije tijd komt het er gewoon niet van. Daar zit ook een structureel probleem in ons onderwijs."In 2018 onderzochten van Middelkoop, Portielje en Horsselenberg de samenwerking tussen leden van ontwikkelteams en kwam tot de conclusie dat docententeams het niet of nauwelijks gewend zijn om met elkaar de professionele dialoog te voeren over de visie en doelstellingen van onderwijs. "Er lijkt vaak sprake van 'working apart together', waarbij het team de formele organisatie-eenheid is, maar waarin docenten veelal individueel opereren. Veel teams ervaren vanuit de structuur een gebrek aan tijd en ruimte om de onderlinge dialoog te voeren en zo bijvoorbeeld te komen tot een collectieve bepaling van het doel van het eigen onderwijs."(van Middelkoop et al., 2018). Een tweede probleem dat de SLO aankaart is dat in Nederland docenten tijdens hun opleiding niet genoeg opgeleid zijn om de complexe ontwikkeltaken op zich te nemen. Docenten moeten beter voorbereid worden of ondersteund worden op de complexe taak van curriculumontwikkeling binnen hun school. (Nieveen et al., 2013).

3.2.2 Eisen en ontwerpkeuze

Op basis van het vooronderzoek zijn er eisen opgesteld. Deze zijn opgesteld aan de hand van de MoSCoW-methode (Van Vliet, 2007). De methode wordt gebruikt om eisen te prioriteren tijdens het ontwerpen van een product of systeem. De afkorting is een acroniem voor de volgende onderdelen van de methode:

- Must have: Deze eisen zijn een vereiste en moeten terugkomen in het eindresultaat.
- Should have: Zonder deze eisen is het product nog bruikbaar maar zijn wel zeer gewenst.
- Could have: Deze eisen zullen geïmplementeerd worden enkel wanneer er nog genoeg

tijd is.

- Won't have: Deze eisen zijn zeker interessant maar zullen in een volgende iteratie pas aan de orde komen.

Must have

Docenten ondersteunen Het doel van het product moet zijn om docenten te ondersteunen bij het opstellen van een leerlijn. Uit de analyse blijkt dat docenten beter ondersteund moeten worden bij de complexe taak van curriculumontwikkeling.

Leerlijn op basis van vakbegrippen Met de opgestelde eisen is er gekozen om een product te ontwerpen dat vakbegrippen gebruikt om een leerlijn op te stellen. Uit de literatuur blijkt dat vakbegrippen onderliggende structuren verbinden en meerdere domeinen verbinden. Dit maakt het mogelijk om een totaal overzicht te bieden van alle vakbegrippen die een leerling dient te beheersen. Op deze manier kan er ten alle tijden gekeken worden welke vakbegrippen een leerling al hoort te weten. Doordat leerdoelen gebruik maken van overlappende vakbegrippen zal een overzicht van leerdoelen nooit een totaal plaatje bieden van de totale kennis.

Gebruiksvriendelijk Het doel van de het systeem is om het opstellen en onderhouden van een leerlijn te vergemakkelijken. Wanneer er niet aan deze eis wordt voldaan is, zal het product de gebruiker ook niet kunnen ondersteunen. Het is daarom van belang dat de leercurve van het product niet stijl is en dat een docent met minimale uitleg het product kan gebruiken.

Toe te passen zijn binnen het huidige onderwijs De manier waarop de leerlijn wordt opgesteld moet niet afwijken van de richtlijnen die opgesteld zijn door het OCW. De leerlijn moet op korte termijn geen invloed hebben op de vakdidactische stijl of geselecteerde natuurkunde lesmethode van de huidige school. Hierdoor kan de methode direct geïntegreerd worden in het huidige onderwijs.

Should have

Een product van de sectie, niet van een specialist Het is belangrijk dat de opgestelde leerlijn een product is van de sectie die deze samenstelt. Hierdoor blijft de kennis aanwezig op de school en zal het zorgen voor homogeniteit binnen dezelfde jaarlagen, ondanks dat lessen gegeven worden door verschillende docenten. Het moet een platform met een lage leercurve zijn zodat iedereen het kan gebruiken. Hierdoor kan de leerlijn onderhouden zelfs wanneer de bezetting van de sectie veranderd door de tijd. Uit de analyse blijkt wel dat er rekening gehouden dient te worden met een 'working apart together' mentaliteit binnen schoolsecties. Het product zal binnen een dagdeel concrete resultaten moeten geven en meer zijn dan enkel een praatgroep.

Could have

Modulair De optie om vakbegrippen in te delen in deelbare blokken geeft de gebruiker meer vrijheid in het ordenen van de inhoud.

Beschikbaar via een interface Om het product te gebruiken zal er een interface nodig zijn die de gebruiker in staat stelt zelf een leerlijn te ontwerpen.

Won't have

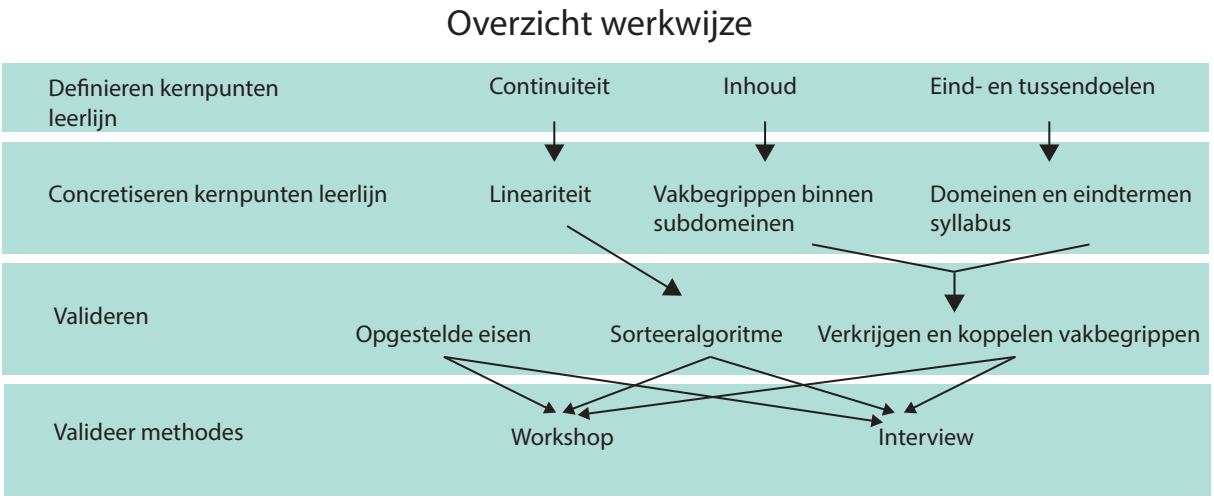
Deze eisen zijn zeker interessant maar zullen in een volgende iteratie pas aan de orde komen, om de grootte van deze cyclus te beperken.

Te koppelen aan leerdoelen Leerdoelen geven vaak aan wat er van een leerling wordt verwacht wanneer zij met bepaalde vakbegrippen werken om een vraagstuk op te lossen. Leerdoelen zijn opgesteld door het SLO (2018) en kunnen ingezet worden om tussendoelen te concretiseren. Dit biedt voor zowel leerling als docent meer duidelijkheid.

Te koppelen aan examen vragen Om een leerling beter te laten oefenen voor het examen kunnen examenvragen gekoppeld worden aan subdomeinen en specifiek aan vakbegrippen.

Uitbreiden met vaardigheden Naast het beheersen van zekere basiskennis worden er ook eisen gesteld aan de wetenschappelijke vaardigheden van een leerling. Het OCW heeft een deel van deze eisen gesteld in domein A. Een ander deel wordt door docenten zelf toegevoegd. Deze vaardigheden zullen door de jaren heen worden uitbreidt en dienen dus ook ingedeeld te worden door de tijd heen.

Het product van deze cyclus zal een systeem zijn dat de gebruiker in staat stelt om zelfstandig een leerlijn op te stellen en te onderhouden en de complexiteit van de taak te verlagen. De inhoud van de leerlijn zal enkel vakbegrippen bevatten die onderdeel zijn van het huidige opgestelde curriculum zoals beschreven door het OCW. Het voorgestelde systeem zal de gebruiker een duidelijk overzicht moeten geven aangezien de hoeveelheid vakbegrippen voor natuurkunde enorm is. Het is van belang om de gebruiker overzicht te bieden en op deze manier te ondersteunen. Er is daarom gekozen om de computer te gebruiken voor het opzetten van de leerlijn. Er zal software ontwikkeld worden die door de gebruiker gebruikt kan worden. De eerste ontwerp cyclus zal dienen als proof-of-concept. Het doel is om aan te tonen dat door gebruik te maken van een computer de complexiteit van het opstellen van een leerlijn verlaagd zal worden. Hiervoor is een systematische aanpak nodig die opgelost kan worden door een computer algoritme. Het systeem zal in staat moeten zijn om een door de gebruiker gekozen groep vakbegrippen in een logische volgorde te plaatsen en zo de leerlijn te bepalen.



Figuur 3.1: Overzicht van de werkwijze

3.3 Werkwijze

Op basis van de ontwerpkeuze en eisen is er een systeem ontworpen. Een overzicht van de werkwijze is te zien in Figuur 3.1. Eerst is er een concrete definitie van de leerlijn vastgesteld, vanuit deze definitie het systeem opgebouwd. De definitie maakt gebruik van drie kernpunten: doel, inhoud en continuïteit. In de werkwijze is te zien hoe de concrete inhoud wordt verzameld voor een leerlijn en hoe er continuïteit zal worden aangebracht in verzamelde vakbegrippen. Als laatste is er gekozen om de eisen en het functioneren van het voorgestelde systeem op twee manieren te valideren, door een workshop te geven en interviews af te nemen.

3.3.1 Terminologie en motivatie

Definitie leerlijn

Alvorens het systeem te ontwikkelen is het belangrijk om een afgekaderde definitie voor een leerlijn te kiezen en hier niet van af te wijken tijdens het ontwikkelen van het systeem. Uit de literatuur blijkt namelijk dat er verschillende interpretaties zijn wat betreft de definitie van een leerlijn. Voor het systeem is er daarom een combinatie gemaakt van de twee definities zoals beschreven door de SLO (Strijker, 2010) en Letschert in (2008). De drie kernpunten (inhoud, continuïteit en doel) zijn dik gedrukt en zullen worden toegelicht.

- “De leerling dient ten alle tijden een (eind of tussen) **doel** voor ogen te hebben“ (Strijker, 2010)
- “De leerlijn is een beredeneerde opbouw van **inhouden**” (Strijker, 2010)
- “Het leren van de leerling kwalitatief verbeteren door **continuïteit** aan te brengen in de inhoud “ (Letschert, 2008)

Doelen en inhouden van leerlijn

Het is belangrijk om vast te stellen wat de doelen zijn van een leerlijn. Dit kunnen tussendoelen zijn of einddoelen. Naast doelen bevat een leerlijn ook inhoud. Deze dient ook gedefinieerd te worden.

Tussen- en einddoelen Om een leerlijn op te stellen is het belangrijk om een concreet einddoel te hebben. Een must-have eis is dat het systeem toe te passen moet zijn binnen het huidige onderwijs. Er is daarom voor het huidige onderwijssysteem en curriculum binnen Nederland gekozen om als einddoel de richtlijnen van de syllabus te nemen opgesteld door het OCW. Ondanks veel tegengeluid leren leerlingen in Nederland nog steeds om uiteindelijk het CE te halen. Dit doel is te behalen door alle domeinen te beheersen. Hiervoor zijn voor ieder domein eindtermen opgesteld. Deze geven in een paar zinnen aan wat de leerling moet beheersen om dit domein te dekken. Zo is er dus een einddoel waar de leerling naar toe werkt. Tussendoelen kunnen een toets zijn of het kan ook zijn dat er vakbegrippen geleerd moeten worden voordat er bijvoorbeeld deelgenomen kan worden aan een excursie.

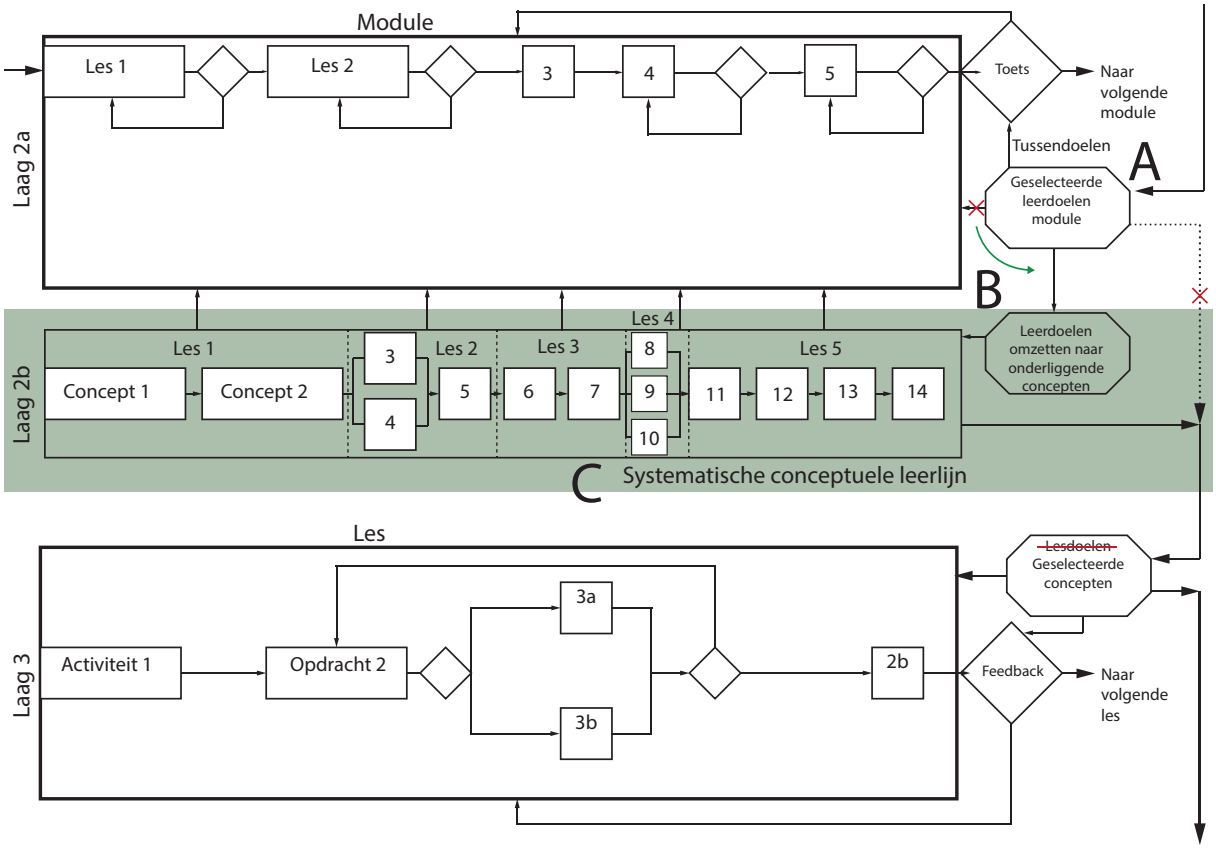
Inhoud De domeinen die opgesteld zijn door het OCW zijn opgedeeld in subdomeinen. De inhoud van de leerlijn is gedefinieerd als de vakbegrippen die binnen een subdomein vallen. Het OCW geeft voor ieder subdomein zeer concreet aan waar de kandidaat aan moet voldoen, welke formules binnen dit subdomein vallen en welke vakbegrippen hierbij horen. Als inhoud zullen de vakbegrippen worden gebruikt.

Continuïteit

Nu de doelen en inhoud vast liggen is het van belang om een beredeneerde opbouw te maken van einddoelen met hierin tussendoelen en einddoelen. We proberen zoveel mogelijke lineaire continuïteit aan te brengen. Stof wordt over het algemeen achter elkaar behandeld en meestal als cluster aangeboden. Continuïteit betekend in dit onderzoek welke vakbegrippen eerst nodig zijn om een nieuw vakbegrip beter te begrijpen. Deze volgorde zal een lineaire volgorde zijn.

3.3.2 Ontwerp systematische leerlijn

Aan de hand van de opgestelde eisen is er een systeem uitgewerkt dat hieraan zo goed mogelijk voldoet. In deze sectie zal het systeem toegelicht worden. Ook zal de werkwijze toegelicht worden die gebruikt is om het systeem te valideren. Er zal worden gekeken of er aan de vooraf opgestelde eisen is voldaan.



Figuur 3.2: Overzicht van het ontwerp

In Figuur 3.2 is het ontwerp van het systeem te zien. Er is een nieuwe laag toegevoegd aan het huidige ontwerp van het curriculum. Leerdoelen zullen niet meer het ontwerp van een module bepalen, de onderliggende vakbegrippen zullen dat worden. Het systeem om een leerlijn op te zetten bestaat uit een aantal stappen. Deze werkwijze van deze ontwerpstappen zullen hieronder worden beschreven. In stap A zal worden toegelicht hoe leerdoelen geselecteerd worden. In stap B is in het figuur te zien hoe de leerdoelen omgezet worden naar onderliggende vakbegrippen. De stappen behorende tot C zullen toelichten hoe met de geselecteerde vakbegrippen een systematische leerlijn wordt opgebouwd. Te zien is dat de volgorde van de systematische leerlijn niet alleen bepalend is voor de indeling van de module, maar ook voor die van de les.

Subdomein D1. Elektrische systemen

Eindterm

De kandidaat kan in contexten elektrische schakelingen analyseren met behulp van de wetten van Kirchhoff. Daarbij kan de kandidaat energieomzettingen analyseren.

Specificatie

De kandidaat kan:

1. het verschijnsel elektrische stroom uitleggen als verplaatsing van lading ten gevolge van een aangelegde spanning,
   - de definities van stroomsterkte, spanning en soortelijke weerstand gebruiken;
   - vakbegrippen: vrij elektron, ion, elementaire lading, spanningsbron, batterij, accu;
2. de wetten van Kirchhoff toepassen als wetten voor behoud van stroomsterkte in een punt en van spanning in een kring;
3. stroomkringen analyseren en daarbij voor serie- en parallelschakelingen berekeningen maken over spanning, stroomsterkte, weerstand en geleidbaarheid,
   - bij gemengde schakelingen alleen beredeneren en eenvoudige berekeningen[9] maken;
   - de juiste aansluitwijze van stroommeter en spanningsmeter toepassen;
   - de volgende componenten toepassen binnen een schakeling: diode, LDR, NTC, PTC, ohmse weerstand, lamp, motor, verwarmingselement, zekering, aardlekschakelaar;
   - vakbegrippen: stroomdeling, spanningsdeling, kortsluiting;
4. het vermogen en het rendement van energieomzettingen in een elektrische stroomkring analyseren,
   - berekeningen aan elektrische energie in joule en in kilowattuur;

[9] Een eenvoudige berekening is een berekening van *maximaal twee* denkstappen.

Figuur 3.3: Voorbeeld van selectie vakbegrippen van Subdomein D1: Elektrische systemen. Dit subdomein valt binnen Domein D: Lading en Veld.

A: Verzamelen domeinen en subdomeinen

Een module binnen het curriculum is gedefinieerd als een subdomein zoals gespecificeerd in de ’Specificaties’ van de syllabus Natuurkunde(OCW, 2018). Hiervoor kan gekozen worden voor de domeinen B tot en met F. Domein A en I specificeren vaardigheden en deze domeinen vallen binnen een "Won’t have“eis en zijn niet toepasbaar voor het ontwerp in deze cyclus. Verder zijn de (sub)domeinen die binnen de keuzemodules vallen uitgesloten voor deze cyclus evenals de domeinen die niet verplicht zijn voor het CE. Dit zijn de (sub)domeinen : E3, F2, G. Dit om te voorkomen dat bij de validatie docenten geen ervaring hebben met deze keuzedomeinen.

Voor deze ontwerpcyclus is er voor subdomein ’D1:Elektrische systemen’ gekozen als module en hierop zal het ontwerp getest worden. Dit subdomein is willekeurig gekozen en hieruit zullen de vakbegrippen gekozen zoals beschreven in stap B.

B: Verzamelen vakbegrippen

De vakbegrippen die vallen binnen een subdomein zullen de inhoud vormen van de leerlijn. Deze vakbegrippen worden handmatig per subdomein uit de Syllabus voor Natuurkunde 2018

gehaald (OCW, 2018). Om de vakbegrippen te verzamelen binnen de gekozen domeinen is er gebruik gemaakt van de gespecificeerde 'vakbegrippen' die bij ieder subdomein te vinden zijn. Dit is gecombineerd met de begrippen die in de toelichting van de leerdoelen. Al begrippen worden beschouwd als een vakbegrip. Het overnemen van de vakbegrippen is arbitrair. Een voorbeeld is te zien in Figuur 3.3 waar de vakbegrippen zijn geselecteerd voor Subdomein D1: Elektrische systemen.

C: Koppelen vakbegrippen

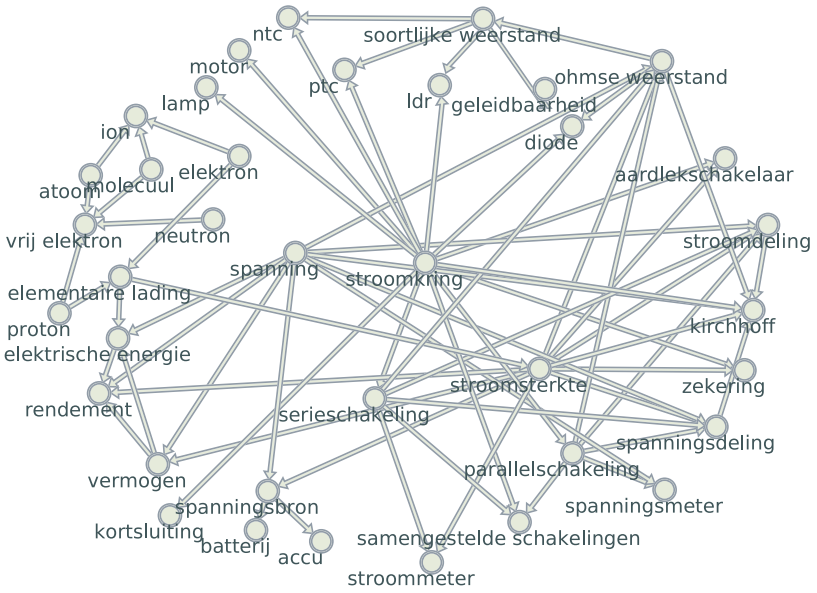
De vakbegrippen die verkregen zijn uit de 'Syllabus Natuurkunde' moeten worden gekoppeld aan elkaar. Dit is een handmatig en arbitrair proces. De gebruiker moet per vakbegrip invullen welke vakbegrippen voorafgaand aan het vakbegrip nodig zijn. In Tabel 3.1 is een voorbeeld te zien van een aantal vakbegrippen uit Subdomein D1 (zie Figuur 3.3) met daarin ingevuld de voorkennis per vakbegrip. Het is toegestaan voorkennis te noemen die niet onderdeel is van hetzelfde subdomein als het vakbegrip. Daarnaast is het ook mogelijk om geen voorkennis in te vullen, wanneer de gebruiker denkt dat dit niet nodig is. Beide situaties zijn te zien in Tabel 3.1. Bij het vakbegrip 'spanning' is geen voorkennis ingevuld en 'molecuul, proton, atoom, neutron' zijn toegevoegd als voorkennis die niet tot subdomein D1 behoren.

Tabel 3.1: Voorbeeldtabel met daarin een kolom met 'vakbegrippen' afkomstig uit Subdomein D1: Elektrische systemen. In de kolom 'Voorkennis' zijn aangegeven welke vakbegrippen nodig zijn als voorkennis. Deze laatste tabel wordt ingevuld door de gebruiker en dient hier enkel als voorbeeld.

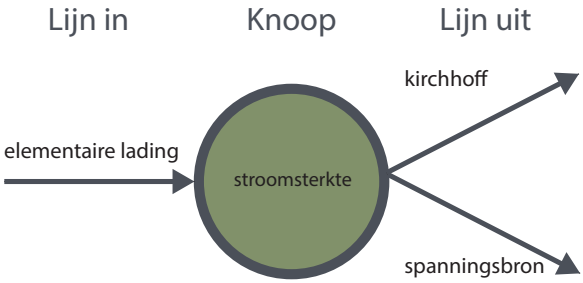
vakbegrippen	Voorkennis
Stroomsterkte	Elementaire lading
Spanning	-
Soortlijke weerstand	Ohmse weerstand
Vrij elektron	Molecuul, atoom, proton, neutron
Ion	Molecuul, atoom, elektron
Elementaire lading	Elektron, proton
Spanningsbron	Spanning, stroomsterkte
Batterij	Spanningsbron
Accu	Spanningsbron
Kirchhoff	Stroomkring, Spanning, Stroomsterkte, Ohmse weerstand, stroomdeling, spanningsdeling
...	...
...	...

C: Sorteren vakbegrippen

De vakbegrippen worden opgevat als 'knopen' en de relaties die vakbegrippen onderling hebben worden 'lijnen' genoemd. Deze termen zijn afkomstig uit de grafentheorie wat een deelgebied van de wiskunde is. De onderlinge relaties tussen de vakbegrippen vormen namelijk een netwerk. Een voordeel van het gebruik van de grafentheorie is dat het netwerk ook uitgedrukt kan worden in een matrix. Dit maakt het gemakkelijker om aan het netwerk te rekenen en optimalisaties door te voeren. In Figuur 3.5 is een enkele knoop aangegeven met daarin lijnen die de knoop binnen komen en verlaten. Een lijn die de knoop bereikt is een vakbegrip dat als voorkennis is gekoppeld. Een voorbeeld is de knoop 'stroomsterkte' (Tabel 3.1) die de lijn 'elementaire lading' als input krijgt. Als output heeft deze knoop de lijn die als input geldt voor zowel de knopen 'spanningsbron en kirchhoff'. Dit al snel complex wordende netwerk is gevisualiseerd voor het gehele subdomein D1 in Figuur 3.4 en laat de samenhang



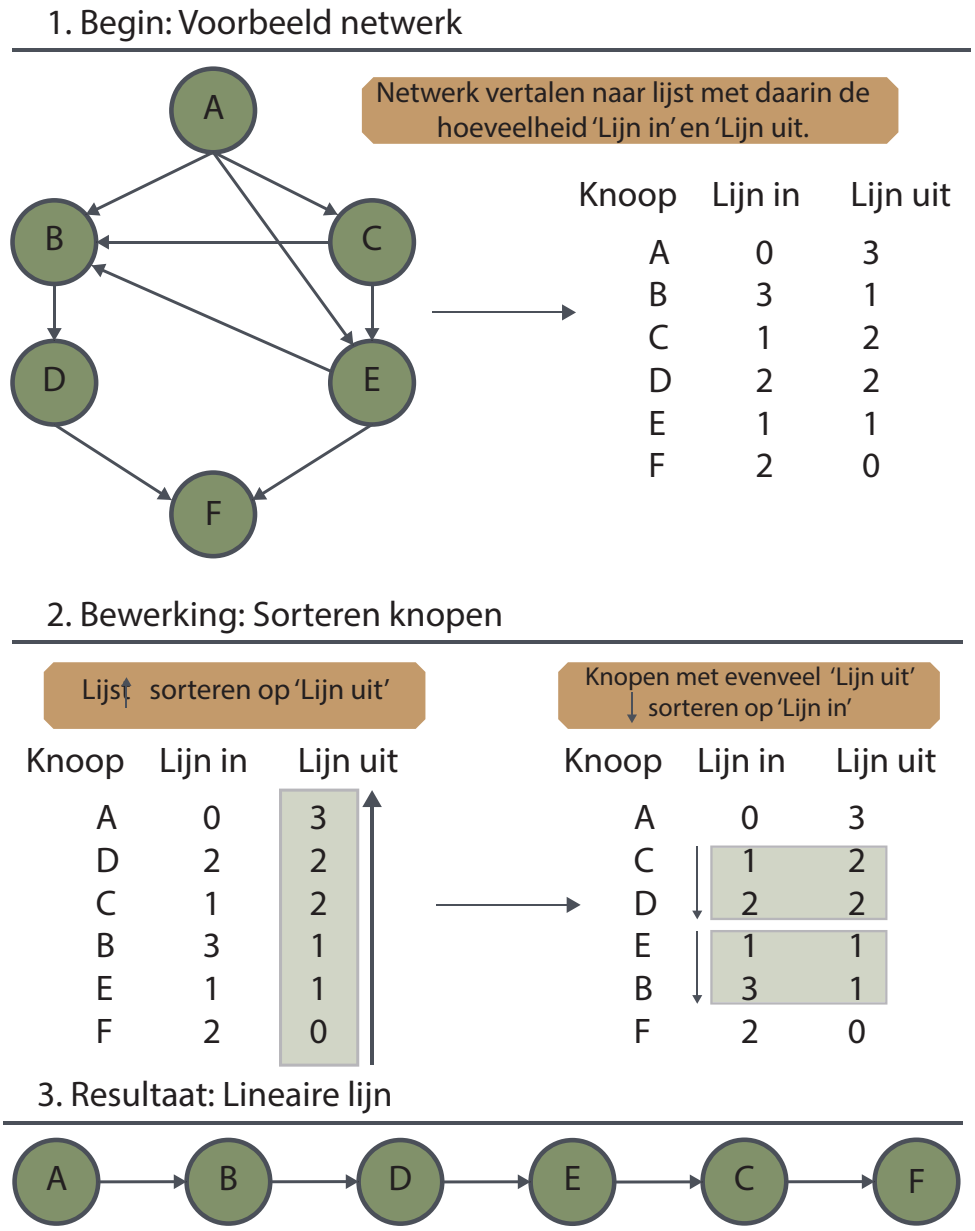
Figuur 3.4: Visuele weergave van de onderlinge relatie tussen de vakbegrippen. Al snel neemt de complexiteit binnen een netwerk toe wat ten kostte gaat van het overzicht.



Figuur 3.5: Schematische weergave van een vakbegrip als ’knoop’. Relaties tussen andere knopen worden aangeduid met ’lijnen’.

tussen alle vakbegrippen zien. Om continuïteit te creëeren zal dit complexe netwerk ingedeeld moeten worden tot een lineaire lijn.

Dit is gedaan door een sorteeralgoritme toe te passen. In meerdere stappen worden de vakbegrippen in een lineaire volgorde geplaatst. Het complete overzicht wordt in meerdere stappen beschreven in Figuur 3.6. Een vakbegrip dat vaak nodig is als voorkennis zal veel ’lijn uit’ bevatten. Bij het sorteren is de aanname gedaan dat een knoop met veel ’lijn uit’ en weinig ’lijn in’ betekent dat dit vakbegrip weinig voorkennis nodig heeft maar wel belangrijk is voor veel andere vakbegrippen. Logischerwijs is geconcludeerd dat deze vakbegrippen aan het begin van een leerlijn moeten staan. Er is daarom gekozen om de knopen te sorteren op de hoeveelheid ’lijnen’ die zij als uitgang hebben en vervolgens de knopen met een gelijke hoeveelheid ’lijn uit’ te sorteren op hoeveelheid ’lijn in’. Het eindresultaat is vervolgens een lineaire volgorde van vakbegrippen die de leerlijn vormen voor een subdomein.



Figuur 3.6: Compleet overzicht van het algoritme gebruikt om een netwerk met vakbegrippen om te zetten in een lineaire lijn. 1) Een netwerk dat gedefinieerd is door 'knopen' en 'lijnen' wordt eerst omgezet naar een lijst. Hiervoor wordt voor elke 'knoop' de hoeveelheid 'lijnen' die in en uit gaan geteld, zoals gedefinieerd in Figuur 3.5. 2) De lijst wordt vervolgens gesorteerd op de hoeveelheid 'lijnen' die een 'knoop' verlaten. Na deze bewerking volgt er een tweede sorteer stap waarin alle 'knopen' met evenveel 'lijn uit' worden gesorteerd van klein naar groot op de hoeveelheid 'lijn in'. 3) De definitieve volgorde van de lijst wordt van boven naar onder omgezet naar een lineaire lijn. Dit is de uiteindelijke volgorde van vakbegrippen die de leerlijn vormen en wordt als output aan de gebruiker gegeven.

3.3.3 Validatie

Het systeem was op twee manieren gevalideerd. De eerste validatie methode was om natuurkunde docenten deel te laten nemen aan een workshop. De tweede methode was een interview dat was afgenomen na deelname aan de workshop. Er is gevalideerd of het systeem voldeed aan de opgestelde eisen binnen twee situaties. De eerste vraag was of een leerlijn te ontwikkelen is volgens het voorgestelde systeem. De tweede vraag was of het mogelijk was

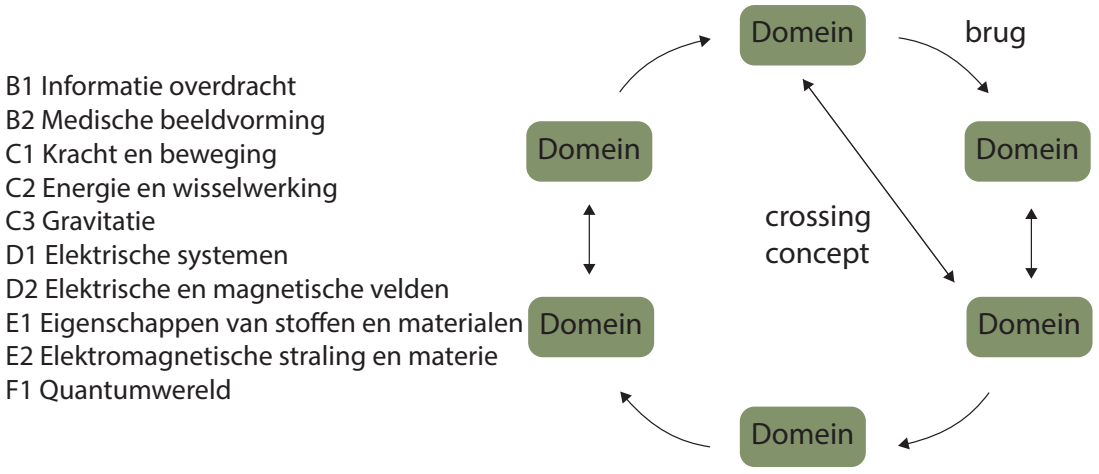
om met het voorgestelde systeem continuïteit aan te brengen door gebruik te maken van een algoritme.

Workshop

De workshop werd gegeven voor de vaksectie natuurkunde van een school uit Oost-Nederland. Hieraan deden vier docenten en een TOA aan mee. Twee deelnemende docenten en de TOA hadden meer dan 20 jaar aan onderwijs ervaringen en de andere twee docenten respectievelijk 9 en 10 jaar ervaring. Ervaring en activiteit binnen alle schooltypen van vmbo tot vwo waren vertegenwoordigd en alle jaarlagen.

De workshop begon door een korte introductie te geven over de definitie van de leerlijn en de voor dit ontwerp gekozen definitie zoals beschreven in de sectie 3.3.1. Hiervoor werd gebruik gemaakt van een presentatie die te vinden is in Appendix A. De eerste activiteit was om de 8 domeinen uit de natuurkunde syllabus te sorteren met als voorwaarde dit te doen in de vorm van een ‘powerpoint’. Van de deelnemers werd verwacht dat deze ’presentatie’ een kop en een start had, oftewel er moest een aanleiding zijn om te beginnen met een bepaald domein en een goede afsluiting. Een post-it vormde een slide en als titel had dit de naam van het domein. Hieronder mochten enkele vakbegrippen staan die hiervoor nodig waren. De post-its moesten elkaar opvolgen en tussen elke post-it was een brug nodig. Een brug was een vakbegrip of een toelichting voor de keuze van de opvolgende post-it.

De tweede activiteit bestond door de eerste activiteit uit te breiden. Nu mochten de domeinen in een cirkel worden gelegd en de deelnemers kregen een lijst met daarop alle subdomeinen. De opdracht was om subdomeinen te gebruiken om twee domeinen mee te verbinden. De domeinen werden met een post-it aangebracht op een A3 en de ‘crossing vakbegrip’ werden met pen getekend tussen de aangebrachte post-its. Figuur 3.7 toont een voorbeeld met daarin de opzet van de tweede activiteit evenals de lijst met subdomeinen die de deelnemers te zien kregen.



Figuur 3.7: Activiteit 2: De deelnemers moesten een cirkel maken van de bekende domeinen de bruggen mochten zij overnemen uit de vorige activiteit, maar kregen nu een lijst van subdomeinen ter inspiratie om deze als crossing concepts te gebruiken om op deze manier alle domeinen met elkaar te verbinden.

Voor de laatste activiteit werd de deelnemer gevraagd om dit keer binnen een enkel subdomein continuïteit aan te brengen. Een subdomein bestond uit vakbegrippen die de deelnemer moest rangschikken. De deelnemer moest dit doen door vakbegrippen in te delen op basis van hoe hij deze achtereenvolgens zou behandelen. Voor deze activiteit zijn de vakbegrippen

gebruikt uit het subdomein D1 ‘ Elektrische systemenen’. In totaal waren er 32 vakbegrippen die de deelnemer moest sorteren.

De drie activiteiten zijn gekozen om de deelnemers kennis te laten maken met het ontworpen systeem. Het doel van de activiteiten was om deelnemers te laten zien dat domeinen die opgesteld zijn door het OCW moeilijk te ordenen zijn en dat subdomeinen binnen deze domeinen veel overlap hebben met andere domeinen. De boodschap was dat het niet uitmaakt welke subdomeinen je achter elkaar zet en dat er altijd wel vakbegrippen zijn die beide subdomeinen verbinden. Echter, dat het wel mogelijk is om de vakbegrippen binnen een subdomeinen te ordenen. Door alle subdomeinen te ordenen is het mogelijk om de subdomeinen als modulaire blokken te gebruiken, waarbinnen getracht is zoveel mogelijk continuïteit aan te brengen.

Interview

Het interview werd na afloop van de workshop afgenomen. Hieraan deden dezelfde vier docenten, de TOA was na de workshop hiervoor niet beschikbaar.

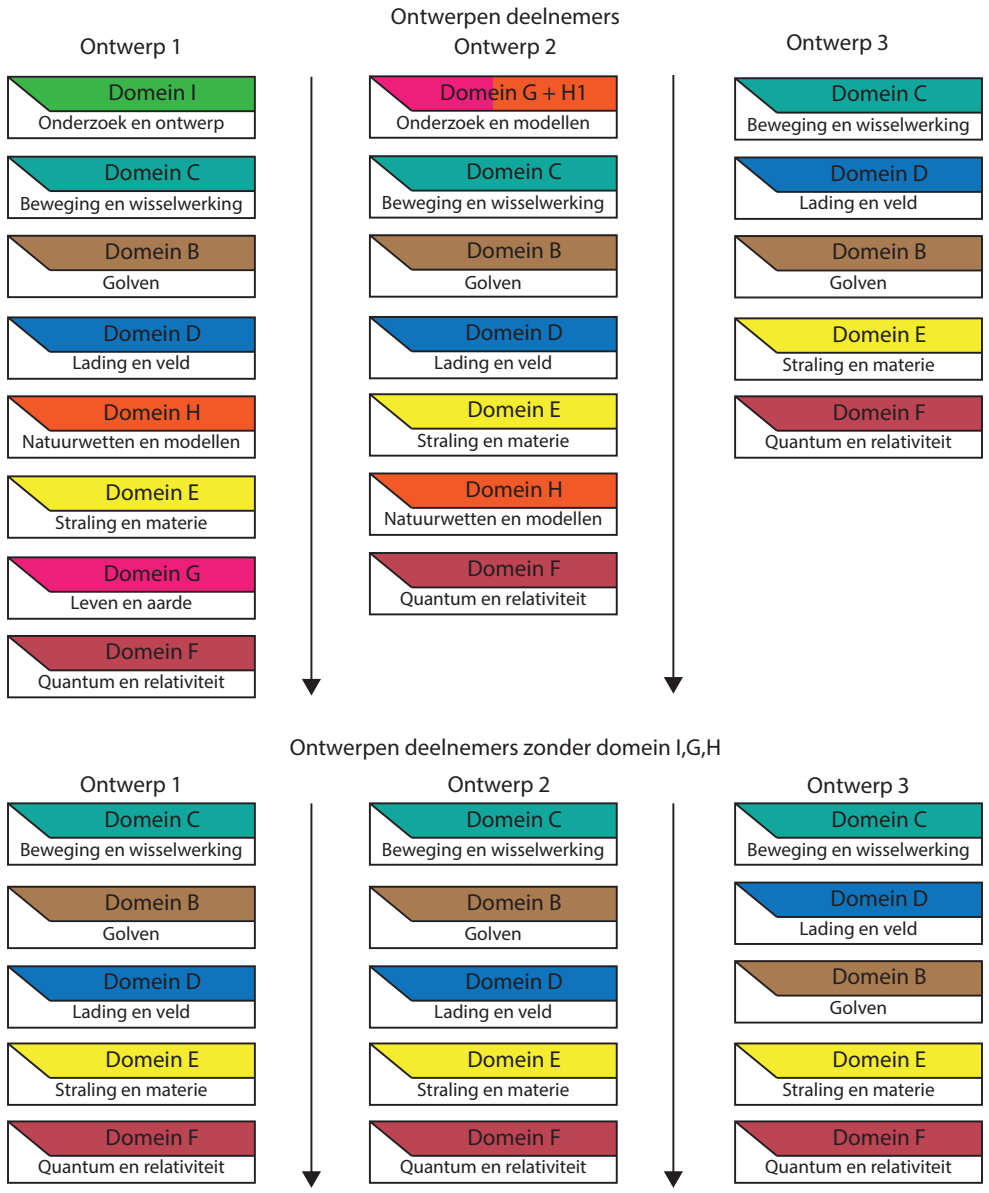
De opgestelde eisen zijn gevalideerd aan de hand van een gestructureerd (half) open interview. De vragen zijn te vinden in Appendix A. Het interview is opgebouwd uit drie blokken. Het eerste blok zijn algemene vragen om de ervaring van de docent binnen het onderwijs te meten. Om te voorkomen dat er geen misvattingen zijn omtrent de definitie van de leerlijn bevat het interview vragen over de leerlijn. Als eerste is er gevraagd naar de ervaring of kennis die de docent hier mee heeft, gevolgd door de vraag of de docent zijn of haar definitie van een leerlijn kon geven.

In het tweede gedeelte van het interview zijn de eisen die vooraf zijn opgesteld verwerkt in vragen. Als eerste worden worden enkele algemene vragen gesteld met betrekking op de workshop om deze te evalueren. Vervolgens worden de volgende eisen getest door middel van vragen:

- Must have: Docenten ondersteunen
  - Biedt het ontworpen systeem overzicht en structuur?
  - Is het mogelijk met het ontworpen systeem docenten te ondersteunen bij het opstellen van een leerlijn?
  - Kon je door het gebruik van dit ontworpen systeem sneller een leerlijn ontwikkelen?
- Must have: Gebruiksvriendelijk
  - Kun je aangeven of het ontworpen systeem makkelijk begrijpt, of dat je veel uitleg hierbij nodig had?
  - Zaten er rare aannames het ontworpen systeem?
  - Kon je door het gebruik van het ontworpen systeem sneller een leerlijn ontwikkelen?
- Must have: Toe te passen zijn binnen het huidige onderwijs
  - Is het mogelijk met dit ontworpen systeem docenten te ondersteunen bij het opstellen van een leerlijn?
- Should have: Een product van de sectie, niet van een specialist
  - Hoe vond je het om als sectie op deze manier aan de leerlijn te werken?

Het laatste blok bestaat uit twee open vragen om docenten zo objectief mogelijk de kans te geven om eigen ideeën of aanbevelingen in te brengen. Deze informatie zal worden

meegenomen in de aanbevelingen voor de volgende cyclus. Na het aanhoren van de inbreng van de docent zullen ook de drie 'won't have eisen' en niet toegepaste 'could have eisen' worden gepitcht om te evalueren of deze relevant zijn voor een vervolgcyclus.



Figuur 3.8: Drie ontwerpen die zijn opgesteld in groepen tijdens de eerste activiteit van de workshop. **Boven**) zijn de ontwerpen te zien zoals opgeschreven en beschreven door de deelnemers. Alle drie de groepen gaven aan moeite te hebben met het plaatsen van domeinen I,G en H. **Onder**) zijn deze domeinen verwijdert uit de originele ontwerpen.

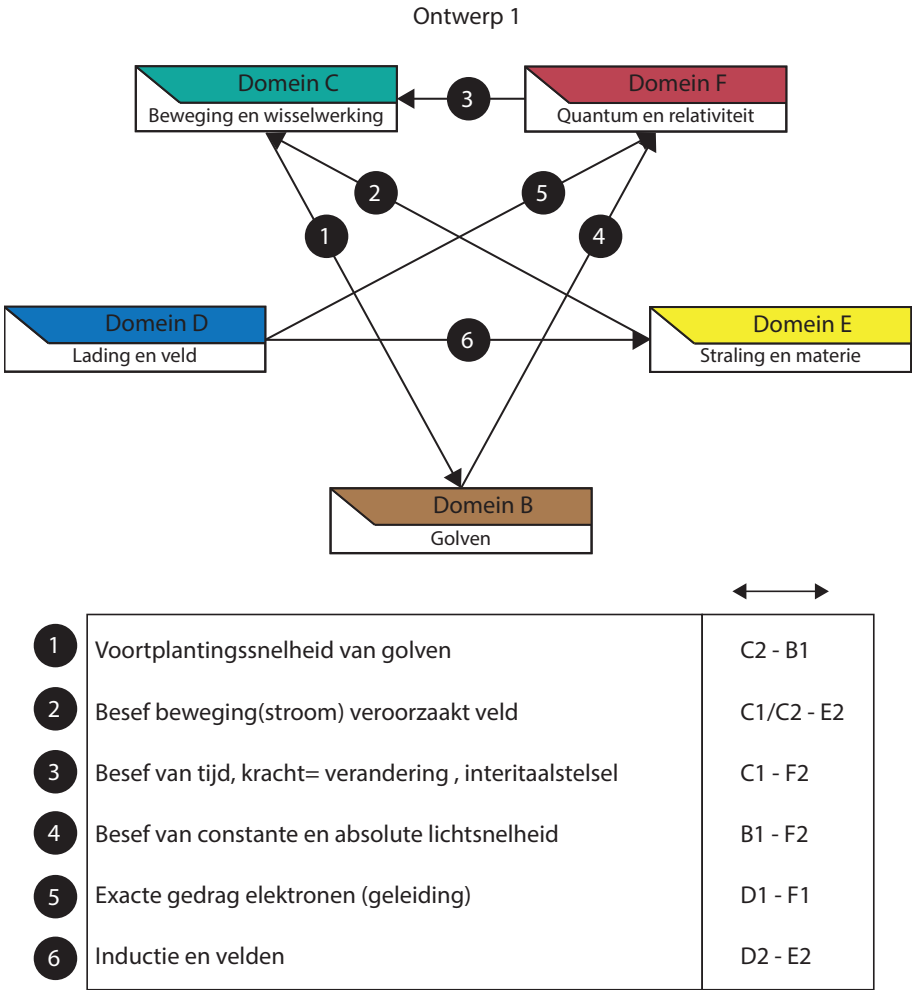
3.4 Resultaten

3.4.1 Workshop activiteit 1

Drie groepen met een grootte van één of twee deelnemer(s) hebben gewerkt aan een ontwerp. De ontwerpen zijn weergegeven in Figuur 3.8 en te zien is dat niet alle ontwerpen gebruik hebben gemaakt van alle beschikbare domeinen. De deelnemers hadden namelijk moeite

met het indelen van de domeinen in een continue en lineaire lijn. Iedere groep gaf aan dat de domeinen I,G en F lastig te plaatsen waren. In ontwerp twee werd dit opgelost door de vrije ruimte die in domein G zit te gebruiken om het vak natuurkunde te introduceren en vanuit hier te starten met domein C. Ontwerp 3 heeft zelfs alle lastig te plaatsen domeinen weggelaten. De groepen die respectievelijk ontwerp 2 en 3 ontwierpen gaven aan dat de domeinen B en D eigenlijk in gelijke mate op C leunde.

3.4.2 Workshop activiteit 2



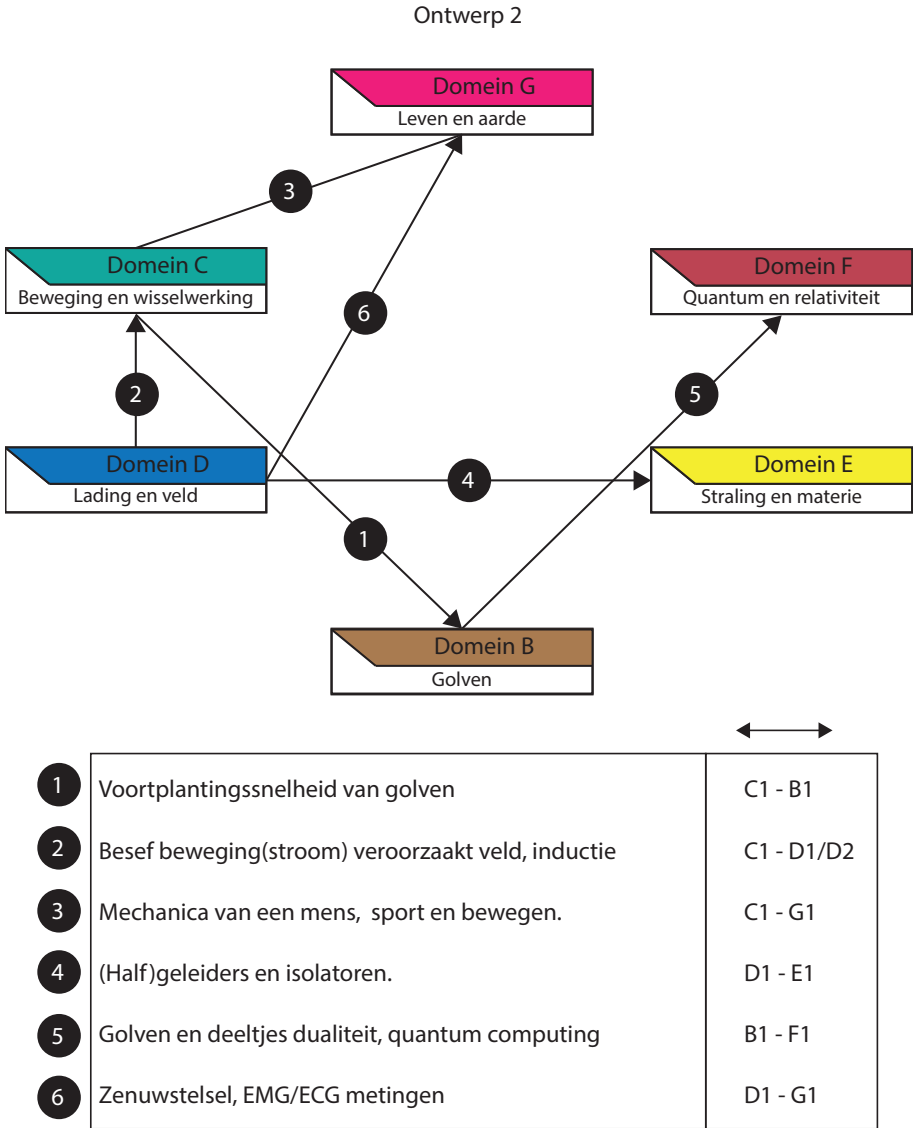
Figuur 3.9: Workshop activiteit 2: Ontwerp 1

De drie groepen zijn in dezelfde samenstelling verder gegaan met activiteit nummer twee. Hieruit zijn drie ontwerpen voortgekomen waarin thema's zijn voorgesteld om domeinen te verbinden. Alle drie de groepen hebben succesvol zes thema's toe weten te kennen en hebben hierbij ieder domein weten te betrekken. Ontwerp 1 heeft als enige Domein G niet mee genomen. Als reden werd gegeven dat dit domein overbodig was, aangezien dit enkel context toevoegde. Hier werd aan toegevoegd dat in principe hierdoor ieder domein te verbinden is met G, immers dit domein is door de docent zelf in te vullen en kan dus altijd ingezet worden om een verplicht examenonderwerp te verreiken met context.

In Ontwerp 1 is te zien dat hier gezocht is naar op natuurkundige relaties. Een voorbeeld hiervan is dat subdomein B1 wordt verbonden met subdomein F2. Het thema dat deze twee domeinen met elkaar verbindt is de constante en absolute lichtsnelheid. Hierbij worden de vakbegrippen uit domein F over relatieve tijd en ruimte gekoppeld aan bijvoorbeeld

eenparig (versnelde) bewegingen uit domein C. De keuze is dus gebaseerd op natuurkundige overeenkomst en niet zozeer op een contextuele relatie.

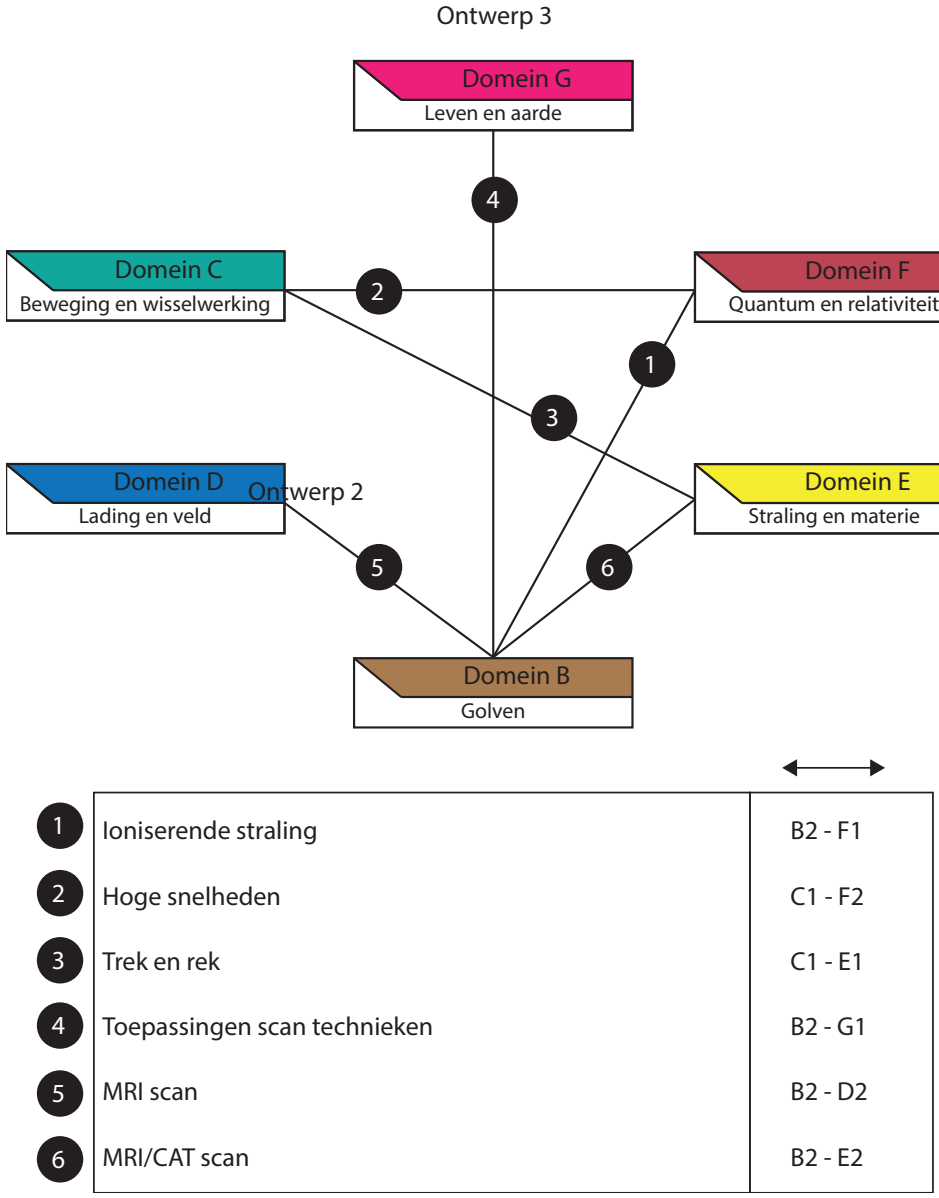
Een ontwerp dat wel domeinen met elkaar verbindt op basis van context is ontwerp 3. Het is duidelijk dat deze groep vooral relaties heeft gezocht binnen medische contexten. Het domein B2: 'Medische beeldvorming' is hiervoor gebruikt en gekoppeld aan de subdomeinen D2, E2, G1 en F1. Voor de respectievelijke eerste drie wordt gebruik gemaakt van medische scan technieken zoals MRI- en CAT scan. Voor de laatste koppeling is er gebruik gemaakt voor een natuurkundige relatie, namelijk 'ioniserende straling'.



Figuur 3.10: Workshop activiteit 2: Ontwerp 2

Ontwerp 2 maakt gebruik van zowel natuurkundige relaties als contextuele relaties. Dit ontwerp gebruikt tweemaal dezelfde natuurkundige thema's als ontwerp 3, namelijk 'Voortplantingssnelheid van golven' en ' Besef beweging(stroom) veroorzaakt veld'. Echter, deze gelijksoortige thema's zijn in ieder ontwerp anders verbonden. Ontwerp 2 koppelt het eerstgenoemde thema aan een ander subdomein, namelijk C1 in plaats van C2. Aan het tweede genoemde thema wordt een ander domein verbonden, namelijk D1/D2 in plaats van E2. Dit laatste is te verklaren dat ontwerp 2 mechanische beweging gebruikt om een veld op te wekken, namelijk door middel van inductie. Ontwerp 3 koppelt deze gebeurtenis aan het

subdomein kwantumfysica.



Figuur 3.11: Workshop activiteit 2: Ontwerp 3

3.4.3 Workshop activiteit 3

De laatste activiteit van de workshop is door drie groepen in onveranderde samenstelling voltooid. Het is niet alle groepen gelukt om al de vakbegrippen te verwerken in de leerlijn. De groepen gaven aan dat deze vakbegrippen zijn vergeten doordat ze deze over het hoofd hebben gezien. De ontworpen leerlijnen zijn in Figuur 3.12 weergeven.

Zowel ontwerp 1 als ontwerp 2 beginnen met het vakbegrip molecuul en atoom dat wordt gevolgd door de moleculaire onderdelen. Tegenovergesteld heeft ontwerp 3 heeft deze vakbegrippen aan het einde van de leerlijn staan. De reden hiervoor is dat 'onzichtbare vakbegrippen' lastiger voor een leerling te begrijpen zijn. Alle ontwerpen introduceren het vakbegrip 'stroomkring, spanningsbron, spanning en stroomsterkte' vroeg in de leerlijn. Ontwerp 1 en 3 kiezen ervoor om te starten met het vakbegrip 'stroomkring'. Ontwerp 2 kiest ervoor om hiervoor eerst het vakbegrip 'spanningsbron' te behandelen. Na de hiervoor vier

genoemde vakbegrippen komt in alle drie de leerlijnen het vakbegrip ’ohmse weerstand’ aan bod en wordt vervolgt met de vakbegrippen ’serieschakeling, parallelschakeling, stroomdeling, spanningsdeling, samengestelde schakelingen’. Ontwerp 1 en 2 worden afgesloten met voornamelijk de vakbegrippen ’rendement, vermogen, en kirchhoff’ maar doen dit in een andere volgorde. Ontwerp 1 sluit af met het vakbegrip ’kirchhoff’ terwijl ontwerp 2 deze meer naar voren plaatst. Ontwerp 3 sluit ook af met het vakbegrip ’kirchhoff’ maar behandeld daarvoor vakbegrippen die te maken hebben met ’atomaire onderdelen, stroom in huis en elektrische onderdelen’. Alle drie de ontwerpen clusteren vakbegrippen door deze op dezelfde positie in de leerlijn te zetten.

3.4.4 Resultaat sorteeralgoritme

De ingedeelde vakbegrippen van de derde activiteit in de workshop zijn ook door het sorteeralgoritme in een volgorde geplaatst. Het resultaat hiervan is te zien in afbeelding 3.12. Allereerst zal er gekeken worden naar de gegenereerde lijn, waarna deze vergeleken zal worden met de drie menselijke ontwerpen uit de derde activiteit van de workshop.

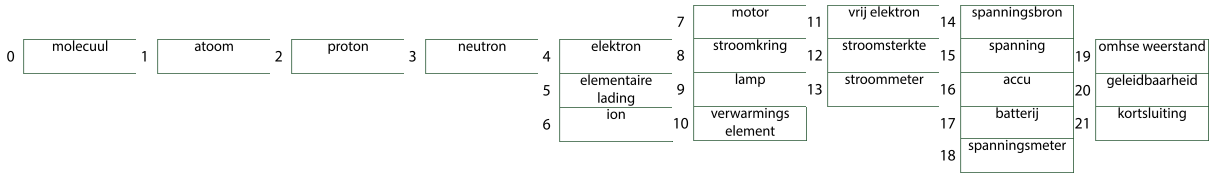
Na het sorteren is de gesorteerde lijst omgezet tot een lijn die makkelijk te interpreteren is. Tijdens deze handmatige bewerking vielen sommige vakbegrippen op, bijvoorbeeld vakbegrippen die goed te combineren zijn staan op de leerlijn naast elkaar. Enkele voorbeelden hiervan zijn de vakbegrippen ’serie- en parallelschakeling(3-4), ’stroom- en spanningsdeling(16-17)’, ’accu en batterij(19-20)’ en ’stroom- en spanningsmeter(25-26)’. De elektrische componenten ’diode, ldr, ntc en ptc(27-30)’ zijn bij elkaar geplaatst net als alle elementaire vakbegrippen(7-10) op het vakbegrip ’neutron(14)’ na.

Een vakbegrip dat opviel vanwege zijn positie was ’soortelijke weerstand(5)’. Deze was als 5^{e} geplaatst voor het vakbegrip ’ohmse weerstand’, maar is handmatig verplaatst richting de vakbegrippen ’ldr(28), ntc(29) en ptc(30)’. Dit is gedaan, omdat het vakbegrip ’soortelijke weerstand’ dan ook direct toepasbaar is. Echter, het is geen vreemde keuze om beide weerstanden op dezelfde hoogte in de leerlijn te zetten.

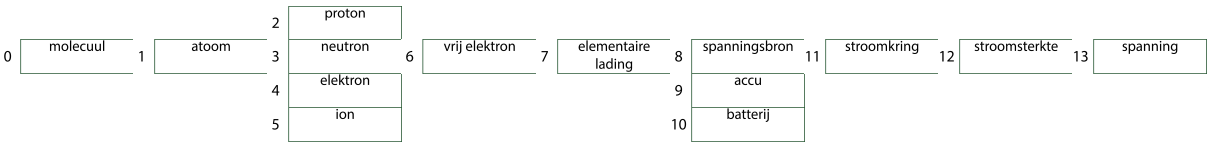
Verder stonden vakbegrippen ’spanningsbron(12), elementaire lading(11), elektrische energie(15) en vermogen(13)’ zeer dicht bij elkaar alleen de volgorde is lichtelijk aangepast. Spanningsbron is vooraan gezet en wordt opgevolgd door het vakbegrip ’elementaire lading’. Een spanningsbron is namelijk zichtbaar te maken en daardoor minder abstract dan het vakbegrip ’elementaire lading’. Voor het vakbegrip ’vermogen’ is gekozen om hiervoor het vakbegrip ’elektrische energie’ te plaatsen. Een leerling moet bewust zijn dat vermogen gebruik maakt van het vakbegrip ’arbeid’ en dat het vakbegrip ’elektrische energie’ hiertoe behoort.

Wanneer de leerlijn wordt vergeleken met de ontwerpen van de workshop zijn er veel overeenkomsten te vinden. Allereerst komen de hiervoor genoemde combinaties van vakbegrippen in alle drie te ontwerpen voor. Net als ontwerp 3 begint de leerlijn met de vakbegrippen ’stroomkring, stroomsterkte en spanning’. De vakbegrippen die betrekking hebben op alle atomaire onderdelen zijn bij elkaar terecht gekomen en worden net als ontwerp 1 en 2 vroeg aan het begin gezet. Ook de vakbegrippen ’ohmse weerstand’ en ’serie- en parallelschakeling’ worden net als alle ontwerpen dicht bij elkaar gezet met als enig verschil dat het algoritme het vakbegrip ’ohmse weerstand’ ná de schakelingen behandelt.

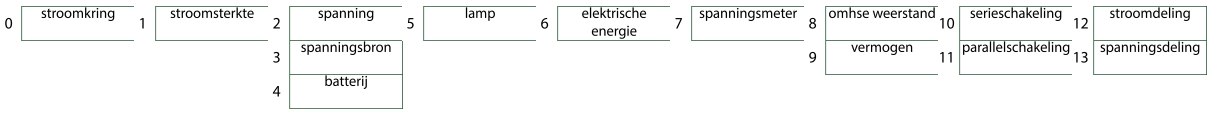
Ontwerp groep 1



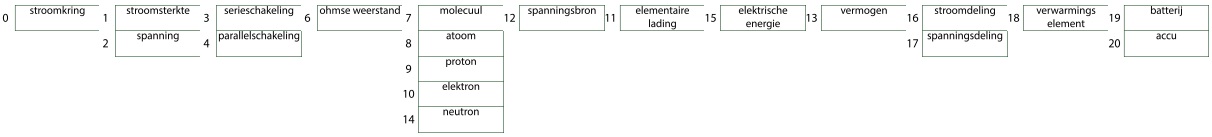
Ontwerp groep 2



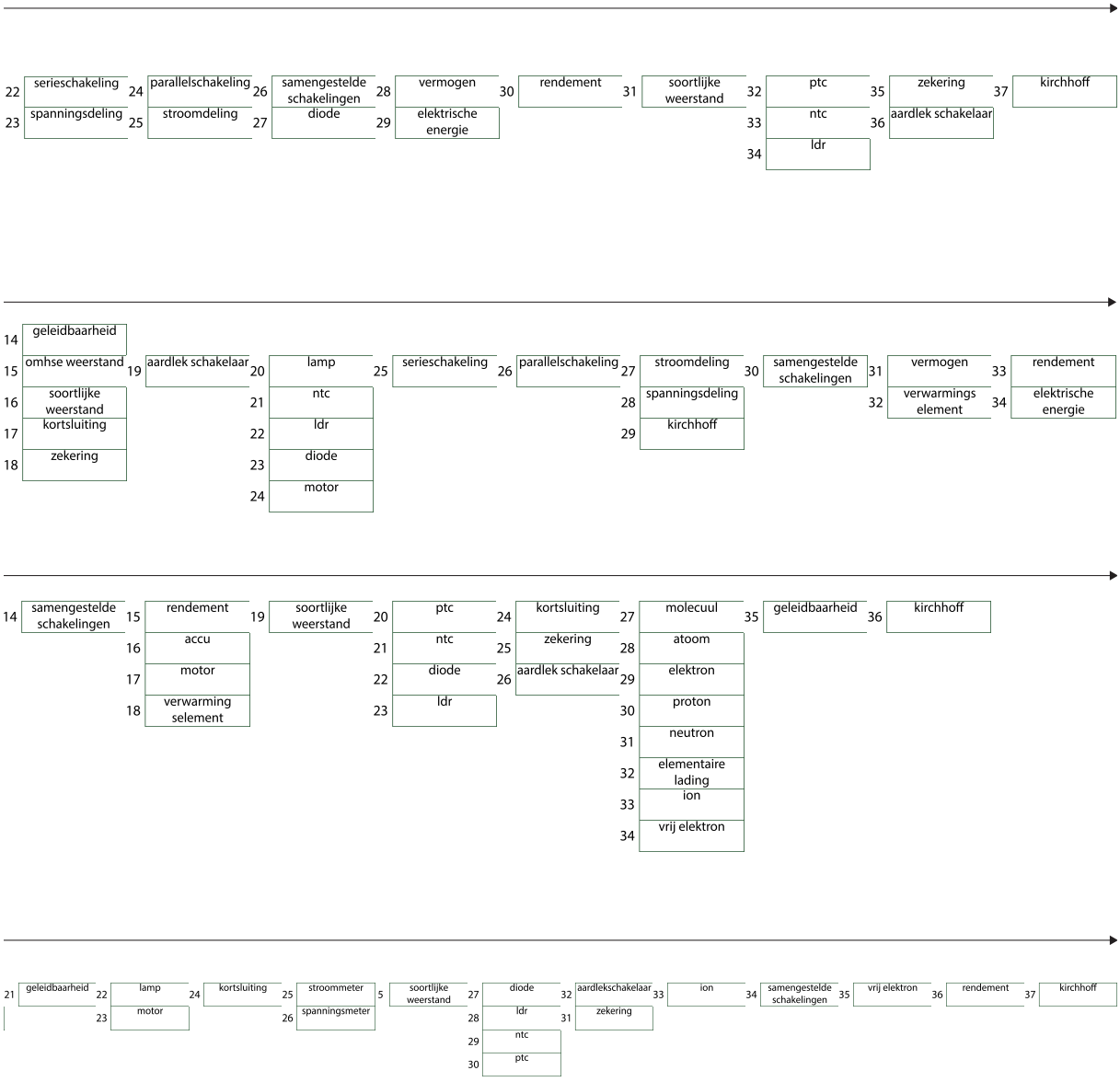
Ontwerp groep 3



Leerlijn gegenereerd door algoritme



Figuur 3.12: Drie leerlijn ontwerpen die zijn opgesteld in groepen tijdens de derde activiteit van de workshop. Afbeelding loopt door op de volgende pagina.



3.4.5 Interview

Vier interviews zijn afgenomen na de workshop. Hierin hebben vier docenten antwoord gegeven op de opgestelde vragen. De transcripties van deze interviews zijn te vinden in Appendix A.

De docenten waren zeer positief over de gegeven workshop en het hierin gepresenteerde ontworpen systeem. Uit de interviews kwamen drie punten naar voren die als zeer positief werden ervaren. Het eerste was dat ze het ontworpen systeem als vernieuwend en verfrissende ervoeren. "Het is een totaal andere manier om er naar te kijken. Er is op deze manier objectivering en kwantificering."De workshop droeg bij om in te laten zien dat je bij het opbouwen van een leerlijn vrij analytisch en wiskundig mag nadenken. De workshop toonde aan dat het ontwikkelen van een leerlijn een lastig proces is maar door dit te erkennen er ook gelijk over een oplossing kan worden nagedacht. "We zitten heel strak in een stramien om naar dingen te kijken en we proberen dat los te laten maar dit systeem zorgt voor een compleet nieuwe blik wat leidt tot nieuwe inzichten."Het leuke van dit systeem is dat je out-of

the-box inzichten krijgt die wel binnen de box van het huidige onderwijs passen."

Als tweede werd benadrukt dat het gebruik van vakbegrippen in plaats van leerdoelen als zeer positief werd beschouwd. "Het was een bevestiging dat je niet kleine leerdoelen achter elkaar hoeft te zetten om een leerlijn te vormen, maar dat het dus mogelijk is om grotere vakbegrippen in te delen."De docenten hadden vrijwel geen toelichting nodig bij het gebruik van de vakbegrippen. Ze waren hier namelijk al bekend mee vanuit de natuurkunde syllabus en zagen ook geen problemen in het verkrijgen van de vakbegrippen vanuit de domeinen zoals beschreven in de werkwijze.

Het derde punt dat naar voren kwam in alle gesprekken was dat het ontworpen systeem zorgt voor een objectieve en snelle opzet van een leerlijn. Alle docenten gaven aan dat het systeem voor een gestructureerde discussie binnen de sectie zorgde vanuit een objectief startpunt. "Het is een zeer praktische systeem dat direct zorgt voor discussie, maar gelijkertijd rolt er ook direct iets heel erg concreets uit. Dit bespaart enorm veel tijd."„De moeilijke legpuzzel wordt door de computer overgenomen en de sectie hoeft hem enkel nog maar te controleren en hier en daar aan te passen. Wanneer je iets wilt verschuiven hoef je niet alles weer herindelen, dit doet de computer voor je. Op deze manier komen we verder en tot nieuwe inzichten."„Hier wil je eigenlijk altijd naartoe, wij vergaderen te veel over niks en zijn te weinig bezig met het vak echt verbeteren. De tijd vloog voorbij en we waren echt bezig en dat voelt goed."

Docenten zijn van mening dat het ontworpen systeem overzicht biedt, maar dat dit niet het belangrijkste is. Veel docenten hebben in hun hoofd alles al op een rijtje en hebben voor zichzelf vrij goed het overzicht van wat er moet gebeuren binnen een jaar. Er werd aangegeven dat het systeem werkt en dat deze goed te interpreteren is als mens. Het sorteeralgoritme produceert gelijksoortige resultaten in een aanzienlijk kortere tijd.

3.5 Validatie en discussie

De docenten slaagden erin om met de verzamelde vakbegrippen leerlijnen te creëren. De leerlijn die gemaakt is via het sorteeralgortime gaf soortgelijke lijnen. De docenten hebben via de workshop duidelijk begrepen hoe het ontworpen systeem werkt en zijn hier enthousiast over. Aan de hand van de verkregen resultaten van het systeem, de workshop en het interview konden de vooraf opgestelde eisen gevalideerd worden. Iedere eis zal afzonderlijk gevalideerd worden en zal er afgesloten worden met een discussie.

Must have: Docenten ondersteunen Docenten zijn tevreden en zien een meerwaarde in het ontworpen systeem. Door het systeem toe te lichten in de workshop en de docenten zelf met de voorgestelde werkwijze een leerlijn te laten maken lukte het alle groepen om zonder veel moeite een leerlijn te maken. Uit de interviews bleek ook dat het vooral de discussie structureert en dat het een sectie helpt snel en objectief een leerlijn neer te zetten.

Must have: Leerlijn op basis van vakbegrippen Het ontworpen systeem laat zien dat het mogelijk is om vakbegrippen gemakkelijk met elkaar te verbinden en dit laat het toe om de vakbegrippen op een abstracte manier te sorteren en in te delen. Het systeem produceert namelijk gelijksoortige leerlijnen als die van de docenten. Wel geven docenten aan dat een leerlijn meer is dan enkel de vakbegrippen en zullen er ook vaardigheden toegevoegd moeten worden. De docenten waren van mening dat ze het prettiger vonden werken dan met leerdoelen.

Must have: Gebruiksvriendelijk Het ontworpen systeem was makkelijk over te brengen gedurende de workshops. Docenten hebben gedaan wat de computer ook heeft gedaan en

kregen hierdoor meer inzicht in de voorgestelde werkwijze van het systeem. Door dit begrip kwam de gegenereerde leerlijn niet uit de lucht vallen en kwam het systeem niet over als een 'blackbox'. De docenten ervoeren door de workshop de complexiteit van de uit te voeren taak en zagen daardoor de meerwaarde van het voorgestelde sorteeralgoritme.

Must have: Toe te passen zijn binnen het huidige onderwijs Het was mogelijk om de inhoud van de leerlijn te baseren op de syllabus Natuurkunde opgesteld door het OCW. Hieruit konden domeinen geselecteerd worden en per subdomein konden alle vakbegrippen hierbinnen opgesteld worden. Docenten gaven in de interviews aan dat het werkt binnen huidig onderwijs en dat zij tijdens de workshops niet tegen de grenzen van het huidig onderwijs liepen, maar wel tot nieuwe out-of-the-box inzichten kwamen.

Should have: Een product van de sectie, niet van een specialist Uit de resultaten van de workshop is te zien dat er tijdens de workshop in teamverband aan gewerkt kon worden en dat het discussie los maakte. Docenten gaven aan dat er hierdoor gestructureerd nagedacht kon worden over hetzelfde probleem.

Could have: Modulair Uit de eerste twee activiteiten blijkt dat subdomeinen binnen domeinen als modulaire blokken konden worden beschouwd. Deze waren door middel van 'crossing concepts' te verbinden en in hierdoor in verschillende combinaties achter elkaar te zetten. Over het algemeen zijn docenten het wel eens met de volgorde waarin de domeinen achter elkaar behandeld zouden moeten worden. Maar binnen deze domeinen kunnen subdomeinen op verschillende manieren ingezet worden wat het voorgetelde systeem modulair maakt. Hiermee is het niet aangetoond dat het systeem ook daadwerkelijk modulair is, echter de voorbereidende resultaten sluiten het niet uit.

Could have: Beschikbaar via een interface In deze ontwerpcyclus is het niet gelukt om docenten een leerlijn via een interface te laten ontwikkelen.

Won't have: Te koppelen aan leerdoelen In deze ontwerpcyclus is deze eis niet meegenomen in het ontwerp.

Won't have: Te koppelen aan examen vragen In deze ontwerpcyclus is deze eis niet meegenomen in het ontwerp.

Won't have: Uitbreiden met vaardigheden In deze ontwerpcyclus is deze eis niet meegenomen in het ontwerp. Wel is uit de interviews gebleken dat deze eis voor een vervolgcyclus meegenomen moet worden.

In deze ontwerpcyclus zijn de meeste eisen behaald en terug te vinden in het voorgestelde systeem. Echter, het systeem is getest op een enkel subdomein. Hierdoor is niet met alle zekerheid te zeggen dat de gevalideerde eisen dan ook geldig zijn. Doordat er enkel op één domein is getest kan er ook niet met zekerheid getest worden of het sorteeralgoritme soortgelijke resultaten behaald voor andere subdomeinen.

Ook was het aantal deelnemers aan de workshop zeer gering. Daarom zijn aan de resultaten geen verstrekkende conclusies te verbinden. Wel is gezien de verscheidenheid in ervaring en activiteit binnen jaarlagen van de deelnemers op te merken dat gebruik van het systeem zorgt voor redelijk eenstemmige resultaten. Dat wijst op een tamelijk robuust karakter van het systeem en het sorteeralgoritme, dat wil zeggen ongeacht de achtergrond van de docent voorziet het systeem in behoefte. Er moet wel rekening gehouden worden dat de deelnemende docenten allen deel uit maakten van dezelfde natuurkunde sectie.

Opvallend is dat in alle ontwerpen uit de workshop het vakbegrip ’kortsluiting’ altijd na de vakbegrippen ’stroom-en spanningsmeter’ te vinden zijn. Echter, in het huidige onderwijs wordt er veelal gebruik gemaakt van multimeters als stroom- en spanningsmeter. Hierbij wordt vaak duidelijk gemaakt aan de leerlingen geen kortsluiting te veroorzaken met de multimeter. De vraag is dus of het gebruik van de multimeter wel op de juiste plek van de leerlijn staat en of het niet handiger is om het vakbegrip ’stroom-en spanningsmeter’ en dus de multimeter later te introduceren óf om het vakbegrip ’kortsluiting’ eerder op de leerlijn te zetten zoals te zien in in de leerlijn van het sorteeralgoritme. Het laat de kracht zien van het opstellen van een leerlijn, ook bevestigd het waarom docenten aangeven hetzelfde systeem in te zetten voor het indelen van alle vaardigheden. Hierdoor kunnen vakbegrippen en vaardigheden beter geplaatst en afgestemd worden binnen een curriculum.

3.6 Deelconclusie en aanbevelingen voor Cyclus 2

Er kan geconcludeerd worden dat het mogelijk is om een subdomein uit de syllabus om te zetten naar een module en dat (ondanks dat docenten deze nagenoeg hetzelfde indeelden) er genoeg verbindingen waren te maken tussen verschillende modules. Dit zorgde ervoor dat de volgorde van de modules niet perse vast hoefde te liggen, zolang er maar een goed vakbegrip werd gebruikt dat beide domeinen verbindt, aangezien dit zorgt voor meer samenhang en continuïteit.

De vakbegrippen binnen een subdomein waren gemakkelijk uit de syllabus te verzamelen en konden door alle docenten zonder veel moeite in een lineaire manier ingedeeld worden. Ook een algoritme kon op basis van voorkennis de vakbegrippen indelen en leverde vergelijkbare resultaten op.

Wat opviel was dat wanneer docenten de vakbegrippen moesten ordenen zij er vaak voor kozen om vakbegrippen op dezelfde hoogte van hun leerlijn zetten, omdat zij vonden dat deze als paar geïntroduceerd moesten worden. Ook werkten ze allemaal van links naar rechts tijdens het indelen. Dit maakte het visueel een stuk gemakkelijker om het totaal overzicht te bestuderen. Een aanbeveling voor de volgende cyclus was dat wanneer er een visuele leerlijn wordt gekozen om deze observaties mee te nemen in het ontwerp.

De interviews verliepen zeer goed en een gestructureerde (half) open vorm was zeer geschikt om met weinig voorbereiding veel gelijksoortige informatie te verzamelen. Voor de volgende cyclus is dan ook aanbevolen om deze manier van valideren in te zetten.

4. Cyclus 2: Visuele leerlijn voor leerlingen

4.1 Inleiding

In Cyclus 1 is er onderzocht of een leerlijn opgesteld kon worden op basis van vakbegrippen en hierin continuïteit in aangebracht kon worden. In deze tweede cyclus is onderzocht of het mogelijk is om deze opgestelde leerlijn als formatieve toetsing in te zetten als feedback middel binnen het curriculum, de module of de les. De cyclus is op dezelfde manier uitgevoerd als Cyclus 1 en zal daarom eerst beginnen met een exploratie en analyse fase. Tijdens deze fase is er gekeken naar soorten feedback methoden op basis van leerlijnen, vakbegrippen of curriculum overzichten. Op basis van deze het vooronderzoek zijn er eisen opgesteld via de MoSCoW-methode en een ontwerpkeuze gemaakt. De eisen en het ontwerp zullen worden gevalideerd en geëvalueerd.

4.2 Exploratie en analyse

Voordat er een ontwerpkeuze en concrete werkwijze zal worden opgesteld is er eerst een vooronderzoek gedaan. In dit vooronderzoek zijn vijf docenten geïnterviewd. Hierin zijn zij ondervraagd hoe zij een leerlijn zouden willen toepassen in hun lessen. De informatie die verzameld is tijdens deze het vooronderzoek is gecombineerd met de deelconclusies en aanbevelingen van Cyclus 1. Hieruit zijn eisen opgesteld en die hebben geresulteerd in een ontwerpkeuze om een visuele leerlijn op te stellen. Deze ontwerpkeuze beschrijft in grote lijnen de route die gekozen zal worden voor het opstellen van een visuele leerlijn.

4.2.1 Vooronderzoek

Uit het interview van het vooronderzoek gaven docenten aan dat zij graag een ontwikkelde leerlijn zichtbaar zouden willen maken voor leerlingen en hiervan gebruik willen maken gedurende hun les. Zij erkennen dat dit een vorm van formatieve toetsing is die zij graag meer willen toepassen in hun lessen. Ze geven aan dat ze de lijn willen gebruiken gedurende een één-op-één gesprek met de leerling of tijdens een klassikale uitleg, waar de leerlijn te zien is op een centrale plek in het lokaal.

Uit de literatuur blijkt dat een belangrijk element van formatief toetsen het constant geven van gepaste feedback is. Hierbij is het belangrijk dat docenten leerlingen helpen door te verwijzen naar de leerdoelen en te bespreken welke kennis en vaardigheden belangrijk zijn voor een leerling om een nieuwe leerstap te maken (Kippers, Wolterinck et al., 2016). Veel feedback strategieën die gebruikt worden als middel om formatief te toetsen behoren tot een grotere groep die vaak ’learn how to learn’ genoemd. Deze methode is afgeleid van de cognitieve psychologie en wordt ook wel metacognitief leren genoemd. Metacognitief

leren is het faciliteren van een leerstrategie die het leren of begrijpen van kennis bevordert. Leerlingen hebben vaak moeite met het opstellen van leerdoelen, monitoren van hun eigen proces en het gebruik maken van leer strategie en om hun doelen te bereiken (Greene, Bolick & Robertson, 2010). Het gebruik van metacognitieve hulpmiddelen kan leerlingen bewust maken van hun eigenschap van het leren en kan de communicatie tussen leerling en docent hierdoor verrijken.

Novak (1990) beschrijft hoe conceptmaps en Vee diagrammen als metacognitieve 'tools' gebruikt kunnen worden om het leerproces te stimuleren. In meerdere onderzoeken is gevonden dat het toepassen van concept mapping leerresultaten bevordert ten opzichte van klassen waar geen concept mapping is toegepast (Chiou, 2008). Een concept map is een grafische structuur bestaande uit 'knopen' die met elkaar verbonden zijn in een netwerk, hoewel deze methode veel gebruikt wordt kan een concept map simpel opgevat worden als een hiërarchische boomstructuur met directe verbanden en kruisverbanden. Door leerlingen een overzicht te bieden in een boomachtige structuur zijn leerlingen in staat meer zelfstandig te leren en verhoogd het de motivatie (Chiou, 2008). Hier moet wel bij vermeld worden dat bij onderzoek leerlingen al bekend waren met het gebruik van concept mapping. Leerlingen kunnen namelijk een negatief vooroordeel hebben wanneer zij moeten werken met een nieuwe leerstrategie.

Uit het interview met de docenten komt naar voren dat zij als gemeenschappelijk doel hebben dat deze lijn er is om de leerling te ondersteunen in hun leerproces, om mogelijke knelpunten te bespeuren en het leren overzichtelijker te maken voor de leerlingen en zo de motivatie te verhogen.

Uit de leertheorie blijkt dat dit inderdaad belangrijk is, maar dat hier ook een belangrijke rol ligt voor de docent. Leerlingen hebben namelijk twee zones: de zone van acute ontwikkeling en de zone van naaste ontwikkeling (Vygotsky, 1997). De zone van acute ontwikkeling is het huidige ontwikkelingsniveau van de leerling. Problemen die hij met zijn huidige kennis al kan oplossen. Dit geeft vaak nauwelijks uitdaging. De zone van naaste ontwikkeling wordt ook wel de constructiezone genoemd. Hierin bevinden zich zaken die de leerling interesseren en waar hij voor open staat om dit eigen te maken, maar waar hij wel hulp bij nodig heeft (van der Veen & Van Der Wal, 2016). De rol van de docent is hierin om de verbanden tussen nieuwe begrippen te voorzien van contexten en op deze manier de zone van naaste ontwikkeling aan te spreken. Door samen als docent en leerling gebruik te maken van de leerlijn beslist de leerling in wat hij wilt leren, en helpen de leerlijn en de docent om de leerling zich dit eigen te maken.

4.2.2 Eisen en ontwerpkeuze

Op basis van het vooronderzoek zijn er eisen opgesteld. Deze zijn opgesteld aan de hand van de MoSCoW-methode (Van Vliet, 2007). De methode wordt gebruikt om eisen te prioriteren tijdens het ontwerpen.

Must have

Dynamisch De leerlijn is onderhevig aan veranderingen door curriculaire wijzigingen door het OCW als door interne factoren zoals de evaluatie van een module. De visuele leerlijn is daarom een dynamisch product wat gemakkelijk te onderhouden moet zijn.

Zelfstandig te gebruiken De leerling moet zelfstandig kunnen werken met de leerlijn als feedbackmiddel. Uit de literatuurstudie bleek dat leerlingen moeite hebben met het opstellen van leerdoelen en het monitoren hiervan. Het is daarom belangrijk dat de leerlijn hen hier in

ondersteunt en dat de leerling zich de visuele leerlijn eigen maakt en hier zelfstandig mee aan de slag kan.

Verbanden zichtbaar Verbanden tussen vakbegrippen moeten inzichtelijk worden. Door een duidelijk overzicht te bieden zijn leerlingen in staat beter zelfstandig te leren.

Didactische gesprek stimuleren Het moet het didactische gesprek tussen docent-leerling stimuleren. Door de docent als een coach naast de leerling te zetten, is de lerende in staat om nieuwe vakbegrippen zichzelf eigen te maken. Echter, is het belangrijk om de communicatie tussen beide zo goed mogelijk te laten verlopen. De leerlijn kan als hulpmiddel gebruikt worden om hierin te ondersteunen. Deze eis is gebaseerd op basis van de leertheorie van Vygotsky.

Should have

Zichtbaar in de klas Docenten geven aan dat het ook tijdens klassikale uitleg het handig is om nieuwe vakbegrippen te introduceren door gebruik te maken van de positie op de leerlijn. De leerlijn moet in de gehele klas te zien zijn.

Knelpunten zichtbaar Docenten geven aan dat het belangrijk is om gezamenlijk met een leerling te ontdekken waarom het begrijpen of toepassen van vakbegrippen soms minder goed gaat. Daarom is het belangrijk dat de leerlijn de knelpunten snel zichtbaar maakt.

Could have

Soortgelijke vakbegrippen zichtbaar Soortgelijke vakbegrippen uit verschillende domeinen moeten zichtbaar zijn, zodat de leerlingen beter de onderliggende vakbegrippen doorkrijgen.

Won’t have

Digitaal De leerlijn is te verkrijgen in een digitale en interactieve omgeving. Om de zelfstandigheid te verhogen, moet de leerlijn interactief zijn en op een prettige manier te bedienen. Het gebruik van een digitale omgeving laat het toe om de leerlijn op veel manieren te tonen en gekoppelde vakbegrippen in kaart te brengen.

Oefenbladen De leerling kan voor zichzelf oefenbladen genereren op basis van gekoppelde vakbegrippen. Doordat de vakbegrippen gekoppeld zijn kan een oefenblad gegenereerd worden waar eerste enkele oefenopgaven van de voorkennis op staat, om vervolgens te oefenen met het nieuwe vakbegrip.

Motivatie verhogend Werken met de leerlijn als feedback middel moet de motivatie verhogen. De leerlijn moet aantrekkelijk zijn om als leerling te gebruiken. Door de leerling te ondersteunen bij zijn eigen leerproces zal het de intrinsieke motivatie moeten verhogen. De leerling kan de vakbegrippen namelijk zien als minidoelen, en hiervoor een beloning krijgen. Iets wat je veel ziet bij het implementeren van gamification.

Er was gekozen om een opgestelde leerlijn uit Cyclus 1 die gegenereerd wordt door het sorteeralgortime te visualiseren in de vorm van een lineaire lijn. In deze visualisatie moesten alle vakbegrippen en hen verbanden in een overzicht te zien zijn. Dit kwam ook duidelijk naar voren uit de afgenomen interviews van de veldstudie. De literatuurstudie toonde aan dat het gebruik van visuele hulpmiddelen bijdraagt aan het begrip en overzicht van leerling. Ook uit

de deelconclusie en aanbevelingen van Cyclus 1 komt naar voren dat tijdens de workshop docenten automatisch vakbegrippen in lineaire lijn legden.

De ontwerpkeuze was om het sorteeralgoritme te integreren met de visuele leerlijn zodat deze dynamisch zou blijven en hiermee aan de ’must have eis’ ’dynamisch’ zou voldoen. Er is gekozen voor een simpele weergave, zodat de visuele leerlijn gemakkelijke zelfstandig te gebruiken zou zijn en zodat de verbanden zichtbaar bleven.

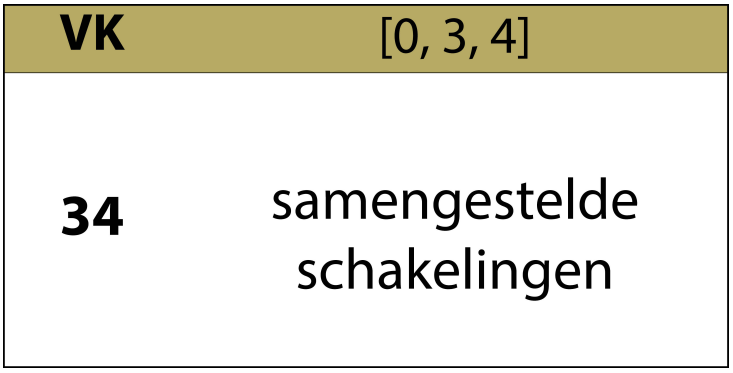
4.3 Werkwijze

Op basis van de ontwerpkeuze en de eisen is er een visuele leerlijn ontworpen. Het ontwerp bestaat uit drie stappen en zal toelichten hoe er een visuele leerlijn opgezet kan worden. Voor de validatie van eisen en het functioneren van de voorgestelde werkwijze zijn interviews afgenomen met leerlingen.

4.3.1 Ontwerp visuele leerlijn

De werkwijze van het ontwerp zal beschrijven hoe de ontwikkelde leerlijn uit Cyclus 1 gevisualiseerd is op basis van de eisen en opbrengsten. Het ontwerp was opgebouwd uit drie stappen. De eerste stap was om voor ieder vakbegrip een conceptkaart op te stellen met hierop alle relevante informatie voor de leerling. De tweede stap was om een structuur te ontwerpen hoe de vakbegrippen geplaatst ingedeeld zouden worden. De derde en laatste stap beschreef het genereren van de leerlijn.

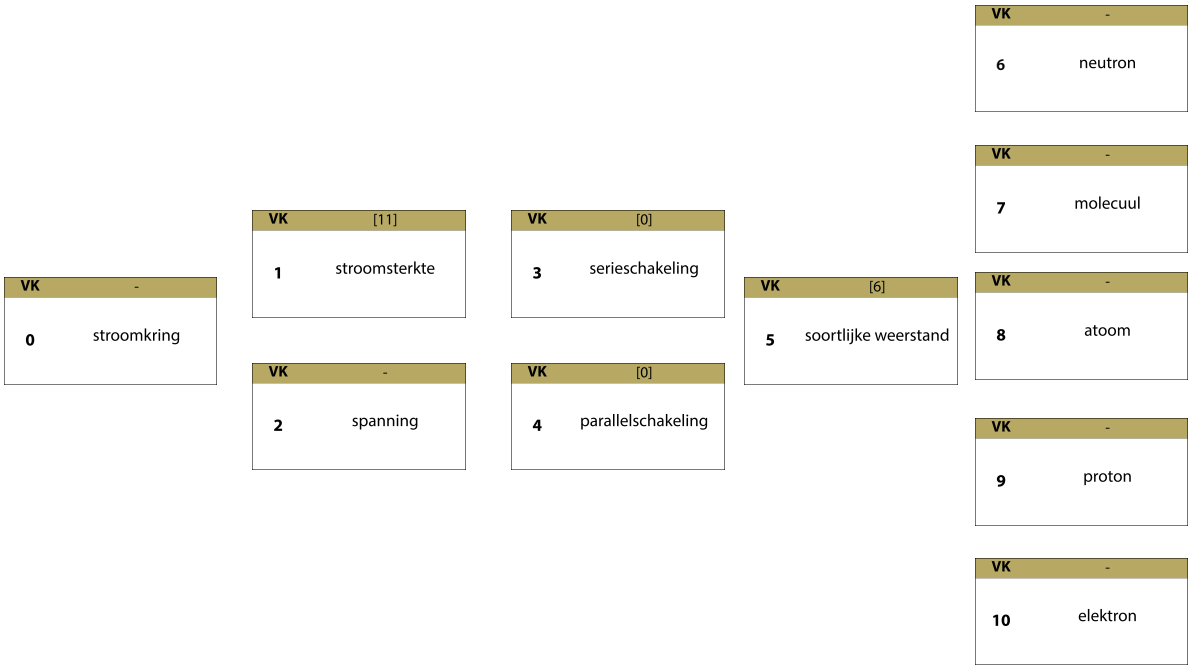
A. Conceptkaart



Figuur 4.1: Voorbeeld conceptkaart

In Figuur 4.1 is een voorbeeld van een conceptkaart te zien. Deze zijn voor alle vakbegrippen die onderdeel waren van Cyclus 1 opgesteld. Elke vakbegrip was voorzien van een cijfer en de naam van het vakbegrip. Een ’must have’ eis was dat de verbanden tussen vakbegrippen zichtbaar werden. Het systeem voorgesteld in Cyclus 1, vereiste dat vakbegrippen werden gekoppeld door ze te koppelen aan voorkennis. Deze gekoppelde voorkennis werd daarom zichtbaar gemaakt op de conceptkaart. Dit was gedaan door boven aan de conceptkaart de getallen te noteren die overeen kwamen met andere vakbegrippen binnen dezelfde leerlijn.

B. Visuele leerlijn



Figuur 4.2: Voorbeeld van een deel van de opbouw van een leerlijn met conceptkaarten.

Een aanbeveling vanuit Cyclus 1 was om de volgorde van de conceptkaarten van links naar rechts te ordenen op volgorde. In de westerse wereld is het namelijk gebruikelijk om van links naar rechts te lezen. Een voorbeeld hiervan is te zien in Figuur 4.2.

Er zijn geen pijlen getrokken tussen de vakbegrippen. Dit wekt namelijk de indruk dat deze vakbegrippen verbonden zijn, wat vaak niet het geval is. Daarin tegen zijn de verbanden te zien op de conceptkaart te zien.

Een andere aanbeveling vanuit Cyclus 1 was dat docenten vakbegrippen die overeenkomsten hadden of bij elkaar hoorde bij elkaar plaatste op de leerlijn. Dit verhoogde de leesbaarheid van de opgestelde leerlijnen. Er is daarom gekozen om gelijksoortige vakbegrippen boven elkaar te plaatsen in de visuele leerlijn.

C. Genereren visuele leerlijn

Aangezien de opgestelde leerlijnen per module niet statisch zijn moest de visuele leerlijn gemakkelijk te vernieuwen zijn. Om aan deze 'must have' eis te voldoen was er daarom voor een werkwijze gekozen om het visualiseren van de leerlijn zoveel mogelijk te automatiseren.

De output van het sorteeralgoritme was een opgeslagen databestand. Deze output bestond uit de naam, het nummer, en de gekoppelde voorkennis van alle vakbegrippen. Het ontwerp zoals te zien in Figuur 4.1 was in Adobe InDesign gemaakt. Door de positie van de datavelden aan te geven op het ontwerp konden door middel van de 'Data Merge' functie alle conceptkaarten in een keer gegenereerd worden. Vervolgens zijn de kaarten geïmporteerd in Adobe Illustrator.

Door de naamgeving stonden de kaarten hierdoor direct in de juiste volgorde. Het onder elkaar zetten van de vakbegrippen was de enige handmatige en arbitraire verrichting. Een voorwaarde was dat enkel vakbegrippen met opvolgende nummers onder elkaar geplaatst konden worden.

4.3.2 Validatie

De opgestelde eisen zijn gevalideerd aan de hand van een gestructureerde (half) open interview. De vragen zijn te vinden in Appendix B. Aan het interview deden vijf VWO eindexamen leerlingen mee. VWO eindexamen leerlingen waren geselecteerd met de veronderstelling dat zij met alle vakbegrippen bekend waren.

Het interview bestond uit vier blokken. Het eerste blok bestond uit algemene vragen over het vakkenpakket en de hoeveelheid natuurkunde docenten die de leerling had gehad in zijn middelbareschooltijd. Dit om eventuele grote verschillen tussen leerlingen hiermee te verklaren. Als laatste werd er gevraagd welk natuurkundig onderwerp of thema's de leerling kende en in welke volgorde hij deze zou aanbieden aan iemand die geen natuurkunde heeft gehad.

In het tweede blok werden de domeinen geïntroduceerd en werd opnieuw gevraagd of de leerling deze op volgorde kon leggen. Afsluitend werd gevraagd of de leerlingen tussen verschillende domeinen natuurkundige vakbegrippen kon verzinnen die deze domeinen verbonden.

In het derde blok van het interview werd gevraagd om de vakbegrippen uit domein 'D1: elektrische systemen' in te delen en in een lineaire volgorde te leggen, op dezelfde manier waarop de docenten dat in Cyclus 1 hadden gedaan.

Omdat een visuele leerlijn niet eerder gebruikt was door de geselecteerde leerlingen was het belangrijk de leerlingen te testen. Door de leerling te testen in blok 1, 2 en 3 kon gedurende het gesprek vastgesteld worden hoe goed de leerlingen in staat waren vakbegrippen te koppelen en verbanden hiertussen te leggen. Ook kon gevalideerd worden of een leerling in staat was om verbanden zichtbaar te maken voor zichzelf en deze toe te lichten zonder enige hulp.

Door het derde blok kon er een brug gemaakt worden naar de visuele leerlijn. De leerling had nu zelf ervaren dat er relaties waren tussen bepaalde vakbegrippen en dat deze geordend konden worden. Als laatste werd in het vierde blok werd nu de visuele leerlijn aan de leerling gepresenteerd. Hier mocht de leerling zijn mening geven over het gebruik van zo'n hulpmiddel in de klas. De leerling werd onder meer gevraagd naar waar en wanneer dit middel het best gebruikt kon worden en of de visuele leerlijn van toegevoegde waarde zou zijn aan het begin van de bovenbouw.

4.4 Resultaten

Uit het interview zijn de volgende resultaten gekomen. Helaas is van 1 leerling het gesprek niet goed opgenomen, waardoor de begrippenindeling van deze leerling ontbreekt. De transcripties van de interviews zijn te vinden in Appendix B.

In het eerste blok wanneer de leerlingen zelf hun kennis mochten indelen begonnen ze allen met krachten en bewegingen, zoals te zien in Figuur 4.3. Ze gaven hierbij aan dat het simpel is en inleidend voor natuurkunde. Je hebt krachten vaker nodig, zoals voor beweging. Ook zijn de formules gemakkelijk en is het beheersen van de vakbegrippen over krachten en beweging nuttig voor het dagelijks leven. Vrijwel alle leerlingen plaatsten optica na kracht

en bewegingen. Hen voornaamste argument hiervoor was dat het beoefenen van optica makkelijker is dan bijvoorbeeld elektriciteit, omdat het zichtbaar is en daardoor beter in de belevingswereld van een leerling past.

Leerling 1	Leerling 2	Leerling 3	Leerling 4	Leerling 5
Krachten Significantie Eenparige bewegingen Optica Elektriciteit Magnetisme Arbeit en energie Ruimte Golven Quantum Relativiteit	Snelheid Krachten Deeltjes 1 (gewoon) Elektriciteit Arbeid & energie Golven & optica Straling Elektromagnetisme Deeltjes II (elementair) Quantum	Beweging Krachten Optica Elektriciteit Elektromagnetisme Medische beeldvorming Straling en materie Quantum.	Beweging Krachten Optica Straling Elektriciteit en magnetisme Medische beeldvorming Quantum Relativiteit	Beweging Krachten Cirkel beweging Arbeid & energie Optica Elektriciteit Electromagnetisme Trillingen & golven Astro Medische beeldvorming Deeltjes processen Quantum Relativiteit
Beweging en wisselwerking Golven Lading en Veld Straling en Materie Quantumwereld en relativiteit Leven en aarde	Leven en aarde Beweging en wisselwerking Lading en Veld Golven Straling en Materie Quantumwereld en relativiteit	Beweging en wisselwerking Lading en Veld Straling en Materie Golven Leven en aarde Quantumwereld en relativiteit	Beweging en wisselwerking Golven Straling en Materie Lading en Veld Quantumwereld en relativiteit Leven en aarde	Beweging en wisselwerking Lading en Veld Golven Leven en aarde Straling en Materie Quantumwereld en relativiteit

Figuur 4.3: De resultaten van de leerlingen na het doorlopen van blok 1 en blok 2 van het interview. In het groene blok zijn de antwoorden te zien op de vraag „welk natuurkundig onderwerp of thema's de leerling kende en in welke volgorde hij deze zou aanbieden aan iemand die geen natuurkunde heeft gehad.“In het blauwe blok zijn de antwoorden te zien op de vraag: „Kun jij de volgende domeinen in een volgorde leggen waarin jij deze zou aanbieden aan iemand die geen natuurkunde heeft gehad.“

Na optica werd in wisselende volgorden onderwerpen zoals elektriciteit, elektromagnetisme, trillingen en golven en medische beeldvorming/straling geplaatst. Alle leerlingen plaatsten elektriciteit voor elektromagnetisme en zette deze twee onderwerpen ook telkens achter elkaar. Een leerling zei daar het volgende over: "Elektriciteit is inleidend voor elektromagnetisme, je moet de basis kennis van elektriciteit hebben om verder te gaan met elektromagnetisme. Het boek zet deze ver uit elkaar wat ik vreemd vind, ik zou ze juist achter elkaar doen. Dat is ook hoe ik ze nu leer om het examen voor te bereiden."

Als laatste sluiten alle leerlingen af met de onderwerpen quantum en relativiteit. De leerlingen geven aan dat ze deze thema's lastig vinden. Op de vraag of dan de 'gemakkelijke' onderwerpen eerst moeten wordt het volgende geantwoord: "Nou niet perse, maar je hebt bij quantum kennis nodig van voorgaande hoofdstukken. Bijvoorbeeld moet je goed weten wat een versnelling is, want die heb je nodig voor quantum. “ Een andere leerling antwoordde: "Einde van middelbare quantum is lastiger te bevatten dan dat je doorgaans leert, het gaat tegen alle logica in die je de afgelopen 6 jaar hebt gehad. Je moet goed zijn in het inbeelden van bepaalde situaties. Wiskundig gezien is het te doen, je moet vooral delen en vermenigvuldigen. Maar om precies te weten wat je moet delen en gebruiken, daar zit het lastige."

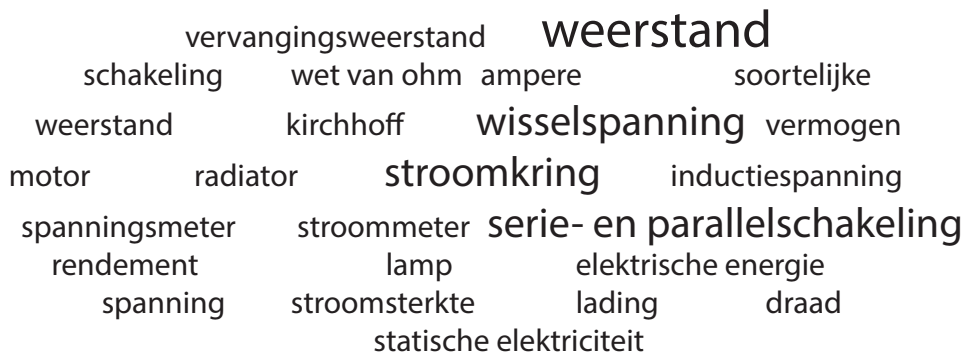
In het tweede blok van het interview was opvallend dat de leerlingen niet wisten hoe de eindtermen of domeinen, zoals beschreven in de syllabus natuurkunde, eruit zagen. De meeste leerlingen wisten wel dat het bestond en één leerling had er nog nooit van gehoord. Wanneer de domeinen toegelicht werden en gevraagd werd ook hier een indeling in te maken, kwamen de meeste leerlingen met gelijksoortige indelingen zoals ze daarvoor met hun eigen

onderwerpen hadden gedaan. Een leerling zegt hierover het volgende: "Ik vind de domeinen onduidelijk, ik deel de stof liever per hoofdstuk in."

	Golven	Lading en veld	Beweging en wisselw.	Straling en materie	Quantum en relativit.
Golven			Golfsnelheid	Golflengte	Interferentie
Lading en veld			Elektronen, geladen deeltjes die versnelling richting een magneet.	Elektronen die uitgezonden worden.	
Beweging en wisselw.		(Elektrische) Energie			De formule van de gammafactor, die heeft te maken met de beweging en de snelheid van een object.
Straling en materie	Frequentie				
Quantum en relativit.	Golf-deeltjes dualiteit	Deeltje in een doosje		Elektronen, geladen deeltjes die versnelling richting een magneet.	

Figuur 4.4: Kruistabel met op beide assen de domeinen gebruikt voor het blok 3 van het interview. Genoteerd zijn de vakbegrippen die de leerlingen noemden om twee domeinen met elkaar konden verbinden. Sommige domeinen koppels werden benoemd met andere vakbegrippen.

Bij de vraag of leerlingen vakbegrippen konden noemen die twee domeinen verbonden, was het bij veel interviews lang stil. Deze leerlingen hadden lang de tijd nodig, maar kwamen uiteindelijk met suggesties. "2 en 4 vind ik echt bij elkaar passen, maar ik weet niet echt waarom. Bij bijvoorbeeld medische apparaten heb je formules die overeenkomen met lading en veld, maar ik kan geen vakbegrip noemen dat gebruik maakt van beide domeinen."Het benoemen van de relaties tussen twee domeinen was op deze manier voor veel leerlingen mogelijk, maar om concreet begrippen te noemen was er veel sturing nodig. Één leerling daarin tegen kon zeer goed en snel verwoorden met wat voor brug de domeinen verbonden konden worden. De resultaten van alle leerlingen zijn gebundeld en te zien in Figuur 4.4.



Figuur 4.5: Woordenwolk met daarin alle unieke vakbegrippen benoemd door vijf leerlingen. Hoe groter het woord des te meer deze door leerlingen is genoemd.

De volgende vraag in het interview was om binnen een domein vakbegrippen aan te geven. Alle leerlingen konden veel vakbegrippen opnoemen in een zeer korte tijd. De unieke antwoorden zijn gecombineerd en weergegeven in Figuur 4.5. Al deze vakbegrippen vielen vrijwel allemaal binnen het domein of waren nou verwant hieraan. Op de vraag waarom de vakbegrippen spanning, weerstand en stroomkring vaak worden gebruikt als start voor het domein elektriciteit gaven leerlingen veelal aan dat dit echte basisbegrippen zijn. Met de vervolgvraag welke vakbegrippen zonder deze 'basis kennis' lastig te begrijpen zijn hadden de leerlingen meer moeite. Twee leerlingen, hadden veel sturing nodig en konden niet een compleet antwoord geven. Een leerling kon enkel op macro niveau aangeven wat er mis zou gaan en gaf aan dat zonder deze basis je moeite zou krijgen bij het domein elektromagnetisme, maar kon niet concreet aanwezen welke begrippen binnen dit domein dan problematisch werden. Een ander kwam met een drogredenatie : "Het berekenen van een weerstand kun je niet berekenen als je niet weet wat een vermogen is. Echter, één leerling kon zeer concreet aangeven dat de vakbegrippen spanning, stroom en weerstand nodig zijn om parallelschakelingen goed te begrijpen en dat de vakbegrippen spanning en stroom weer nodig zijn voor het vakbegrip weerstand.

In het derde blok konden alle leerlingen een indeling maken op basis van vakbegrippen. De indelingen van de vakbegrippen van het domein 'Elektriciteit' die de leerlingen hebben gemaakt zijn te vinden in Appendix B. De observaties hiervan zullen hier worden besproken. Alle leerlingen beginnen vroeg met de begrippen stroomsterkte en spanning. Deze worden ook bij alle leerlingen achter elkaar geplaatst. Echter, maar een leerling begint hiermee. De andere leerlingen plaatsen hiervoor eerst nog begrippen als: stroomkring, spanningsbron, serieschakeling, lamp en elektrische energie.

Twee leerlingen plaatsen na de begrippen stroomsterkte en spanning begrippen waar rekenvaardigheden aan gekoppeld zijn zoals vermogen, rendement, weerstand en geleidbaarheid. Waarna beide leerlingen dit vervolgen met alle begrippen die te maken hebben met het begrip stroomkring zoals parallel- en serieschakeling, spanning- en stroomdeling, samengestelde schakelingen en 'kirchhoff'. Opvallend is dat een leerling de begrippen spannings- en stroomdeling pas na 'kirchhoff' plaatst.

Drie leerlingen plaatsen het begrip kortsluiting erg laat, terwijl een leerling deze juist zeer vroeg in de volgorde plaatst. Twee andere leerlingen plaatsen het begrip lamp erg vroeg, terwijl de andere twee leerlingen deze pas als respectievelijk 14e en 19e begrip noemen.

Alle leerlingen plaatsen begrippen die weinig als voorkennis gebruikt worden meer aan het einde van de reeks. Hierbij zetten ze allemaal NTC, PTC en LDR achter elkaar en zijn hier vaak

andere elektrische componenten te vinden zoals batterij, diode, zekering, verwarmingselement en aardlekschakelaar. Drie van de vier leerlingen zetten de begrippen ion, elementaire lading en vrij elektron bij elkaar en plaatsen deze helemaal of vrijwel aan het einde.

Met blok vier werd het interview afgesloten door het tonen van de ontworpen visuele leerlijn. Deze lijn die aan de leerlingen is gepresenteerd is te zien in Appendix B. De leerlingen mochten op de lijn commentaar geven en ook werd deze lijn vergeleken met indeling gemaakt door de leerling. Deze resultaten zijn gecombineerd en hieruit zijn de volgende punten gekomen.

Er was weinig toelichting nodig voor de leerlingen om de visuele leerlijn te begrijpen. Ze konden al vrij snel kritisch aangeven waar ze het niet of wel mee eens waren. Zo merkte een leerling op dat het begrip soortelijke weerstand verward was met ohmse weerstand en dat de soortelijke weerstand pas veel later op de lijn moest verschijnen. "Logisch gezien zou je de soortelijke weerstand en de ohmse weerstand bij elkaar zetten, maar feitelijk gezien zijn het twee aparte formules en zou een leerling daar moeite mee hebben om die tegelijk te leren, omdat het begrip elektriciteit al lastig en dan krijg je gelijk twee soorten weerstanden."Een leerling gaf aan het eens te zijn dat elektrische energie voor vermogen stond, terwijl een andere leerling vond dat hij het begrip vermogen iets later zou plaatsen. "Vermogen lijkt er beetje tussen te komen. Alsof hij hier niet echt thuis hoort, dan zou je hem beter achter stroomdeling en spanningsdeling zetten, want uiteindelijk moet je daarmee ook kunnen rekenen."

De leerlingen geven aan het eens te zijn met de volgorde en de plaats van de begrippen logisch te vinden. Een leerling voegt daar aan toe: "Ik vind dit goed, door eerst te kijken naar wat je nodig hebt en dat te gebruiken om te bepalen wanneer je het moet leren."Een ander voegt er aan toe: "Ik heb nog nooit zo naar een thema gekeken, maar ik moet zeggen als ik het zo allemaal zie klopt het wel allemaal aardig, ook in mijn eigen beleving."

Wanneer leerlingen de visuele leerlijn vergeleken met hun eigen volgorde konden ze goed aangeven waarom die verschilden of overeenkwamen. "Ik vind het handig dat ze beginnen met een stroomkring en dan werken naar de begrippen erachter. Dat zou ik ook doen. Ik snap dan ook wel waarom die deeltjes er zijn, ik zou alleen beginnen met het grootste deeltje, het molecuul. De spanningsbron kan er wellicht nog eerst voor, die heb ik namelijk nodig om een stroomkring te maken. "Ook komt een leerling tot inzichten die hij eerst niet had: "Ik had een heel ander beeld gehad bij sommige vakbegrippen, bij elementaire lading dacht ik meer aan quantum. Nu ik hem hier zo aan het begin zie staan met elektron en proton is het heel logisch dat je eerst daar mee begint, dan kun je dingen logisch uitrekenen."

De leerlingen gaven allen aan dat ze graag van de visuele leerlijn gebruik hadden gemaakt tijdens het begin van de bovenbouw. "Ik vind dit model wel heel handig, het is makkelijk dat je kan zien welke voorkennis je nodig hebt om een vakbegrip te snappen. In het boek staat namelijk helemaal niet duidelijk wat de voorkennis is die je nodig hebt."Deze structuur had ik in de vierde echt niet, en wist ik niet wat ik allemaal moest doen."

Een andere leerling gaf aan dat het ook handig was om te zien wat je uiteindelijk met een vakbegrip kon doen. "Het is ook handig dat wanneer je een vakbegrip leert, dat je, in dit geval voor een stroomkring, weet wat je daar nog meer mee kan doen. Dan weet je waar je echt goed moet opletten, maar daar zit dan ook het gevaar in dat je bij minder belangrijke dingen minder gaat opletten."Deze zelfde leerling geeft ook aan dat het erg aan de leerling ligt hoe hij de visuele leerlijn zal gebruiken. "Het ligt er heel erg aan hoe je leert, als je leert om verder te komen en meer stof wilt begrijpen denk ik dat dit fijn is, maar als je in de eerste enkel wilt oplossen wat je in de eerste moet, omdat je niet geïnteresseerd bent wat er daarna gaat komen dan denk ik dat dit niet zo handig is."

Twee leerlingen adviseren om de visuele leerlijn te plaatsen aan het einde van een hoofdstuk

of een module. "Hier staat het dan in het klein op, wat je moet kunnen en kennen en dat dit ieder jaar uitgebreid wordt. Of dat het er allemaal opstaat en per jaar een ander kleurtje heeft. Ook zou het fijn als er bladzijde nummers en opgaven op het conceptkaartje staan."De leerlingen waren positief om de leerlijn in andere vormen te zien zoals in het lokaal of op een website.

4.5 Validatie en discussie

De vijf leerlingen waren tijdens het interview in staat om op alle vragen en opdrachten een passend antwoord te geven en de leerlingen waren enthousiast over de gepresenteerde visuele leerlijn. Aan de hand van de verkregen resultaten vanuit het interview konden de vooraf opgestelde eisen gevalideerd worden. Iedere eis zal afzonderlijk gevalideerd worden en zal er afgesloten worden met een discussie.

Must have: Dynamisch De lijn is opgebouwd uit conceptkaarten. Deze conceptkaarten worden automatisch gegenereerd en kunnen dus gemakkelijk vervangen worden. De vormgeving van de lijn is nog een handmatig proces en zal dus bij het bijwerken van de visuele leerlijn de meeste tijd in beslag nemen.

Must have: Zelfstandig te gebruiken Er was weinig uitleg nodig voor de leerlingen om met de visuele leerlijn te werken. Leerlingen gaven aan de visuele leerlijn ook voor zichzelf te zien, hiervoor zou wel het format veranderd moeten worden, zodat het mee te nemen is op een enkel A4 blad of digitaal via internet.

Must have: Verbanden zichtbaar Door middel van de voorkennis die zichtbaar is op de conceptkaart zagen leerlingen welke andere vakbegrippen verbonden waren aan een vakbegrip. Tijdens het interview gaven leerlingen aan dit prettig te vinden. Ook was de visuele leerlijn overzichtelijk en begrepen ze de positie van de vakbegrippen op de visuele leerlijn.

Must have: Didactische gesprek stimuleren De lijn stimuleerde het didactische gesprek. Er was weinig aansturing nodig en de leerlingen werden gretig. Ze konden in tegenstelling tot de andere opdrachten beter verantwoorden waarom sommige vakbegrippen bij elkaar hoorden te staan en welke vakbegrippen elkaar ondersteunden.

Should have: Knelpunten zichtbaar In deze ontwerpcyclus is deze eis niet meegenomen in het ontwerp.

Should have: Zichtbaar in de klas De lijn is ontworpen in een digitaal vector formaat. Hierdoor is het mogelijk om de lijn op te schalen zonder kwaliteitsverlies. Hij kan daarom vergroot worden zodat deze zichtbaar is vanuit de gehele klas.

Could have: Soortgelijke vakbegrippen zichtbaar In deze ontwerpcyclus is deze eis niet meegenomen in het ontwerp.

Won’t have: Digitaal Leerlingen waren positief over het idee om de visuele leerlijn in een digitaal formaat thuis te kunnen bekijken. Hier voegden ze aan toe dat het dan prettig was om hoofdstuk- of paginanummers op de conceptkaarten te zien evenals verwijzingen naar oefenopdrachten.

Won’t have: Oefenbladen Deze cyclus heeft geen inzichten gegeven over de relevantie van deze eis voor een vervolg cyclus.

Won’t have: Motivatie verhogend Deze cyclus heeft geen inzichten gegeven over de relevantie van deze eis voor een vervolg cyclus.

In deze ontwerpcyclus zijn de meeste eisen behaald en zijn te zien in de visuele leerlijn of kwamen in het interview naar voren. Echter, er is enkel een visuele leerlijn opgesteld voor een enkel subdomein. Hierdoor is niet met alle zekerheid te zeggen dat de gevalideerde eisen dan ook geldig zijn.

Er kan geconcludeerd worden dat de leerlingen goed zijn in het indelen van examenstof. Ze zijn goed op de hoogte van alle thema’s en kunnen deze rangschikken. Op macro niveau scoren de leerlingen aan het einde van 6VWO goed. Dit laten ze ook zien wanneer ze de domeinen in moeten delen. Echter, hebben alle leerlingen moeite om op dit macro niveau aan te geven wat de verbanden zijn tussen de thema’s of domeinen. Dit werd het meest duidelijk wanneer er gevraagd werd om vakbegrippen te noemen als brug tussen twee domeinen. De leerlingen hadden veel sturing nodig om tot antwoorden te komen. Het was duidelijk dat de leerlingen vooral in hoofdstukken en hokjes denken.

Hetzelfde geldt voor het micro niveau waarin leerlingen vakbegrippen moesten opnoemen behorende tot het domein elektriciteit. Dit ging de leerlingen erg goed af en konden ook hier dus goed een overzicht geven van alle vakbegrippen die in dit domein voorkwamen, maar konden moeizaam toelichten wat de relatie was tussen deze vakbegrippen.

Bij het indelen van de vakbegrippen zijn leerlingen geneigd om vakbegrippen te groeperen op soort. Alle begrippen met formules worden bij elkaar gezet en de meest relevante of belangrijke informatie wordt als eerste behandeld. Dit zijn strategieën om de informatie te onthouden door ’rijtjes’ te maken en deze te onthouden. Ze leren dus op repetitieve manier begrippen, in plaats van te doorgronden waar voor nodig zijn. Dit kan verklaren waarom de leerlingen goed op de hoogte zijn van alle begrippen binnen een domein, maar niet de onderliggende samenhang duidelijk voor zich hebben. Tijdens de gesprekken werd wel duidelijk dat de leerlingen hiertoe in staat zijn, maar dat ze er enkel nooit aandacht aan hebben besteed.

De visuele leerlijn werkte hier goed als didactische feedback middel. Het was gemakkelijk om door samen naar een visuele leerlijn te kijken te praten over de volgorde binnen het domein elektriciteit. Leerlingen konden op deze manier gemakkelijker uitleggen waarom een vakbegrip voor of achter een ander vakbegrip moest staan. Leerlingen bespeurden bij zichzelf fouten en konden deze ook toelichten. Positief werd ervaren dat de visuele leerlijn overzicht gaf. Leerlingen vonden het prettig dat je door naar de visuele leerlijn te kijken kon zien wat je al had gehad en welke vakbegrippen met elkaar verbonden waren.

5. Afsluitend

5.1 Discussie

Het ontwikkelde systeem uit Cyclus 1 heeft geleid tot twee concrete toepassingen, namelijk het uitwerkingen van een module door het systeem te automatiseren via een sorteeralgoritme en door een gegeven volgorde van vakbegrippen binnen een module te visualiseren als feedbackmiddel voor formatieve toetsing (Cyclus 2). Hierdoor zijn er ook twee grote stappen gezet wat betreft de complexiteit en de tijdsbesteding. Beperkte curriculumontwerpcompetenties zoals beschreven door Nieveen et al. (2013) vormden geen probleem voor de deelnemers. Ze waren in staat om leerlijnen op te stellen in een aanzienlijk korte tijd. De docenten konden namelijk een complexe taak oplossen, doordat het voorgestelde systeem zorgde voor duidelijke gedefinieerde randvoorwaarden. Hierdoor konden ze snel aan de slag en zorgde dit voor goede samenwerking tussen de docenten. De deelnemers gaven toe er van overtuigd te zijn dat het systeem hen veel tijd zou besparen, maar dat dit nog steeds niet genoeg was met de huidige ruimte voor ontwikkeltaken (Bergen et al., 2009). Hierbij moet opgemerkt worden dat de groep van deelnemers klein was en dat zij al ervaring hadden op gebied van leerlijn ontwikkeling. Dit kan hebben bijgedragen aan het succes van de workshop en de kwaliteit van de eindresultaten. Om beter de ontwikkel vaardigheden en competenties van de docenten te meten had methode van Huizinga (2009) toegepast kunnen worden.

Dit onderzoek heeft zich beperkt tot natuurkunde 2e fase in de bovenbouw. Hiervoor is de VWO syllabus van natuurkunde gebruikt en hieruit zijn de vakbegrippen geïsoleerd die nodig zijn om hiermee een leerlijn op te bouwen. Aangezien de haalbaarheid van te voren nog niet bekend was is er gekozen om enkel te vakbegrippen in te delen. Deze keuze heeft ervoor gezorgd dat de complexiteit van het systeem beperkt bleef en dat de ontwerpseisen zijn behaald. Het ontwikkelde systeem heeft nog niet aangetoond of het mogelijk is om een compleet curriculum op deze manier op te bouwen, aangezien er enkel één module is uitgewerkt. Hierdoor kunnen er ook geen verstrekkende conclusies worden getrokken of het systeem op korte termijn inzetbaar is. Ook bestaat de vakinhoud van een curriculum uit meer dan het sequentieren van vakbegrippen. Docenten gaven allen aan dat een goed curriculum niet enkel afhangt van het plaatsen en verdelen van de vakbegrippen behorende tot het centraal examen. Zij benadrukten dat ook het aanleren van vaardigheden behoort tot een groot deel van het curriculum. Deze waren voor de eerste cyclus niet meegenomen in het ontwerp. Daardoor zal onderzocht moeten worden of het systeem zich ook leent voor het opstellen van leerlijnen voor vaardigheden.

Door gebruik te maken van de natuukunde syllabus in dit onderzoek is aangetoond dat voor het domein ‘D1: Elektrische systemen’ vakbegrippen die verplicht zijn voor het eindexamen ingedeeld kunnen worden. Deze inperking betekend niet dat het systeem hierdoor enkel inzetbaar is voor het indelen van vakbegrippen uit een natuurkunde syllabus. Met het voorgestelde systeem zullen leerlijnen voor vakbegriprijke vakken zoals bijvoorbeeld aardrijkskunde,

geschiedenis en biologie op gelijksoortige wijze opgebouwd kunnen worden. Doordat vakbegrippen vanuit meerdere vakken binnen het onderwijs te koppelen zijn worden kansen gecreëerd om doorlopende leerlijnen op te stellen tussen meerdere vakken, aangezien het systeem deze afhankelijkheden meeneemt in het sequentiëren van een leerlijn. Voor talen kunnen geen verstrekkende conclusies worden getrokken aangezien een taal minder vakbegrippen bevat en meer vaardigheden. Wanneer de leerplankaders verschuiven, versoepelen of zelfs geheel verdwijnen zal dit het systeem niet veranderen. De input van het systeem blijft namelijk altijd een lijst van (vak)begrippen en hun onderlinge relaties. Deze lijst is arbitrair en is dus altijd gebruikerafhankelijk, het systeem biedt enkel ondersteuning in het rangschikken op basis van de afhankelijkheden van de begrippen. Om de concretisering van een systematische leerlijn te versnellen en het overzicht te bewaren was er een sorteeralgoritme ontwikkeld en toegepast. Het sorteeralgoritme was een eenvoudige en simpele manier om de vakbegrippen te ordenen. Het leverde vergelijkbare resultaten als de docenten tijdens de workshop. Een goede basis is gelegd, maar er is nog veel ruimte om hier optimalisaties door te voeren. Zo kunnen er bijvoorbeeld aan de relaties tussen de vakbegrippen gewichten gekoppeld worden om de relevantie van deze koppeling te wegen.

Het systeem is gevalideerd aan de hand van docenten, aangezien zij de gebruiker van het systeem zijn. In volgende cycli wordt aanbevolen om dit te blijven doen, echter is het ook van belang dat dit wordt uitgebreid met een groep experts. Dit kunnen experts zijn met een achtergrond in onderwijskunde of het ontwerpen van curricula. Op deze manier wordt niet alleen gevalideerd of het systeem aansluit bij de wensen en eisen van de gebruiker, maar ook of er geen foutieve aannames in het systeem zitten.

Het systeem sluit niet uit dat de enige gebruiker van het systeem de docent is. Het is goed mogelijk om docenten in opleiding kennis te laten maken met het systeem en kleinere lesmodules te laten ontwikkelen door gebruik te maken van het ontworpen systeem. Op deze manier worden zij op een meer systematische manier begeleidt in het ontwikkelen van een curriculum. Ook dit helpt om in een vroeg stadium te werken aan curriculumontwerpcompetenties van een beginnend docent. Naast het ontworpen systeem om een leerlijn te ontwikkelen heeft Cyclus geleidt tot een concrete toepassing van dit systeem, namelijk de visuele leerlijn. Deze kon zonder veel stappen vervaardigd worden. Drie vormen kwamen naar voren om de leerlijn te presenteren; centraal in het lokaal, op een klein formaat zodat de leerling het met zich mee kan nemen en in een digitale omgeving. Er kunnen geen uitspraken gedaan worden over welke vorm het meest geschikt is. Het is wel duidelijk dat leerlingen aangaven het prettig te vinden om het totale overzicht te zien, de voorkennis te zien en dat het mogelijk was om de visuele leerlijn af te werken.

Door middel van interviews was de haalbaarheid en meerwaarde van de visuele leerlijn als feedback middel gevalideerd. De leerlingen gaven allemaal aan in het begin van de bovenbouw niet goed te weten wat ze moesten doen. Dit is in overeenstemming met de literatuur waarin blijkt dat dat leerlingen vaak niet op de hoogte zijn van de leerdoelen en kwaliteitscriteria, doordat docenten deze niet met hun leerlingen delen (Kippers, Wolterinck et al., 2016). Uit de antwoorden van de leerlingen bleek ook dat lesmethoden vaak niet duidelijk genoeg waren. Het aanbieden en delen van de leerlijn waardeerden de leerlingen dan ook zeer en hadden graag dit aan het begin van hun bovenbouw gehad.

Wiliam en Leahy (2015) benadrukten dat wanneer een leerlingen eigenaar zijn van hun eigen leerproces zij beter laten zien dat ze begrijpen wat ze moeten weten, waar ze staan en waar ze naartoe willen in het leerproces. Uit de interviews werd duidelijk dat wanneer er gebruik wordt gemaakt van een visuele leerlijn als meta-cognitief middel, leerlingen beter konden toelichten wat zij nodig hadden om een gewenst begrip eigen te maken en waar ze naar toe moesten werken, dan wanneer er geen gebruik werd gemaakt van een visuele leerlijn.

Het betrekken van de leerlingen bij de leerlijn is dus een goede stap richting het eigenaar maken van zijn eigen leerproces. Hierbij moet wel vermeld worden dat er een kleine groep eindexamen leerlingen was gebruikt om de visuele leerlijn te valideren. Eindexamen leerlingen hebben niet alleen een beter beeld van alle stof die onderdeel is van hun eindexamen, ook zijn zij competenter in het evalueren en gebruik maken van feedback dan een onderbouw of beginnende bovenbouw leerling. Er zal dus onderzocht moeten worden of een visuele leerlijn dezelfde meerwaarde heeft bij onderbouw en beginnende bovenbouw leerlingen.

Het uitwerken van een curriculum door gebruik te maken van het ontworpen systeem biedt overzicht en structuur aan de docent, ook leidde het tot nieuwe inzichten waardoor het onderwijs verbeterd en onderhouden kan worden. Een ander voordeel was dat door het curriculum systematisch uit te werken dit zonder weinig stappen uitgewerkt kan worden als een visueel feedback middel. Vergeleken met lesmethodes is door gebruik te maken van een systematische methode op basis van voorkennis ieder leermoment toe te lichten. Op deze manier kan er ten alle tijden verklaard worden aan de leerling waarom deze een bepaald vakbegrip aan het leren is en waarheen zij leren. Er wordt dan ook aanbevolen om het ontworpen systeem en zijn producten verder uit te werken door hier nieuwe ontwerpcycli aan toe te voegen.

5.2 Conclusie

Dit onderzoek heeft laten zien dat de opbouw van een curriculum systematisch opgebouwd kan worden. Door aan dit systeem een nieuwe laag toe te voegen is het mogelijk om modules op te bouwen op basis van vakbegrippen. Door andere vakbegrippen als voorkennis aan een vakbegrip te koppelen kunnen de afhankelijkheden in kaart worden gebracht. Een lineaire lijn kon opgebouwd worden door een sorteeralgoritme te gebruiken om op basis van de hoeveel afhankelijkheden de vakbegrippen in te delen. In plaats van dat docenten op basis van leerdoelen een eigen module moeten inrichten kunnen ze door dit systeem automatisch een objectief voorstel genereren voor de opbouw van een module. Het systeem is getest en gevalideerd en kwam overeen met de manier waarop docenten zelf een module inrichten op basis van vakbegrippen.

Naast het introduceren van een nieuwe systeem om een curriculum op te bouwen heeft dit onderzoek aangetoond dat deze opgebouwde leerlijnen visueel gemaakt kunnen worden en ingezet konden worden als feedback middel voor formatieve toetsing.

Dit bij elkaar toont aan dat de gepresenteerde systeem veelbelovend is en wanneer volledig uitgewerkt breed ingezet kan worden om zowel docent als leerling beter te ondersteunen en hierdoor de kwaliteit van onderwijs te verbeteren. Hiervoor zullen wel nog meer ontwerpcycli nodig zijn, op basis van de bevindingen uit dit onderzoek zullen hier aanbevelingen voor gedaan worden.

5.3 Aanbevelingen

Voor een volgende ontwerpcyclus worden enkele belangrijke aanbevelingen gedaan. Deze zullen ook in de volgorde zoals beschreven moeten plaatsvinden. Deze aanbevelingen sluiten niet uit dat hiervoor meerdere cycli voor nodig zijn.

Als eerste is er meer data nodig en deze zal gegenereerd moeten worden door docenten. Er wordt daarom aanbevolen om de de ’could have’ eis uit Cyclus 1, het systeem moet beschikbaar zijn via een interface, in de volgende cyclus een ’must have’ eis te maken. Door een goede interface te maken kan een docententeam voor alle subdomeinen een leerlijn opstellen. Wanneer er genoeg data is kan de het ontworpen systeem verder worden

gevalideerd. Dit kan gebeuren wanneer de vakbegrippen voor alle domeinen uitgewerkt zijn er voor alle subdomeinen een leerlijn is gegenereerd.

Met deze nieuwe data kan verder worden onderzocht of het mogelijk is om een doorlopende leerlijn te genereren. Hiervoor zal onderzocht moeten worden met de nieuwe data of het mogelijk is om subdomeinen aan elkaar te verbinden op basis van overlappende vakbegrippen. Deze uitkomsten zullen ook bepalend zijn voor de huidige 'could have' eis dat het systeem modulair moet zijn. Verder zal dit onderzoek ook meer inzicht geven over de mogelijkheden om de leerlijn visueel aan te blijven bieden. Door de verhoogde complexiteit wordt daardoor aangeraden om de digitale mogelijkheden uit te zoeken voor een visuele leerlijn, een aanbeveling is daardoor om de 'won't have eis' uit Cyclus 2 een 'Should have' eis te maken.

Naast dat zal er ook moeten worden nagedacht of er tijdens deze cyclus ook al data kan worden verzameld wat betreft de vaardigheden. Docenten benadrukken dat het bij een curriculum niet alleen draait om de vakbegrippen maar dat de indeling van de vaardigheden net zo belangrijk is. In een volgende cyclus zal dus de 'won't have' eis om vaardigheden in te delen verplaatst moeten worden naar een 'must have' eis. Er zal onderzocht moeten worden of het huidige opgestelde systeem ook gebruikt kan worden om vaardigheden in te delen. Een vereiste hiervoor is dat er een complete lijst van vaardigheden wordt samengesteld en deze gekoppeld worden aan gekoppelde eisen. Ook zal onderzocht moeten worden of het toevoegen van deze vaardigheden aan de visuele leerlijn bijdragen aan een beter overzicht voor de leerlingen. Aanbevolen wordt om een 'should have' eis toe te voegen aan deze cyclus waarin vaardigheden visueel gemakkelijk te zien zijn in combinatie met vakbegrippen.

Wanneer het systeem getest is om vaardigheden op dezelfde systematische manier in te delen kan er nagedacht worden over het koppelen van leerdoelen aan vakbegrippen en vaardigheden. Een leerdoel bestaat namelijk uit een combinatie van vaardigheden en vakbegrippen. Wanneer er een indeling is gemaakt voor de vaardigheden en vakbegrippen kunnen de bijhorende leerdoelen hieraan worden gekoppeld. Op deze manier ontstaat er automatisch een indeling voor het behandelen van de juiste leerdoelen in de juiste volgorde. Deze leerdoelen zijn voor de meeste vakken al in kaart gebracht door de SLO (SLO, 2018). De reeds beschikbare database van de SLO kan gekoppeld en geïntegreerd worden in het ontworpen systeem.

5. Bibliografie

Bergen, C., Van Der Meer, M. & Van Der Otterlo, S. (2009). Tijdsbesteding leraren voortgezet onderwijs. *Amsterdam: Regioplan Beleidsonderzoek*.

Chi, M. T. (1996). Understanding constraint-based processes: A precursor to conceptual change in physics. In *Proceedings of the eighteenth annual conference of the cognitive science society: July 12-15, 1996, university of california, san diego* (Dl. 18, p. 306).

Chiou, C.-C. (2008). The effect of concept mapping on students' learning achievements and interests. *Innovations in Education and teaching International*, *45*(4), 375–387.

Greene, J. A., Bolick, C. M. & Robertson, J. (2010). Fostering historical knowledge and thinking skills using hypermedia learning environments: The role of self-regulated learning. *Computers & Education*, *54*(1), 230–243.

Huizinga, T. (2009). *Op weg naar een instrument voor het meten van docentcompetenties voor het ontwikkelen van curricula* (Doctoraalscriptie). University of Twente.

Keijzer, R. (2018). Conceptuele doelen. *Volgens Bartjens*, *37*(5), 10–15.

Kippers, W. B., Schildkamp, K. & Poortman, C. L. (2016). The use of formative assessment by teachers in secondary education in the netherlands. In *Artikel gepresenteerd op de aera conferentie* (Dl. 10).

Kippers, W. B., Wolterinck, C. H. D., Schildkamp, K., Poortman, C. L., Kneyber, R. & Sluijsmans, D. (2016). Strategieën voor formatief toetsen in de lespraktijk: onderzoek en concrete voorbeelden. *Toetsrevolutie*, 113–125.

Kommers, H. & Dresen, M. (2010). *Teamwerken is teamleren? vormgeven en ontwikkelen van teams in het onderwijs.* Heerlen: Ruud de Moor Centrum.

Letschert, J. (2008). *Doorlopende leerlijnen taal en rekenen. samenhang nastreven diversiteit koesteren.*

McDermott, L. C. & Shaffer, P. S. (1992). Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. part i: Investigation of student understanding. *American journal of physics*, *60*(11), 994–1003.

Nieveen, N., Van der Hoeven, M., Ten Voorde, M., Koopmans, A. & Van Lanschot Hubrecht, V. (2013). *Docent als ontwerper: Raamwerk voor doordenking ontwerptaken.* Enschede: SLO. Geraadpleegd via: http://downloads. slo. nl/Documenten . . . .

Novak, J. D. (1990). Concept mapping: A useful tool for science education. *Journal of research in science teaching*, *27*(10), 937–949.

Novak, J. D. & Musonda, D. (1991). A twelve-year longitudinal study of science concept learning. *American educational research journal*, *28*(1), 117–153.

OCW. (2006). Besluit kerndoelen onderbouw vo. *Den Haag: ministerie OCW*.

OCW. (2018). Natuurkunde vwo: Syllabus centraal examen 2018. *Den Haag: ministerie OCW*.

Ottevanger, W., Oorschot, F., Spek, F., Boerwinkel, D.-J., Eijkelhof, H., Vries, M. d., . . . Kuiper, W. (2014). *Kennisbasis natuurwetenschappen en technologie voor de onderbouw vo: Een richtinggevend leerplankader*.

Paus, J. (2012). *Handreiking schoolexamen natuurkunde havo/vwo.* SLO: Enschede.

Pol, H. (2017). Curriculum. In K. Kortland, A. Mooldijk & H. Poorthuis (red.), *Handboek natuurkundedidactiek* (pp. 13–20). Epsilon Uitgaven.

Romiszowski, A. J. (2016). *Designing instructional systems: Decision making in course planning and curriculum design*. Routledge.

SLO. (2018). *Leerplan in beeld.* Op 2018-10-08 verkregen van `http://leerplaninbeeld.slo.nl/`

Strijker, A. (2010). Leerlijnen en vocabulaires in de praktijk (learning trajectories and vocabularies in practice). *SLO: Enschede*.

Terry, C. et al. (1985). Children's conceptual understanding of forces and equilibrium. *Physics Education*, *20*(4), 162–65.

Tyler, R. W. (2013). Basic principles of curriculum and instruction. In *Curriculum studies reader e2* (pp. 60–68). Routledge.

Van den Akker, J. & Thijs, A. (2009). Leerplan in ontwikkeling. *SLO: Enschede*.

van den Berg, E., Sluijsmans, D. & Kneyber, R. (2016). Formatieve toetsing met onmiddellijke feedback. *Toetsrevolutie*, 17–34.

van der Veen, T. & Van Der Wal, J. (2016). *Van leertheorie naar onderwijspraktijk*. Noordhoff Uitgevers.

van Middelkoop, D., Portielje, M. & Horsselenberg, P. (2018). Collectief handelingsvermogen in twee docententeams in het hbo. *Tijdschrift voor HRM*, *21*(2), 1–20.

Van Vliet, H. (2007). *Software engineering: principles and practice* (Dl. 3). Wiley New York.

Vygotsky, L. S. (1997). *The collected works of ls vygotsky: Problems of the theory and history of psychology* (Dl. 3). Springer Science & Business Media.

Wiliam, D. (2013). *Cijfers geven werkt niet*. Ten Brink Uitgevers.

Wiliam, D. & Leahy, S. (2015). *Embedding formative assessment: Practical techniques for k-12 classrooms*. Learning Sciences International West Palm Beach, FL.

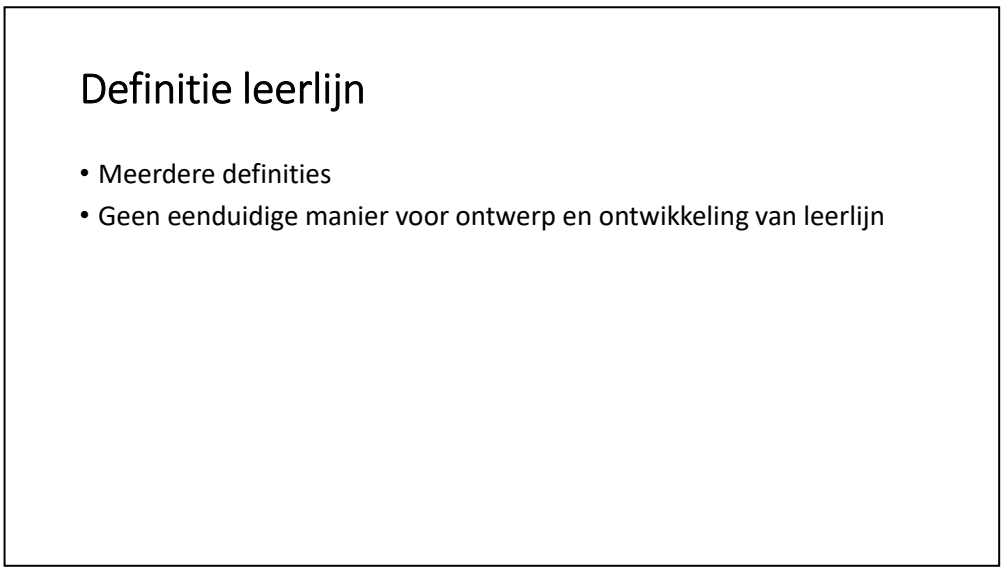
Wolterinck, C., Kippers, W. B., Schildkamp, K. & Poortman, C. L. (2016). Factors influencing the use of formative assessment in the classroom. In *Artikel gepresenteerd op de aera conferentie* (Dl. 9).

1. Cyclus 1

A.1 Workshop presentatie

21/05/19

1



2

1

1. ‘Over het algemeen zijn leerlijnen de concretiseringen van leerplannen.’

2. 'Een leerlijn beschrijft in hoofdlijnen de ontwikkelings- en leerprocessen die kinderen doorlopen op basis van gegeven onderwijsbasis’.

3. 'Een leerlijn heeft drie vervlochten componenten:
   - de inhoudslijn: onderwijsinhouden die achtereenvolgens aan bod komen
   - de onderwijslijn: vakdidactische aanwijzingen
   - de lijn van de lerende: globaal overzicht van de leerprocessen van de leerlingen

4. Doorlopende leerlijnen kunnen betrekking hebben op:
   - het leren van de leerling
   - de continuïteit van de leerstof in een onderwijstype
   - de continuïteit tussen verschillende typen van onderwijs.

5. De definitie die door SLO (2009) wordt gebruikt luidt:
   - Een leerlijn is een beredeneerde opbouw van tussendoelen en inhouden, leidend naar een einddoel.
   - Afhankelijk van de precieze functie, gebruikscontext en doelgroep variëren leerlijnen in de mate waarin implicaties voor verschillende leerplanelementen zijn uitgewerkt.

3

Focus

- Doorlopende leerlijnen kunnen betrekking hebben op:
  - **het leren van de leerling**
  - **de continuïteit van de leerstof in een onderwijstype**
  - de continuïteit tussen verschillende typen van onderwijs.

- Letschert, J.F.M. (2008). Doorlopende leerlijnen Taal en Rekenen. Samenhang nastreven diversiteit koesteren. jaarbericht 2007/2008/. Enschede: SLO

- Een leerlijn is een beredeneerde opbouw van **tussendoelen** en **inhouden**, leidend naar een **einddoel**.

- SLO (2009). Programmalijnen: overzichtschema's van inhoud en vaardigheden - SLO

4

Focus

- “Het leren van de leerling kwalitatief verbeteren door continuïteit aan te brengen in de leerstof “
- “De leerling dient ten alle tijden een (eind of tussen) doel voor ogen te hebben“

5

Doelen en inhouden van leerlijn

- Doel
  - Domein eindexamen
- Inhouden
  - Subdomeinen binnen domein eindexamen
- Wat dus niet:
  - de continuïteit tussen verschillende typen van onderwijs.
  - (het leren van de leerling)

6

Maak een powerpoint

- Een intro
- Het domein moet de titel van je slide zijn
- Er mogen een paar bullets op je slide
- Tussen elke slide is een **brug** nodig
- Een outro

"Het leren van de leerling kwalitatief verbeteren door **continuïteit** aan te brengen in de leerstof "

"De leerling dient ten alle tijden een (eind of tussen) **doel** voor ogen te hebben"

B Golven	C Beweging en wisselwerking
D Lading en veld	E Straling en materie
F Quantumwereld en relativiteit	G Leven en aarde
H Natuurwetten en modellen	I Onderzoek en ontwerp

7

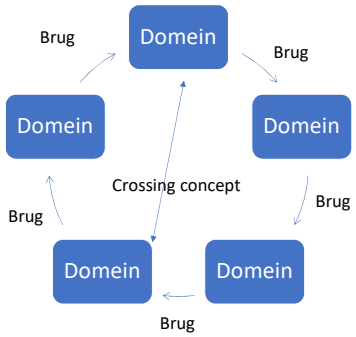
Maak een powerpoint

- B1 Informatie overdracht
- B2 Medische beeldvorming
- C1 Kracht en beweging
- C2 Energie en wisselwerking
- C3 Gravitatie
- D1 Elektrische systemen
- D2** Elektrische en magnetische velden
- E1 Eigenschappen van stoffen en materialen
- E2 Elektromagnetische straling en materie
- E3* Kern- en deeltjesprocessen
- F1 Quantumwereld
- F2* Relativiteits theorie
- G1* Biofysica
- G2* Geofysica
- I1 Experiment
- I2 Modelstudie
- I3 Ontwerp

8

Leg de domeinen nu in een cirkel

B1 Informatie overdracht
B2 Medische beeldvorming
C1 Kracht en beweging
C2 Energie en wisselwerking
C3 Gravitatie
D1 Elektrische systemen
D2** Elektrische en magnetische velden
E1 Eigenschappen van stoffen en materialen
E2 Elektromagnetische straling en materie
E3* Kern- en deeltjesprocessen
F1 Quantumwereld
F2* Relativiteits theorie
G1* Biofysica
G2* Geofysica
I1 Experiment
I2 Modelstudie
I3 Ontwerp



9

Pauze

- Lopen alle domeinen door elkaar heen?
- Is alle stof in een domein te vatten?
- Passen subdomeinen in meerdere domeinen?
- Zijn alle domeinen te verbinden met een brug?

10

Continuïteit aanbrengen binnen subdomein

- Subdomein D1. Elektrische systemen
  - Leg de concepten in een volgorde die continu is

11

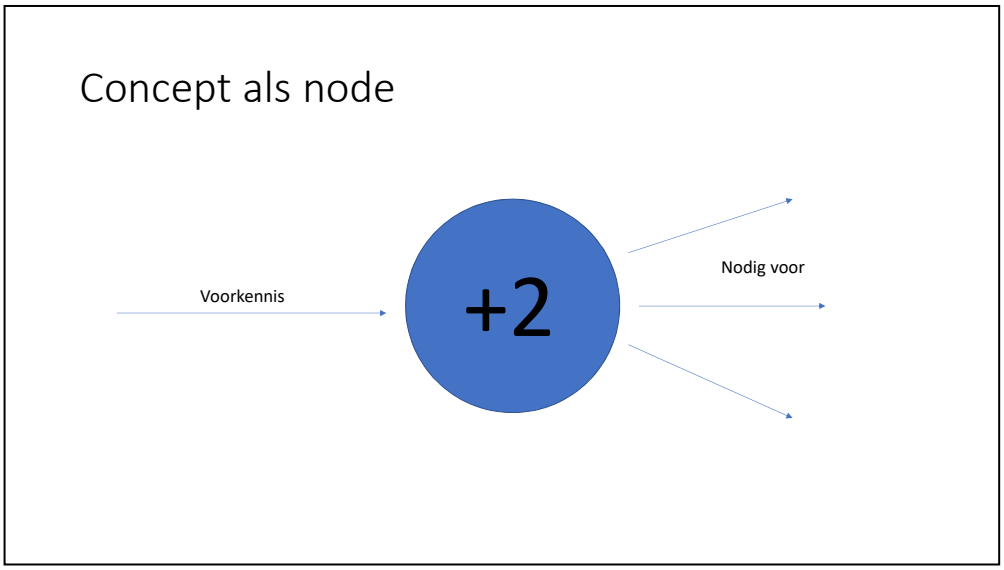
Continuïteit aanbrengen binnen subdomein

- Subdomein D1. Elektrische systemen
  - Leg de concepten in een volgorde die continu is

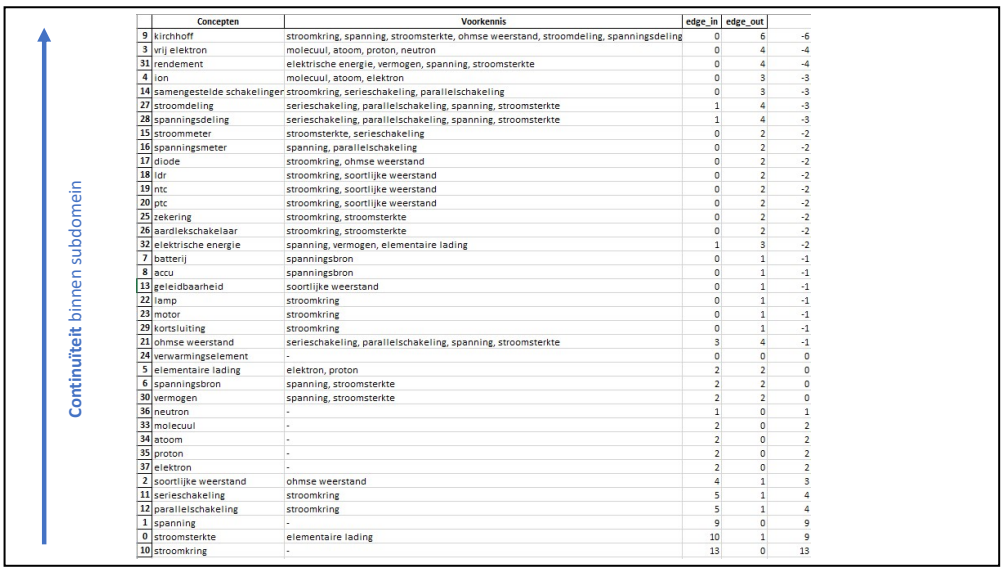
7	batterij
8	accu
13	geleidbaarheid
22	lamp
23	motor
29	kortsluiting
21	ohmse weerstand
24	verwarmingselement
5	elementaire lading
6	spanningsbron
30	vermogen
36	neutron
33	molecuul
34	atoom
35	proton
37	elektron
2	soortlijke weerstand
11	serieschakeling
12	parallelschakeling
1	spanning
0	stroomsterkte
10	stroomkring

	Concepten
9	kirchhoff
3	vrij elektron
31	rendement
4	ion
14	samengestelde schakelinger
27	stroomdeling
28	spanningsdeling
15	stroommeter
16	spanningsmeter
17	diode
18	ldr
19	ntc
20	ptc
25	zekering
26	aardlekschakelaar
32	elektrische energie

12

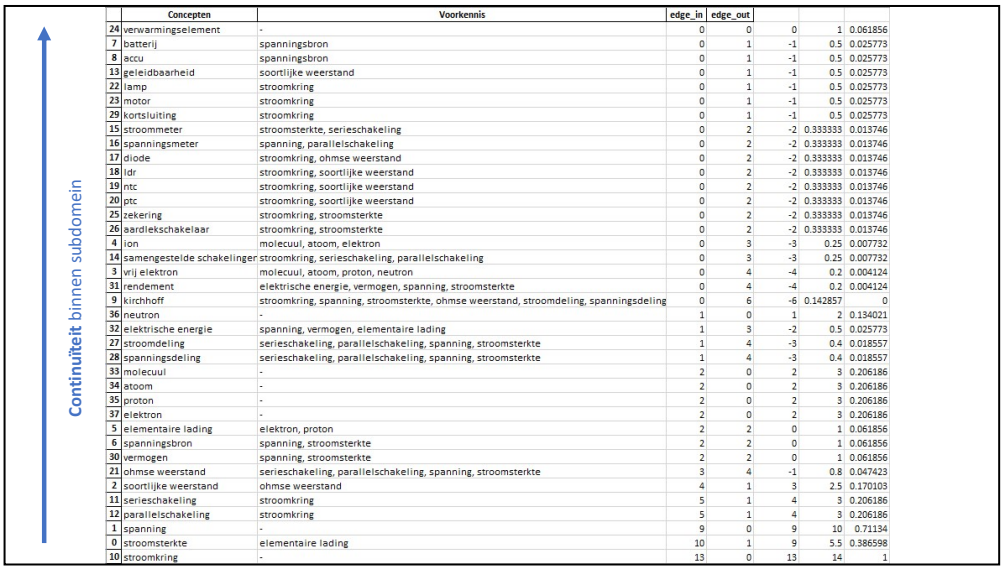


13



	Concepten	Voorkennis	edge_in	edge_out	
9	kirchhoff	stroomkring, spanning, stroomsterkte, ohmse weerstand, stroomdeling, spanningsdeling	0	6	-6
3	vrij elektron	molecuul, atoom, proton, neutron	0	4	-4
31	rendement	elektrische energie, vermogen, spanning, stroomsterkte	0	4	-4
4	ion	molecuul, atoom, elektron	0	3	-3
14	samengestelde schakelinger	stroomkring, serieschakeling, parallelschakeling	0	3	-3
27	stroomdeling	serieschakeling, parallelschakeling, spanning, stroomsterkte	1	4	-3
28	spanningsdeling	serieschakeling, parallelschakeling, spanning, stroomsterkte	1	4	-3
15	stroommeter	stroomsterkte, serieschakeling	0	2	-2
16	spanningsmeter	spanning, parallelschakeling	0	2	-2
17	diode	stroomkring, ohmse weerstand	0	2	-2
18	ldr	stroomkring, soortlijke weerstand	0	2	-2
19	ntc	stroomkring, soortlijke weerstand	0	2	-2
20	ptc	stroomkring, soortlijke weerstand	0	2	-2
25	zekering	stroomkring, stroomsterkte	0	2	-2
26	aardlekschakelaar	stroomkring, stroomsterkte	0	2	-2
32	elektrische energie	spanning, vermogen, elementaire lading	1	3	-2
7	batterij	spanningsbron	0	1	-1
8	accu	spanningsbron	0	1	-1
13	geleidbaarheid	soortlijke weerstand	0	1	-1
22	lamp	stroomkring	0	1	-1
23	motor	stroomkring	0	1	-1
29	kortsluiting	stroomkring	0	1	-1
21	ohmse weerstand	serieschakeling, parallelschakeling, spanning, stroomsterkte	3	4	-1
24	verwarmingselement	-	0	0	0
5	elementaire lading	elektron, proton	2	2	0
6	spanningsbron	spanning, stroomsterkte	2	2	0
30	vermogen	spanning, stroomsterkte	2	2	0
36	neutron	-	1	0	1
33	molecuul	-	2	0	2
34	atoom	-	2	0	2
35	proton	-	2	0	2
37	elektron	-	2	0	2
2	soortlijke weerstand	ohmse weerstand	4	1	3
11	serieschakeling	stroomkring	5	1	4
12	parallelschakeling	stroomkring	5	1	4
1	spanning	-	9	0	9
0	stroomsterkte	elementaire lading	10	1	9
10	stroomkring	-	13	0	13

14



	Concepten	Voorkennis	edge_in	edge_out			
24	verwarmingselement	-	0	0	0	1	0.061856
7	batterij	spanningsbron	0	1	-1	0.5	0.025773
8	accu	spanningsbron	0	1	-1	0.5	0.025773
13	geleidbaarheid	soortlijke weerstand	0	1	-1	0.5	0.025773
22	lamp	stroomkring	0	1	-1	0.5	0.025773
23	motor	stroomkring	0	1	-1	0.5	0.025773
29	kortsluiting	stroomkring	0	1	-1	0.5	0.025773
15	stroommeter	stroomsterkte, serieschakeling	0	2	-2	0.333333	0.013746
16	spanningsmeter	spanning, parallelschakeling	0	2	-2	0.333333	0.013746
17	diode	stroomkring, ohmse weerstand	0	2	-2	0.333333	0.013746
18	ldr	stroomkring, soortlijke weerstand	0	2	-2	0.333333	0.013746
19	ntc	stroomkring, soortlijke weerstand	0	2	-2	0.333333	0.013746
20	ptc	stroomkring, soortlijke weerstand	0	2	-2	0.333333	0.013746
25	zekering	stroomkring, stroomsterkte	0	2	-2	0.333333	0.013746
26	aardlekschakelaar	stroomkring, stroomsterkte	0	2	-2	0.333333	0.013746
4	ion	molecuul, atoom, elektron	0	3	-3	0.25	0.007732
14	samengestelde schakelinger	stroomkring, serieschakeling, parallelschakeling	0	3	-3	0.25	0.007732
3	vrij elektron	molecuul, atoom, proton, neutron	0	4	-4	0.2	0.004124
31	rendement	elektrische energie, vermogen, spanning, stroomsterkte	0	4	-4	0.2	0.004124
9	kirchhoff	stroomkring, spanning, stroomsterkte, ohmse weerstand, stroomdeling, spanningsdeling	0	6	-6	0.142857	0
36	neutron	-	1	0	1	2	0.134021
32	elektrische energie	spanning, vermogen, elementaire lading	1	3	-2	0.5	0.025773
27	stroomdeling	serieschakeling, parallelschakeling, spanning, stroomsterkte	1	4	-3	0.4	0.018557
28	spanningsdeling	serieschakeling, parallelschakeling, spanning, stroomsterkte	1	4	-3	0.4	0.018557
33	molecuul	-	2	0	2	3	0.206186
34	atoom	-	2	0	2	3	0.206186
35	proton	-	2	0	2	3	0.206186
37	elektron	-	2	0	2	3	0.206186
5	elementaire lading	elektron, proton	2	2	0	1	0.061856
6	spanningsbron	spanning, stroomsterkte	2	2	0	1	0.061856
30	vermogen	spanning, stroomsterkte	2	2	0	1	0.061856
21	ohmse weerstand	serieschakeling, parallelschakeling, spanning, stroomsterkte	3	4	-1	0.8	0.047423
2	soortlijke weerstand	ohmse weerstand	4	1	3	2.5	0.170103
11	serieschakeling	stroomkring	5	1	4	3	0.206186
12	parallelschakeling	stroomkring	5	1	4	3	0.206186
1	spanning	-	9	0	9	10	0.71134
0	stroomsterkte	elementaire lading	10	1	9	5.5	0.386598
10	stroomkring	-	13	0	13	14	1

15

- Domeinen kunnen kruislings met elkaar verbonden zijn
- Concepten het liefst lineair

16

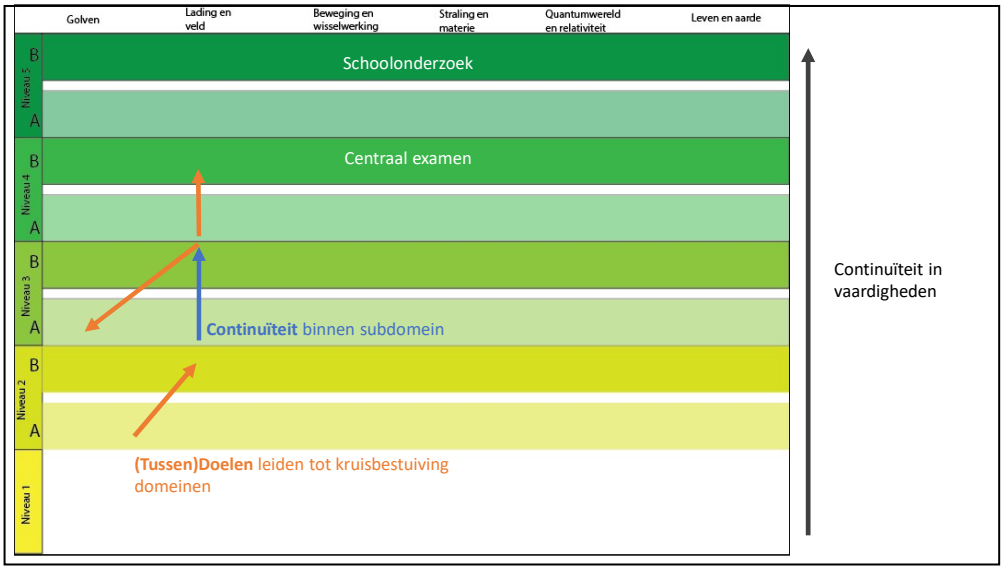
Focus

- “Het leren van de leerling kwalitatief verbeteren door **continuïteit** aan te brengen in de leerstof “
- “De leerling dient ten alle tijden een (eind of tussen) **doel** voor ogen te hebben“

17

- Continuteit binnen de subdomeinen
- De domeinen vormen de doelen
- Continuteit is lineariteit
- Kruisbestuingen tussen domeinen niet erg
- Een subdomein kan leiden naar meerdere doelen

18

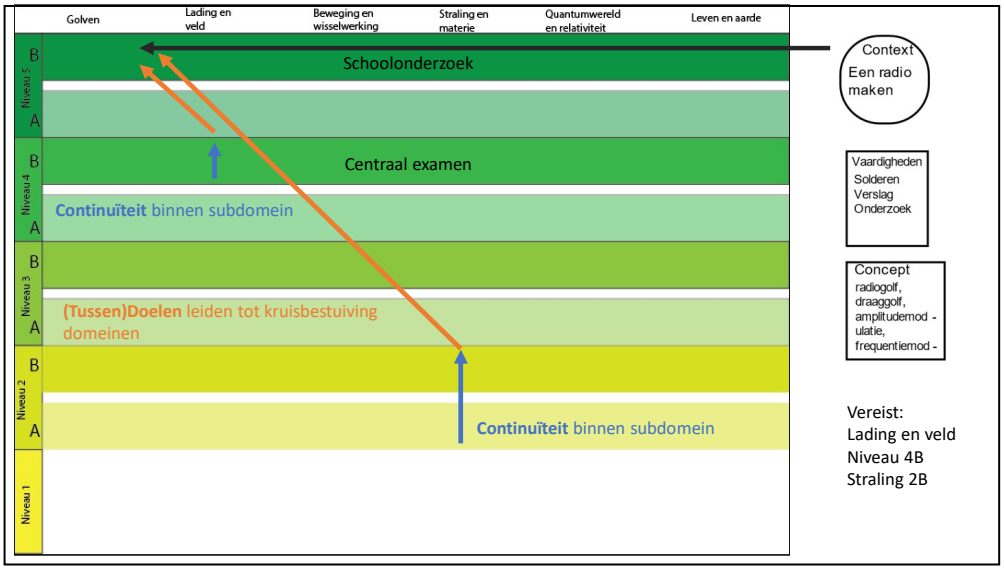


19

Mijn ideale wereld

"Het leren van de leerling kwalitatief verbeteren door **continuïteit** aan te brengen in de leerstof "
"De leerling dient ten alle tijden een (eind of tussen) **doel** voor ogen te hebben"
De **continuïteit** tussen verschillende typen van onderwijs.

20



21

Lange visie

- Continuiteit opstellen binnen de domeinen
- Continiteit opstellen in vaardigheden
- Doelen in de vorm van contexten opstellen
  - Projecten
  - Ontwerpen
  - Toetsen
  - Posters
  - Eindexamen
  - Schoolonderzoek

22

Korte visie

- Protocol ontwikkelen om **continuïteit** binnen subdomeinen te verkrijgen
- Crossing concepts in kaart brengen
  - Continu subdomain verbinden met een ander domein

23

A.2 Vragenlijst docenten

A.

Hoelang ben jij al actief in het onderwijs?

Heb je naast het lesgeven andere taken gehad binnen het onderwijs.

Wat is jouw ervaring of kennis over een leerlijn, wat kun jij mij hierover vertellen.

Kun jij mij de definitie van een leerlijn geven?

Ben je betrokken geweest bij DOT of andere externe commissies?

Zo ja, kun jij mij hier mee over vertellen, wat waren je activiteiten hier.

Hebben jullie als sectie al een leerlijn gemaakt? Kun je vertellen hoe dat in zijn werk ging?

B. [Workshop]

Wat vond je van de workshop.

Wat heb je geleerd van de workshop.

Weet je wat het doel van de workshop was.

Kun je aangeven of je de methode makkelijk begreep, of dat je veel uitleg hierbij nodig had. Zaten er rare aannames in?

Is het mogelijk met deze methode om docenten te ondersteunen bij het opstellen van een leerlijn.

Biedt deze methode overzicht en structuur?

Kon je door het gebruik van deze methode, sneller een leerlijn ontwikkelen.

Hoe vond je het om als sectie op deze manier aan de leerlijn te werken?

C.

Heb jij nog aanbevelingen?

Heb jij nog andere ideeën hoe jij dit zou gebruiken?

A.3 Transcripties docenten

Transcriptie docent 1

Hoelang ben jij al actief in het onderwijs?

10 jaar onderbouw en vorig jaar gedeeltelijk bovenbouw

Kun jij mij de definitie van een leerlijn geven, hoe zou je die uitleggen aan iemand?

Een leerlijn zie ik als alle vaardigheden die aan het eindniveau voldoen voor examen en dan teruggerkeend vanaf klas 1 is dit het eindniveau en dit voor klas 2 en dat je langzaam toewerkt richting het eindniveau.

Ik: Hoe ziet die lijn eruit

Je begint bij het eindniveau en je bekijkt per leerjaar de doelen en criterias, en dan kijk je per jaar hoe je die kan behalen. Vaaridgheden kennis toepassingen die vallen daar allemaal onder en die zoek je aan de hand van die eindniveau doelen.

Ben je betrokken geweest bij DOT of andere externe commissies?

Commissie met collega's van TCC regio.

Zo ja, kun jij mij hier mee over vertellen, wat waren je activiteiten hier.

Ja, dat is eigenlijk op een doodspoor gereaakt, leerlingen 1 2 vmbo stormen naar andere locatie, en daar krijgen ze vanaf andere locaties leerlingen en wij stellen eigen hogere eisen dus op die locatie moeten ze weer op 0 beginnen. We hebben dus uiteindelijk materialen uitgewisseld. Het idee was om het homogeen te maken, maar het is moeilijk om iedrfeen mee te krijgen en alle locaties werken toch met hele ander eplannen en daarom kwam je toch niet vaker dan met dingen utitwisselen omdat.

Hebben jullie als sectie al een leerlijn gemaakt? Kun je vertellen hoe dat in zijn werk ging?

Ja daar zijn wij vele mee bezig gewweest, bij sectieveragderingen komen we bij elkaar welke onderwepren zijn belangijk zijn. Per jaar proberen de knelpunten in beeld te krijgen zodat we een jaar eerder deze thema;s al kunnen introduceren. We hebben daar een vakwerkplan voor.

Ik: Hoe ziet dat eruit

Daarin staan de doelen en de onderwerpen die per jaar behandeld worden. In week 0 maken we wee rnieuwe afspraken

Ik: Hoe gedetaillerd

Het is meer de volgorde waar we voor kiezen en welke dingen we niet willen doen en welke niet. Op schaal van het boek, wat is wel belangrijk en niet. Bijvoorbeeld bij licht zit snellius maar bij wiskunde hebben ze dan nog gene hoeken gehad, dus hoe belnagrijk is het dan om dat in jaar 3 te doen in dat hoofdsutk

[Workshop]

Kun je aangeven of je de methode makkelijk begreep, of dat je veel uitleg hierbij nodig had. Zaten er rare aannames in?

Hier wil je eigenlijk altijd naartoe, wij vergaderen te vele over niks, we zijn te weinig bezig met het vak echt verbeteren. De tijd vloog voorbij, we waren echt bezig, wat is belangrijk en hoe kunnen we dat beter aanpakken. Dit voelt goed en krijgen we eigenlijk te weinig tijd voor.

Ik: Denk je dat dit snel kan of dat je hier hele dag voor nodig hebt

Bezinkingstijd is soms wel fijn en voor alle leerjaren dit in 1 dag te doen is vrij lastig maar omdat je steeds gedetailleerder wil. Dit is heel nuttig voor elke sectie omdat het zichtbaar maakt wat je wilt, en waar zitten knelpunten.

In de lijn staan de leerjaren door elkaar, in de tweede kun je beginnen met stroomkring, maar kun je niet beginnen met elementaire lading, dat vinden ze vrij lastig. Je gaat in deze methode dus voorbij aan het feit wat leerlingen wel of niet kunnen.

Ik: Hoezo kun je elementaire lading niet uitleggen in de tweede, het is maar de volgorde die je kiest

Het concept stroom en spanning hebben ze al heel erg moeite mee, gevoed door misconcepten van het dagelijks leven zoals: " de stroom wordt duurder" . Voordat je dat helemaal duidelijk hebt is het heel lastig. Vermogen, Energie omzetten per seconde hoef je niet het begrip elementaire lading voor te kennen, naar mijn mening.

Ik: Als jij de basis weet over elektronen, protonen, neutronen kun je makkelijk elementaire lading uitleggen. Dit is fundamentele kennis die handig is om te hebben wanneer je praat over geleiding, stroomkring, plus en min. Naar mijn mening zijn het soms de vage aannames die het moeilijk maakt om dingen zoals spanning en stroomsterkte uit te leggen.

Is het mogelijk met deze methode om docenten te ondersteunen bij het opstellen van een leerlijn.

Vaak zit de leerlijn al in het boek verwerkt, maar het geeft je meer inzicht in hoe je meer uit de stof kan halen en hoe je beter de leerling kan voorbereiden. Ik denk dat dit je meer inzicht geeft in wat moeten ze kennen en kunnen waar lopen ze vast en hoe kun je daar een oplossing voor verzinnen. Dit zorgt ervoor dat je beter voorbereid bent om de doorlopende leerlijn toe te passen, dit geeft je meer inzicht wat is er allemaal welke onderwerpen zijn belangrijk en waar ligt de focus, het wordt zo meer eigen.

Biedt deze methode overzicht en structuur?

Het mooie van deze methode is dan wel dat dit je een houvast en overzicht geeft om in discussie te gaan. Dat is de grootste winst die je hieruit hebt, wat versta jij onder elementaire lading, waar stoppen we dit.

Kon je door het gebruik van deze methode, sneller een leerlijn ontwikkelen.

Dit is een zeer praktische methode, een van de grootste problemen waar we vaak tegenaan lopen is ontwikkeltijd als je dit met zijn allen ontwikkeld hebt je al zo'n grote voorsprong. Als iedereen dit zou doen, omdat je dan al heel veel winst boek. Het opent direct discussie en en rolt direct iets concreets uit.

Hoe vond je het om als sectie op deze manier aan de leerlijn te werken?

Het moet een voorwaarde zijn. Ik kijk namelijk anders naar de stof maar samen kom je tot een beter resultaat.

Heb jij nog aanbevelingen?

Heb jij nog andere ideeën hoe jij dit zou gebruiken?

Eigenlijk zou je dit voor ieder leerjaar kunnen gebruiken, zodat je kan beslissen wat je per jaar pakt en hoe diep je hier op in gaat.

Ik: Moet er per se een lijn hierin inzitten of mag het dus ook los te interpreteren zijn. Stel dat je dit aan een leerling laat zien, zodat die kan zien wat die moet begrijpen en waar die leerling naartoe werkt door de jaren heen. Belangrijke concepten komen zo dus in beeld voor de leerling, maar dan moet er wel een lijn inzitten.

Ja het is mogelijk, maar toch moet je er per leerjaar dingetjes uithalen.

Ik: Je gaat dan af van deze lijn

Nee je gebruikt dus deze lijn om begrip te kweken en dan het begrip uitbreiden met berekeningen. Geleidbaarheid doe je in jaar 2 splits je dat op in isolator en geleiders in jaar 3 ga je daar iets dieper op in. Ik zie namelijk hier genoeg in staan wat je in de eerste wel kan noemen en later dan steeds iets uitbreidt

Ik: Maar dan is het wel heel belangrijk dat een leerling doorheeft dat die informatie weer terug komt. Dus dan moeten ze het wel zien.

Dan is dit een heel mooi middel om de docent bewust te maken dit doen we in jaar 2 dit doen we in jaar 3, maar voor de leerling is het duidelijk om te zien wa zijn doelen zijn.

Ik: Nouja die doelen liggen hier eigenlijk bovenop en die gebruikt concepten uit deze lijn.

Om dit voor ieder leerjaar te doen krijgen ze wel een hel mooi inzicht, dit hebben we vorig jaar gedaan en nu breiden we het uit. Dan is dit voorkennis dit heb je in jaar 2 gehad in jaar 3 doen we wat erbij en dan zet je een streep erdoor in jaar 2 zodat ze kunnen zien dat dat later komt. Dus je kan laten zien dat eerst de kennis erbij komt en dan een jaar later de toepassing

Ik: Wat heb je eraan als ik in jaar 2 het concept krijg te zien en dan pas in jaar drie weer ga toepassen kan ik dat dan niet veel beter bundelen?

De kracht van leren is de herhaling door de jaren heen en daarom ben ik ook een tegenstander van leerlingen die een jaar overslaan, die missen dan de herhaling. Voor de lange termijn is de herhaling een belangrijke factor voor ook het lange termijn onthouden.

Ik: Maar dit is eigenlijk een visie die je als sectie moet hebben.

Dit is hoe het hele onderwijs systeem in Nederland werkt

Ik: Ja maar er zijn ook andere vormen en leertheorien, jij schetst er nu eentje en dat is dus informatie te plooien en te stapelen

[Leertheorien niet duidelijk bij docent]

Ik: Dus in 1 jaar deze hele lijn doen is in jou ogen niet effectief.

Je kan het doen, maar inderdaad voor lange termijn leren heb je niet genoeg herhaling.

Ik: Dus ieder jaar moeten alle domeinen voorbij om iets bij te doen en te herhalen?

Ja soms zijn er kleinere modules , zoals licht en die sluit je eerder of omdat je die niet nodig hebt voor examen, dus die hoef je na de 4de niet meer te herhalen. En dit geeft een mooi inzicht.

Ik: Inzicht, maar kun je met deze methode dan een leerlijn bouwen zoals jij die beschrijft

Ja zoals ik net vertel, je kan per leerjaar, de hele lijn is het eindniveau, en per leerjaar bouw je hem iets uit.

Dus je maakt eerst als sectie deze lijn en dan ga je per leerjaar kijken wat plukken we eruit, en dan streep je het weg en dan ga je zo door alle leerjaren indelen. De lijn geeft de logische volgorde en zo probeer je de concepten in ieder jaar te stoppen.

Je vertaalt deze lijn naar een leerplan per schooljaar. Ieder jaar deze lijn en ieder jaar zit dus niet alles erin, maar je hebt dan wel de volgorde en het plan hoe je door de stof moet, zodat aan het einde alles gedekt is, zodat een leerling inizhct heeft, dit hebben we volgend jaar nodig.

Ik: een leerling kan dan niet zien in welk leerjaar dat zit

Maar als je ze voor een schooljaar een lijntje geeft wat voor dat jaar nodig is. Een leerling kijkt niet verder dan 1 jaar die gaat echt niet naar 6v zitten kijken. En als je de totale lijn in het lokaal hebt hangen, dit is het einde van het hoofdstuk, dit jaar gaan we daar weer mee verder. Zo zie ik leerlingen dus eerder gemotiveerd raken.

Hoe belangrijk is die volgorde

Ik: Kan ik ook niet gewoon hier willekeurig de concepten voor je uitstallen en dan kun je ook per leerjaar de concepten eruit plukken, dus hoe belangrijk is de volgorde dan.

Het mooie van deze flow is dat je een mooier overzicht hebt, als ze los staan heb je geen overzicht en is het echt een stuk lastiger om ze in te delen. Door dit overzicht heb waardoor je een gesprek kan voeren, discussie kan hebben en hieruit een plan kan maken. Het structureert het gesprek.

Transcriptie docent 2

Hoelang ben jij al actief in het onderwijs?

2010, dus 9 jaar, meeste in de bovenbouw en ook onderbouw 2e af en toe.

Heb je naast het lesgeven andere taken gehad binnen het onderwijs.

Nee

Kun jij mij de definitie van een leerlijn geven?

Een leerlijn is de logische volgorde, of soms de minst onlogische volgorde, waarin een leerling uitzichzelf in staat is om de wereld achter die stof te verkennen. Als ik dit snap kan ik proberen het volgende stapje te nemen, een belangrijk element in de leerlijn is de volgorde. Waarom doe je iets eerder en waarom doe je iets later. Welke stukjes stof en welke tussenstapjes bieden ondersteuning voor de volgende stap. Vooral het vinden van die steunpunten, het logische opbouwen vanaf eigenlijk 0.0 op basis van steunpunten die belangrijk in de leerlijn zijn. Een steunpunt kan een vaardigheid zijn zoals een wiskundige vaardigheid (6=2x3), veel natuurkundige concepten gebruiken deze structuur (weerstand, snelheid etc). Een leerling staat niet stil of het een concept is, een vaardigheid of een inzicht. Als een leerling maar door heeft dat door het halen van een steunpunt hem of haar helpt om een volgende stap te bereiken.

Dus in kort: Een verzameling van een logische gezette steunpunten, tussen die steunpunten zitten al die inhoudelijke invulling die op dat moment aan de orde zijn.

Ben je betrokken geweest bij DOT of andere externe commissies? Zo ja, kun jij mij hier mee over vertellen, wat waren je activiteiten hier.

Een DOT Quantum, docenten wat handvatten meegeven om hoe met quantum om te gaan . Een handvat was een extra materiaal, en wat is de betekenis aan bepaalde begrippen. Dus vakdidactische DOT. Er zat nog geen structuur in hoe de thema's binnen quantum uitgelegd kunnen worden, dus puur de losse begrippen beter omschrijven voor docenten.

Hebben jullie als sectie al een leerlijn gemaakt? Kun je vertellen hoe dat in zijn werk ging?

Ja, we zijn ermee opweg. We hebben bij een paar bijeenkomsten de punten bij elkaar gepuzzled. Een document gemaakt met daarop . Voor de tweede en derde klas de hoofdstukken in kaart gebracht met daarin de hoofdstukken die wij belangrijk vinden voor de bovenbouw. Paragraaf voor paragraaf. Dus we hebben de methode losgelaten en pakken verschillende stukken van het boek. Dit hebben wij als een soort van studieplanner gemaakt. Maar wij weten wel hoe we die studieplanner hebben samengesteld, hier zijn bijeenkomsten voor gebruikt om dit te bespreken. We hebben deze onderbouw kennis gekoppeld aan de ingang van de bovenbouw, zodat de aansluiting zo goed mogelijk is.

Voor een goede leerlijn moet je alle methodes aan de kant schuiven, je moet zelf bedenken wat je eigen lijn is welke steunpunten zijn er nodig en wat heb ik daar voor nodig. Dan pas ga je in een methode kijken waar je deze informatie kan vinden. Leerlingen hebben op dit moment geen moeite hiermee (het hoppen door het boek), het is namelijk juist een mooi moment om toelichten waarom je verder gaat met een volgende paragraaf.

[Workshop]

Wat vond je van de workshop.

Ik vond vooral het element van inputs en outputs definieerde. Dat ben je gaan tellen hoe vaak dat voorkomt en op die manier een objectivering een kwantitatieve manier dus. Dat vond ik zeer verfrissend manier om ertegen aan te kijken.

Wat heb je geleerd van de workshop.

Dat je best vrij analytisch en wiskundig tegen dit soort uitdagingen, hoe puzzel ik dat in elkaar. Eerst deden we dat door een vergadering, zonder een harde structuur daar aan grondslag te leggen.

Weet je wat het doel van de workshop was.

Ten eerste is het doel natuurlijk altijd dat een leerling beter onderwijs krijgt. Voor mij was het doel was om hoe krijgt je lessen in die zin effectiever dat leerlingen steun gaan ondervinden van het hebben van een positie binnen het leerlijn. Dus dat een leerling doorheeft hoe belangrijk het is om een bepaalde vaardigheid of concept te begrijpen.

Kun je aangeven of je de methode makkelijk begreep, of dat je veel uitleg hierbij nodig had. Zaten er rare aannames in?

Nee

Is het mogelijk met deze methode om docenten te ondersteunen bij het opstellen van een leerlijn.

Biedt deze methode overzicht en structuur?

Bij natuurknde heb je er wat aan, maar het blijft altijd lastig om er kwantitafief wat aan toe te kennen omdat er geen vergelijkbaar materiaal is. Ik als technisch persoon vind het zeer aantrekkelijk om op deze manier te werken, het kwantitatief maken. En deze methode biedt ook veel meer interessante uitbreidingen. Zo kunnen er gewichten toegekend worden. Deze methode is een heel motiverend startpunt. Het voelt sowieso een heel stuk prettiger dan wat ik in andere leertheorieien tegenkwam. Het is goed dat het startpunt niet meer door een mens is gemaakt, dit geeft nieuwe inzichten, iets wat belangrijk is om onderwijs te vernieuwen.

Het enige wat ik mis is een manier om te evalueren om te testen wat je hebt gedaan. Dus hoe meet je dat de leerlijn zo geldig is dat je dacht. Die meting zou dan ook gekwantificeerd worden. Hoe krijg je knelpunten in beeld en hoe kun je die grotere gewichten geven. Welke verbindingen moet belangrijker worden.

Ik: Het begint dus bijna een soort van neuraal netwerk te worden?

Ja eigenlijk wil je dat er iteratief en aantoonbaar verbeteringen worden aangebracht.

Ik: Dus de loss function van je netwerk zouden dan de cijfers moeten worden?

Ja zoiets, dat zijn super mooie startpunten om ergens te beginnen en dit zie je niet in onderwijskunde terug. Hoezo mogen niet dit soort algoritmes gebruikt worden om onderwijs te verbeteren, want er zal op een moment heus wat gaan convergeren. Het is een hele technische

aanbeveling, maar juist omdat jij een begin hebt gemaakt met een kwantitatieve methode vind ik dat daar nog veel meer uit te halen valt.

Hoe vond je het om als sectie op deze manier aan de leerlijn te werken?

Het mooie wat je ziet is dat als je met een groep mensen gaat zitten en boeken met leertheorien en deze kaartjes gaat zitten schuiven dat je deze lijn niet binnen een kwartier produceert. Jij hebt dat wel voor elkaar gekregen op een hele quantitatieve manier en als wanneer wij nu naar deze lijn kijken met zijn allen zie je direct patronen die heel logisch zijn. Ik zie hier nu al weer dingen in terug en nieuwe inzichten. Het geeft zelfs een mooie gestructureerde discussie binnen de sectie. Iedereen doet dit eigenlijk al onbewust, alleen is dat een vervelende en hele moeilijke legpuzzel. Elke keer als je wat wilt verschuiven moet je ALLES weer herleggen. En dat is natuurlijk iets waar de computer geen moeite mee heeft.

Heb jij nog aanbevelingen?

Een leerling gaat niet stilstaan tussen het verschil van concepten en vaardigheden. De leerlijn zou dus een mix moeten zijn van beiden. Voor een docent zou je die vaardigheiden in kaart moeten brengen, en je zou dus eigenlijk een lijst moeten hebben en dan kijk je per jaar of kwartaal welke vaardigheden je wilt behandelen. Dus het hoeft niet in een leerlijn te hebben. Je koppelt eigenlijk een set vaardigheden bij delen van het jaar.

Ik: Dus het is het belangrijk om ook de vaardigheden goed in beeld te hebben, zodat die niet ondregescneeuwd worden als er enkel over de odnerdelen van de concepten wordt nagedacht.

Ja ze zouden beide visueel beschikbaar moeten zijn voor leerlingen, misschien dat een leerling kan zien in een leerlijn wanner er belangrijke vaardigheden vereist zijn en waar die staan.

Heb jij nog andere ideeën hoe jij dit zou gebruiken?

Ik: Zou je dit aan leelringen laten zien?

Als ik dit aan een 6VWO leerling laat zien denk ik dat die heel veel herkenningspunten en structuur hierin ziet, een leelring die deze begrippen nog niet kent als die dit allemaal in 1 keer moet lezen dat die niet begrijpt waromd at staat. Als je dit daarintegen plakt in het bord dan kun je wel elke keer terugblikken en dat ze zien dat wanneer je langzaam verder gaat en dat ze zien dat het logisch is waaorm je verder gaat dat zo'n document wel status gaat krijgen.

In een boek gaat een leelring bladzijde voor bladzijde (wat totaal willekeur is) terugzoeken wat er ook alweer op lijkt, terwijl op deze manier je op een logische manier kan teurg zoeken welke kennis je nodig hebt en waar je het kan vinden. Zoiets uitwerken in een methode daar zie ik veel winst op, dan nemen de leerlingen de leerlijn mee naar huis.

Als het op 1 blaadje te zien is, en dan per hoofdstuk dan heeft een leerling er veel aan. En dan ook eentje die over alle hoofdstukken ligt waarin alles te zien is.

Ik: Zou je dit over alle jaren kunnen laten zien?

Nou in de bovenbouw zou je deze hele lijn in 1 keer kunnen doen, maar in de onderbouw willen we wel als voorbereiding hier al een keer mee beginnen. In de onderbouw zou je kunnen zeggen, we doen het hoofdstuk tot en met daar. (eerste stuk).

Ik: Maar je werkt veel met schillen in het onderwijs, dus een weerstand kan meerdere keren voorbij komen, eerst als introductie en dan ermee te werken.

Dan gaat het steeds over het hoger niveau toepassen van begrippen, want weerstand komt vaker voor zelfs bij velden weer en dan wordt het weer lastiger toegepast. Je zou dan nog steeds deze lijn kunnen laten zien, en dan met kleuren aangeven bijvoorbeeld hoever je met dat begrip bent, dus dat je weet van we gaan verder maar we komen er nog op terug om het waarschijnlijk in een wat lastigere situatie toe te passen, maar dan kun je wel iedere keer terug kijken als je er weer terugkomt wat je ooit daar voorafgaand aan hebt geleerd, dus je kan nog altijd even terug kijken wanneer je het niet begrijpt.

Ik: Wat vind je van het idee dat er een vel gegeneerd kan worden met opdrachten op basis van de voorkennis.

Toch zie je dat het in gangbare methodes dit niet doen, ze doen een set opgaves van een categorie, maar herhaling of een logische opbouw zit er niet in. Het is enkel het toetsen van de informatie die ervoor zat.

Ik: Nog een laatste vraag, SLO geeft alle leerdoelen zeer uitgebreid. Kun je alle leerdoelen sorteren op basis van de leerlijn.

Ja maar dan maak je hem vanuit een examen syllabus staan. Er zit wel een beperking alleen aan, het efficient met je tijd omgaan is geen leerdoel. Je gaat zo puur zitten op de inhoud van het programma, maar in de leelrijn is het juist ook zo belangrijk dat vaardigheden erin zitten.

Ik: Een leerdoel kan concepten en vaardigheden bevatten, beide kun je in een leerlijn vatten.

Ja ik denk dat dat legitiem is, maar als je op basis van die overheid lijst gaat werken dat je veel metacognitieve leerdoelen mist, dus hij is niet compleet je moet hem aanvullen. Hij is per definitietje onvolledig.

Ik: Ja maar je hebt wel weer een startpunt.

Ja dat is waar, maar het gevaar is dat die lijst dus incompleet is.

Ik: Okay stel je hebt alle leerdoelen perfect, zou je dan de leerdoelen indelen per jaar of het is belangrijk om de concepten logisch in te zetten en die bepalen de volgorde van de leerdoelen.

Dat laatste, ik vind het andere uitgangspunt houd je alle andere opties nog open, de weg ligt er. Met leerdoelen zie je dat niet. Je bouwt alleen maar constraints in door leerdoelen vast te zetten, en beperkt het je enkel de route die je dan nog kan maken en hoe je deze kennis aanbiedt aan de leerling. De grootste winst van deze methode is dat het juist andere oplossingen geeft waar ik zelf niet kan komen en dat hij mij dwingt om weer een andere oplossing te bekijken. Het kost namelijk heel veel energie om zo'n lijn te generen als mens, uberhaupt 1 oplossing. Maar nu krijg je gratis allerlei varianten die je kan bekijken en je aan het denken kan zetten.

Transcriptie docent 3

Hoelang ben jij al actief in het onderwijs?

26 jaar, heel veel verschillende scholen .

Heb je naast het lesgeven andere taken gehad binnen het onderwijs.

Conrector geweest, verantwoordelijk voor de jaargroep (jaarplanner), projectleider bij speciaal rekenen van universiteit utrecht.

Bij het speciaalrekenen (SR) kregen we 0.1, dus halve dag in de week om te werken aan de leerlijn. Daar komt ons ideee vandaan, het in kaart brengen van cruciale leermomenten, onderwijs aan te passen op deze leermomenten. Heleboel mensen werkten hier per week aan, dus er werden taken verdeeld. Er waren mensen die boeken helemaal doorspitten en andere waren bezig met het ontwikkelen van onderwijs. Er zaten ict'rs die apps ontwikelden voor bijvoorbeeld rekenweb op basis van onze bevinden.

Wat is jouw ervaring of kennis over een leerlijn, wat kun jij mij hierover vertellen.

Vgotsky en de zone van naasteontwikkeling, dat vind ik een mooi begrip de leerling leert sneller in het bijzijn van een meerwetende partner. Deze partner weet waar de grens zit en kan de leerling hireover heen trekken. Dat zit ook in mijn idee achter een leerlijn, je vertrekt ergens en de docent als meerwetende partner weet de leerling over de grenzen heen te trekken en zo op hogere niveaus komt. Zodat als ze naar huis gaan dat ze meer weten dan dat ze aankwamen. De docent helpt de leerling door de dalen heen.

Ik: Maar als ik elke dag wikipedia pagina lees dan leer ik ook elke dag wat.

De vraag is als je elke dag wat leest op wikipedia, of als je een concept leest en uitlegt dan is het de vraag of de stof blijft hangen, het zou kunnen maar ik denk het niet.

Ik: Dus er moet iets toegevoegd worden aan die leerlijn, zodat het blijft hangen

Ja dat is de persoonlijke kracht van de leerkracht, die geeft net dat zetje, die is net aanwezig wanneer die aanwezig moet zijn

Ik: Dat is dan niet de kracht van de leerlijn

De leerlijn heeft geen kracht, de docent heeft geen kracht, maar het is de combinatie van beide

Een docent die zonder leerlijn werkt, dat werkt niet, en een leerlijn zonder docent werkt niet, ja msischien voor autodidakten. Je hebt een docent nodig die op basis van een leerlijn duidelijk les geeft

Kun jij mij de definitie van een leerlijn geven?

Ben je betrokken geweest bij DOT of andere externe commissies?

Nee, gelukkig niet. DOTS zijn over het algmeen beetje van die praatgroepen die nauwelijk invloed op het leren van kinderen uitoefenen. Het daalt nooit af daar waar het zou moeten plaatsvinden. Het blijft bij wat losse activiteiten en het bloed dood in de waan van de dag. We zijn te druk met zijn allen, dan kun je eigenlijk niks meer aan ontwikkel werk doen. Daar lopen wij mee vast en in je vrije tijd komt het er gewoon niet van. Daar zit ook een structureel probleem in ons onderwijs, we hebben te veel uitgekleed en nu is een grens bereikt dat er niets meer bij kan.

Hebben jullie als sectie al een leerlijn gemaakt? Kun je vertellen hoe dat in zijn werk ging?

Dat ligt een beetje op zijn gat, we geven nu allemaal volledig lessen. We hebben een half jaar moeten zoeken naar een geschikt moment om vervolgens ergerns een uurtje te vinden. Dat zet geen zoden aan de dijk.

Het idee is vier vijf jaar oud, we zijn er van steeds van overtuigd dat het ook mogelijk is, maar op dit moment is het gewoon niet mogelijk om meerdere uren in de week er mee aan de slag te zijn. Een jaar lang een halve dag in de week dan komen wij ergens al heel ver. Het blijft een iteratief proces, om het te onderhouden. Lesson study en het bezoeken van elkaars lessen is ook belangrijk om het effect te meten hoe het zo goed mogelijk op de leerling werkt.

[Workshop]

Wat vond je van de workshop.

Ik vond het mooi dat jij een idee in gang heb gezet dat wanneer je het over leerlijnen hebt gezet dat je praat over conceptuele doelen. Ronald Keijzer heeft in een artikel besproken dat je niet meer alle leerdoelen moet afwerken, maar dat je de onderliggende structuur moet begrijpen.

Wat heb je geleerd van de workshop.

Een bevestiging dat je niet kleine leerdoelen achter elkaar hoeft te zetten om een leerlijn te vormen, maar dat het dus mogelijk is om grotere concepten in te delen. Het was dus een proof of principle

Weet je wat het doel van de workshop was.

Voor mij was het doel om stappen te gaan zetten op het gebied van leerlijn. We hebben een stap gezet en helaas daarna geen volgende. En nogmaals het was ook een bevestiging dat de methode werkt.

Kun je aangeven of je de methode makkelijk begreep, of dat je veel uitleg hierbij nodig had. Zaten er rare aannames in?

Het kwam niet vreemd voor.

Ik: Ook niet dat Ik de aanname heb gemaakt dat er inputs en ouputs zitten in een concept

Ik vind vooral belangrijk dat cruciale leermomenten in kaart komen. Dus je zou nog een soort van relevatie aan kunnen geven welke inputs en outputs belangrijk zijn. Waar gaan we energie op inzetten.

Is het mogelijk met deze methode om docenten te ondersteunen bij het opstellen van een leerlijn.

Ja hiermee zet je de eerste belangrijke stap. Mensen gaan namelijk nadenken over het onderwijs wat ze geven. De volgende stap is natuurlijk hoe je dat concreet gaat vorm geven, daar hebben wij het nog niet over gehad in mijn beleving.

Ik: Heb jij ideeën daarover?

Hoe gaan we het voor elkaar krijgen dat we dus leerlingen de concepten zichzelf eigen maken. Dan moeten we concreet informatie gaan verzamelen en opdrachten en werkvormen verzinnen om zo goed mogelijk die concepten aan te bieden. De grootste klus is dus de vertaalslag en daar komt ook heel veel werkervaring bij kijken.

Ik: Een boek is structuur, na elke pagina komt het volgende, is het niet vervelend als je overal moet kijken als leerling.

Het boek is geen leerlijn, dus het staat al door elkaar, leerlingen hebben er dus geen moeite mee. Die gaan gewoon er gewoon in mee, op het moment dat je het toelicht vertrouwen ze je gewoon.

Ik: Dus de leerlijn is dan het meest belangrijk voor de docent, zodat die de stof goed aanbied?

Dat is dus de vraag, ik ben ook wel voorstander dat leerlingen zelf verantwoordelijk worden voor hun leer proces. Dat ze zelf de lijn kunnen zien en at ze zelf kunnen beslissen welke route ze nemen, zelfs dat ze de vwo lijn kunnen op pakken. Dat iedereen wordt uitgedaagd tot het maximum van zijn kunnen te presteren

Ik: Net gaf je aan dat een leerlijn niet als een los middel moet worden gebruikt, maar dat je daar ook een docent voor nodig hebt, dus geen autodidakt.

Ik zie mijzelf dan ook steeds meer de rol aannemen om het gesprek aan te gaan met de leerling over zijn leren, dus een visuele lijn zou daarbij helpen, omdat het het gesprek ondersteund. Dus dat ik de leelring van adviezen kan geven. En reflectie is natuurlijk ook belangrijk,

Biedt deze methode overzicht en structuur?

Kon je door het gebruik van deze methode, sneller een leerlijn ontwikkelen.

Hoe vond je het om als sectie op deze manier aan de leerlijn te werken?

Ik vind het een heel mooi concept, we zijn in drie uur tijd heel ver gekomen. Ik denkd at dit concept voor alle vakken ingezet kan worden. Dat je heel snel de essentie van je vak eruit kan pikken. Sterker nog als er op deze manier concepten en vaardigheden overlap hebben is er heel veel winst te boeken.

Ik: De vaardigheden moet je ook eigenlijk in een leerlijn zetten

Ja dat klopt, ben ik het mee eens.

Heb jij nog aanbevelingen?

We praten heel veel met elkaar en we hebben heel veel goede ideeen. Ik wil zo graag dat die leerlingen door hebben dat wij bezig zijn het onderwijs te ontwikkelen. Mijn concerns zijn hoe zorgen we ervoor dat op de werkvloer daadwerkelijk iets gaat gebeuren waar leerlingen van werken. Dus door de concepten in te delen, dan zien ze daar in de klas nog niets. Dus dan is de vraag hoe laten we de leerlingen mee doen in dit proces, hoe bereikt het hen.

We kunnen ons onderwijs al behoorlijk veranderen, zelfs al we binnen de box blijven. Het leuke van deze methode is dat je out-of the-box inzichten krijgt die wel binnen de box van het huidige onderwijs passen, combineer dit met een systematishe analyse van de lessen zoals het toepassen vna lesson studies dan valt er een enorme winst te behalen in het huidige onderwijs.

Heb jij nog andere ideeën hoe jij dit zou gebruiken?

Ik vind dit al een goed.

Ik: Zou jij deze lijn ook aan leelringen presenteren of dit gebruiken om er mee in gesprek te gaan

Ja achteraf, want van te voren weten ze nog niet wat die begrippen in houden. Achteraf kunnen ze , wanneer ze weten wat die concepten betekenen aangeven hier had ik veel moeite mee. Ik zie het

nog steeds wel voor me om alles, de gehele lijn, te laten zien in een lokaal. Dat ik met een pointer bij wijze van spreke zou kunnen aangeven waar ze zijn, waar ze naartoe moeten en waar ze op moeten letten.

Transcriptie docent 4

Hoelang ben jij al actief in het onderwijs?

24 jaar sinds 95, bovenbouw natuurkunde 8 jaar, daarvoor onderbouw natuurkunde, en ook bovenbouw scheikunde daarvoor nog 3 tot 4 jaar. Natuurkunde onderbouw 24 jaar en van die 24 jaar 8 jaar bovenbouw.

Heb je naast het lesgeven andere taken gehad binnen het onderwijs.

Buitenlandse reizen, grote musical als regiseur, benoemingscomissies, solicitatiecomissies.

Wat is jouw ervaring of kennis over een leerlijn, wat kun jij mij hierover vertellen.

Ik weet vrij goed wat in de syllabus staat, en heb daarom het einddoel voor de syllabus heel goed in mijn hoofd. Ik heb ook een hoger doel dan dat, maar het eerste doel is dat iedereen het examen haalt, maar ik wil ook dat ze een methode van denken aangeleerd krijgen, dat ze enthousiast over het vak worden. Ik wil dat ze iets meer doen dan dat de syllabus voorstelt, bijvoorbeeld impsulf op grote deeltjes, andere dingen zoals licht zit niet in syllabus maar vind ik wel belangrijk en die wil ik bij vwo er iets meer in.

Ik: staan er vaardigheden in die syllabus?

Onder de A termen, maar ik heb die doelen scherper en uitgebreider.

Kun jij mij de definitie van een leerlijn geven?

Startpunt en een eindpunt, en de leerlijn is de route daar naartoe. En die lijn zorgt dat de concepten en vaardigheden op juiste volgorde zitten. De lijn benoemd de kennis en de vaardigheden.

Ben je betrokken geweest bij DOT of andere externe commissies?

Nee nooit gedaan, te druk met andere dingen, wel uitnodingen gehad maar te druk. Ook van collegals slechte ervaringen gehoord en niet enthousiast. NLT module gemaakt met meerdere mensen, heel ontvreden wat er uiteindelijk uitkwam en over de samenwerking. Een ander over quantum, stond niet achter het ondewerp, samenwerking met collegas en de output was hij niet tevreden over.

Hebben jullie als sectie al een leerlijn gemaakt? Kun je vertellen hoe dat in zijn werk ging?

We zijn tot klas 3 bezig geweest, maar nu tijd te kort. Hij is wel een beeld bij een collega, maar als sectie nog niet. We hebben als sectie het boek gepakt, wat willen we wel en wat willen wij niet doen. We maken bewustere keuzes in wat we wel en niet doen, het boek wordt niet meer leidend. De route maken wij nu en wij plukken de juiste informatie daar nu bij

Ik: Staat die route op papier?

Hij staat niet op papier, er is wel een consensus binnen de sectie wat we belangrijk vinden en niet belangirjk vinden. Voor 2 havo en 3 vwo hebben we coordinators die de route bewaken voor de onderbouw.

Ik: Hoe wordt dat gecontroleerd

We hebben van te voren uitgezocht wat we wel willen, concepten en vaardigheden per leerjaar die per jaar aanbod moeten komen. De volgorde van de thema's liggen dan vast, en binnen de thema's

staat wat we wel en niet willen doen. Zo is er nog wel vrijheid, sommige paragraven vind ik leuk om te doen die niet noodzakelijk zijn.

Ik: Denk je dat leerlingen het verwarrend vinden om zo door het boek te gaan?

Nee, ze doen het gewoon , ze volgen gewoon gedwee en stellen ook niet de vraag waarom wel en waarom niet. Ik leg het ze van te voren wel uit waarom er gekozen is voor deze manier, maar ik zie nooit dat dit problemen oplevert zelfs in 6VWO doen ze gewoon braaf wordt er van ze gevraagd wordt en er zit nooit eentje tussen die zich zorgen maakt om deze volgorde.

[Workshop]

Wat vond je van de workshop.

Ik vond het de manier waarop je een domein kan inrichten heel verassend en een verrijking. Het is een totaal andere manier om er na te kijken.

Wat heb je geleerd van de workshop.

We zitten heel strak in een stramien om naar dingen te kijken, en we proberen dat los te laten maar deze methode zorgt ervoor dat je nog veel meer los laat. Dit methode voor een compleet nieuwe blik en leidt tot nieuwe inzichten. Ik heb dus geleerd dat er nog veel meer vrijheid zit in het indelen van lesstof dan we denken.

Weet je wat het doel van de workshop was.

Het is lang geleden, jij hebt een methode gemaakt om te kijken of je een leerlijn kon maken, en je wilde ons als experts gebruiken om te kijken of het logisch was wat je hebt gedaan en te valideren of het resultaat van je methode verlijkbaar is met een mens.

Kun je aangeven of je de methode makkelijk begreep, of dat je veel uitleg hierbij nodig had. Zaten er rare aannames in?

Het was vrij gemakkelijk en er zaten geen rare aannames in. Het was vrij helder

Is het mogelijk met deze methode om docenten te ondersteunen bij het opstellen van een leerlijn.

Ik denk het wel je moet alleen ervoor zorgen dat de input klopt.

Ik: die stel je als sectie samen en je koppelt voorkennis aan concepten

De grootste winst is dat de pc iets eruit rolt, en maakt een voorstel en aan de hand van het voorstel kun je discussieren wat wel en wat niet. Als je eerst zelf een voorstel moet maken en dan moet gaan bediscussieren, kost dat veel meer tijd. Dus je bespaart hiermee heel veel tijd en moeite.

Biedt deze methode overzicht en structuur?

Kon je door het gebruik van deze methode, sneller een leerlijn ontwikkelen.

Nou doordat ik zolang les geef zit het aardig in mijn hoofd, dus ik denk dat dat ervoor zorgde dat ik zelf de lijn vrij snel kon maken. Maar dat is mijn lijn, de winst zit hem hier dat je dus een objectieve opzet van de computer krijgt en de tijd gaat steken in het bediscussieren hiervan.

Hoe vond je het om als sectie op deze manier aan de leerlijn te werken?

Ik vind het altijd fijn om met zijn allen ergens aan te werken, ik vind dat belangrijk. Iedereen heeft zijn sterke en zwakke punten en dat versterkt elkaar.

[LAAT LIJN ZIEN]

Heb jij nog aanbevelingen?

Ik zou dat vrij elektron, bij het proton en neutron. Hier begin ik ook mee in de bovenbouw, statische elektriciteit en dan dynamische elektriciteit. Dit is iets waar de docent voor kiest ik weet dat andere collega's dat net omdraaien. Maar dat maakt opzicht dus niets uit. Verder vind ik de volgorde die hier ligt vrij logische, zo doe ik het ook ongeveer.

Heb jij nog andere ideeën hoe jij dit zou gebruiken?

Als je in de bovenbouw kijkt dan klopt deze lijn wel, maar voor de onderbouw is die anders. Dan zou ik bijvoorbeeld stroommeter en spanningsmeter wel in de onderbouw geven, in de bovenbouw maakt het inderdaad niet zoveel uit.

In de onderbouw wat je ze leert is dat de spanning hetzelfde blijft en hoe dat precies werkt en wat dat precies is dat leg je ze pas uit als ze het vak kiezen.

Dus als je vanaf klas vier gaat kijken dan klopt deze volgorde, dan ga je opnieuw en dan begin ik bijvoorbeeld WEL met elektorn en proton dan hebben ze dat gehad met scheikunde en is dat een mooi begin. En dan ga je de verdieping in.

Dat neemt niet weg dat deze lijn niet klopt voor de onderbouw, je haalt dan alleen stukken weg dit wel en dit niet. Het blijft namelijk dezelfde leerlijn, dus in de tweede doe je hier wat stukjes, in de derde doe je wat andere stukken en in de vierde ga je dus de hele lijn doorlopen, omdat dit ook alles is wat nodig is voor het doel, het eindexamen en is dit dus de (als dit de optimale lijn is) meest logische manier om naar dat doel toe te werken. Voor de onderbouw is het ook handig dat als je een fanatieke leerling hebt dat je, wanneer ze verder willen je ze de totale lijn kan laten zien en ze dus vooruit kunnen laten werken als ze toch weten dat ze natuurkunde gaan kiezen.

Wat vind je het idee dat je aan alle concepten wat opdrachten hangt en doordat de verbindingen bekend zijn kan je dus een oefenblad genereren met alle nodige kennis.

Ja dit is precies waar ik naartoe wil, een website waar een leerlijn dus zelf deze lijn in beeld krijgt en dus de concepten kan aanklikken. Hij zou dan zelf de opdrachten formulieren kunnen downloaden en krijgt dus zo een overzicht voor zichzelf wat die al beheerst en wat die nog moet, waar zijn valkuilen liggen.

Ik: Zie je dit als veel werk?

Dat werkt valt wel mee, maar je moet een aantal uren achter elkaar kunnen werken. Maar dan moet ik een dag ervoor hebben, niet hier een los uurtje of daar. Maar de taak is niet lastig, als die leerlijn erligt is het een kwestie van uitzoeken.

Een ander idee wat ik heb is dat SLO doelen heeft opgesteld, deze maken gebruik van concepten. Als de lijn bekend is dan sorteren de doelen zichzelf op basis van de positie op de concepten leerlijn.

Ja dat klinkt wel leuk, ook dit klinkt ook niet als heel veel werk, ik had dit zelf nog niet bedacht.

Zou jij dit aan een leerling laten zien?

Ik denk dat je dit leerlingen kunt geven, in mijn ogen in de vorm van een website en dat ze dingen kunnen aanklikken dat ze dat heel er ghelpt en dat ze dat heel erg plezierig vinden, daar houden ze van van structuur.

Ik: En in de klas?

Voor mij hoeft dat niet, ik heb het liefst een website. Leerlingen vinden het wel prettig denk ik als het in het lokaal hangt, maar dan wil ik ook dat er bakjes onder liggen met oefenen opdrachten om direct met die concepten aan de slag te gaan.

Ons hoofddoel was ooit om de leerlijn in kaart te brengen en er een website bij te maken en er verschillende opdrachten onder te hangen en deze leerlijn uit te breiden met concepten die wij belangrijk vinden.

Je kan een concept pakken en het steeds lastiger maken, of je kan eerst naar wat concepten kijken en dan als plooien steeds meer erop stapelen.

De verbanden zijn belangrijker dat systematisch van makkelijk naar moeilijk bijvoorbeeld elementaire lading door werkt, maar je gaat later in je schooltijd dit steeds doen. In de onderbouw doe je dit niet, dan creeer je dus eigenlijk de samenhang tussen alle concepten. En dan later ga je ze invullen in de bovenbouw.

2. Cyclus 2

B.1 Vragenlijst leerlingen

A.

Welke docenten heb jij gehad

Welk vakkenpakket heb jij

Stel jij bent een docent, met welke natuurkundige onderwerpen zou jij beginnen.

B.

Ben jij bekent met de domeinen van het natuurkunde vak, kun jij ze aangeven.

[LAAT VIJF DOMEINEN ZIEN]

Hoe zou jij deze domeinen rangschikken, met welke begin jij eerst

Welke natuurkundige concepten ken jij die eigenlijk beide domeinen verbinden.

C.

Kun jij uitleggen waarom binnen het domein elektriciteit vaak wordt begonnen met begrippen zoals: spanning, weerstand en stroomkring. Welke concepten zou je niet begrijpen zonder deze kennis.

[LAAT BRIEFJES MET ALLE CONCEPTEN ZIEN]

Ik heb hier alle concepten binnen het domein elektriciteit, zou jij deze kunnen rangschikken.

Had je moeite met het rangschikken, kun je aangeven waarom.

D.

[LAAT ONTWERP ZIEN]

Ik heb hier een indeling, ben je het ook eens met deze indeling, kun je aangeven waarom?

Wat als je dit aan het begin had gehad van natuurkunde?

B.2 Transcripties leerlingen

Leerling 1:

A.

Welke docenten heb jij gehad

A, B, C, D, C

Welk vakkenpakket heb jij

NT+NG duits->muziek

Stel jij bent een docent met welke natuurkundige onderwerpen zou jij beginnen:

- Krachten
- Significantie
- Eenparige bewegingen
- Optica
- Elektriciteit
- Magnetisme
- Arbeit en energie
- Ruimte
- golven
- Quantum
- Relativiteit

Ik: “Golven zet je onderaan, is dat lastig?”

Leerling: “Ja dat is wel lastig”

Leerling: “Golven die vind ik wel makkelijk”

Ik : Moeten makkelijke dingen eerst?

Leerling: “Je hebt de dingen die je daar leert heb je nodig in de volgende hoofdstukken.”

Ik: Kun je voorbeelden geven?

Leerling: “Bij arbeit en energie heb je bijvoorbeeld krachten nodig, en versnellingen bijvoorbeeld bij quantum”.

B.

Ben jij bekend met domeinen van het natuurkunde vak?

Leerling: “Pff, ja ik weet dat ze er zijn maar ik ze niet uit mijn hoofd” “ Ik denk dat ze wel overeenkomen met wat ik net heb opgeschreven”

Ik: “Noemt domeinen op”

Hoe zou jij deze domeinen rangschikken, met welke begin jij eerst

Leerling: “Leven en aarde wat is dat?”

Ik: “Medische beeldvorming enzo zitten daar in”

3,1,2, 6,4, 5

Leerling sorteert zeer snel de domeinen

Leerling: “6 en 4 zitten dicht bij elkaar”

Kun jij concepten verzinnen die de domeinen verbinden

[Neemt lang de tijd]

L: “Lading en veld heb je formules van bewegingen nodig, versnellende deeltjes, en dat zit ook in straling en materie”

Ik: “ Wat is dan het concept wat verbind”

L: De geladen deeltjes die versnellen richting een magneet ofzo

Ik: Wat zijn dat voor deeltjes

L: Elektronen ofzo, dus domein 2 en 3 met concept elektronen

L: Straling en golven heb je bijvoorbeeld, rood en blauw verschuiving volgens mij.

Ik: Dus je bedoeld dat door absorptie er verschuivingen ontstaan?

L: Ja

Ik: wat wordt er dan geabsorbeerd

L: Verschillende golflengtes

Ik: Wat zijn golflengtes

L: Dat zijn verschillende elektronenmagnetimse straling

Ik: En welke deeltjes

L: fotonen, oh dan pas quantum er ook bij

L dus 4 en 5 kunnen ook verbonden worden.

L “Als je met een nieuw hoofdstuk begint merk je wel dat je verder gaat met informatie uit het volgende hoodfstuk

Ik: Hoe merk je dat?

L: Dat je niet opnieuw hoeft uit te leggen wat een golf is, maar dat je er meteen mee aan de slag kan of moet

C.

Kun jij mij concepten geven die te maken hebben met elektriciteit:

Vervangingsweerstand, weerstand, schakeling, wet van ohm, ampere, soortelijke weerstand, kirchhoff, vermogen, motor.

Ik: “Elektrische energie??”

L: “ is dat niet meer wat voor arbeid en enerige”

Hier zijn alle concepten en leg ze in goede volgorde:

L: ik maak eerst groepjes, zoals spanningmeter en stroommeter horen bij elkaar en zijn even belangrijk.

L: Er zijn veel setjes die bij elkaar horen, en die lopen weer in elkaar over

L: Maakt een groepje met alle componten

L: " Wat is een LDR ook alweer?" Ik: "een light dependent resioster oftwel een soortelijke weerstand"

De leerling legt eerst alle concepten bij elkaar zoals vermogen, rendement, spanning en stroom. En legt naast deze concepten concrete voorbeelden die hier mee te maken hebben. Zoals naast spanning legt hij spanningsbronnen zoals accu en batterij, naast de weerstand legt hij de LDR, NTC, PTC en diode. Hij is van mening dat als je eerst al de basis concepten leert dat je dan ze kan toepassen op de concrete voorbeelden.

Ik: "Zonder spanningsbron kan ik dit allemaal leren" Ik: " Spanningsdeling kan ik dat leren als ik niet weet wat een spanningsbron is"

Leerling: " Nou je kan met een accu en wat andere elementen een kan ik best spanningsdeling uitleggen, zonder dat je echt spanningsbron nodig heb"

Ik: " Nu je een tijdje bezig bent, heb je moeite met sommige concepten te plaatsen"

L: " Ja met elementaire lading"

Ik: " Je weet wel wat het is ? "

L: " Ja misschien ligt hij dan waarschijnlijhk bij ion en vrij elektron liggen, maar je hebt die niet perse nodig voor de rest."

Ik: " Wat moet ik weten voordat ik het concept lamp begin?"

L: Als je in een hoofdsutk begint met spanning en spanningsbron en dan uiteindelijk komt tot een lamp dan kun je met al die begrippen uitlgegen wat je met al die elementen in een samengestelde schakeling kan doen

Ik: wat als een leerling vraagt hoe een lamp nou brand

L: Ja dat is een goede, dan heb ik begrip spanning en stroomsterkte nodig, dus dan kan die lamp hier ergens.

L: Een verwarmingelement kan daar ook wel bij, als je toch uitlegt hoe elektronen er doorheen stromen. Dus dan moe tik wel eerst even elektronen ervoor leggen.

Ik: Wanneer opdracht af is, "heb je zo wel eens gekeken naar een hoofdstuk of domein

L: "Nee nooit, eigenlijk best wel veel dingen die je dan aangeboden krijgt"

L: " En dit is nog niets eens de moeilijkste"

L: “ Je kan het op veel manieren indelen, maar je kan het wel zo van A naar Z indelen”

Ik: Wat zou jij in de onderbouw aanbieden

L” Schakelingen weglaten en aardlek kan wel, maar vanaf hier niet meer in de bovenbouw.

Ik: “Dit heb je allemal in onderbouw gehad,”

L: “ik denk dat dit beter in de bovenbouw kan”

D.

Kijk eens naar deze ontwerpen:

Ik : “ Ik ben benieuwd wat je hier van vind”, “Lijkt dit wat jij hebt gemaakt

L: “ Nee totaal niet, stroomkringen staan veel lager”, “Daarna in het midden lijkt het wel wat ik had gemaakt”,

Ik: “Klopt het als je iets over een stroomkring weet en stroomsterkte dat je dan iets over een zekering kan uitleggen”

L: “ Ja dat klopt wle ja”

Ik: “ Jij hebt ook stroomdeling, spanningsdeling en samengestelde schakelingen vrij aan het einde gezet, maar…..

Ik: “In dit ontwerp staan parallel en serie vrij aan het begin, in tegenstelling tot die van jou, enige idee waarom?

L: Die zouden wel nog omhoog kunnen hoor

Ik: Hier achter staat Ohmse weerstand, heb ik niet voorkennis nodig van serie en parallel om dat uit te leggen?

L: Nee niet als je enkel het concept weerstand uitlegt, wel als je het gebruikt in een stroomkring

Ik: En een spannings? Hoe moet je die aansluiten?

L: Ja oke die moet je parallel aansluiten, dus heb je die begrippen wel wat vroeger nodig.

Stel dat je dit ontwerp aan het begin van de derde te zien krijgt, die hangt ergens in het lokaal. En je kan duidelijk zien wat je in dat jaar gaat doen, en je kan ook zien waarvoor je die kennis volgend jaar nodig hebt, denk je dat nuttig had gevonden.

L: Ja absoluut, vooral dat wanneer je een concept leert, dat je in dit geval in een stroomkring weet wat je daar nog meer in kan doen.

Ik: “Kun jij nog herinneren uit de derde of de vierde dat als je later terug kwam op een zelfde thema, had je dan door dat je vorige kennis moest toepassen.

L: “Ja meestal sloten ze het hoofdstuk af met een soort van toepas stuk, waar dan elementen zoals PTC NTC enzo terugkwamen en dat je de kennis moest toepassen.

Ik: “ Herhaalt vraag: “Heel vaak komt kennis weer terug, die je een kjaar later nodig had”, had je dat dan door?

L: “Of je wist het al, of je wis thet nog niet, als je het al wist dan weet je al adt je het gehad hebt”

Ik: “Moet het perse een doel hebben, zoals hoe je uiteindelijk een stroomkring kan toepassen, of wil je uitinedelijk weten voor welke concepten je het nog nodig hebt, zoals kirchhoff dat je ziet aan het wat je daar uiteindelijk voor nodig is.

L: “ Het ligt er heel erg aan hoe je leert, als je leert om verder te komen en meer stof wilt begrijpen denk ik dat dit fijn is, maar als je in de eerste enkel wilt oplossen wat je in de eerste moet, omdat je niet geïnteresseerd bent wat er daarna gaat komen dan denk ik dat dit niet zo handig is.

Ik: “Stel ik laat jou in de eerste zien, [HAALT EERST BLAADJE WEG MET BASISBEGRIPPEN], dat als je niet goed oplet, dat dan alles in de soep loopt, omdat hier heel veel op leunt?

L: “Ja dat is wel waar, dan weet je hier moet ik echt goed opletten, want dit heb ik nog nodig, maar daar zit dan ook het gevaar in dat je bij minder belangrijke dingen minder gaat opletten

Ik: “Maar, is dat niet fijn dat je weet dat je daar minder energie in moet steken?”

L: “ Ja dat is inderdaad ook fijn”

L: “ Heeft een docent je ooit verteld waarom je het volgende hoofdstuk ging doen”

Ik: “ Nou eigenlijk niet, maar ik neem aan dat de docent beslist wat het beste volgende hoofdstuk zit, en dat daar wel een gedachte achter zit. Het lijkt me logisch dat ze het zo opbouwen dat het altijd wel verder borduurt op vorige kennis.

Leerling 2:

A.

Welke docenten heb jij gehad

A, D, D, D, D, C

Welk vakkenpakket heb jij

NT + NLT +geen bio wel wisB

Stel jij bent een docent met welke natuurkundige onderwerpen zou jij beginnen:

- Snelheid
- krachten
- deeltjes 1 (gewoon)
- Elektriciteit
- Arbeid & energie
- Golven & optica
- Straling
- Elektromagnetisme
- Deeltjes processen II (elementair)
- Quantum

L: “Snelheid is makkelijk, makkelijk inbeelden, makkelijke deel sommetjes”

L: “ Einde van middelbare quantum, is lastiger te bevatten dan dat je doorgaans leert, het gaat tegen alle logica in die je de afgelopen 6 jaa rhebt gehad. Je moet goed zijn in het inbeelden van bepaalde situaties. Wiskundig gezien is het te doen, delen en vermenigvukdigen, Maar om precies te weten wat je moet delen en gebruiken, daar zit het lastige.

L: “Het is handig om wat te weten over deeltjes processen in het algemeen, over elektronen en protronen. Dat is belangrijk om te weten om te weten wat elektronen zijn.

L: “ Krachten sluit mooi aan wat je hebt geleerd bij snelheid.”

B.

Ben jij bekend met domeinen van het natuurkunde vak?

“Ik weet welke je bedoelt, maar ik zou ze niet uit mijn hoofd kunnen opnoemen”

Ik: “Noemt domeinen op, hoe zou jij deze domeinen rangschikken, met welke begin jij eerst

L: 6, 3, 2, 1, 4, 5

Ik: “ Waarom begin je met leven en aarde”

L: “Omdat je daar nog niet heel erg de diepte in gaat, je gaat niet van heel dichtbij kijken, op deeltjes niveau. De leerling moet een goed beeld krijgen van wat gebeurd er eigenlijk, inplaats van hoe je dat verklaart. Als je direct zou moeten voorstellen hoe een deeltjes in een doos beweegt, dan zou je daar heel erg moeite mee hebben als beginnend leerling.

Ik: “ Heb jij daar ook moeite mee gehad?”

L: “In het begin wel, maar toen we op school begonnen met quantum wist ik er wel wat vanaf.

Ik: “Waar ligt jou zwakke punt in deze domeinen”

L: “Elektromagnetisme (lading en veld) vind ik lastig, het voorstellen van de veldlijnen hoe die precies werken en de plus en min polen. Ik begrijp het wel, maar het vervolgens toepassen is erg lastig.

Kun jij concepten verzinnen die de domeinen verbinden

[Neemt lang de tijd]

L: “Tussen beweging en leven en aarde misschien”

Ik: “En wat dan?”

L: “ Wat wordt eigenlijk bedoeld met leven en aarde enzo?”

Ik: “Biofysica, Geofysica, medische beeldvorming”

L: “Straling en medische beeldvorming:

L: “ Relativieit en beweging”

Ik: Welk concept verbind deze dan

L: “De formule van de gammafactor, die heeft te maken met de beweging en de snelheid van een object.

Ik: “ Quantum kun je nog koppelen aan golven, of straling ”

L: “Licht zijn fotonen en deeltjes, en is dus ook weer een golf of straling”

C.

Kun jij mij uitleggen waarom binnen het domein elektriciteit aak wordt begonnen met begrippen zoals:

Ik: “Als ik niet goed oplet bij spanning stroomkring en weerstand, welke concepten gaan dan mis later, die leunen op deze informatie

L: Je gaat moeite krijgen bij elektromagnetisme, als je niet goed weet hoe elektronen zich gedragen dat ze dus van een min en plus bewegen.

L: “ verder schiet me nu niet zoveel te binnen”

Kun jij mij concepten geven die te maken hebben met elektriciteit:

Stroomsterkte, vermogen, schakelschema’s, parallel, serie schakeling, vervangings weerstand, verbruik van apparaten, elektrische apparaten, watt, joule, couloumb per seconde, ampere, elektron, lading, elementaire lading.

Hier zijn alle concepten en leg ze in goede volgorde:

L: “Ik begin met een lamp, iedereen weet wel wat een lamp is en weet ook dat als je die aan laat staan dat dat energie kost”

L : “Misschien wel handig om te beginnen met serie en parallel schakelingen dat je dan kan uitleggen wanneer de stroom wordt opgedeeld en wanneer de spanning. “

L: “Ik zoek nu of ik iets op de batterij kan laten aansluiten, hoe ik die kan introduceren, die staat gelijk met een accu en een motor. Allebei zijn dat energiebronnen.

Ik: “ Een motor is een energiebron?

L: “ Een motor levert een andere soort energie, chemische energie”

Ik: “In een batterij ligt chemische energie opgeslagen”

[Begrip energie overdracht blijkbaar niet duidelijk]

L: “Nou een batterij is wel mooi om vervolgens een accu te introduceren, wat een hele grote batterij is”

Ik: “ wat hebben deze met elkaar te maken

L: dit zijn allemaal dingetjes die je in een schakelschema kan tekenen, behalve een zekering misschien

Ik: Aardlek schakelaar wel dan en verwarmingelement?

L: Oh ik had een schakelaar in mijn hoofd en verwarmingelement weet ik niet hoe je die moet tekenen.

L: De rest gaat wel stroom door heen, diode bijvoorbeeld geen dan licht.

Ik: NTC PTC?

L: Ja ik weet niet meer precies wat ze doen

Ik: Het zijn weerstand, en op basis daarvan veranderd de weerstand, dus wat voor weerstanden zijn het dan?

L: soortelijke weerstand?

Ik: De vraag is, wat moet ik voor ieder briefje weten want die zou er dan boven moeten liggen.

L: Dan leg ik dit blok neer na soortelijke weerstand, de volgorde maakt dan niet zoveel uit.

L: “ Dan weet ik eerst hoe zo’n schakelschema in elkaar zit en dan leer je wat over weerstand met wat toegepaste voorbeelden.

L: “Eerst moet je bijvoorbeeld dan weten wat kortsluiting is, en dan heb je dus een aardlekschakelaar en een zekering om dat te voorkomen, dus dat leer je dan erna.”

L: “Misschien is het wel handig om als allereerste te weten wat elektrische energie is, dan weet je waarom een lamp brand en dat elektrische energie nodig is voor stroomkringen”

L: Kirchhof zou niet echt op het einde moeten, als je beetje weet hoe samengestelde schakelingen werken en hoe de spanning over een weerstand en een draad werkt dan heb je wel voldoende om aan kirchhoff te rekenen.

L: Kan ik ook rekenen met kirchhoff als er ergens een diode inzit, maar als je kirchhoff introduceert dan zou ik het doen in eenvoudige schakelingen waar geen diodes inzitten, dus je begint met

eenvoudige en later kom je terug als er nieuwe dingen bij komen. Dat je niet direct in het diepe wordt gegooid met gelijk lastige dingen.

Ik: **Waren er nog onderwerpen die je lastig vond in te delen**

L: Ja motor waar kun je die nou precies kwijt, omdat ik toch niet het idee heb dat dat te maken heeft met energie, meer het beeld van een benzine motor.

D.

Kijk eens naar deze ontwerpen:

Ik : " Ik ben benieuwd wat je hier van vind, geef aan wat je hier goed of niet goed aan vind"

L: " Soortelijke weerstand hier is raar, dat zou dan ohmse moeten zijn en dan soortelijke later"

L: " Er wordt hier niet vanuit gegaan dat een leerling scheikunde heeft gehad?"

Ik : "het is mooi meegenomen, maar als het er staat is het handig dat je dat eerst hebt gehad, dus als je scheikunde hebt gehad dan weet je dat al, maar ook in natuurkunde zou het aanbod komen"

[Kijkt een minuut aandachtig]

L: "Ja ik vind dit wel een logische volgorde"

Ik: "Hij is wel heel anders dan die van jou"

L: "Ik heb misschien een heel ander beeld gehad bij sommige concepten, bij elementaire lading dacht ik meer aan quantum". Nu ik hem hier zo aan het begin zie staan met elektron en proton is het heel logisch dat je eerst daar mee begint dan kun je dingen logisch uitrekenen.

L: "Elektrische energie kan ook goed bij vermogen"

L: "Ik heb kirchhof samen met serie parallel, deling, want dan zit het nog vers in je hoofd"

L: "Logisch gezien zou je de soortelijke weerstand en de ohmse weerstand bij elkaar zetten, maar feitelijk gezien zijn het twee apparte formules en zou een leerling daar moeite mee hebben om die tegelijk te leren, omdat het begrip elektrischeteit al lastig en dan krijg je gelijk twee soorten weerstanden".

L: "Stroommeter en spanningsmeter, het is wel handig om te weten maar volgens mij lopen mensen daar niet op vast."

Ik: "Je gebruikt hem al wel in de tweede en wat moet je dan weten."

L: " Dat je hem serie of parellen moet aansluiten, dan is het wel handig parallel of serie te weten eerst".

Stel dat je dit ontwerp aan het begin van de derde te zien krijgt, die hangt ergens in het lokaal. En je kan duidelijk zien wat je in dat jaar gaat doen, en je kan ook zien waarvoor je die kennis volgend jaar nodig hebt, denk je dat nuttig had gevonden.

[audio ontbreekt]

Leerling 3

A.

Welke docenten heb jij gehad

G, C, D, C

Welk vakkenpakket heb jij

NT en NG met geschiedenis

Stel jij bent een docent, met welke natuurkundige onderwerpen zou jij beginnen.

Beweging, krachten, optica, elektriciteit, elektromagnetisme, medische beeldvorming, straling en materie, quantum.

Ik: Waarom krachten na beweging en beweging als eerste:

L: Die sluiten aan op beweging, je hebt krachten nodig voor beweging. Ik begin met beweging omdat die inleidend is, die is het makkelijkst. Het verschil is dat beweging, maar paar formules is en kort zijn. Bijvoorbeeld bij quantum kan ik het niet voor mij zien, bij beweging daar in tegen heb ik een sprinter die legt 600 meter af, dat is makkelijk voor te stellen.

L: Elektriciteit is inleidend voor elektromagnetisme, je moet de basis kennis van elektriciteit om verder te gaan met elektromagnetisme. Het boek zet deze ver uit elkaar, maar ik zou ze juist achter elkaar doen. Dat is ook hoe ik ze nu leer om het examen voor te bereiden.

B.

Ben jij bekent met de domeinen van het natuurkunde vak, kun jij ze aangeven.

Ik weet welke, maar niet hoe die onderwerpen heten en wat waar bij hoort. Ik vind het beetje vaag verdeeld, ik vind het makkelijker als het per hoofdstuk is aangewezen.

[LAAT VIJF DOMEINEN ZIEN]

Hoe zou jij deze domeinen rangschikken, met welke begin jij eerst

3-2-4-1-5-6

Leerlingen hebben moeite met het plaatsen van kennis in de domeinen: veel vragen wat hoort hier allemaal bij hoort.

Welke natuurkundige concepten ken jij die eigenlijk beide domeinen verbinden.

Interferentie tussen 1 en 5, golven en quantum.

2 en 4, medische apparaten die gebruik maken van lading en straling. Formules die overeenkomen met lading en veld.

C.

Kun jij wat concepten noemen die binnen het subdomein elektriceit valt:

Lampje, radiator, eigenlijk alles wat in zo'n stroomkring kan.

Kun jij uitleggen waarom binnen het domein elektriciteit vaak wordt begonnen met begrippen zoals: spanning, weerstand en stroomkring. Welke concepten zou je niet begrijpen zonder deze kennis.

Dat zijn echt de basisbegrippen die je nodig hebt om de rest te snappen. Parallelschakelingen, heb je spanning en stroom nodig en misschien weerstand. En voor spanning en stroom heb je weer nodig voor weerstand. Uitgebreidere stroomkringen heb je deze basis ook voor nodig. LED en zo heb je eerst de basisbegrippen nodig voordat je kan uitleggen wat een led doet of een diode.

[LAAT BRIEFJES MET ALLE CONCEPTEN ZIEN]

Ik heb hier alle concepten binnen het domein elektriciteit, zou jij deze kunnen rangschikken.

Ik: Stel voor vermogen, wat moet ik van tevoren weten voor dit concept.

L: Hoeveel energie ervoor nodig is, en die ligt erboven

Ik: Rendement, wat heb ik daar voor nodig aan voorkennis

L: Hoeveel erin gaat en eruit gaat, Pnut en Ptotaal. P is het vermogen en die ligt erboven.

Ik: Kirchhoff wat heb ik daar voor nodig,

L: stroomkring hoe die loopt, serie en parallel. Dus dan zou ik toch kirchhoff wat later doen.

Ik: Als ik kijk lijkt het alsof je hebt gesorteerd wat op elkaar lijkt, dit is basis stroomkring rekenen, dit is grotere stroomkringen maken wat meer advanced en dit is onderdelen die je in een stroomkring kan toevoegen.

L: In het begin is het heel moeilijk om zoiets kleins voor te stellen. Dus daarom zou ik elemtaire lading en dat soort kleine concepten veel later doen.

Ik: Is stroom wel makkelijk voor te stellen dan?

L: Nee, maar daar kun je het nog hebben over een stromende kraan.

Ik: maar wat stroomt er dan?

L: Ja dan heb je het alweer over elektronen. Ja ik begrijp het probleem, wat je nu voorstelt klinkt wel logisch.

Had je moeite met het rangschikken, kun je aangeven waarom.

D.

[LAAT ONTWERP ZIEN]

Ik heb er hier zelf eentje gemaakt, ben je het ook eens met deze indeling, kun je aangeven waarom?

L: Ik vind het handig dat ze beginnen met een stroomkring en dan werken naar de begrippen erachter. Dat zou ik ook doen. Ik snap dan ook wel waarom die deeltjes erzijn, ik zou alleen beginnen met het grootste deeltje. De spanningsbron zou ik misschien ervoor doen, die heb ik namelijk nodig om een stroomkring te maken.

Vermogen lijkt er beetje tussen te komen. Alsof hij niet echt thuis hoort, dan zou je hem beter achter stroomdeling en spanningsdeling zetten, want uiteindelijk moet je daarmee ook rekenen.

Geleiderbaarheid zou ik bij weerstand zetten, want die zijn hetzelfde. Daar rekenen je ook beide mee en lijkt op elkaar

Kortsluiting zou ik bij aardlekschakelaar doen.

Accu en batterij zou ik als voorbeeld bij spanningsbron doen.

Spanningsmeter en stroommeter zou ik meer naar het begin doen, want dan ga je rekenen met die warden dus moet je ze ook kunnen meten.

Ion en vrij elektron zou ik bij atoom en proton enzo doen.

Samengestelde achter parallel en serie schakeling zetten

Rendement zou ik bij vermogen zetten

Wat als je dit aan het begin had gehad van natuurkunde?

Ik vind het wel makkelijk dat alles zo onder elkaar staat en dat het aangeeft dat sommige concepten bij elkaar staan en aangeeft hoe je moet leren.

Ik vond zelf in de vierde dat alles beetje vaag was en door elkaar. Maar toen gingen met Kirchhoff beginnen, nu snap ik dat wel, maar toen snapte ik dat niet. Ook hebben ze toen alleen maar over proton en elektron gehad, maar ik had liever dan ook molecuul en wat meer informatie daarover gehad.

Ik vind dit model wel heel handig, het is makkelijk dat je kan zien welke voorkennis je nodig hebt om een concept te snappen. Dat staat namelijk helemaal niet in het boek, duidelijk wat de voorkennis is die je nodig hebt.

Op een website zou ik het heel handig vinden.

Deze structuur had ik in de vierde echt niet, en wist ik niet wat ik allemaal moest doen.

Leerling 4

A.

Welke docenten heb jij gehad

R, A, C, D, C

Welk vakkenpakket heb jij

NG met wis A biologie en NLT

Stel jij bent een docent, met welke natuurkundige onderwerpen zou jij beginnen.

Beweging

Krachten

Optica

Straling

Elektriciteit en magnetisme

Medische beeldvorming

Quantum

Relativiteit

L: Quantum komt best veel terug in het eindexamen, nou als je enkel gaat leren dan heb je niks aan quantum. Dus dan heb je meer aan beweging krachten en straling, zou ik die ook als eerste doen. Straling komt nog wel beetje in de praktijk voor en elektriciteit en magnetisme ook nog wel een beetje.

L; Verder heb je niet heel veel wat je in de praktijk kan toepassen.

L; Als je beweging begrijpt heb je daar profijt van bij krachten. Zelfde geldt voor elektriciteit, daar heb je weer baat bij als je magnetisme en velden doet.

L; Medische beeldvorming, straling en straling magnetisme beetje vaag dat leer ik altijd als 1 want het lijkt allemaal op elkaar.

Ik: Kun je ene voorbeeld geven van straling binnen medisch beeldvorming

L; Een voorbeeld van straling is bijvoorbeeld infrarood voor magnetisme weet ik niet

L: relativiteit is ook weer zoiets als quantum, ik vond het wel leuker, maar het komt erna omdat het minder belangrijk is.

B.

Ben jij bekent met de domeinen van het natuurkunde vak, kun jij ze aangeven.

Per thema en daaronder, zij hebben de hoofdstukken dan door elkaar gegooid en alles per thema erin. Krachten en beweging volgens mij zelfs samen in 1 domein.

[LAAT VIJF DOMEINEN ZIEN]

Hoe zou jij deze domeinen rangschikken, met welke begin jij eerst

3-1-4-2-5-6

Welke natuurkundige concepten ken jij die eigenlijk beide domeinen verbinden.

3-1 Golfsnelheid

1-4 Frequentie

4-2 Elektronen die uitgezonden worden

2-5 Deeltje in een doosje

1 – 5 deeltjes kunnen golven zijn.

C.

Kun jij wat concepten noemen binnen het domein elektriciteit

Stroomkring, inductiespanning, wisselspanning, voltmeter, amperemeter, weerstanden, parallel, serieschakeling, rendement, elektrische energie.

Ik: Denk bijvoorbeeld aan een examenvraag, wat voor dingen moet je dan berekenen? Moet je dan enkel spanning uitrekenen.

L: Geen idee wat ze allemaal vragen bij elektriciteit,

Kun jij uitleggen waarom binnen het domein elektriciteit vaak wordt begonnen met begrippen zoals: spanning, weerstand en stroomkring. Welke concepten zou je niet begrijpen zonder deze kennis.

L: Het is de basis voor andere domeinen, bijvoorbeeld bij straling of bij lading en veld nodig. Je moet weten hoe stroomkringen werken.

Ik: En binnen het subdomein elektriciteit

L: Het berekenen van een weerstand kun je niet berkenen als je niet weet wat een vermogen is. Als je parallelschakeling moet uitrekenen en je weet niet wat parallel en serie is.

[LAAT BRIEFJES MET ALLE CONCEPTEN ZIEN]

Ik heb hier alle concepten binnen het domein elektriciteit, zou jij deze kunnen rangschikken.

L: Ik ben hier niet zo goed in hoor

L: Maarja vermogen en rendement, dat kan toch niet zomaar ergens onder, je kan hier wel rendement bij berekenen maar hier ook

Ik: Maar wanneer is het keer handig om met dat concept te beginnen

L: Als je een weerstand hebt

Had je moeite met het rangschikken, kun je aangeven waarom.

L: Ik vind het wel lastig, ik kan niet zo goed zeggen wat bij wat hoort, ik zie die logica niet echt.

Ik: Er zit geen oplossing hoor, het is jou volgorde

L: Maar ik zie gewoon niet echt goed een volgorde.

Ik: nou ik zie geen willekeur van concepten hier en een logica erin zitten. Het lijkt wel alsof je steeds minder belangrijke concepten overhoudt en dat je daar moeite mee hebt

L: Ja dat klopt.

L: Ik vind het lastig om die losse elementen ergens aan te koppelen. Daar blijf ik mee zitten.

Ik: Dan stel ik nu wat vragen, het is geen overhoring hoor, maar meer wat ik zie. Je legt lamp op de derde plek, waarom?

L: Daar wordt vaak mee begonnen, omdat je dan weet dat er een stroom doorheen loopt en een spanning nodig is.

Ik: Waarom is het belangrijk om een stroommeter te weten als je net stroomsterkte hebt gehad

L: Dat je dat er tussen kan zetten en dat je weet dat het meetbaar is.

Ik: Moet je dan ook niet weten of die serie of parallel moet?

L: Okay dan moet ik wel weten dat ik het ook parallel of serie moet aansluiten.

Ik: Batterij en accu wat zijn dat

L: Energieleveranciers, stroomlevering ….spanningsbron.

Ik: rendement heb je laag liggen, waarom?

L: Nou die mag ook wel wat hoger.

Ik: Er ligt een heel blok tussen met onderdelen zoals NTC, PTC hebben die rendement nodig?

L: Nee, dus het maakt dan ook niet uit of die erboven of eronder ligt.

Ik: Wat moet ik weten bij kortsluiting

L: De kring wordt onderbroken, dan loopt er teveel stroom door een stroom kring, een te hoge spanning.

Ik: Ik zie verder Kirchhoff als laatste?

L: Die heb je niet nodig dus heb ik onderaan gelegt en is niet echt nuttig. Beetje vaag dus dan maar achteraan, dan leer je die maar op het einde.

D.

[LAAT ONTWERP ZIEN]

Ik heb er hier zelf eentje gemaakt, ben je het ook eens met deze indeling, kun je aangeven waarom?

L: Het is wel logisch wat ik hier zie, alleen lamp zit vrij ver weg. Maar hier zit zeker een logica in, ik had alleen die lamp eerder neergezet aan het begin als voorbeeld.

Ik: Maar als ik wil uitleggen hoe een lamp brand

L: Dan kun je dat ook wel uitleggen met een stroomkring toch?

Ik: Moet ik dan niets zeggen over elektrische energie?

L: Hoezo?

Ik: Door die elektrische energie gaat die gloeien

L: Ja zo kun je hem ook als voorbeeld gebruiken, eigenlijk kun je hem overal als voorbeeld geven.

Ik: Heb je ooit zo na een thema gekeken?

L: Nee nog nooit

Ik: Zie je dingen nu anders of schokkende dingen?

L: Nee dat niet, maar ik moet zeggen als ik het zo zie klopt het wel aardig ook in mijn eigen beleving.

Wat als je dit aan het begin had gehad van natuurkunde?

L: Ja ik denk het wel, als je dan ooit terug wilt kijken wat had ik ook alweer nodig voor…..

Ik: Dus als een soort terugkijkende blik?

L: ja dat je elke keer terugkan kijken wat ik moet herhalen of waar dit vandaan komt.

Ik: Hoe zou je dit dan willen zien, dit is namelijk vrij groot.

L: Per jaar, kleiner en dan op een a4tje of per boek of per hoofdstuk waar het dan in het klein opstaat, wat je moet kunnen en kennen en dat dit ieder jaar uitgebreidt wordt. Of dat het er allemaal opstaat en per jaar een ander kleurtje heeft.

Ik: Stel dat het in een lokaal zou hangen?

L: Ja dat zo ook zeker handig zijn.

Ik: In de vorm van een website?

L: Ook wel handig dan kan ik het altijd opzoeken dat ik dan ook als ik thuis ben er direct bij kan, en dan is het ook wel handig dat ik dan direct naar de hoofdstukken kan.

Ik: Iets wat je nog meer zou helpen?

L: Misschien een makkelijk overzicht of samenvatting op basis van deze lijn aan het einde van het hoofdstuk.

Leerling 5

A.

Welke docenten heb jij gehad

A, B, C, C

Welk vakkenpakket heb jij

NT en NG, 5 HAVO, enkel 6VWO natuurkunde gedaan

Stel jij bent een docent, met welke natuurkundige onderwerpen zou jij beginnen.

Krachten, cirkelbeweging

Beweging

Krachten

Cirkel beweging

Arbeid & energie

Optica

Elektriciteit

Electromagnetisme

Trillingen & golven

Astro

Medisch ebeeldvorming

Deeltjes processen

Quantum

Relativiteit

Ik: Waarom zet jij optica daar neer

L: De rest daarboven is een beetje 1 ding en daarna kun je optica ertussendoen, en is iets lager in niveau dan elektriciteit

Ik: Wat is niveau

L: het is makkelijker te begrijpen, het zit logischer in elkaar dan elektriciteit, het is minder realistisch, je ziet het niet. Daarom elektriciteit later en EM erachter aan, maar dat is wat meer de diepte in iets meer toepassen en praktijk, complexere vormen van elektriciteit. De theorie is wat lastiger en abstracter.

B.

Ben jij bekent met de domeinen van het natuurkunde vak, kun jij ze aangeven.

nee

[LAAT VIJF DOMEINEN ZIEN]

Hoe zou jij deze domeinen rangschikken, met welke begin jij eerst

3-2-1-6-4-5

Welke natuurkundige concepten ken jij die eigenlijk beide domeinen verbinden.

L Elektrische energie tussen 3 en 2.

Ik: Kun je daar nog wat anders bij verzinnen
L: Vermogen, Watt is stroomsterkte (Verbeterd leerling) dat is ook beetje elektrische energie.

Ik: Wat heeft dat met beweging te maken?

L: Allebei iets te maken met iets dat vermogen levert

Ik: [Hint op inductie, maar leerling weet niet wat het concept inductie is)

L: 2 en 1 Electriteit is een deeltje en een deeltje kan zich gedragen als een golf. Relativiteit kun je er dan ook aan koppelen 1 en 6 dus, medische beeldvorming ook. 1 en 4.

L: Golf en straling is bijvoorbeeld Licht

L: 4-5 Dat is letterlijk de fysica van straling,

Ik: Kun je ene voorbeeld geven?

L: [Komt er niet goed uit]

C.

Welke concepten ken jij binnen het domein Elektriciteit

Weerstand, spanning, stroomsterkte, lading, draad, wisselspanning, statische elektriciteit, parallel en serie schakeling.

Kun jij uitleggen waarom binnen het domein elektriciteit vaak wordt begonnen met begrippen zoals: spanning, weerstand en stroomkring. Welke concepten zou je niet begrijpen zonder deze kennis.

L: Dat is een basis

Ik: Waarom heb je die basis nodig?

L: Om uit te bouwen en verder de diepte in te gaan

Ik: Kun je noemen wat mis gaat als ik die basis niet heb

L: Als je naar complexe stroomkringen gaat denk ik, sommige machines die zo en zo werken, dat je het moet uitrekenen.

Ik: Kan ik een lamp uitleggen als ik die basis niet heb?

L: Nee

Ik: Rendement?

L: Jawel

Ik: Kun je er eentje noemen ?

L: Motor

[Leerling heeft veel moeite met deze opdracht]

[LAAT BRIEFJES MET ALLE CONCEPTEN ZIEN]

Ik heb hier alle concepten binnen het domein elektriciteit, zou jij deze kunnen rangschikken.

Ik: Stel dat dit een hoofdstuk zou zijn, Elektrciteit, dan begin jij met het concept Vermogen?

L: Wacht even, dan moet ik wat aanpassen, eerst die drie basis concepten.

Ik: Welke als eerste?

L: Spanning, stroomsterkte en dan spanning dan vermogen

Ik: Dit valt op ion op het einde en elementaire lading

L: Dit gaat wat meer de diepte in, theoretisch gezien

Ik: Vind jij het fijner om later de diepte in te gaan, of wil je dit eigenlijk eerst weten?

L: [Twijfelt lang] Ik denk dat het zo goed is

Had je moeite met het rangschikken, kun je aangeven waarom.

L: Nee niet echt, maar je kan ze wel allemaal zo rangschikken. Geleidbaarheid had ik alleen moeite mee.

D.

[LAAT ONTWERP ZIEN]

Ik heb er hier zelf eentje gemaakt, ben je het ook eens met deze indeling, kun je aangeven waarom?

L: Ja ik vind wel goed, door eerst te kijken naar wat je nodig hebt om dat te gebruiken wanneer je het moet leren.

Ik: Waarvoor heb je elementaire lading nodig?

L: Ion, misschijn vrij elektron.

Wat als je dit aan het begin had gehad van natuurkunde?

Ik: heb je er ooit zo naar gekeken?

L: nee

Ik: Wist je dat dit alle concepten waren binnen elektriciteit?

L: Nee

Ik: Is het groter of kleiner dat je verwachte

L: Ongeveer net zo groot als, dit is wel heel veel simpeler, dit is eigenlijk alles wat je moet weten, je kan veel overzichtelijker zien wat je nog moet doen en als je vastloopt dat je kan zien welke concepten je dan moet bekijken.

Ik: Zou je er zo doorheen gaan?

L: Ja ik zou in de volgorde gaan

Ik: Jij hebt heel veel zelfstudie gedaan, had dit je geholpen denk je

L: Ja absoluut

Ik: Heb jij deze structuur in hoofdstukken gezien in het boek? Herken je deze indeling?

L: Jawel ongeveer wel, het zit wel in die boeken ongeveer

L: Ik vind het wel handig

Ik: Hoe zou jij dit voor je zien als je hier mee zou werken, hoe zou jij zien in wat voor vorm.

L: Onder elkaar en dan na een hoofdstuk of module hiermee afsluiten. En de bladzijde nummers erbij en opgaves erbij.

Ik: Stel in een perfecte wereld wat hebjij gemist tijdens je zelfstudie

L: Oefentoets en vragen

Ik: De feedback of je weet of je er bent ja of nee?

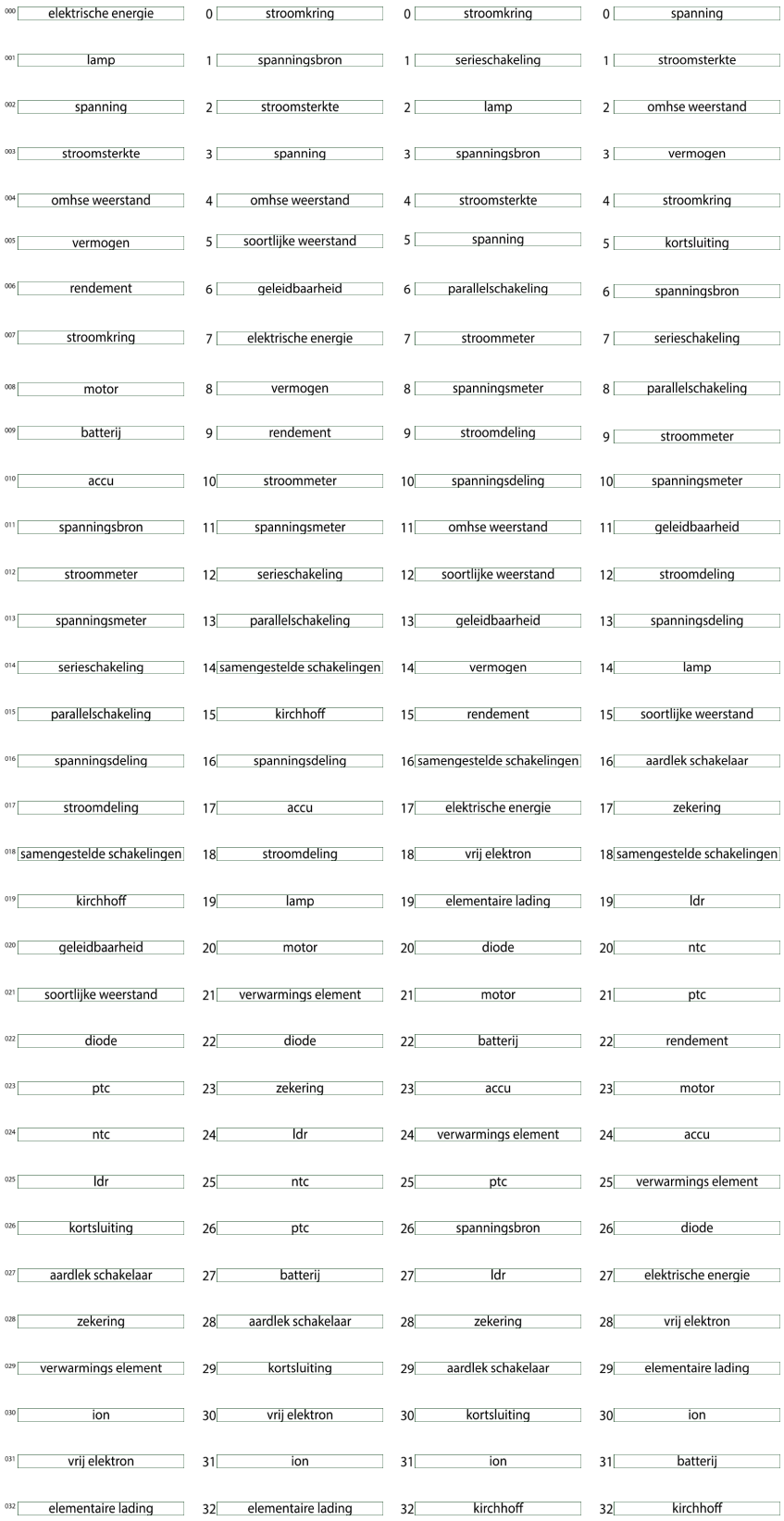
L: Ja precies dat

L: De toets maken ze net anders dan de vragen in het boek

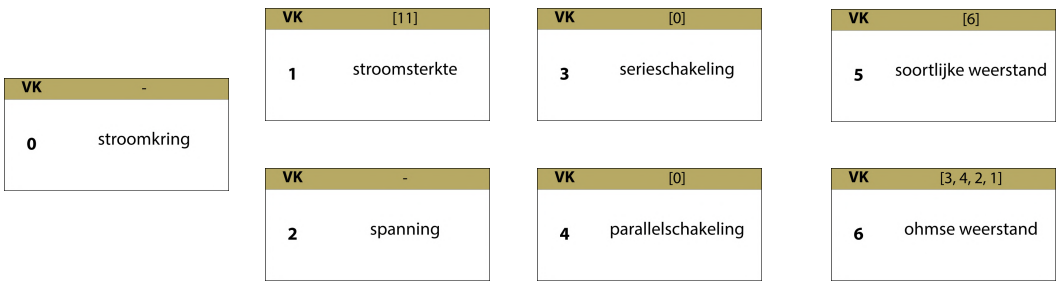
Ik: dus je wilt je concepten testen of je daarmee een opdracht in de toets kan maken

L: Ja

B.3 Indeling vakbegrippen leerlingen



B.4 Visuele leerlijn


VK -
0 stroomkring
VK [11]
1 stroomsterkte
VK -
2 spanning
VK [0]
3 serieschakeling
VK [0]
4 parallelschakeling
VK [6]
5 soortlijke weerstand
VK [3, 4, 2, 1]
6 ohmse weerstand

VK	-
14	neutron

VK	-
7	molecuul

VK	-
8	atoom

VK	[2, 1]
12	spanningsbron

VK	[10, 9]
11	elementaire lading

VK	[2, 13, 11]
15	elektrische energie

VK	[2, 1]
13	vermogen

VK	-
9	proton

VK	-
10	elektron

VK	[3, 4, 2, 1]
16	stroomdeling

VK	[3, 4, 2, 1]
17	spanningsdeling

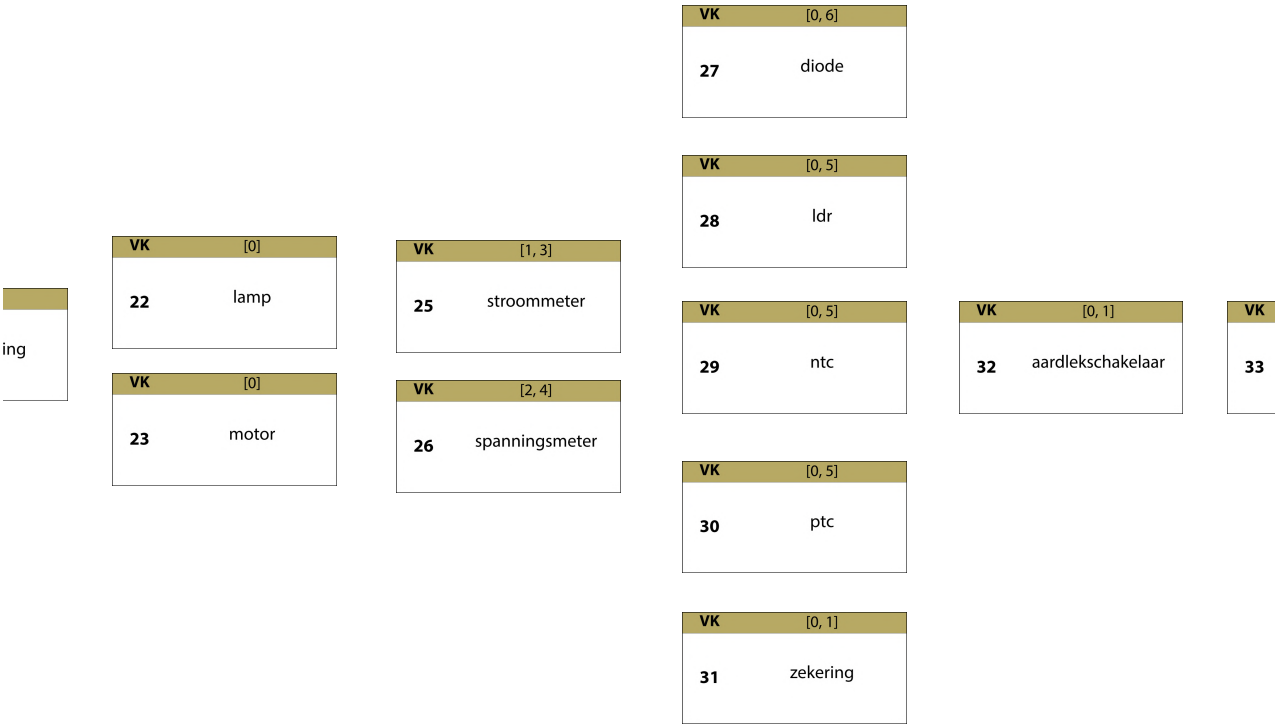
VK	-
18	verwarmingselement

VK	[12]
19	batterij

VK	[12]
20	accu

VK	[5]
21	geleidbaarheid

VK	[0]
24	kortsluiti


ing
VK [0]
22 lamp
VK [0]
23 motor
VK [1, 3]
25 stroommeter
VK [2, 4]
26 spanningsmeter
VK [0, 6]
27 diode
VK [0, 5]
28 ldr
VK [0, 5]
29 ntc
VK [0, 5]
30 ptc
VK [0, 1]
31 zekering
VK [0, 1]
32 aardlekschakelaar
VK
33

[7, 8, 10]
ion

VK	[0, 3, 4]
34	samengestelde schakelingen

VK	[7, 8, 9, 14]
35	vrij elektron

VK	[15, 13, 2, 1]
36	rendement

VK	[0, 2, 1, 6, 16, 17]
37	kirchhoff