



Onderzoek voor Onderwijs (10EC)

Technisch ontwerpen met biofysica voor natuurkunde docenten

Jesper Faessen

Master Educatie en Communicatie in de Bètawetenschappen

COMMISSIE
Dr. J.J. Wietsma
Dr. ir. H.J. Pol

augustus '21

Samenvatting

Ontwerpen is in 2014 geïntroduceerd binnen het examenprogramma natuurkunde. Er zijn echter veel natuurkunde docenten die niet zijn opgeleid om het onderdeel ontwerpen te doceren. Dit komt doordat ontwerpen maar een klein onderdeel is in veel docentenopleidingen en veel natuurkunde docenten vanuit eerdere achtergrond geen ervaring met ontwerpen hebben. Dit kan in eerste instantie problemen opleveren voor de docent omdat ontwerpen anders gegeven en beoordeeld moet worden dan de reguliere natuurkunde. Waar de uitkomst bij een standaard natuurkunde proefwerk vaststaat is dit niet het geval bij een ontwerp opdracht. Uitkomsten en correctiemodellen maken plaats voor rubrics en voor het gevoel van de natuurkunde docent: subjectiviteit. Om ontwerpen en natuurkunde bij elkaar te brengen wordt er gekeken naar het combineren van ontwerpen en een keuze module.

Binnen dit onderzoek voor onderwijs wordt er een module ontworpen en getest om ontwerpen en biofysica te combineren. Verder wordt er gekeken naar de hulpmiddelen die natuurkunde docenten nodig hebben om ontwerpen goed te kunnen doceren. De ontwerpmodule wordt gecombineerd met het keuzeonderwerp biofysica om context te bieden binnen het concept ontwerpen. De opgezette module is getest in twee cycli, zowel in twee 5 als 6 vwo klassen. Aan de hand van deze pilots is de methode geëvalueerd. Hiervoor zijn de resultaten van de leerlingen, de gedragingen in de klas en interviews met twee ervaren natuurkunde docenten gebruikt.

Uit de analyse komt naar voren dat het toevoegen van ontwerptechnieken ervoor kan zorgen dat de ontwerpers binnen de natuurkunde meer diepgang krijgen. Geschikte verdiepende technieken die door een natuurkunde docent gedoceerd kunnen worden zijn: evaluaties, een stakeholderanalyse, het programma van eisen met een meetbare parameter, een morfologisch schema, iteratief ontwerpen en de Pugh-matrix. De resultaten van de ontwerp technieken zijn in de verslagen van beide klassen vergelijkbaar. Bij de detaillering is wel een verschil te zien tussen de klassen. De docent zonder ontwerpervaring heeft hier minder tijd en aandacht aan besteed. Dit komt doordat de docent meer tijd nodig had om de ontwerptechnieken te behandelen. De natuurkunde docenten hebben professionalisering nodig om volledig comfortabel te zijn met het doceren van ontwerpen. Een mogelijkheid zou kunnen zijn de docenten mee te laten lopen met een ervaren ontwerpdocent of door de docenten zelf een ontwerp te laten uitvoeren.

Door de ontwikkeling van deze ontwerpmodule is er duidelijk wat moet gebeuren om succesvol ontwerpen te kunnen doceren in vwo 5 en 6. De docenten die hebben geholpen met het testen van de module zijn enthousiast om volgend jaar weer met de module aan de slag te gaan en de voorgestelde verbeteringen en aanpassingen door te voeren.

Inhoudsopgave

<u>1</u>	<u>INTRODUCTIE</u>	<u>4</u>
1.1	DOEL VAN HET ONTWERP	5
<u>2</u>	<u>ONDERZOEKSMETHODE: DE MODULE IN DE PRAKTIJK</u>	<u>6</u>
2.1	WERKMETHODE ONTWIKKELING MODULE	6
2.2	METHODE TESTEN MODULE	7
2.3	INTERVIEWS EXPERTS	7
<u>3</u>	<u>ONTWIKKELING MODULE: ANALYSE</u>	<u>8</u>
3.1	ANALYSE VOORONDERZOEK	8
3.2	DOELGROEP	9
3.3	PROGRAMMA VAN EISEN	10
3.4	DOEL EN DEMARCATIE VAN DE MODULE	11
<u>4</u>	<u>CONCEPTVORMING MODULE: KEUZE TECHNIEKEN</u>	<u>12</u>
4.1	OVERZICHT TECHNIEKEN PER ONDERDEEL ONTWERPCYCLUS	13
4.2	EVALUATIE	14
4.3	ANALYSE TECHNIEKEN	15
4.3.1	ROOT CAUSE ANALYSIS & ROOT CONFLICT ANALYSIS	15
4.3.2	STAKEHOLDERANALYSE	15
4.3.3	HET PROGRAMMA VAN EISEN	16
4.4	TECHNIEKEN VOOR HET ONTWIKKELEN VAN EEN CONCEPT ONTWERP	17
4.4.1	IDEEËN GENERATIE: MORFOLOGISCH SCHEMA	17
4.4.2	CONCEPT GENERATIE	17
4.4.3	CONCEPT KEUZE	17
4.5	DETAILLERING, PROTOTYPING EN TESTEN	18
<u>5</u>	<u>DETAILLERING MODULE: AANPASSING TECHNIEKEN VOOR HET ONDERWIJS</u>	<u>19</u>
5.1	EVALUATIE	19
5.2	ANALYSE TECHNIEKEN	20
5.3	TECHNIEKEN VOOR HET ONTWIKKELEN VAN EEN CONCEPT ONTWERP	22
5.3.1	CONCEPT KEUZE: PUGH-MATRIX	24
5.4	OVERIGE TECHNIEKEN	25
<u>6</u>	<u>DETAILLERING MODULE: OPZET MODULE</u>	<u>26</u>
6.1	LEERDOELEN	26

6.2	TOETSING	27
6.3	OPDRACHT BIJ DE MODULE	27
6.4	PROJECTGROEPEN	28
7	<u>EVALUATIE VAN DE MODULE IN DE PRAKTIJK</u>	<u>29</u>
7.1	ACHTERGROND EXPERT NATUURKUNDE DOCENTEN	29
7.2	ACHTERGROND ONDERZOEKER	29
7.3	EVALUATIE ONTWERPTECHNIEKEN	30
7.3.1	EVALUATIE TIJDENS DE LES	30
7.3.2	RCA & RCA+	31
7.3.3	STAKEHOLDERANALYSE & PROGRAMMA VAN EISEN	34
7.3.4	CONCEPT GENERATIE: MORFOLOGISCH SCHEMA	35
7.3.5	CONCEPT KEUZE	35
8	<u>EVALUATIE PROGRAMMA VAN EISEN</u>	<u>36</u>
9	<u>DISCUSSIE</u>	<u>40</u>
10	<u>CONCLUSIE: DOEL EN ONDERZOEKSVRAGEN</u>	<u>43</u>
11	<u>LITERATUUR</u>	<u>44</u>
12	<u>APPENDIX</u>	<u>47</u>
12.1	INTERVIEWVRAGEN	47
12.2	INTERVIEW A	48
12.3	INTERVIEW B	60
12.4	BEOORDELING RUBRIC ONTWERPEN EN BIOFYSICA	76
12.5	GLOBALE PLANNING MODULE	78
12.6	OPDRACHTBESCHRIJVING LEERLINGEN	81
12.7	KWALITEITSKAART OP BASIS VAN HET DISC SYSTEEM	82
12.8	VOORBEELDEN STAKEHOLDERANALYSE	83
12.8.1	VOORBEELD CYCLUS 1 HOGE KWALITEIT	83
12.8.2	VOORBEELD USERSTORIES CYCLUS 2	84
12.9	READER ONTWERPEN IN DE BIOFYSICA	85

1 Introductie

Ontwerpen, bij het horen van dit woord zal een groot gedeelte van de bevolking denken aan kleding, fashionshows en vage creaties. Dat is één kant van ontwerpen, maar je ziet ontwerpen ook overal terug in de exacte wereld. Ontwerpen in zijn puurste begrip is namelijk niets anders dan het bedenken en uitvoeren van een plan om een doel te behalen of een idee uit te werken. Hiermee is het een belangrijk middel om het technisch begrip van de leerlingen te verhogen en een betere plaats te verwerven binnen de moderne maatschappij (Kortland, Mooldijk, & Poorthuis, 2017).

Het technische begrip wordt behaald door de afwisseling van concepten en contexten die binnen ontwerpen naar voren komen. Dit kan versterkt worden door ontwerpen te koppelen aan een natuurkundig onderwerp. Door de leerlingen deze koppeling te laten zien en ervaren wordt er ook een beter inzicht gegeven in het modelleren. Dit is een ander onderdeel binnen de natuurkunde waar concept en context bij elkaar komen (Kortland et al., 2017).

Ook de hogere orde vaardigheden komen aan bod binnen een ontwerpopdracht. Deze vaardigheden worden door het SLO (SLO, 2019) beschreven als 21^e-eeuwse vaardigheden, waarbij het gaat om de combinatie tussen vaardigheden en specifieke vak kennis. Een groot deel van de vaardigheden die in het model zijn opgenomen zijn erg toepasselijk op het ontwerpproces, zoals: probleem oplossen, creatief denken en kritisch denken. De koppeling tussen deze hogere orde vaardigheden en natuurkunde kennis zorgt daarnaast voor een verdere en versterkte ontwikkeling van het leerproces bij leerlingen (Kortland et al., 2017; SLO, 2019). Hierbij spelen peerfeedback en samenwerkend leren een belangrijke rol. Door in een ontwerpteam samen te werken wordt positieve, onderlinge afhankelijkheid gestimuleerd. Ook wordt het eigenaarschap bij leerlingen gestimuleerd. Dat houdt in dat alle leerlingen in het ontwerpteam medeverantwoordelijk zijn voor het eindproduct en de groepsprocessen (Ebbens & Ettekoven, 2013; Korthagen & Vasalos, 2005). Dit is een continu proces waar leerlingen van elkaar leren, reflecteren en feedback geven en ontvangen (Korthagen & Vasalos, 2005).

Dat ontwerpen een belangrijke rol speelt in de natuurkunde en een belangrijke rol kan spelen binnen het onderwijs is niet onopgemerkt gebleven. In de in 2004 geformuleerde kerndoelen voor de onderbouw krijgt ontwerpen al een belangrijke plaats en dit is in 2021 nog steeds het geval (Kortland et al., 2017; "SLO - Leerplan in Beeld," n.d.). In 2014 bij de invoering van het NiNa (Nieuwe Natuurkunde) programma heeft ontwerpen een eigen domein gekregen. Zowel voor vwo als voor havo domein I, met de omschrijving: *"De praktische activiteiten van leerlingen, waaronder experimenteren, modelleren en een ontwerp maken, zijn geïntegreerd met kennisdomeinen zoals hierboven omschreven."* (Commissie Vernieuwing Natuurkundeonderwijs havo/vwo, 2010). Aangezien het NiNa programma erop gericht is om een betere aansluiting met de beroepspraktijk en vervolgoopleidingen te creëren is deze koppeling met ontwerpen een logische beslissing.

Ontwerpen is een relatief nieuw onderdeel binnen het vak natuurkunde, waardoor veel van de huidige natuurkunde docenten niet opgeleid zijn om dit te geven. Daarnaast is ontwerpen maar een klein onderdeel in veel docentenopleidingen en hebben veel natuurkunde docenten vanuit eerdere achtergrond geen ervaring met ontwerpen. Dit kan in eerste instantie problemen opleveren voor de docent omdat ontwerpen anders wordt gegeven en beoordeeld dan de reguliere natuurkunde lessen. Waar de uitkomst bij een standaard natuurkunde proefwerk vaststaat is dit niet het geval bij een ontwerpopdracht. Uitkomsten en correctiemodellen maken plaats voor rubrics en voor het gevoel van de natuurkunde docent: subjectiviteit. Om ontwerpen en natuurkunde bij elkaar te brengen wordt er gekeken naar het combineren van ontwerpen en een keuze module.

Binnen dit onderzoek voor onderwijs wordt er een module ontworpen en getest om ontwerpen en biofysica te combineren. Verder wordt er gekeken naar de hulpmiddelen die natuurkunde docenten nodig hebben om ontwerpen goed te kunnen doceren.

1.1 Doel van het ontwerp

Binnen het ontwerp wordt er een nieuwe module ontwikkeld voor de combinatie van ontwerpen en biofysica. Er wordt gekeken naar de aspecten die nodig zijn om ontwerpen aan te bieden als natuurkunde docent. Deze onderdelen worden verwerkt en getest in de module. Verder komen de volgende deelvragen naar voren:

- Welke ontwerptechnieken kunnen het beste worden gebruikt door een docent natuurkunde?
- Welke hulpmiddelen zijn er nodig voor een docent natuurkunde om ontwerpen te kunnen doceren?
- Wat is het verschil in de resultaten van de leerlingen tussen een docent natuurkunde met ontwerp ervaring en een docent natuurkunde zonder ontwerp ervaring?

Tijdens de evaluatie van het ontwikkelde lesmateriaal zal er aandacht worden besteed aan het leren en begrijpen van het ontwerpen. Niet alleen voor de leerlingen maar voornamelijk voor de docenten. Welke technieken aanslaan en gebruikt kunnen worden en wat een natuurkunde docent nodig heeft om ontwerpen op niveau te doceren.

2 Onderzoeksmethode: de module in de praktijk

Het volgende hoofdstuk geeft de werkwijze weer van dit onderzoek. Hierin wordt de werkmethode besproken die gebruikt is om de module en de methode van onderzoek te ontwikkelen.

2.1 Werkmethode ontwikkeling module

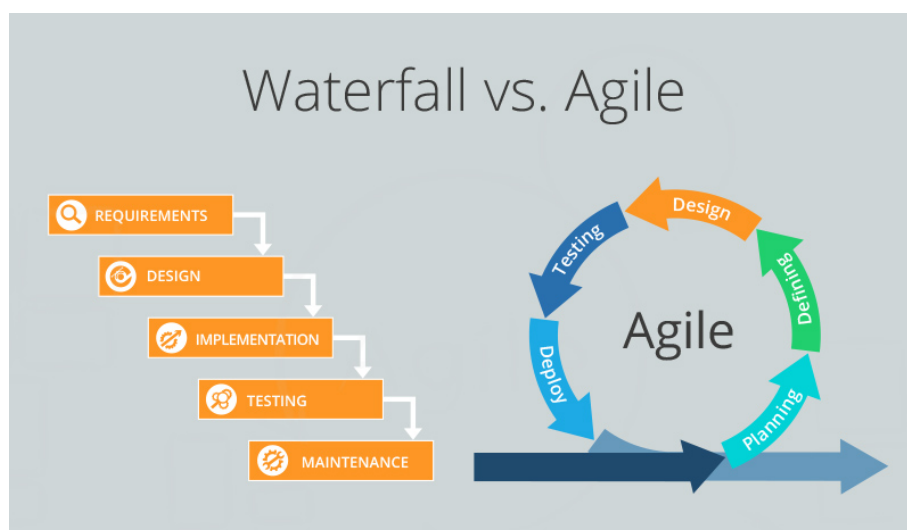
De module wordt ontwikkeld volgens de watervalmethode. In deze methode worden de verschillende stappen van de ontwerpcyclus stap voor stap doorlopen ("Agile vs. Waterfall | Software Development Methodologies," n.d.; Van Casteren, 2017). Op het moment dat de volgende stap wordt gezet in het proces wordt er niet meer teruggegaan naar een eerder stadium. De onderdelen van de ontwerpcyclus zijn te zien in Figuur 1 ("Moving From Waterfall To Agile With Kanban," n.d.).

Deze methode staat tegenover agile werken waarbij bewegingsvrijheid centraal staat. In de agile ontwerpmethode wordt er iteratief ontworpen in kortere periodes, gewoonlijk twee weken. De bekendste variant van agile werken is de SCRUM methode, deze methode heeft een aantal vastgestelde procedures en regels (GUIDE, n.d.; Rubin, 2012).

Voor het werken via de watervalmethode is gekozen omdat de module hoofdzakelijk door één persoon wordt opgezet. Communicatie met de begeleiders staat echter wel centraal, daarom zijn er "key moments" uitgekozen voor terugkoppeling en feedback. Ondanks dat er wordt gewerkt volgens de watervalmethode wordt er wel een cyclisch proces aangehouden.

Voor het ontwikkelen van de module wordt er gestart met een vooronderzoek. Hierbij wordt gekeken naar de ontwerp didactiek, problemen binnen ontwerp didactiek en bestaand materiaal. Na het vooronderzoek zal een module worden ontwikkeld voor ontwerpen in combinatie met biofysica. Deze ontwikkeling vindt plaats in twee cycli, waarbij eerst het onderdeel ontwerpen binnen de natuurkunde wordt getest in de klas en daarna de opgedane ervaringen worden verwerkt en het onderdeel biofysica wordt toegevoegd. De module wordt eerst getest in twee 6 vwo klassen, in vijf lessen per klas. Na iedere les zal er een evaluatie plaatsvinden met een ervaren natuurkunde docent. Aan de hand van deze evaluatie zal de module verbeterd worden. De verbeterde module wordt daarna aangeboden in twee 5 vwo klassen door twee verschillende docenten.

Afsluitend zullen twee ervaren docenten geïnterviewd worden voor het geven van verdere aanbevelingen.



Figuur 1 Verschil tussen waterval en agile werken ("Moving From Waterfall To Agile With Kanban," n.d.)

2.2 Methode testen module

Om een vergelijking te kunnen maken tussen docenten met en zonder ontwerpervaring worden de ontwerplessen uitgevoerd in twee klassen. In één van de klassen zullen de lessen gegeven worden door een docent met ontwerp ervaring, in de andere klas zullen ze gegeven worden door een docent die in zijn opleiding géén ervaring heeft gehad met ontwerpen. De docent met ontwerpervaring is tevens ook de researcher. Om ervoor te zorgen dat dit de beoordeling van deze lessen zo min mogelijk beïnvloedt zal een ervaren natuurkunde docent deze lessen observeren.

Na het uitvoeren van de ontwikkelde module worden de resultaten van beide klassen vergeleken met betrekking tot de gedane observaties en omstandigheden tijdens de les. Ook worden de ervaringen van de docenten vergeleken volgens een semigestructureerd vraaggesprek. Hierin zullen de docenten aangeven welke leerdoelen er beter zijn behaald in vergelijking met andere ontwerpmodules en wat het verschil in het algemeen was. Alle resultaten zullen geanonimiseerd worden weergegeven en zijn niet terug te leiden naar leerlingen of groepjes leerlingen. Verder zijn de leerlingen pas na de becijfering van de geleverde verslagen toestemming gevraagd voor het gebruik van de geleverde producten. Dit is gedaan om bias te voorkomen. De interview methodes zijn beoordeeld en goedgekeurd door het BMS Ethics Committee.

2.3 Interviews experts

In het vooronderzoek voor de module ontwikkeling worden ongestructureerde gesprekken gehouden met de expert docenten om vast te stellen wat er nodig is voor het geven van het onderdeel ontwerpen. De uitkomsten van deze gesprekken worden mede gebruikt om de ontwerp technieken die in de module worden gebruikt te bepalen. Na het uitvoeren van de module worden de docenten nogmaals geïnterviewd volgens een opgesteld interview.

De opgestelde interviews zijn semigestructureerd (DiCicco-Bloom & Crabtree, 2006). In de interviews is een algemene opzet gemaakt over welke vragen er gesteld kunnen worden en welke route bewandeld kan worden binnen het interview. Tijdens het interview is het echter mogelijk om van deze route af te wijken om een beter gesprek te ontwikkelen. Binnen de interviews is er wel getracht om op alle vooraf opgestelde vragen antwoord te krijgen, zodat er een volledige analyse gemaakt kan worden van de antwoorden van de twee docenten.

De route binnen het interview start met het schetsen van het achtergrondkader van de docent: zijn/haar opleidingsachtergrond en ontwerpervaring. Daarna wordt er gekeken naar de geteste module, ervaringen en mogelijke verbeteringen. De interviewroute is te vinden in de Appendix: Interviewvragen.

De interviews zijn, met toestemming van de respondenten, opgenomen met geluid. Hierna is een transcriptie gemaakt van de opnames, waarna de opnames zijn verwijderd. De fragmenten en transcripties zijn anoniem verwerkt en worden gelabeld met docent A en docent B. Aangezien de achtergrond van de docenten terug zou kunnen leiden naar de docent worden deze los van de overige interviewvragen behandeld. De gegeven antwoorden zijn vervolgens gekoppeld aan de verschillende onderdelen van de interviewroute. Hierna is er een analyse gemaakt van de interviews om antwoord te kunnen geven op de gestelde deelvragen. De transcripties van de interviews zijn te vinden in de Appendix: Interviewvragen.

3 Ontwikkeling module: Analyse

Binnen dit hoofdstuk wordt gekeken naar de bestaande ontwerp modules in het middelbaar en hoger onderwijs en de vraag vanuit de natuurkunde docenten. Verder wordt de algemene strategie en opzet voor het ontwerp van de module uitgezet, met het proces dat tot de uiteindelijke keuzes heeft geleid.

3.1 Analyse vooronderzoek

De geïnterviewde docenten gaven aan dat ze geen ontwerpervaring vanuit de opleiding hebben. Beiden zijn begonnen met het geven van ontwerpen bij het vak NLT en hebben hiervoor de module “Technisch ontwerpen in de biomedische technologie” gebruikt (van der Vlugt, Beindorff, & Sonneveld, 2017). Daarnaast is er door de docenten gekeken naar de aangeleverde stof vanuit de methode “Overall Natuurkunde” om ontwerpen bij de leerlingen aan te bieden. Om de module aan te laten sluiten op de voorkennis van de docenten is er ook gekeken naar deze stof en naar de didactiek aangedragen in het Handboek natuurkunde didactiek (Kortland et al., 2017). Verder is er gebruikgemaakt van de persoonlijke ervaringen van ontwerpen in combinatie met biofysica, de module “Integrative design of Biomedical products” (Verkerke, G.J.; Hekman, 2017) en technieken vanuit de TRIZ methode (Souchkov, 2013). Als laatste is er gekeken naar de ontwerptechnieken die worden aangeraden voor het gebruik binnen de medische wereld (Van’t Veer, Wouters, Veeger, & van der Lugt, 2020).

De aanvullende onderzochte methodes zijn erop gericht om een verdieping op het ontwerponderwijs te bieden, waarbij de technieken systematisch kunnen worden toegepast. Hier is voor gekozen zodat de leerlingen en docenten zonder voorkennis de stappen kunnen doorlopen. Mede om deze reden speelt de TRIZ methode een grote rol.

TRIZ is een methode die ontwikkeld is door Genrich Altshuller als probleemoplossend hulpmiddel. De ontwikkeling heeft plaatsgevonden door honderdduizenden ontwerpen en ontwikkelingen te vergelijken en te kijken naar de technieken gebruikt om problemen op te lossen. TRIZ omvat een praktische methodologie, toolsets, een kennisbank en op modellen gebaseerde technologie voor het genereren van innovatieve oplossingen voor probleemoplossing (Souchkov, 2013). Daarom worden TRIZ technieken gebruikt als aanvulling in de methode en de gebruikte tools en technieken.

Naast het aanleren van verschillende ontwerptechnieken wordt er meer holistisch gekeken naar het werken van een ontwerpteam. Uit de interviews met de docenten kwam namelijk naar voren dat de werking van het team geen onderdeel was van de leerdoelen in de eerder gegeven ontwerpmodules. Ook in de NLT en Overall Natuurkunde aangeleverde modules wordt hier niet specifiek naar gekeken. Wel werd er door de docenten aangegeven dat de hogere orde vaardigheden een remmende werking hebben op de geleverde prestaties. Specifiek werden time management, creatief vermogen en samenwerking aangedragen als struikelblokken.

De doelstellingen voor het samenwerkend leren zijn gebaseerd op de vijf sleutelbegrippen van Ebbens & Ettekoven, (2013): positieve wederzijdse afhankelijkheid, individuele aanspreekbaarheid, directe interactie, sociale vaardigheden en evaluatie en bijstelling van groepsprocessen. Door het creëren van een klimaat waarin de genoemde sleutelbegrippen gerealiseerd kunnen worden, krijgen de leerlingen de mogelijkheid om de verder gestelde leerdoelen te behalen. Het is dus zaak om, onder andere, het leerdoel over samenwerken te behalen, dat deze vijf kernbegrippen in de lesmodule worden verwerkt. In het boek Wijze lessen (Surma et al., 2019) wordt genoemd dat het belangrijk is om een werkvorm van samenwerkend leren goed doordacht in te zetten, aangezien het voor kan komen dat, ondanks dat een groep het gewenste resultaat levert, leerlingen individueel niet goed presteren. Ook hier worden enkele voorwaarden genoemd voor het succesvol kunnen uitvoeren van een werkvorm in

samenwerkend leren: houd de 'kosten' voor de samenwerking laag, zorg dat de opdracht complex genoeg is, benadruk samenwerking binnen één groep en focus op beheersing van de stof vergroot de motivatie. Deze punten zijn erop gericht dat leerlingen moeten inzien dat het samenwerken meerwaarde heeft. Dit kan het best door de focus van het samenwerken te leggen op het leren en het beheersen van de stof. Hierbij is er één cruciaal punt dat meegenomen moet worden binnen de samenwerking van leerlingen: ga er niet vanuit dat leerlingen spontaan kunnen samenwerken. (Kortland et al., 2017)

De leerlingen op de onderzoeksschool hebben weinig tot geen ervaring met het samenwerken binnen projectgroepen. Zelfs niet in de vwo 5 en 6 klassen. Verder hebben de leerlingen weinig ervaring met het opstellen van een wetenschappelijk verslag. De docenten gaven aan dat dit ook terug te zien is in de verslagen die voor de profielwerkstukken worden ingeleverd. De ontwikkelde module is dus ook een mogelijkheid om de leerlingen alvast voor te bereiden op het schrijven van een verslag. Door de leerlingen een voorbeeld van het verslag te geven, kunnen ze beter de verschillende onderdelen en technieken in context zien, waardoor er een beter begrip ontwikkeld kan worden.

Zoals eerder aangegeven helpt het combineren van contexten en concepten de leerlingen in het ontwikkelen van technische kennis. In deze situatie is ervoor gekozen om het ontwerpen te combineren met biofysica. De biofysica zorgt hierbij voor de verbindende context binnen het concept ontwerpen (Bruning & Michels, 2013). De combinatie van deze twee onderdelen heeft meerdere redenen. Ten eerste kan vanuit het onderwerp biofysica een groot scala van concepten aangesproken worden. Kijkend naar de mechaniek van bewegingen komt er klassieke mechanica aan bod, bij het gehoor en spraak horen trillingen, druk kan worden onderzocht in de context van bloedvaten en licht en lezen komen aan bod bij zicht. Door dit brede scala aan opties kan de docent de opdracht aanpassen en eventueel een nieuw pad inslaan. De bepaling van de nieuwe context kan gedaan worden volgens het implementatieschema, genoemd in Sanders, Pieters, Schalk, Carelsen, & Kortland, (2016). Ten tweede heeft een groot gedeelte van de leerlingen een affiniteit met biofysica. Dit is tweeledig: de leerlingen kennen vaak iemand met een ziekte of handicap en; een groot gedeelte van de leerlingen wil een vervolgopleiding volgen in de medische wereld. Aan het begin van de lessen is dit zowel in de 5 als 6 vwo klassen gevraagd. Iedereen kende iemand met een ziekte of handicap en ongeveer 70% van de leerlingen wil iets gaan doen in de medische wereld. Door de context aan te laten sluiten op de beleefwereld van de leerlingen worden ze gestimuleerd in het leren.

Uit de geanalyseerde doelen en technieken zijn een aantal leerdoelen en technieken gekozen die de basis van de module vormen. In Crismond & Adams, (2012) worden leerdoelen en technieken omschreven die de leerling helpt bij de ontwikkeling tot ontwerper. De leerling leert voornamelijk uit ervaring en het gebruik van technieken (de Kleijn & Stichting Technasium, 2013). Hierbij is het van belang dat het gebruik van de technieken samen gaat met een goed geformuleerde opdracht en deelopdrachten. De hierbij horende leerdoelen, technieken en de opdracht worden in het volgende hoofdstuk besproken.

3.2 Doelgroep

De ontwerpmodule zal een half blok, 4 a 5 keer 90 minuten, in beslag nemen. Hierbij blijft er ruimte over binnen de overige tijd van het blok voor verdieping binnen het aanvullende onderwerp, in dit geval biofysica. De module is gericht op bovenbouw vwo leerlingen, maar kan ook worden aangeboden aan bovenbouw havo. Uit de verkenningsfase gaven de docenten aan dat het belangrijk is dat de module meer diepgang biedt dan de gebruikte modules en goed aansluit aan het niveau, zowel voor leerlingen die reeds ontwerpen hebben gehad bij NLT als leerlingen zonder ervaring.

3.3 Programma van Eisen

Voor de module zijn een aantal basiseisen opgesteld waar deze aan moet voldoen. De eisen zijn opgesplitst in eisen voor de uitvoering, de leerdoelen voor de leerlingen en de didactiek. De uitvoeringseisen hebben betrekking op de uitvoering en logistiek van de module. De eisen voor de leerdoelen hebben betrekking op de minimale leerdoelen die de leerling moet hebben behaald om binnen de module te slagen. Als laatste zijn er een aantal eisen gesteld aan de didactiek. Hierbij worden eisen gesteld voor de bepaalde werkvormen en doceervormen. De eisen zijn te zien in Tabel 1: Programma van Eisen.

Tabel 1: Programma van Eisen

NR.	EIS	RICHTLIJN	NOTITIES
1. UITVOERING			
1.1.	De module is geschikt voor bovenbouw vwo.	Binnen de pilot zal bij de docenten en leerlingen die het project volgen worden gepeild of het niveau goed is. Hierbij moeten beide docenten het niveau goed vinden, anders wordt dit aangepast in het herontwerp.	De docenten worden aan de hand van een interview gevraagd naar de bevindingen omtrent het niveau. Tijdens de lessen zal dit ook aan de leerlingen gevraagd worden. Bij de leerlingen wordt dit als een leidraad gebruikt.
1.2.	De tijdsinvulling van de module moet te combineren zijn met een keuzeonderwerp.	De lesuren zijn 45 minuten en de leerlingen hebben twee uur per week. De ingerichte ontwerplessen bestrijken een halve module.	De lesstof moet opzet zijn voor de aangegeven tijd.
1.3.	De inhoud van het ontwerpen moet te combineren zijn met een keuzeonderwerp.	Hiervoor wordt biofysica gebruikt.	
1.4.	Het project moet geschikt zijn voor aanpassingen.	De ontwerplessen moeten te combineren zijn met alle natuurkunde modules.	Mocht het mogelijk zijn om de module ook buiten natuurkunde bij bijvoorbeeld NLT aan te bieden dan is dat een pré.
1.5.	De docent moet niet te lange voorbereidingstijd hebben.	De extra tijd voor de module mag 75% zijn. Voor docenten die de module voor het eerst geven mag dit 100% zijn.	
2. LEERDOELEN			
2.1.	De leerlingen leren technieken voor alle onderdelen van de ontwerpcyclus.	Voor de volgende fases van de ontwerpcyclus krijgen de leerlingen minimaal één techniek geleerd: de analyse, conceptgeneratie,	De fases zijn afgeleid van de ontwerpcyclus die op dit moment wordt gebruikt.

		detailonderwerp, prototyping, testen en de evaluatie.	
2.2.	De hogere orde vaardigheden worden gestimuleerd en gebruikt.	Binnen de module moeten de leerlingen in projectgroepen werken, leren evalueren en plannen.	Hierbij moeten de docenten handvaten krijgen om de vaardigheden te helpen ontwikkelen.
2.3.	De module moet voldoen aan de gestelde exameneisen.	De module wordt als SE aangeboden volgens de eisen.	
2.4.	De technieken die de leerlingen leren moeten meer diepgang bieden dan de reeds gebruikte technieken.	In het interview met de docenten wordt gevraagd om de diepgang van de stof te vergelijken.	Deze beoordeling door de docenten is redelijk subjectief maar zal onafhankelijk van elkaar worden gemaakt.
3. DIDACTIEK			
3.1.	De geleerde technieken moeten voor de leerlingen geschikt zijn om toe te passen los van domeinkennis.	De toepassing van de ontwerptechnieken moet niet gelimiteerd worden door een gebrek in domeinkennis.	Hierbij mag worden aangenomen dat de leerlingen de kennis behorende bij het niveau en de gevolgde modules in de basis kennen.
3.2.	Het eigenaarschap van de leerlingen moet worden bevorderd.	De input voor het project moet vanuit de leerling geleverd worden. Dit betekent dat dit niet afhangt van gegeven opdrachten.	De docent kan wel met feedback en sturing de leerlingen op weg zetten, maar zal niet precies aangeven wat de leerlingen moeten verwerken.
3.2.	De leerlingen werken in groepsverband.	De groepsgrootte is niet meer dan 5 leerlingen.	
3.3.	De didactiek en het geleerde moet aansluiten aan het werkveld en de vervolgopleidingen.	Bij de keuze van de aangeleerde technieken worden er alleen technieken gebruikt die in de praktijk worden ingezet.	Dit is een wens.

3.4 Doel en demarcatie van de module

Voor het ontwikkelen van de module en het onderzoek zijn er een aantal onderdelen die moeten worden afgerond. Hierop zijn de deliverables afgestemd. De volgende deliverables zullen worden aangehouden:

- Module ontwikkeling met onderbouwing
- Uitgewerkte reader voor de module
- Docentenhandleiding
- Lessenoverzicht en planning
- Begeleidende PowerPoint presentaties
- Pilot van de module in 6 en 5 vwo
- Evaluatie van de module en de pilot
- Herontwerp met aanbevelingen voor de module

Alle onderdelen die tot deze deliverables leiden zijn onderdeel van de documentatie.

4 Conceptvorming module: Keuze technieken

In het volgende hoofdstuk worden er wel aanvullende en verdiepende technieken gekozen voor de ontwikkeling van de module. Bij iedere techniek worden de omschrijving en docentenvoorbeelden gegeven die de docent apart in de docentenhandleiding aangereikt krijgt.

Alle ontwerpmethodes worden gebaseerd op een cyclische verbetering van het product (Van't Veer et al., 2020). In deze zogeheten ontwerpcyclus komen vaak overeenkomstige stappen aan bod om het verbeteringsproces te begeleiden (Van Boeijen, Daalhuizen, van der Schoor, & Zijlstra, 2014). Om dicht bij de natuurkunde methode gebruikt op de onderzoeksschool te blijven (*Overal Natuurkunde: bovenbouw [5e editie]*, 2019) wordt dezelfde ontwerpcyclus aangehouden, Figuur 2. Let hierbij op stappen 5 en 6 waar gesproken wordt over een prototype. Hier kan de misvatting bij ontstaan dat dit een fysiek product moet zijn om de cyclus te doorlopen. Dit is ook een misverstand dat bij de docenten speelt. Het prototype kan uiteenlopen van een eerste sample tot een model, zowel fysiek als op papier.



Figuur 2 De ontwerpcyclus zoals omschreven in (Overal Natuurkunde: bovenbouw [5e editie], 2019)

Om te bepalen welke technieken geschikt zijn voor de klas wordt er eerst een overzichtstabel gemaakt met mogelijke technieken. Deze zijn ingedeeld op de onderdelen van de ontwerpcyclus. Bij ieder onderdeel van de ontwerpcyclus wordt een techniek gekozen die de leerlingen kunnen gebruiken. Verder zijn er ook een aantal technieken aan de docenten aangereikt om de hogere orde leerdoelen te behalen. De overzichtstabel en gekozen technieken worden in de volgende paragrafen besproken.

4.1 Overzicht technieken per onderdeel ontwerpcyclus

In Tabel 2 is een ideeëntabel weergegeven met verschillende technieken die gebruikt kunnen worden in bepaalde fases van de ontwerpcyclus. Het kan zijn dat technieken ook bekend staan onder andere namen. Niet alle technieken zullen verder worden besproken, alleen de geselecteerde technieken worden toegelicht. Vanuit de onderstaande technieken zullen de technieken gekozen worden die worden gebruikt in de module.

Tabel 2 Mogelijke technieken per onderdeel ontwerpcyclus

Analyse	Concept generatie	Detail onderwerp	Prototyping	Testen	Evaluatie
Case-based reasoning	Deel oplossingen / concepten	Ontwerp voorstel	Lo-fi prototyping	Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)	STARR methode (situatie, taak, actie, reflectie, review)
Root cause analysis	Morfologisch schema	Berekeningen	Modellen	Risicoanalyse	Trial en error
Root conflict analysis	Ideeëntabel	Technische tekening	Situatie schets	Testprotocol	Daily standup
Programma van eisen	Serious play	Technische schets	Serious game	Trial en error	Iteratief
Userstories	Context mapping	Service blueprint	Full Build	Serious play	Review
Stakeholder analyse	Speculative design	Iteratief	Tekening	Empathy map	Reflecteren
Contextual interviewing	Affinity mapping			Sabotage sessie	Feedback
Fly on the wall	Decision matrix			Small casestudy	Clearing techniek
System mapping	Pugh matrix			Desktop walkthrough	Thematic analysis
Photo elicitation	Brainwriting / brainstorm			Value flow mapping	Futures Wheel
Cultural probe	SCAMPER (Substitute, Combine, Adapt, Modify, Put to other uses, Eliminate, Rearrange)				
Serious play	Het leven is een feest				
Persona / situatie beschrijving	Narrowing down				
	Forced fit				
	Futures Wheel				

De bovenstaande technieken zijn een greep uit alle bestaande technieken en methodes voor ontwerpen. De keuzes voor het gebruik van bepaalde technieken worden hier per techniek besproken, waarbij eerst de technieken die helpen bij het behalen van de hogere orde leerdoelen worden behandeld. In het hoofdstuk “Detaillering module: Aanpassing technieken voor onderwijs”

wordt bij iedere techniek de omschrijving en docentenvoorbeelden gegeven die de implementatie van de technieken binnen het onderwijs detailleert. De docent zal deze detaillering ook in de docentenhandleiding aangereikt krijgen.

De technieken zijn gekozen op basis van de volgende criteria: inzetbaar, vertaalbaar naar het onderwijs, systematisch, dekking en praktisch. Een belangrijk onderdeel van de techniekkeuze is de inzetbaarheid. Zoals genoemd in het programma van eisen moeten de technieken losstaan van de domeinkennis en in meerdere situaties toepasbaar zijn. Het criterium vertaalbaar omschrijft of de techniek makkelijk in de klas ingezet kan worden. Voor sommige technieken is er bijvoorbeeld een grote groep proefpersonen nodig, dit is dan minder geschikt om in de klas te doen. Systematisch houdt in dat de leerlingen een vast stappenplan kunnen volgen dat in “alle” situaties werkt. Dit is erg belangrijk omdat de leerlingen nog geen tot weinig ontwerpervaring hebben, waardoor ze geen beslissing kunnen maken voor het gebruik van bepaalde technieken. Ook kunnen de leerlingen daardoor geen technieken gebruiken die ervaring en inzicht vergen. Met de dekking wordt bedoeld of de techniek het beoogde doel behaalt of dat het moet worden gecombineerd met andere technieken om het doel te behalen. Het laatste criterium, praktisch, kijkt of de techniek aansluit bij het gebruik in de praktijk.

4.2 Evaluatie

Evalueren in de klas heeft het doel formatief te toetsen waar de leerlingen staan en om de leerlingen te ondersteunen in hun proces. Dit heeft als doel om de samenwerking binnen de groepjes te bevorderen, maar ook om het timemanagement te optimaliseren. Het gebruik van evaluaties en reflecties wordt ook sterk aangeraden in het Handboek natuurkundendidactiek (Kortland et al., 2017). Omdat de samenwerking iedere les gemonitord wordt, kan de docent hierop inspelen. De leerlingen krijgen gaandeweg meer inzicht in hun werk en functioneren en zullen later de evaluatie ook als feedback en reflectie kunnen gebruiken. (Korthagen & Vasalos, 2005; Weinberg, Hashimoto, & Fleisher, 2009)

De evaluatie wordt in eerste instantie niet alleen op het geleverde werk maar ook op de groepsdynamiek gericht, om de leerlingen tips mee te geven om beter samen te werken. Zoals eerder aangegeven kan er niet vanuit worden gegaan dat leerlingen uit zichzelf kunnen samenwerken. Om ervoor te zorgen dat de leerlingen de stof goed kunnen toepassen moet de samenwerking dan ook een zo klein mogelijke drempel zijn. (Ebbens & Ettekoven, 2013) De vragen voor de evaluatie zijn gebaseerd op de reflectie, review en standup binnen de Scrum methodiek, waarbij de volgende vragen centraal staan:

- Wat ging er moeilijk?
- Wat ging er makkelijk?
- En stel een vraag naar het gemaakte werk.

Deze vragen komen overeen met de onderwerpen die ook binnen de agile werkmethode worden behandelend aan het begin van iedere werkdag. (Van Casteren, 2017) Er zal waarschijnlijk één leerling van de groep antwoorden. Mocht er tijd voor zijn kan dit gebruikt worden om verder op de groepsdynamiek in te gaan. Het is voor de docent belangrijk om de antwoorden beknopt te houden en de onderdelen die ook belangrijk zijn voor de klas samen te vatten. Ook moet er naar de “waarom” achter de antwoorden doorgevraagd worden. In het hoofdstuk “Detaillering module: Aanpassing technieken voor onderwijs” is een klassenvoorbeeld van een evaluatie gegeven en wordt er besproken hoe de evaluatie in de klas kan worden toegepast.

4.3 Analyse technieken

Binnen de onderzochte methodes wordt vaak een relatief oppervlakkige analyse uitgevoerd van het ontwerpprobleem en wordt er snel gericht op het bedenken van verschillende oplossingen. In de praktijk wordt er echter ook duidelijk in kaart gebracht wat de achtergrond van het probleem is. Binnen de watervalmethode om daarna het project van deze fundering op te bouwen en binnen de Agile methode om een duidelijk beeld te krijgen van alle stakeholders en onderdelen. Hiervoor zijn een aantal technieken die helpen om gestructureerd een analyse uit te werken. Deze technieken worden algemeen binnen verschillende werkmethodes gebruikt, maar de specifieke invulling die in deze instantie wordt aangehouden komt vanuit de TRIZ methode.

4.3.1 Root Cause Analysis & Root Conflict Analysis

De analyse heeft een groot scala aan verschillende aspecten, daarom worden er meerdere technieken gekozen om een volledige analyse uit te kunnen voeren. De eerste technieken helpen bij het in kaart brengen van het probleem. Hiervoor wordt een Root Cause Analysis (RCA) en een Root Conflict Analysis (RCA+) gebruikt. (Souchkov, 2013)

De Root Cause Analysis (RCA) wordt gebruikt om een beter algemeen inzicht te krijgen in het totale probleem, meestal bij het verbeteren van een product. De RCA-techniek is populair om "verborgen" oorzaken van het probleem te vinden. (Souchkov, 2013) Als een aantal oorzaken worden gevonden kunnen deze in het ontwerp worden weggelaten en waardoor het product verbeterd.

Een Root Conflict Analysis (RCA+) wordt meestal gebruikt om een specifiek probleem voor een specifiek product, systeem of dienst op te lossen. Het belangrijkste doel van de RCA+ is om te identificeren welke objecten, kenmerken, fysieke parameters en acties de effectoren zijn. Dus welke onderdelen van je probleem positieve en negatieve gevolgen hebben. (Souchkov, 2013)

Het maken van de RCA(+) kan systematisch gedaan worden en het geeft een omvattend overzicht van het probleem. Om inzicht te krijgen in het opstellen van deze analyses is het goed om samen met de leerlingen een analyse uit te voeren, voorbeelden aan te leveren en feedback te geven op de gemaakte RCA(+). Daarom is het aan te raden om in de bijlagen voorbeelden van de RCA en RCA+ te plaatsen. Het is de bedoeling dat de leerlingen deze als leidraad gebruiken en kunnen lezen. Daarna moeten ze deze kunnen gebruiken om hun programma van eisen op te stellen. Op het moment dat de leerlingen beter bekend zijn met deze technieken kunnen ze deze zelf opstellen. Deze technieken kunnen in meerdere stadia van het ontwerpproces gebruikt worden, wat spreekt voor de inzetbaarheid van de techniek. Een verdere uitleg van deze technieken met een verder uitgewerkt voorbeeld kan worden gevonden in de module reader die is toegevoegd in de Appendix: Reader ontwerpen in de biofysica, de uitwerking voor in de klas kan gevonden worden in het hoofdstuk: Detaillering module: Aanpassing technieken voor onderwijs.

De overige technieken binnen de analyse zijn vaak gebruikt en alom bekend. Hier zal dan ook niet verder op ingegaan worden binnen de documentatie. Voor de leerlingen is de basis wel uitgelegd in de reader die is toegevoegd in de Appendix: Reader ontwerpen in de biofysica. Er worden hier enkele aanpassingen gedaan om iets meer diepgang te waarborgen.

4.3.2 Stakeholderanalyse

In de module wordt bijvoorbeeld meer nadruk gelegd op stakeholders en een stakeholderanalyse. Een stakeholder is iemand die te maken heeft met het ontwerp en hier eigen belang bij heeft. In de stakeholderanalyse worden de volgende aspecten van de stakeholders behandeld: de beschrijvende eigenschappen, de verwachtingen, welke macht de stakeholder heeft en wat de belangen zijn (van Lier, n.d.). Om dit in kaart te brengen is er gebruik gemaakt van userstories als techniek. Een user story

is een korte, eenvoudige beschrijving van een behoefte van de eindgebruiker. Een userstory is geen functionele beschrijving, maar maakt duidelijk wat een eindgebruiker wil, of nodig heeft en ook waarom dat nodig is (Verhelst, n.d.). De userstory houdt de volgende vragen aan:

1. Als een (rol van de stakeholder)
2. Wil ik (doel van de stakeholder)
3. Zodat (waarde toevoeging voor de stakeholder)

*Bijvoorbeeld: “**Als** docent, **wil** ik dat de leerlingen in groepjes samenwerken, **zodat** de leerlingen zich ook op sociaal vlak ontwikkelen.*

Een stakeholderanalyse is gebruikelijk een zeer belangrijk gedeelte van de analyse omdat dit bepaalt of het ontwerp ook daadwerkelijk gerealiseerd wordt. (Van’t Veer et al., 2020) Dit wordt echter in de methodes voor school overgeslagen. De userstory techniek is een makkelijke manier voor de leerlingen om inzicht in de gebruikers en het proces achter een ontwerp te krijgen. Een van de redenen om voor de userstory als techniek te gaan is dat de leerlingen relatief makkelijk vanuit de stakeholder kan kijken. In andere technieken zoals “Persona / situatie beschrijving” moeten de leerlingen veel kennis hebben van het onderwerp en de gebruikers. In andere technieken moeten de leerlingen juist de stakeholders interviewen en de respons mappen, hiervoor is een grote groep mensen nodig die geïnterviewd moeten worden en dit kost tevens veel tijd. Deze technieken zouden de leerlingen wel in bepaalde aspecten goed kunnen onderwijzen en worden vaak in de praktijk gebruikt maar zijn minder inzetbaar, systematisch en vertalen niet goed naar de klas. Daarom is de keuze gemaakt voor het gebruik van userstories en een stakeholdertabel. Vanuit de userstories en de RCA(+) word het programma van eisen (PvE) opgesteld.

4.3.3 Het programma van eisen

Het opstellen van een PvE komt wel terug in de gebruikte methodes. Een belangrijke toevoeging is dat de leerling duidelijk aangeeft hoe wordt gemeten dat de eis is behaald en welke stakeholders er belang bij hebben. Naast eisen kunnen er ook wensen aan de tabel worden toegevoegd. De wensen hebben wel toegevoegde waarde voor het product, maar zijn niet perse noodzakelijk. Door wensen toe te voegen aan het PvE kan een compromis op de wensen worden gemaakt. Dit geeft de leerling meer ruimte en een realistischer beeld van het ontwerpproces. Een voorbeeld kan gevonden worden in de reader die is toegevoegd in de Appendix: Reader ontwerpen in de biofysica.

4.4 Technieken voor het ontwikkelen van een concept ontwerp

De concept fase in het ontwerpen bestaat globaal uit de onderdelen ideeën generatie, concept generatie en conceptkeuze. Per fase is er een techniek gekozen ter ondersteuning van het ontwerpproces.

4.4.1 Ideeën generatie: morfologisch schema

In de reeds gebruikte methodes wordt gebruik gemaakt van een ideeëntabel voor het genereren van concepten waarna de leerlingen op gevoel het beste concept moeten kiezen. Om dit uit te breiden wordt er gebruik gemaakt van een morfologisch schema. (Kortland et al., 2017) Het morfologisch schema is een middel om een probleem op te splitsen in allemaal kleine onderwerpen waar makkelijk een oplossing voor te vinden is. Het grote verschil met een ideeëntabel is dat er ook pictogrammen of plaatjes worden gebruikt om beter aan te geven wat het achterliggende idee is. Dit stimuleert creatief oplossingsvermogen en zorgt ervoor dat leerlingen makkelijker de onderdelen kunnen combineren.

Het samenvoegen van de onderdelen van het morfologisch schema gebeurt iteratief. Bij iteratief ontwerpen ontstaat er steeds een product dat “af” is. Het voordeel is dat het makkelijk is om de leerlingen tussen verschillende stadia feedback te geven. Ook kan het timemanagement beter gecontroleerd worden omdat de docent kan aangeven wanneer het product ver genoeg ontwikkeld is.

4.4.2 Concept generatie

Voor de conceptgeneratie worden meerdere technieken gecombineerd en kunnen de leerlingen een keuze maken uit twee technieken. Hiervoor is gekozen zodat de leerlingen wel afwegingen leren maken binnen de ontwerptechnieken en dat ze op meerdere manieren naar het probleem leren kijken. Allereerst wordt er gebruik gemaakt van de forced fit techniek. De leerlingen moeten een minimaal aantal concepten maken, dit kan worden aangegeven door de docent. Dit forceert de leerlingen om lateraal te denken en niet meteen in een tunnelvisie te belanden. In de praktijk worden de mogelijkheden met de klant of met de stakeholders besproken, in de vertaling naar de klas krijgen de leerlingen feedback vanuit de docent. Daarna krijgen de leerlingen de keuze uit de technieken: het leven is een feest, of narrowing down.

Deze technieken zijn gekozen omdat ze verschillende aspecten van het leren stimuleren. Het leven is een feest stimuleert de creativiteit bij leerlingen en narrowing down het keuze proces. Wanneer de docent een bepaald aspect wil stimuleren kan hij er ook voor kiezen om de leerlingen één van de technieken toe te laten passen.

4.4.3 Concept keuze

Het is heel moeilijk om de concepten die zijn gemaakt objectief te beoordelen. Dat maakt het ook moeilijk om te beslissen welk concept het beste is. Het ene concept is veiliger, het andere goedkoper en weer een andere heeft het grootste gebruiksgemak. In de gebruikte methodes wordt van de leerlingen gevraagd om een concept te kiezen op basis van het onderbuikgevoel met een minimale onderbouwing. Een oplossing voor het kiezen van het beste concept is om gebruik maken van een Pugh-matrix (Cervone, 2009). In de Pugh-matrix wordt elk concept beoordeeld op de belangrijkste criteria vanuit het programma van eisen. Deze criteria worden samen bepaald met het ontwerpteam. De beoordeling wordt steeds systematisch gedaan. Een andere veel gebruikte techniek is de decision matrix. Hierbij worden argumenten voor bepaalde oplossingen beoordeeld. Dit komt redelijk overeen met de Pugh-matrix, echter voor het goed opstellen van de argumenten is er ervaring en domeinkennis nodig. Verder is de beoordeling subjectiever en wordt dit geleid door ervaring. Om deze redenen is er voor de Pugh-matrix gekozen.

4.5 Detaillering, prototyping en testen

Detaillering, prototyping en testen vallen in veel ontwerpmethodes samen en hebben een grote invloed op elkaar. Als een computermodel wordt gemaakt als prototype dan kun je geen fysiek ontwerp testen en wat het prototype kan worden hangt ook erg van het product af. Voor de detaillering komt het onderwerp dat de context geeft aan de ontwerpopdracht sterk naar voren. Door dit los te koppelen van de technieken wordt de inzetbaarheid van de methode vergroot en kan de docent het onderwerp aanpassen en kiezen. Het onderwerp geeft wel context aan het gebruik van de technieken. Met het context onderwerp kunnen de berekeningen worden gemaakt en dit bepaalt de detaillering van het ontwerp. Een kostenanalyse en implementatie procedure worden niet gebruikt omdat hiervoor ervaring en vakkennis vereist is die de leerlingen nog niet hebben. Deze worden wel kort in de module toegelicht zodat leerlingen er al een eerste kennismaking mee hebben.

Om de leerlingen niet te limiteren door de bouw mogelijkheden op school en thuis is ervoor gekozen om de leerlingen een model met berekeningen, schetsen en een situatie schets te laten maken. Dit is vaak in de praktijk de laatste stap van een ontwerpteam, daarna wordt het prototype door een andere afdeling gemaakt en weer een andere afdeling test het ontwerp. Na het testen komen de resultaten bij het ontwerpteam terecht voor aanpassingen. In de module is de keuze gemaakt om voornamelijk te richten op de werkzaamheden van het ontwerpteam. Om de leerlingen kennis te laten maken met de testfase wordt ze gevraagd welke testen ze denken dat er nodig zijn en hoe ze die zouden uitvoeren.

Bij het onderdeel detaillering en testen hoort ook het inschatten van de risico's. Dit wordt gedaan voor het prototyping door het ontwerpteam om op problemen te anticiperen en eventueel al aanpassingen te maken. Daarna worden er nog vaak problemen gevonden tijdens het testen, deze worden door het ontwerpteam meegenomen in een volgende risicoanalyse. Het inschatten van de risico's gebeurt met een Failure Modes and Effects Analysis (FMEA). In deze analyse wordt er per aspect van het ontwerp beoordeeld wat er mis kan gaan, hoe erg het is als het mis gaat en of het waarschijnlijk is dat het mis gaat. Door deze onderdelen te combineren kan er een inschatting gemaakt worden van de risico's. Dit is een systematische en veel gebruikte techniek in de praktijk. Aanvragen die gedaan moeten worden om bepaalde keurmerken te krijgen en testen te mogen uitvoeren vragen vaak om een FMEA. Dit maakt het leren van de techniek erg relevant voor de praktijkkennis van de leerlingen.

De genoemde technieken worden verder beschreven in de Appendix: Reader ontwerpen in de biofysica.

5 Detaillering module: Aanpassing technieken voor het onderwijs

In het volgende hoofdstuk wordt beschreven hoe de gekozen technieken kunnen worden toegepast binnen een onderwijssetting. Hierbij worden voornamelijk de technieken besproken die op dit moment nog niet worden ingezet bij het ontwerponderwijs binnen het vak natuurkunde.

5.1 Evaluatie

Evalueren en reflecteren zijn onderdelen die op het middelbaar onderwijs zelden door leerlingen worden uitgevoerd. Om de leerlingen deze technieken aan te leren worden de eerste lessen gestart met een klassikale evaluatie. Daarna kunnen de leerlingen zelf evalueren als groep. De docent dient wel steeds per groep te vragen naar de doelstellingen om de voortgang te monitoren. Hiermee wordt een positieve spiraal ontwikkeld waarbij de evaluatie, de beslissingen en de gekozen strategieën elkaar ondersteunen (Korthagen & Vasalos, 2005).

Een inleiding op het evalueren kan zijn:

“We gaan nu evalueren. Dit doen we om te leren van het werk dat we voor deze les hebben gedaan, maar het is ook belangrijk om van elkaar te leren. De eerste paar keer evalueren we klassikaal, iedereen is dan stil en luistert naar elkaar. Dit toont een stukje respect voor elkaar, maar je kunt ook van de andere groepjes leren.”

Voorbeeld van een evaluatie:

- **Wat ging er moeilijk?**
 - We liepen vast op de RCA, hier konden we niet de juiste oorzaken vinden.
- **Waarom denken jullie dat jullie daar vastliepen?**
 - We snapten nog niet helemaal wat er werd verwacht bij de RCA.
- **Heeft iemand uit de klas daar een tip voor?** (Heel goed om eerst de klas erbij te betrekken en dan pas zelf een oplossing aan te dragen. Een oplossing hier zou kunnen zijn: lees nog een de reader of kom zo langs voor extra uitleg.)
- **Wat ging er makkelijk?** (dit is een hele belangrijke vraag die vaak overgeslagen wordt. Ook andere groepjes kunnen hier tips uit halen)
 - De samenwerking ging heel goed.
- **Waarom ging dat zo goed bij jullie?**
 - We hebben een team whatsapp aangemaakt en hebben facetime gebruikt tijdens de vergadering.
- **Herhaal dit nog als tip voor de rest van de klas.**

Na kort alle groepjes af te gaan laat je ieder groepje een doelstelling maken voor de volgende keer.

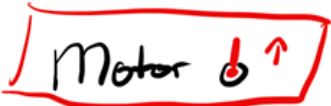
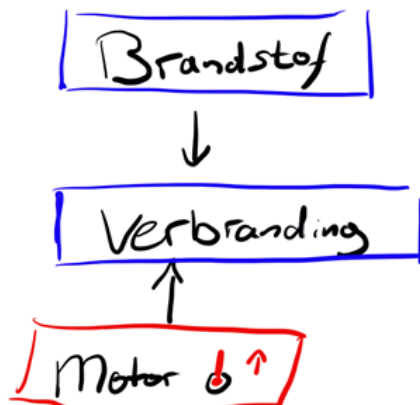
- **Wat zouden jullie anders doen voor de volgende keer?**

Hier komt de docent bij de volgende evaluatie op terug om te kijken deze doelstelling behaald is.

5.2 Analyse technieken

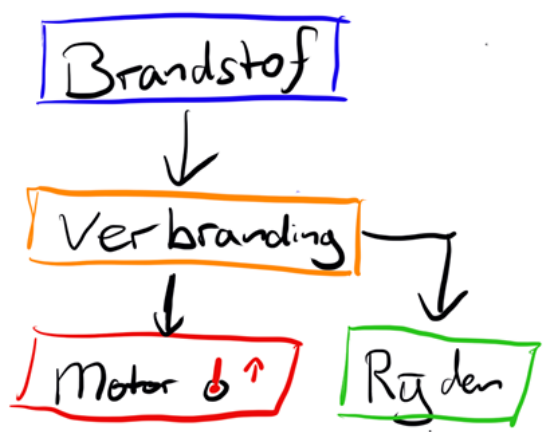
De Root Cause Analysis (RCA) wordt gebruikt om een beter algemeen inzicht te krijgen in het totale probleem, meestal bij het verbeteren van een product. Door in de klas gebruik te maken van het geven van een voorbeeld, daarna het samen maken van een RCA en de leerlingen tot slot zelf aan de slag te laten gaan kunnen de leerlingen deze techniek leren. De techniek en theorie zijn relatief simpel, echter het vergt ervaring om een goede analyse uit te voeren. Door hierbij voorbeelden toe te voegen van een correct eindproduct leren de leerlingen wat er verwacht wordt. In de onderstaande tabel staat een simpele uitleg van deze techniek en de manier waarop deze in de klas aan de leerlingen aangeboden kan worden.

Tabel 3 Voorbeeld Root Cause Analysis

Neem als startpunt het oververhitten van een motor.		
Kijk nu naar de oorzaak waardoor de motor warm wordt		
Geef met de klas aan of dit een negatief, positief of neutraal effect is. Het effect is hier neutraal.		
Hiermee kan er verder terug gegaan worden naar de brandstof met de vraag: Wat zouden we kunnen aanpassen om de oververhitting te voorkomen?		

Binnen het voorbeeld lijkt de makkelijkste oplossing om de verbranding of de brandstof weg te strepen. Dit is echter een cruciaal onderdeel van het rijden van de auto. Om toch een beter overzicht te krijgen wat wel aangepast kan worden wordt een RCA+ gebruikt.

Door de RCA+ als vervolgstap op de RCA te gebruiken kunnen de leerlingen zien wat het verschil is tussen de technieken. Ook zorgt dit ervoor dat de leerlingen niet overspoeld worden door analogieën. Opvolgend op het vorige voorbeeld is dat verbranding van brandstof in een auto ervoor zorgt dat de auto kan rijden, dit is een positief effect. Verbranding van brandstof zorgt er ook voor dat de motor warm wordt en oververhit kan raken, dit is een negatief effect. De RCA+ van het voorbeeld zou er dan uitzien als in Figuur 3.



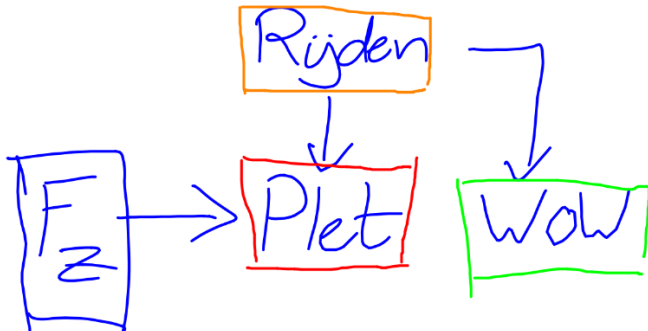
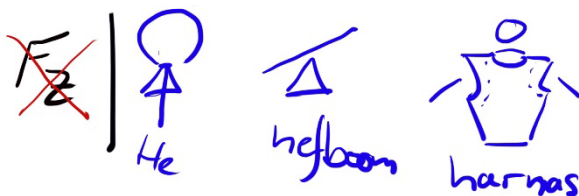
Figuur 3 Root Conflict Analysis

Later in de ontwerpcyclus kan er gekeken worden hoe het positieve effect behouden wordt (de auto gaat rijden) en het negatieve effect verwijderd wordt (de motor raakt oververhit). Bij de auto hebben de ontwerpers ervoor gekozen om een koelsysteem in te bouwen om de motor op de juiste temperatuur te houden. Ze hadden er ook voor kunnen kiezen om de motor te verwijderen en een zeil en de wind te gebruiken. Echter zouden er dan weer andere problemen opspelen. Door de effectoren in kaart te brengen kunnen deze keuzes makkelijker en beter gemaakt worden.

5.3 Technieken voor het ontwikkelen van een concept ontwerp

Het filmpje van de “Truck truc” kan goed gebruikt worden om het morfologisch schema aan te leren bij de leerlingen in combinatie met de verschillende technieken die de leerlingen tot nu toe hebben geleerd. Dit filmpje (<https://www.youtube.com/watch?v=39JHf0wozJs>) laat twee goochelaars zien, Penn en Teller, die een truc uitvoeren waarbij een vrachtwagen over één van de twee goochelaars heen rijdt. In het filmpje worden meerdere opties genoemd hoe de truc uitgevoerd kan worden. Door met de leerlingen de geleerde technieken af te gaan kan achterhaald worden hoe de truc gedaan is. Eerst wordt er een user case voor de goochelaars gemaakt, dan een RCA+ en daaruit een morfologisch schema. Een voorbeeld hoe dit in de klas kan worden aangedragen is te zien in de onderstaande tabel.

Tabel 4 Voorbeeld gebruik Truck Truc

Techniek	Voorbeeld
Userstory	- Als een goochelaar. Wil ik het publiek laten denken dat ik natuurkundige wetten kan overtreden. Zodat ze versteld staan. - Als een verzekeraar. Wil ik dat mijn klant een veilige truc uitvoert. Zodat ik geen geld hoeft uit te keren.
RCA+	 We gaan met een truck over iemand heenrijden, gevolgen: persoon wordt geplet en er is een wow effect voor de toeschouwers. Oorzaak van het pletten is de zwaartekracht. -> negatief effect wegnemen en positief effect houden. -> zwaartekracht opheffen.
Morfologisch schema	Vervolg opdracht: alle leerlingen schrijven 5 ideeën op hoe de zwaartekracht opgeheven kan worden. Enkele leerlingen worden uitgekozen om de ideeën te delen. De docent maakt hier pictogrammen van op het bord. Het maken van de pictogrammen is een belangrijk onderdeel om de leerlingen het juiste voorbeeld te geven. Voorbeelden van oplossingen zijn: 

Om het timemanagement en het geven van feedback makkelijker te maken wordt er gebruik gemaakt van iteratief ontwerpen. Voor veel leerlingen is dit een onbekende manier van werken, de leerlingen maken namelijk meestal een verslag en leveren dit aan het eind van het blok in. Bij iteratief ontwerpen ontstaat echter steeds een product dat “af” is en dat tussendoor gecontroleerd en aangepast kan worden. Tabel 5 Docentenvoorbeeld iteratief ontwerpen laat zien hoe dit principe in de klas aangedragen kan worden.

Tabel 5 Docentenvoorbeeld iteratief ontwerpen

Klassengesprek	Ondersteunende tekening
Er komt een mevrouw bij je en ze wil graag naar het werk toe, het lopen is te ver (5km). Jij gaat iets ontwerpen om haar te helpen. Wat maak je? Na respons van de klas teken je een fiets op het bord.	
Nu kan die mevrouw lekker naar het werk toe, maar ze komt na even uitproberen bij je terug met de opmerking dat ze graag de boterhammetjes mee wil nemen. Teken een koffertje achter op de fiets. Merk op dat het weer een product is dat “af” is en waar de mevrouw wat mee kan.	
Ga nog een voorbeeld verder met bijvoorbeeld de kinderen meenemen of iets tegen de regen. Laat hierbij de ideeën uit de klas komen.	

Aan het eind kan de docent opmerken dat de mevrouw ook meteen om een auto had kunnen vragen, maar dat ze dan tussendoor veel langer moest wachten en zelf geen invloed kon uitoefenen op het product. Nu is er geen een auto gekomen maar wel iets waar de mevrouw waarschijnlijk wel blij mee is. Dit komt ook terug in de ontwerpopdracht, waarbij de leerlingen de docent als “klant” kunnen zien.

5.3.1 Concept keuze: Pugh-matrix

De concepten worden beoordeeld met het gebruik van een Pugh-matrix. In de Pugh-matrix wordt elk concept beoordeeld op de belangrijkste criteria vanuit het programma van eisen. Aangezien dit een vast stappenplan volgt kunnen deze stappen makkelijk in de klas worden doorlopen.

Het gebruik van de Pugh-matrix zou als volgt in de klas uitgelegd kunnen worden:

Het eerste dat je gaat doen is de beoordelingscriteria bepalen, dit doe je aan de hand van het programma van eisen. Stel je hebt bepaald dat de volgende vereisten het belangrijkste zijn: veiligheid, bruikbaarheid, aanpassingsvermogen, kosten en haalbaarheid. Sommige vereisten zijn dan waarschijnlijk belangrijker dan andere. Als dit het geval is geef je het relatieve belang van de eisen weer met een weegfactor. De weegfactor kun je bepalen door de verschillende criteria tegen elkaar af te zetten. Alle criteria worden met elkaar vergeleken in een tabel door de belangrijkste van de twee criteria een 1 te geven. Aan het einde worden alle scores opgeteld en dit bepaalt de volgorde van belangrijkheid. Veiligheid is bijvoorbeeld belangrijker dan bruikbaarheid, de kolom voor veiligheid en de rij voor bruikbaarheid krijgt een 1. Wordt veiligheid tegen veiligheid uitgezet dan wordt ook de score 1 gegeven. De aangepaste scores worden de weegfactoren bij het beoordelen van de concepten. Zie hieronder een voorbeeld.

Tabel 6 Voorbeeldtabel weegfactor

Criteria	Veiligheid	Bruikbaarheid	Aanpassings- vermogen	Kosten	Haalbaarheid
Veiligheid	1	0	0	0	0
Bruikbaarheid	1	1	0	0	1
Aanpassingsvermogen	1	1	1	0	1
Kosten	1	1	1	1	1
Haalbaarheid	1	0	0	0	1
Totaal (Weegfactor)	5	3	2	1	4

Onder totaal kun je zien welk criteria het belangrijkste is; degene met de hoogste score, en het minst belangrijk; degene met de laagste score. De score noemen we de "weegfactor".

Hierna ga je de concept ontwerpen beoordelen op deze criteria. Bijvoorbeeld met een scorebereik van 0 tot 5, waar 0 slecht is en 5 heel goed. De tabel waarin je dit zet heet een "Pugh-matrix". De scores die je hebt gegeven worden vermenigvuldigd met de weegfactor. Op deze manier neem je ook mee hoe belangrijk het criterium is. Dan worden per concept de punten bij elkaar opgeteld en is het concept met de hoogste score het beste ontwerp. In de volgende tabel kun je zien hoe drie concepten beoordeeld kunnen worden.

Tabel 7 Voorbeeld Pugh-matrix

Criteria/ Concepten	Veiligheid	Bruikbaarheid	Aanpassings- vermogen	Kosten	Haalbaarheid	Totaal
C1	2,5	3	3	2	2	37,5
C2	4	3	1	1	2	40
C3	3	4	4	4	4	55
weegfactor	5	3	2	1	4	

5.4 Overige technieken

De overige gebruikte technieken zijn niet anders dan de technieken in de standaard ontwerpmethodes die al worden gebruikt op school of al zijn uitgewerkt binnen de techniekkeuze. Deze zullen hier dan ook niet verder worden toegelicht, maar deze kunnen worden bekeken in de Appendix: Reader ontwerpen in de biofysica of in het hoofdstuk Conceptvorming module: Keuze technieken.

De meeste ontwerptechnieken kunnen worden toegepast binnen het onderwijs met kleine aanpassingen en een heldere uitleg. Het daadwerkelijk beheersen van de technieken komt voort uit het uitvoeren en gebruiken van de technieken. Bij de techniekkeuze moet er wel gelet worden op de limitatie in beschikbare middelen en in de kennis van de leerlingen. Door technieken vaker toe te passen zullen de leerlingen een beter begrip en meer ervaring ontwikkelen in het gebruik van de technieken.

6 Detaillering module: Opzet module

Binnen dit hoofdstuk wordt de opzet van de module beschreven. Hierbij wordt ook beschreven hoe de opdracht in combinatie met biofysica aangeboden wordt aan de leerlingen.

Voor de reader en de module is gekozen voor een holistische aanpak. De leerlingen krijgen een overzicht van een totaal ontwerpproces met uitleg van iedere stap. Op deze manier kunnen de leerlingen de verkregen informatie ook gebruiken bij vervolgprojecten en bijvoorbeeld het profielwerkstuk. Voor de opdracht binnen de module kan er door de docent gekozen worden welke onderdelen in het project worden gebruikt. Om deze keuze makkelijker te maken is een opdracht samengesteld met een selectie van onderdelen.

Het ontwerpen wordt in deze opdracht gecombineerd met biofysica en specifiek met het thema beweging en krachten. Dit is voor het ontwerpen één van de makkelijkere thema's omdat het eenvoudig inzichtelijk te maken is. In de risicoanalyse wordt ook gekeken naar het vatenstelsel. Dit is een connectie die niet snel gemaakt wordt door de leerlingen. Ontwerpen die druk uitoefenen op het lichaam hebben echter een grote invloed op de onderliggende structuren. Door dit inzicht te geven aan de leerlingen, krijgen de leerlingen de realisatie dat bij ontwerpen een breed blikveld nodig is.

In de modules die worden aangeboden op school wordt vaak per techniek een kleine opdracht gegeven. Het voordeel hiervan is dat de leerling minder sturing nodig heeft van de docent, dit wordt immers door de methode gedaan. Ook ontspreken de leerlingen niet in hun ontwerp omdat daar niet de ruimte voor wordt geboden. In de opdracht voor deze module is de keuze gemaakt om de leerlingen met één onderwerp alle stappen te laten doorlopen. Dit bevordert de eigenaarschap van de leerlingen en geeft de leerlingen de mogelijkheid om fouten te maken en hier feedback op te krijgen. (Vink, de Greef, Post, & Wenting, 2017) Al met al zal dit de leercurve verhogen.

In de volgende paragrafen wordt de achtergrond van de opdracht en de opdracht verder toegelicht. Ook worden de voorwaarden voor de opdracht en de module besproken, zoals de leerdoelen en de toetsing.

6.1 Leerdoelen

De leerdoelen die voor de leerlingen uit de voorgaande analyse naar voren komen voor de opdracht worden hier beschreven. De beschrijving is geformuleerd zodat deze rechtstreeks is gericht aan de leerling. Hiermee wordt de leerling actief aangesproken en tot actie aangezet.

- Je hebt de vaardigheden om in groepsverband onderzoek te doen.
- Aan de hand van een probleem kun je een analyse maken.
 - Je bent je bewust van de verschillende stakeholders die in dit project een rol spelen en de wensen van deze stakeholders.
 - Je kunt een RCA(+) opstellen.
 - Je kunt werken met "Userstories".
- Je kunt concepten genereren en beoordelen.
 - Je kunt een morfologisch schema opstellen.
 - Door middel van een Pugh matrix kun je een beoordeling maken van de concepten.
- De concepten kun je uitwerken tot een gedetailleerd ontwerp.
 - Je kunt je ontwerp natuurkundig (met berekeningen) onderbouwen.
 - Met een risicoanalyse kun je de risico's voor je ontwerp inschatten.
 - Je kunt een testplan opstellen om het ontwerp te testen.

Verder leer je het zogenoemd "Samenwerkend leren", hieronder vallen de eigenschappen die ervoor zorgen dat je goed in een groep kunt samenwerken.

6.2 Toetsing

Zowel ontwerpen en biofysica wordt op SE niveau getoetst. Het cijfer van de ontwerpopdracht kan voor beide onderwerpen meetellen. Om een beter overzicht te krijgen van de verschillende onderwerpen is ervoor gekozen om de beoordeling op te splitsen. De leerlingen krijgen een cijfer voor de ontwerptechnieken en verslaglegging en voor de biofysische onderbouwing. Beide cijfers worden gecombineerd tot één eindcijfer waarbij het ontwerpen en verslag 60% meetelt en de biofysische onderbouwing 40%. Deze verdeling is tot stand gekomen aan de hand van de werkdruk voor de twee onderdelen in overleg met de expert docenten.

Voor de beoordeling worden analytische rubrics gebruikt. Dit houdt in dat het gehele verslag wordt onderverdeeld in verschillende onderdelen en criteria om de beoordeling betrouwbaar te maken (Jonsson & Svingby, 2007). Daarna wordt in de rubric ieder criterium gescoord en wordt op basis daarvan een eindbeoordeling gegeven. De scoring gaat op basis van verschillende punten die in het verslag moeten voorkomen en of deze punten voldoende in het verslag naar voren komen. Door op deze manier goed onderscheidbare niveaus te hebben wordt de rubric betrouwbaarder (Stellmack, Konheim-Kalkstein, Manor, Massey, & Schmitz, 2009).

De voordelen van het werken met een rubric zijn: een grotere consistentie tussen verschillende beoordelaars, de leerlingen hebben een duidelijk einddoel, het is duidelijk welke delen van de verslaglegging goed en minder goed beheerst worden en de beoordeling van het verslag is transparant en duidelijk. ("Toetsing | Rubrics: Theorie," n.d.) Een nadeel is dat de leerlingen precies de beschreven punten uitvoeren, hierbij is het dan nog steeds aan de docent om te kijken of de punten ook correct zijn uitgevoerd. Dat een punt beschreven wordt betekent niet automatisch dat dit ook op de juiste manier is gedaan en dat de leerlingen de (volle) punten moeten krijgen. De rubric is wel één van de beste manieren om een verslag consistent na te kijken, maar tijdens het gebruik moet er de mogelijkheid zijn om de rubric aan te passen als het voor de beoordelaars duidelijk is dat de validiteit niet juist gedekt wordt. Dit kan ook gebeuren na iedere cyclus. Voor de leerlingen wordt het gebruik vaak als positief ervaren als feedback en sturingstool. ("Toetsing | Rubrics: Theorie," n.d.) De rubrics zijn te vinden in de appendix: Beoordeling rubric ontwerpen en biofysica.

6.3 Opdracht bij de module

De leerlingen gaan een niet-invasieve oplossing ontwerpen voor de behandeling van enkelartrose. Artrose is een van de meest voorkomende gewrichtsaandoeningen wereldwijd en kan alle gewrichten aantasten. (Vos et al., 2012) In Nederland wordt het aantal mensen met artrose geschat op 1.251.000, met een totale kostprijs van ongeveer 1,3 miljard euro voor de zorg. ("Artrose | Cijfers & Context | Oorzaken en gevolgen | Volksgezondheidszorg.info," n.d.) Ongeveer 25% van deze mensen heeft artrose aan de enkel. Omdat deze mensen niet zonder pijn kunnen lopen, is de impact op de kwaliteit van leven enorm. (Hunter, Schofield, & Callander, 2014) Huidige oplossingen zijn het gebruik van pijnstillers of ontstekingsmedicatie, gewrichtserving (er wordt een namaak enkel geplaatst) en gewrichtsfusie (er wordt een schroef door het enkelgewricht gezet om het gewricht vast te zetten). (Mayo Clinic Staff, 2018) Gewrichtsdistractie (de enkel uit elkaar trekken) is een nieuwe methode die kraakbeen in de enkel kan herstellen. Om het gewricht uit elkaar te trekken wordt een Ilizarov-fixator gebruikt. Het gebruik van een Ilizarov-fixator is invasief en beperkt de patiënt enorm in het dagelijks leven. (Ploegmakers et al., 2005)

Het doel voor de leerlingen is het maken van een non-invasief ontwerp dat de belasting op het gewricht opheft, terwijl de doorstroming van het gewrichtsvocht behouden blijft door het gewricht uit elkaar te trekken. Hierdoor kan het kraakbeen herstellen en kan uiteindelijk de enkel weer normaal gebruikt worden.

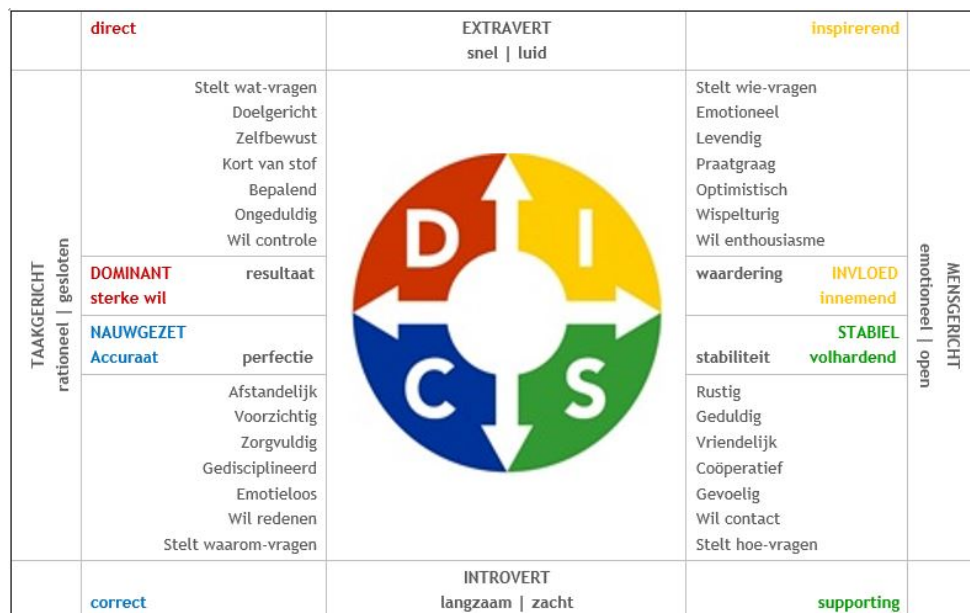
De volgende onderdelen zijn terug te vinden in het ontwerpverslag: een korte introductie, de analyse, concepten en ideeën en de detaillering. Onder de detaillering komt ook het onderdeel biofysica naar voren. Hier gaan de leerlingen de krachten en momenten in drie fases van het wandelen uitwerken. Verder worden de gevolgen van het ontwerp voor de bloedsdoorstroom beschreven.

De opdracht omschrijving voor de leerlingen is te vinden in de Appendix: Opdrachtbeschrijving leerlingen.

6.4 Projectgroepen

Voor het maken van een ontwerp wordt er samengewerkt in projectgroepen of ontwerpteams. Dit heeft voornamelijk te maken met de diversiteit bij het maken van een ontwerp. Er zijn een groot aantal aspecten nodig voor het volbrengen van een succesvol ontwerp. Veel ontwerpteams werken om die reden in een multidisciplinair team. Dat is een team waarin ontwerpers met een andere achtergrond en verschillende kwaliteiten bij elkaar zitten. De teamleden proberen de specialisatie die ze persoonlijk hebben ook over te brengen op de rest van het team zodat er vanuit meerdere invalshoeken naar het ontwerp gekeken kan worden (Vink et al., 2017).

Om de samenstelling van een multidisciplinair team na te bootsen in de klas worden de groepen samengesteld aan de hand van de persoonlijkheid van de leerlingen. Om deze globaal in te schatten wordt er gebruik gemaakt van een vragenlijst met 16 vragen, Appendix: Kwaliteitskaart op basis van het DISC systeem. Deze vragen zijn gebaseerd op het DISC model. Bij het DISC model staat iedere letter voor een bepaalde persoonlijkheid. DISC staat voor Dominant, Invloed, Stabiel en Consciëntieus. ("Het DISC instrument - Informatie over DISC en trainingen," n.d.) In Figuur 5 ("Alles over het DISC model - Matrix Events," n.d.) staan de kenmerken per persoonlijkheid, dit is een globalisering maar kan in grote lijnen aangehouden worden. De vragen in de vragenlijsten slaan op de persoonlijkheden, waarbij 1 correspondeert met "D", 2 met "I", 3 met "S" en 4 met "C", waarna deze volgorde wordt herhaald. De leerlingen geven met drie kruisjes aan welke stellingen het beste voor hun persoonlijkheid spreken. De docent kan dan aan de hand van de persoonlijkheden teams samenstellen van vier tot vijf leerlingen.



Figuur 4 DISC model

7 Evaluatie van de module in de praktijk

De beschreven module is getest in twee cycli waarbij eerst het onderdeel ontwerpen binnen de natuurkunde is getest in twee vwo 6 klassen door een docent met een achtergrond in ontwerpen. Daarna zijn de opgedane ervaringen verwerkt in de module en is het onderdeel biofysica toegevoegd. De verbeterde module is daarna aangeboden in twee vwo 5 klassen. Eén klas is onderwezen door een docent met ontwerpervaring, de onderzoeker, en één klas door een ervaren natuurkunde docent zonder ontwerp ervaring. In beide testcycli zijn er 10 ontwerpteams per cyclus. In het volgende hoofdstuk zijn de resultaten en observaties van de twee cycli samengevoegd met de antwoorden van de interviews. De antwoorden uit de interviews worden geparafraseerd om aansluiting te vinden bij de bevindingen. Hierbij is er grote zorgvuldigheid voor gedragen dat de interviews niet uit context worden gehaald of veranderen in betekenis. De woordelijke transcriptie van de interviews is te vinden in de Appendix.

7.1 Achtergrond expert natuurkunde docenten

Beide natuurkunde docenten hebben op Universiteit Twente de opleiding tot docent gevolgd en hun eerstegraads bevoegdheid gehaald. De docenten geven het vak natuurkunde reeds 5 en 11 jaar. De gevolgde opleidingen voordat de docenten de opleiding tot natuurkunde docent hebben gevolgd zijn Elektrotechniek en Technische Natuurkunde. Hierbij wordt aangegeven dat in beide genoemde studies geen technisch ontwerpen is behandeld.

In de tijd dat natuurkunde wordt gegeven is er in het vak natuurkunde op de onderzoeksschool nog geen volledig project ontwerpen geweest. Beide docenten hebben wel ervaring met het geven van de ontwerpmodule bij NLT. Voor het geven van deze module is geen bijscholing gevolgd, de lessen zijn voorbereid door een individuele studie van de modulestof. De gezamenlijke opmerking bij de NLT module was dat deze helaas weinig diepgang bood. Eén docent gaf aan dat het jammer is dat de resultaten van de leerlingen tegenvallen ten opzichte van de verwachtingen. De docenten merken wel dat er een stijgende lijn zit in het geven van ontwerpen naarmate de stof vaker wordt gedoceerd.

Binnen de ontwerplezen hebben de docenten naast “het leren van de ontwerpcyclus” geen specifieke leerdoelen. Er wordt dus niet specifiek gekeken naar de hogere orde leerdoelen. Wel wordt opgemerkt dat timemanagement en samenwerking struikelblokken zijn. Dit komt ook terug in de onderzochte literatuur.

7.2 Achtergrond onderzoeker

Aangezien de onderzoeker wordt ingezet om als ervaringsdeskundige ontwerpen te doceren is het van belang ook zijn achtergrond weer te geven. De onderzoeker heeft de master Biomedische Techniek gevolgd waar veelvuldig ontwerpen aan bod is gekomen. Verder is de onderzoeker gecertificeerd SCRUM master I en is hij werkzaam geweest als changemanager binnen een development team. Dit houdt in dat de onderzoeker ervaring heeft met het implementeren en begeleiden van nieuwe ontwerp- en werkmethodes binnen bestaande ontwikkelingsteams. Bij de bevindingen moet er rekening mee gehouden worden dat de onderzoeker wel ervaring heeft met de ontwerptechnieken, maar niet met het doceren van ontwerpen.

7.3 Evaluatie ontwerptechnieken

In de eerste testcyclus kregen de leerlingen volledig klassikaal onderwijs. De tweede testcyclus vond plaats tijdens een periode waarin de leerlingen hybride les kregen. Dit hield in dat de helft van de leerlingen aanwezig was in de les en de helft via teams thuis de les volgde. Om 1,5 meter afstand tussen de leerlingen te kunnen bewaren is ervoor gekozen om ook de ontwerpteams te verdelen tussen leerlingen die thuis en op school waren. Hierdoor hebben de groepjes elke les gebruik moeten maken van digitale communicatie. Dit wordt meegenomen in de bevindingen bij de technieken en in de discussie zal dit ook verder besproken worden. De verschillende gebruikte technieken zullen apart behandeld worden om een beter overzicht te houden.

In de eerste cyclus ervoor is gekozen om de ontwerptechnieken te doceren zonder specifieke domeinkennis. De leerlingen hebben hiervoor de opdracht gekregen om een goocheltruc te ontwerpen. De geleerde ontwerptechnieken zijn daardoor met verschillende natuurkundige domeinen getest.

Om een vergelijking te kunnen maken tussen de twee testgroepen worden de ervaringen en observaties bij beide groepen besproken. Dit wordt gedaan aan de hand van de gebruikte technieken. Daarna wordt het programma van eisen en de doelstelling van de module besproken.

7.3.1 Evaluatie tijdens de les

Bij het evalueren als techniek is er een erg groot verschil te zien tussen de twee testcycli. Tijdens de les met een volledige klas is de evaluatie steeds klassikaal uitgevoerd. Hierbij geeft een groot gedeelte van de leerlingen aan dat de evaluatie een te groot gedeelte van de les in beslag neemt. Daarom is in de tweede testperiode ervoor gekozen om alleen de eerste twee lessen de evaluatie klassikaal uit te voeren en daarna de evaluatie binnen de groepjes te doen. De observerende docent geeft aan de evaluatie als prettig te ervaren. Dit omdat meteen de stand van zaken duidelijk is per groepje. Ook geeft de observerende docent aan snel resultaat te zien van de evaluatie ten opzichte van eerder gegeven ontwerplessen. Doordat de leerlingen klassikaal aangeven hoe ver ze zijn binnen het project wordt er, naar het gevoel van de ervaren natuurkunde docent, beter timemanagement toegepast en wordt de samenwerking beter begeleid.

Tijdens de hybride klassen gingen de evaluaties erg moeizaam. Mede doordat de helft van de klas en daardoor de helft van de ontwerpteams niet fysiek aanwezig waren. Hierdoor is het niet mogelijk om een inschatting te maken van de effecten van de evaluatie in de tweede cyclus. In beide klassen hadden de groepen moeite met samenwerking en timemanagement, veel meer dan in de eerste pilot. Dit hoeft echter niet af te hangen van de mislukte evaluatiemomenten. Het digitaal werken als team zal hier ook een grote rol in hebben gespeeld. Het is echter wel opvallend dat de leerlingen in de eerste testgroep al het werk op, en drie groepen voor, de deadline af hadden. Om te testen wat de invloed is van het evalueren moet de ontwikkelde module nogmaals onder dezelfde omstandigheden zonder evaluatie getest worden.

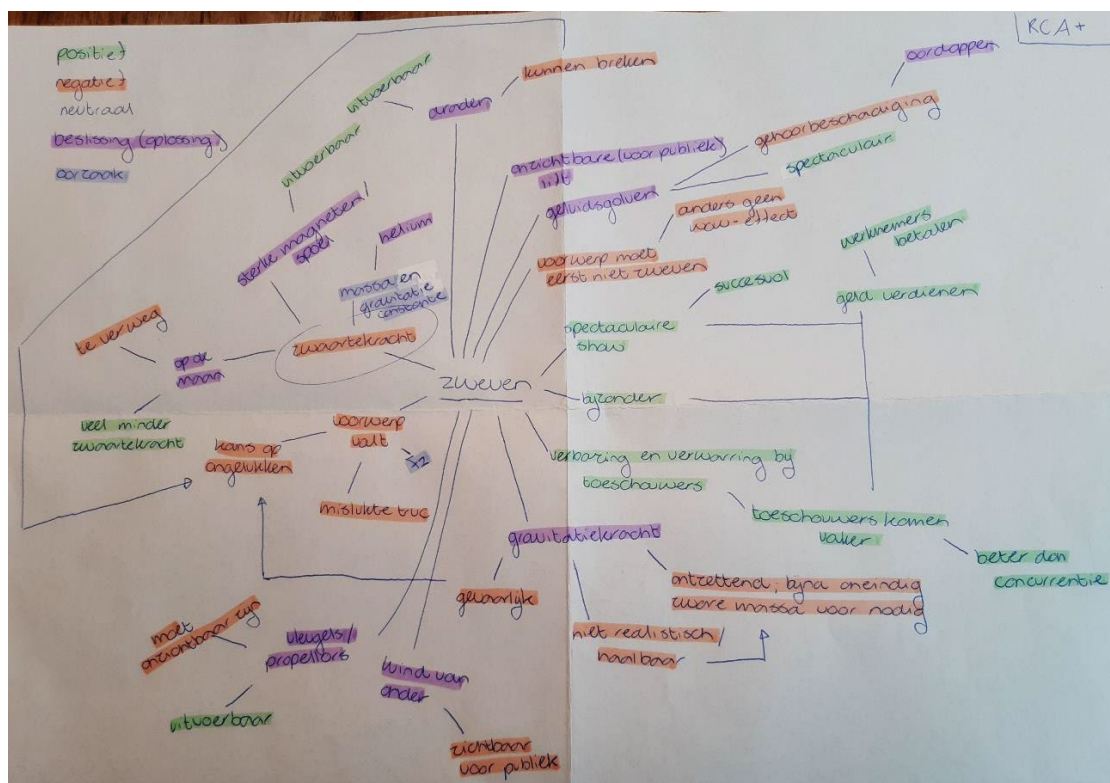
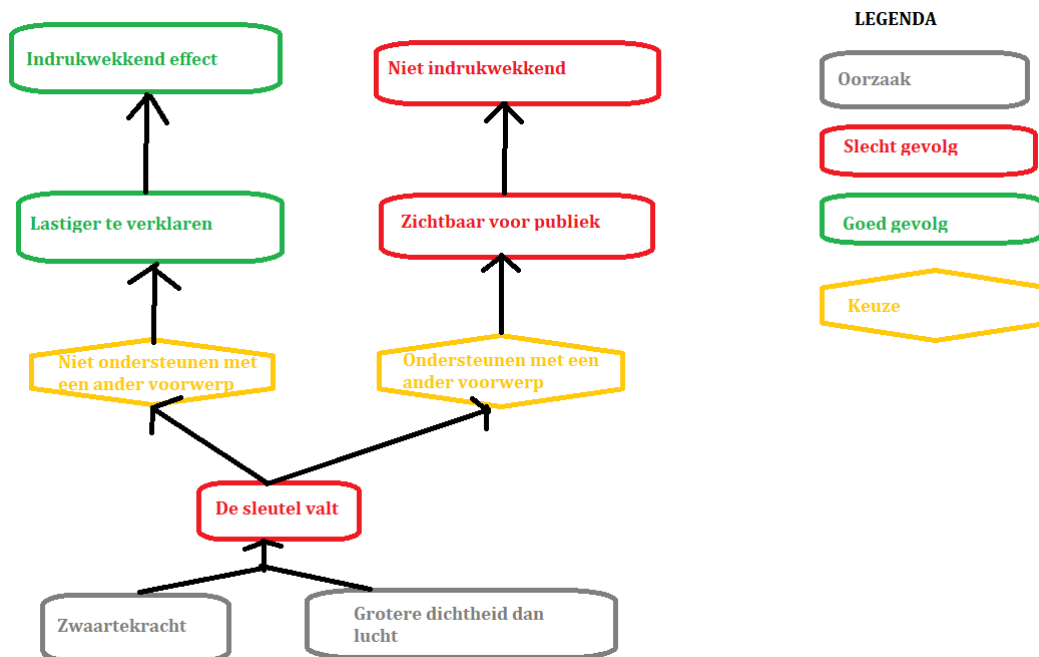
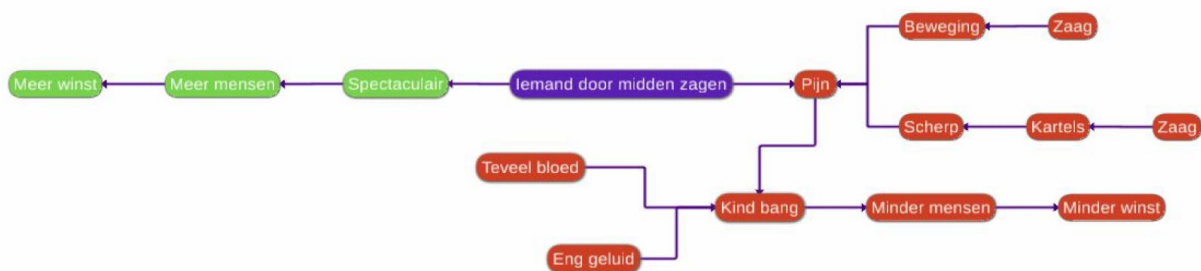
7.3.2 RCA & RCA+

Vanuit de eerste pilot komen twee onderdelen naar voren waar de leerlingen moeite mee hebben: het gebruik van de RCA en RCA+, en het omschrijven van de meetbaarheid bij het PvE. In de tweede testcyclus is om die reden de keuze gemaakt om de leerlingen een RCA en een RCA+ aan te leveren die ze moeten uitbreiden en aanpassen. Voor het PvE is extra nadruk gelegd tijdens de lessen en de feedbacksessies op het toevoegen van een meetbare parameter bij iedere eis.

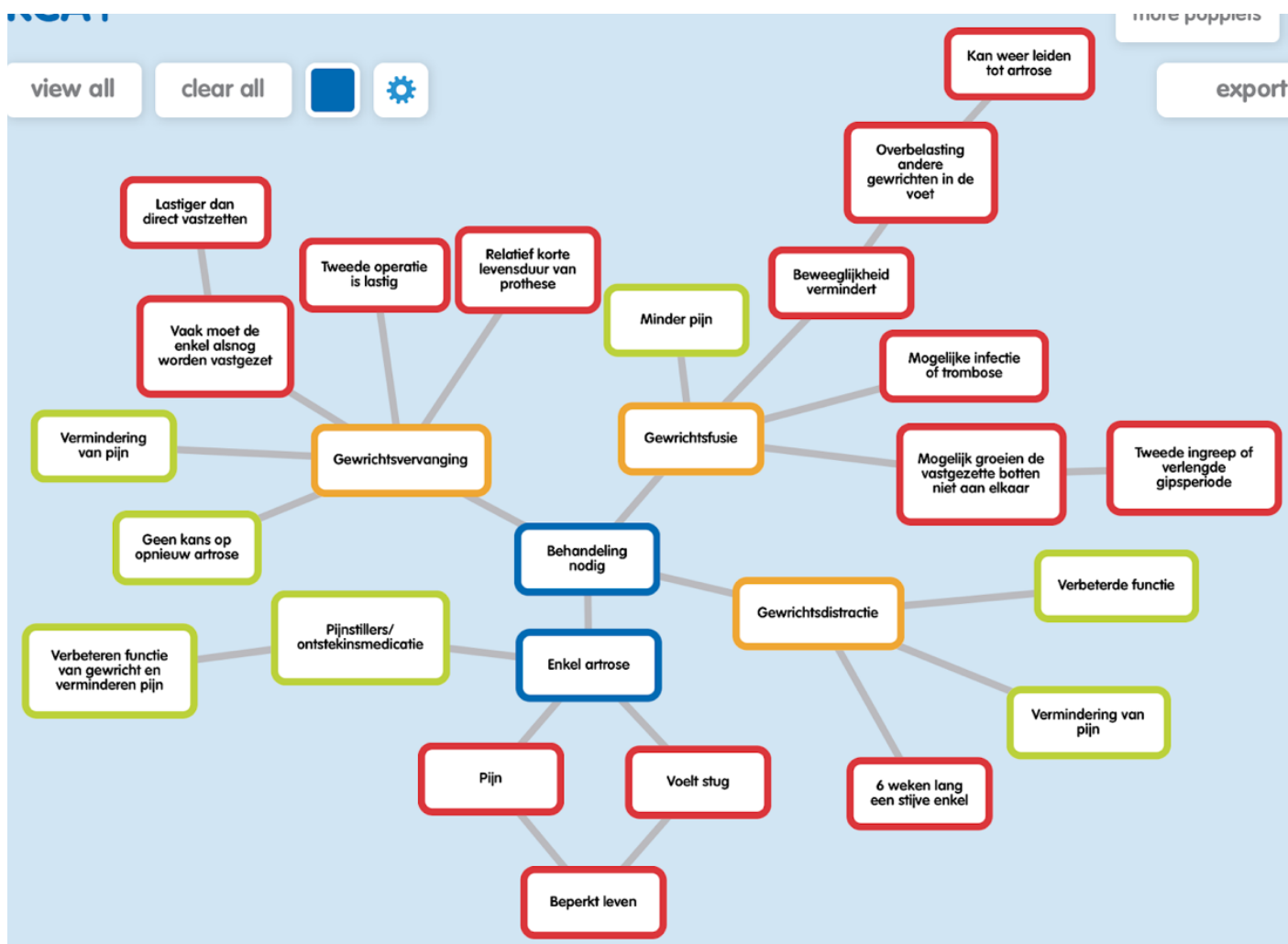
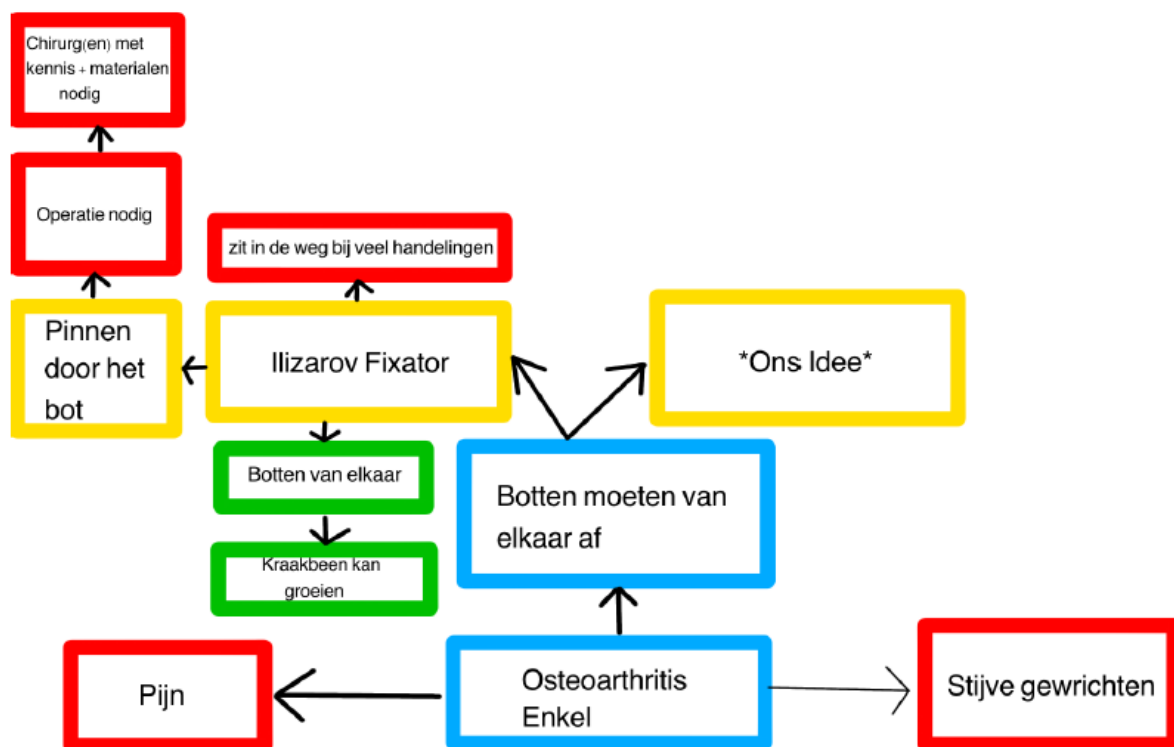
De RCA en de RCA+ worden ook in de tweede cyclus als moeilijk ervaren, zowel voor de leerlingen als voor de docent die geen eerdere ervaring had met deze technieken. Tijdens de feedback aan de leerlingen is er een duidelijk verschil tussen de docenten. De docent met ontwerpervaring kan tijdens de les makkelijk inspelen op de vragen van de leerlingen en voorbeelden en feedback aandragen waardoor het gebruik van deze technieken voor de leerlingen duidelijk wordt. De docent zonder ontwerpervaring moet de leerlingen terugverwijzen naar de voorbeelden in de reader. In het interview geeft deze docent aan dit als niet prettig te ervaren en heeft hij de voorkeur om meer voorbeelden beschikbaar te hebben om te gebruiken. De observerende docent vindt het gebruik van deze techniek een mooie verdieping mits het goed op de leerlingen overgebracht kan worden. Ook geeft de observerende docent aan dat het waarschijnlijk moeilijk zal zijn om zelf de techniek aan de leerlingen over te brengen, ook na het observeren van het gebruik van de techniek.

Door voorbeelden toe te voegen na de eerste cyclus van een RCA en een RCA+ wordt er wel een groot verschil waargenomen tussen de twee testgroepen. In Figuur 5 Voorbeelden RCA en RCA+ testgroep 1 op volgorde van kwaliteit zijn drie verschillende uitwerkingen te zien van de analyse techniek RCA+. In deze testcyclus hebben 5 groepen de techniek voldoende, 2 goed en 3 groepen de techniek onvoldoende toegepast.

In de tweede cyclus is een voorbeeld toegevoegd als leidraad voor de leerlingen. De resulterende RCA en RCA+ schema's zijn bij deze groep gemiddeld een stuk uitgebreider dan bij de eerste testgroep. Het is hierbij echter een stuk moeilijker te zien of de ontwerpteams die een schema hebben ingeleverd die niet voldoet aan de eisen de techniek niet beheersen of niet genoeg energie in de techniek hebben gestoken. Bij deze groepen komt het namelijk voor dat het gegeven voorbeeld met een paar kleine veranderingen wordt ingeleverd. Bij de groepen die een goed schema aanleveren zijn er duidelijke aanvullingen en aanpassingen gemaakt ten opzichte van het aangeleverde voorbeeld. Tussen de klassen is er geen significant verschil te zien tussen de docent met en zonder ontwerp ervaring. Dit is ook het geval door de kleine testgroep. Er zijn wel kleine nuance verschillen te zien tussen de groepen, maar die kunnen ook ontstaan door een verschil in doceerstijlen. In totaal scoren 3 groepen onvoldoende en 7 groepen voldoende tot goed bij deze techniek. Hierbij moet worden meegenomen dat dit is gecompenseerd voor het algemene hogere niveau in vergelijking met testcyclus 1.



Figuur 5 Voorbeelden RCA en RCA+ testgroep 1 op volgorde van kwaliteit, van a) lage naar b) hoge kwaliteit.



Figuur 6 Voorbeelden RCA en RCA+ testgroep 2 a) lage en b) hoge kwaliteit.

7.3.3 Stakeholderanalyse & programma van eisen

Bij de stakeholderanalyse in de twee testcycli is een opvallend verschil te zien tussen de twee groepen. Bij de analyse wordt er eerst een userstory geschreven en daarna wordt daaruit een tabel gemaakt met de stakeholders. Bij de eerste testgroep hebben 8 groepen een tabel gebruikt en uitgewerkt, bij testgroep 2 zijn dit maar 4 groepen. Voorbeelden hiervan zijn te vinden in de appendix onder: Voorbeelden stakeholderanalyse. Dit terwijl de leerlingen dezelfde instructie hebben ontvangen. Mogelijke oorzaken kunnen zijn dat er een niveau verschil is, aangezien testgroep 1 bestond uit 6 vwo leerlingen en testgroep 2 uit 5 vwo leerlingen. Ook kan het onderwerp invloed hebben gehad, waarbij de eerste groep zich makkelijker kon inleven in de stakeholders. Voor verdere verbetering van de module zal de docent extra aandacht moeten geven aan het maken van de stakeholder tabel.

Zoals eerder genoemd wordt de meetbaarheid binnen het programma van eisen niet goed aangekaart in de eerste testcyclus, daardoor werd dit ook niet goed of helemaal niet opgeschreven bij het programma van eisen. Bij de tweede testcyclus is hier door beide docenten nadruk op gelegd waardoor dit bij de meeste groepen goed is uitgevoerd. 6 groepen hebben de meetbaarheid voldoende tot goed beschreven, 2 groepen hebben de meetbaarheid niet goed beschreven en 2 groepen hebben de meetbaarheid totaal weggelaten.

Wat ook naar voren komt binnen de tweede testcyclus is dat de leerlingen het moeilijk vinden om een inschatting te maken van de meetbare getallen. Figuur 7 laat twee voorbeelden zien waarbij de meetbaarheid van de eis correct wordt toegepast maar waar het duidelijk is dat de leerlingen moeite hebben met het koppelen van een getal aan de eis. Bij eis 1.1 is er een hiaat in de kennis wanneer het herstel volledig is. De leerlingen zijn geïnstrueerd om op dat moment aan te geven hoe de eis gemeten kan worden, eventueel hadden ze hier nog kunnen toevoegen dat de arts bepaalt of het herstel volledig is. Bij eis 3.1 is er een probleem bij het inschatten van gewichten. Dit is ook een aspect dat vaker terug komt in het maken van opdrachten, waarbij de leerlingen niet kunnen inschatten of een antwoord strookt met de werkelijkheid. In deze situatie kan de docent tijdens het geven van feedback de groep vragen om iets van 150 gram te pakken zodat ze fysiek vergelijkingsmateriaal hebben. Daarna kan de groep de verwachtingen bijstellen.

Nr.	Eis	Meetbaar	Stakeholderbelang	Notities
1.1	Het ontwerp moet ervoor zorgen dat het kraakbeen in het voetgewricht hersteld wordt.	Aan het begin en verderop in het proces wordt er een röntgenfoto gemaakt, die het kraakbeen in de voet goed weer kan geven en aan kan tonen dat het kraakbeen herstellend is.	Patiënt, dokter, familie, ontwerper, ziekenhuis.	
3.1	Het ontwerp mag niet te zwaar zijn, zodat beknellingen voorkomen worden.	Het ontwerp mag maximaal 150 gram wegen.	Patiënt, dokter, familie, ontwerper.	

Figuur 7 Voorbeeld Programma van Eisen meetbaarheid

7.3.4 Concept generatie: morfologisch schema

Het gebruik van een morfologisch schema komt in de ogen van de geïnterviewde docenten sterk overeen met de technieken die ze eerder hebben gebruikt. Om de leerlingen een beeld te geven hoe deze technieken op elkaar aansluiten en worden gebruikt wordt een voorbeeld met een filmpje en bijhorende opdrachten gegeven. In de eerste pilot observeren de docenten dat bij veel leerlingen hierna “het kwartje valt”. Dit wordt duidelijk uit de aanpassingen in de conceptverslagen, de vragen en opmerkingen tijdens feedback en uit gesprekken met leerlingen.

Ook in de tweede pilot merken de onderzoeker en observerend docent dat het gebruik van dit voorbeeld de leerlingen helpt om de geleerde theorie samen te brengen. De docent zonder ontwerpervaring geeft dit voorbeeld in eerste instantie echter niet in de klas. De docent geeft aan dat het niet mogelijk is om dit voorbeeld te geven omdat de docent zelf niet de technieken goed genoeg beheerst om deze geïmproviseerd toe te passen op het filmpje. Bij de feedback momenten zijn in deze klas de onderdelen van het verslag onsamenhangend en worden ze meer als aparte opdrachten beschouwd dan als een geheel ontwerp. Ook krijgt de docent veel vragen over het opstellen van de RCA, RCA+ en het morfologisch schema.

Om het niveau van de klassen niet te veel uit elkaar te laten lopen en ervoor te zorgen dat een achterstand op dit vlak geen belemmering vormt bij de overige onderdelen van het verslag geeft de onderzoeker het voorbeeld in deze klas. De docent zonder ontwerpervaring observeert na deze interventie een vermindering van de vragen naar deze technieken en in de eindverslagen is er in beide klassen een overeenkomstige samenhang te zien tussen de onderdelen. In de verslagen is te zien dat de groepen die de RCA en RCA+ correct hebben uitgevoerd een beter morfologisch schema opstellen.

Tussen de twee testcycli is een verschil te zien hoe het schema tot zijn recht komt. In de vwo 6 klassen ontstaat het morfologisch schema bij bijna alle groepen uit een brainstorm en wordt deze samen opgesteld. In de vwo 5 klassen wordt, bij de meeste groepen, de uitwerking na een kort overleg aan één leerling toegewezen. Een mogelijke oorzaak hiervoor is moeilijkere communicatie door de gestelde coronabeperkingen.

7.3.5 Concept keuze

Het opstellen van de Pugh-matrix wordt bij alle ontwerpgroepen voldoende tot goed uitgevoerd. De leerlingen en de geïnterviewde docenten vinden het prettig dat er een duidelijke systematiek achter de techniek zit die doorlopen kan worden. Een docent merkt op dat hij minder het idee heeft dat de leerlingen een tunnelvisie houden bij het kiezen van een concept: “In eerste projecten hebben de leerlingen meteen een idee wat ze gaan ontwerpen. Daarna maken ze de eisen passend bij hun idee, in plaats dat de eisen leidend zijn in het ontwerpproces. Door op deze manier een score te geven wordt de tunnelvisie makkelijker doorbroken.”

Een terugkerend thema is dat de leerlingen in een aantal gevallen ervaring en inzicht missen om keuzes te maken. Bij de Pugh-matrix komt dat naar voren in het scoren van de verschillende concepten. De leerlingen vinden het bijvoorbeeld moeilijk om te bepalen wat de kosten voor een concept zouden zijn. Bij de feedback is aan de leerlingen meegegeven dat ze dan een inschatting moeten maken op het onderbuikgevoel van de ontwerpgroep.

8 Evaluatie Programma van Eisen

In dit hoofdstuk wordt gereflecteerd op het PvE en de gestelde ontwerpdoelen en onderzoeksvragen. Dit zal bepalen of het ontwerp voldoet aan de gestelde eisen en welke aanpassingen er gemaakt moeten worden.

In de onderstaande tabel is het Programma van Eisen weergegeven zoals opgesteld voor de ontwikkeling van de module. In de rechter kolom is aangegeven of de eis is behaald. In deze kolom wordt ook aangegeven of er nog aanpassingen moeten worden doorgevoerd aan de module om de gestelde eis te kunnen behalen.

Tabel 8 Programma van Eisen reflectie

NR.	EIS	RICHTLIJN	REFLECTIE
1. UITVOERING			
1.1.	De module is geschikt voor bovenbouw vwo.	Binnen de pilot zal bij de docenten en leerlingen die het project volgen worden gepeild of het niveau goed is. Hierbij moeten beide docenten het niveau goed vinden, anders wordt dit aangepast in het herontwerp.	Het niveau is volgens de docenten goed. Door de context te veranderen van het ontwerp kan het niveau veranderd worden. Het gebruik van de RCA+ wordt wel als moeilijk ervaren, maar niet als te moeilijk. De docenten geven aan dat ze het gevoel hebben dat ze deze techniek nog niet geheel zelf onder de knie hebben, dit maakt het doceren moeilijk. Deze techniek vergt dus meer uitleg of oefening voordat docenten zonder ontwerpervaring deze kunnen toepassen in de klas. Het is voor de docenten mogelijk om alleen de RCA in de klas aan te bieden als een gemakkelijker alternatief.
1.2.	De invulling van de module moet te combineren zijn met een keuzeonderwerp.	De lessen zijn 45 minuten en de leerlingen hebben twee uur per week. De ingerichte ontwerplessen bestrijken een halve module.	Dit is in testcyclus 1 niet gelukt. Door verschuivingen in het rooster hebben de leerlingen in de eerste testcyclus twee lessen minder gehad dan gesteld. De leerlingen hebben wel de opdracht binnen de deadline afgekregen. In testcyclus 2 hebben de leerlingen wel de volledig gestelde tijd les gekregen. Door de moeizame communicatie was echter duidelijk dat de leerlingen meer tijd nodig hadden. In de volgende uitvoering van de module moet er gekeken worden of de tijdsplanning uitkomt. Eventueel kan de klassikale evaluatie en het gebruik van de RCA+ ingekort worden mocht er tijdsnood zijn.

1.3.	Het ontwerpen moet te combineren zijn met een keuzeonderwerp.	Hiervoor wordt biofysica gebruikt.	In de klas bij de docent met ontwerpervaring is meer aandacht besteed aan het onderdeel biofysica. In de andere klas geeft de docent aan dat hier minder tijd en aandacht aan is besteed. Dit komt doordat de docent meer tijd nodig had om de ontwerptechnieken te behandelen, aldus de docent. De combinatie van een keuzemodule en een ontwerpopdracht is bij de docent zonder ontwerpervaring dus niet geslaagd. Door meer tijd vrij te maken voor de module kan deze combinatie verbeterd worden. Voor de docent die nog nooit de ontwerpmodule heeft gegeven is het aan te raden om eerst de ontwerpmodule te geven zonder keuzeonderwerp om ervaring te krijgen met de stof. Voor het genereren van een doorlopende leerlijn is het goed om dit te doen in een onderbouwproject om daarna de technieken te herhalen in combinatie met een keuzemodule in de bovenbouw.
1.4.	Het project moet geschikt zijn voor aanpassingen.	De ontwerpers moeten te combineren zijn met alle natuurkunde modules.	In de eerste testcyclus is er voor gekozen om de module niet te geven in combinatie met een bepaald natuurkunde onderwerp maar “het ontwerpen van een goocheltruc” als context te gebruiken. De groepen hebben hiervoor verschillende natuurkundige principes gebruikt en dezelfde ontwerptechnieken. Bij alle groepen zijn de technieken goed uitgevoerd. De module is dus geschikt om bij meerde natuurkunde modules in te zetten.
1.5.	De docent moet niet te lange voorbereidingstijd hebben.	De extra tijd voor de module mag 75% zijn. Voor docenten die de module voor het eerst geven mag dit 100% zijn.	Voor de docent met ervaring voor het geven van de module zat het grootste gedeelte van de extra tijd in het nakijken van de verslagen. Deze tijd valt binnen de gestelde extra tijd. De docent die de module nog niet had gegeven had meer tijd nodig met het eigen maken van de technieken. Met het nakijken van de verslagen kwam de extra tijd uit op 1,2 keer de lestijd. De extra tijd voor een docent die geen ervaring heeft met de module en met ontwerpen is verkeerd ingeschat. Dit is een casestudie van één docent, dus om er meer over te zeggen zouden meer docenten de module moeten geven. Daarnaast is het interessant om te zien wat de leercurve is voor de docent, hoeveel de benodigde extra tijd is bij de tweede keer onderwijzen van de module.

2. LEERDOELEN			
2.1.	De leerlingen leren technieken voor alle onderdelen van de ontwerpcyclus.	Voor de volgende fases van de ontwerpcyclus krijgen de leerlingen minimaal één techniek geleerd: de analyse, conceptgeneratie, detailonderwerp, prototyping, testen en de evaluatie.	In de conceptfase van de moduleontwikkeling is er aan de hand van een ideeëntabel een keuze gemaakt voor de ontwerpstechnieken. In de module is er per fase minimaal één verdiepende techniek gebruikt.
2.2.	De hogere orde vaardigheden worden gestimuleerd en gebruikt.	Binnen de module moeten de leerlingen in projectgroepen werken, leren evalueren en plannen.	Deze eis is behaald in testfase 1 en ondersteund door het gebruik van evaluaties en multidisciplinaire projectgroepen. In de tweede testcyclus is er nog steeds gewerkt aan de hogere orde vaardigheden. De ondersteunende technieken konden echter niet correct worden uitgevoerd en de communicatie werd gehinderd door hybride onderwijs. Een extra testcyclus is nodig om hier een beter beeld van te krijgen.
2.3.	De module moet voldoen aan de gestelde exameneisen.	De module moet voldoen aan de gestelde exameneisen.	De module voldoet aan de gestelde SE eisen.
2.4.	De technieken die de leerlingen leren moeten meer diepgang bieden dan de reeds gebruikte technieken.	In het interview met de docenten wordt gevraagd om de diepgang van de stof te vergelijken.	De docenten gaven aan dat de ontwikkelde module meer diepgang bood dan de eerder gebruikte ontwerpmodules.
3. DIDACTIEK			
3.1.	De geleerde technieken moeten voor de leerlingen geschikt zijn om toe te passen los van domeinkennis.	De toepassing van de ontwerpstechnieken moet niet gelimiteerd worden door een gebrek in domeinkennis.	Bij het opstellen van de RCA, RCA+ en het PvE komt naar voren dat de leerlingen inzicht en ervaring missen in het domein om realistische inschattingen te maken. Dit heeft de leerlingen echter niet gelimiteerd in het gebruik van de ontwerpstechnieken. Bij de feedback is er aandacht besteed aan de gekozen waardes. De leerlingen gaven aan daardoor een beter inzicht te krijgen.
3.2.	Het eigenaarschap van de leerlingen moet worden bevorderd.	De input voor het project moet vanuit de leerling geleverd worden. Dit betekent dat dit niet afhangt van gegeven opdrachten.	Om aan deze eis te voldoen is ervoor gekozen om de leerlingen aan één onderwerp te laten werken in plaats van een opdracht per techniek. In de lessen gingen de leerlingen zelfstandig aan het werk en bij de vrijwillige extra uren was een groot gedeelte van de leerlingen aanwezig om aan de opdracht te werken.

3.2.	De leerlingen weken in groepsverband.	De groepsgrootte is niet meer dan 5 leerlingen.	Voldaan
3.3.	De didactiek en het geleerde moet aansluiten aan het werkveld en de vervolgopleidingen.	Bij de keuze van de aangeleerde technieken worden er alleen technieken gebruikt die in de praktijk worden ingezet.	De gekozen technieken worden onder andere gebruikt in de opleidingen: Industrieel ontwerpen, Werktuigbouwkunde, Biomedische techniek en Civiele techniek aan de universiteit Twente. Verder worden de evaluatietechnieken ook gebruikt in bedrijven die volgens de Agile methode werken.

De module is ontwikkeld aan de hand van de gestelde eisen en tijdens de testcycli is gecontroleerd of de eisen daadwerkelijk behaald zijn. Dit is in het overgrote gedeelte het gelukt. In de reflectie kolom zijn een aantal voorstellen voor aanpassingen benoemd. Onder de discussie worden verdere aanpassingen besproken.

9 Discussie

Door het verslag heen zijn aan het einde van ieder hoofdstuk evaluatie en discussiepunten toegevoegd die specifiek zijn voor het betreffende hoofdstuk. Binnen dit hoofdstuk zal er gekeken worden naar de algemene punten. Hierbij kan het zijn dat er overlap is met eerder gestelde discussiepunten.

In de eerdere modules die werden gedoceerd, werd een gebrek aan samenhang tussen de verschillende onderdelen door de docenten ervaren. In deze modules worden de technieken vaak aangeboden in losse opdrachten, waardoor de leerlingen de onderdelen ook als alleenstaand zien. Daarbij kan de ontwikkeling van de leerlingen een rol spelen, de leerlingen hebben in de fase van hun ontwikkeling, moeite met het overzicht zien. Deze cognitieve vaardigheid vindt namelijk plaats in de prefrontale cortex, die pas volledig ontwikkeld is na het 20^{ste} levensjaar (Mtui, Gruener, & Dockery, 2020). In de ontwikkelde module is ervoor gekozen om een aantal verdiepende ontwerptechnieken te implementeren en om de opdracht als een geheel aan te bieden. Dit kan gezien worden als het verschil tussen het leren van ontwerptechnieken en een totaal ontwerp gebruiken om de technieken te leren. In het laatste geval wordt de eigenaarschap van de leerlingen beter gestimuleerd en wordt het verband tussen de technieken beter duidelijk.

Het toevoegen van ontwerptechnieken kan ervoor zorgen dat de ontwerpers binnen de natuurkunde meer diepgang krijgen. Uit de evaluatie komt naar voren dat geschikte verdiepende technieken die door een natuurkunde docent gedoceerd kunnen worden zijn: evaluaties, een stakeholderanalyse, het programma van eisen met een meetbare parameter, een morfologisch schema, iteratief ontwerpen en de Pugh-matrix. Hierbij moet gezegd worden dat er talloze andere technieken zijn die niet zijn getest. De geteste technieken zijn gekozen aan de hand van literatuur en ervaringen van deze technieken.

De RCA, RCA+ en het voorbeeld van de Truck Truc konden niet succesvol door de docent zonder ontwerpervaring gebruikt worden. De RCA, RCA+ kan makkelijk achterwege gelaten worden of worden aangeboden aan leerlingen die een verdieping willen. Het is voor het ontwerpproces echter wel cruciaal dat de leerlingen het overzicht zien tussen de verschillende onderdelen. Hiervoor wordt het voorbeeld van de “Truck Truc” gebruikt. Een mogelijke oplossing zou kunnen zijn om dit voorbeeld stap voor stap uit te werken. Dit maakt het wel lastiger voor de onervaren natuurkunde docent om van het uitgestippelde pad af te wijken. Door dit voorbeeld met een ervaren ontwerpdocent te bekijken kan ook het inzicht worden gecreëerd voor de natuurkunde docent om het voorbeeld geïmproviseerd te geven.

Een verdere aanvulling is het gebruik van leerlingenvoorbeelden. Door de verschillende criteria van de rubric te scoren aan de hand van specifieke voorbeelden wordt het voor de docent makkelijker om in te schatten wat het niveau van het geleverde werk is. Hiervoor hoeft de docent dan geen inzicht van jarenlange ontwerpervaring te hebben, maar de docent kan het werk vergelijken met een score van een ervaren ontwerpdocent.

Aangezien de docenten geen ervaring hebben met ontwerpen en de didactiek rondom ontwerpen kan de vraag gesteld worden of natuurkunde docenten bekwaam zijn om ontwerpen te doceren. Een ervaren ontwerpdocent kan soepeler omgaan met de ontwerptechnieken en deze makkelijker aanpassen aan de opdracht. De leerling zit echter op het niveau waar het bewustzijn over de ontwerpcyclus nog ontwikkeld moet worden. Op het moment dat de docent op hetzelfde niveau als de leerling staat is het niet mogelijk om feedback en ondersteuning te bieden aan de leerling. Hiervoor moet de docent namelijk boven de stof staan. Door ervaring, het zien en uitvoeren van ontwerpprojecten, kan de docent groeien en inzicht krijgen in het ontwerpproces en ontwerpen in het bedrijfsleven (de Kleijn & Stichting Technasium, 2013). Het verschil in ontwerpervaring is minder te

zien bij de ontwerptechnieken maar bij de uitwerking van het context onderwerp. De leerlingen in de klas bij de docent met ontwerpervaring hebben bij de detaillering meer aandacht besteed aan het onderdeel biofysica. In de andere klas geeft de docent aan dat hier minder tijd en aandacht aan is besteed. Dit kwam doordat hij meer tijd nodig had om de ontwerptechnieken te behandelen, aldus de docent.

De docenten geven in het interview dan ook aan dat ze vooral vasthouden aan de gegeven ontwerpcyclus en technieken. Op het moment dat er vragen komen vanuit leerlingen die dit overstijgen kunnen deze vragen niet beantwoord worden en wordt er terugverwezen naar de methode. Eén docent beschrijft het als net een stap voorlopen op de leerlingen, waarbij niet het gevoel heerst dat ze de stof voldoende beheersen en de leerlingen afdoende diepgang kunnen bieden. Dat ervaring een grote rol speelt wordt ook door beide geïnterviewde docenten opgemerkt, ze zien namelijk een grote vooruitgang tussen het eerste jaar dat ze ontwerpen gaven en de opvolgende jaren. Hierbij is de vooruitgang autodidact doormiddel van het bestuderen van de methode en extra informatie op internet. Wat de docenten aangeven nodig te hebben om bekwaam voor de klas te staan wordt verschillend beantwoord. Een aangedragen optie is het zelf uitvoeren van een ontwerpopdracht, zodat alle technieken naar voren komen en door de docent zelf worden ervaren en uitgevoerd. Hierbij zou de docent dan ook graag feedback van een ervaren ontwerpdocent krijgen. De andere docent geeft aan om graag voorbeelden te zien. Deze docent wil graag meekijken bij de lessen van een ervaren ontwerpdocent om de gebruikte didactiek te zien. Deze mogelijkheden kunnen gecombineerd worden door de docenten les te geven in ontwerpen in combinatie met een project. Hierdoor hebben de docenten een voorbeeld en ondergaan ze zelf het proces. Om een ontwerptechniek in te zetten in een andere situatie zal het nodig zijn voor de docent om mee te kijken met of uitleg te krijgen van een docent die ervaring heeft met de betreffende techniek.

Naast de inhoudelijke kennis over de ontwerptechnieken is de didactiek voor een project ook anders dan binnen een standaard natuurkunde les. Het begeleiden van groepswork en het geven van feedback wordt normaalgesproken niet behandeld. . Om dit op de juiste manier toe te passen is ervaring en vakkennis nodig. De inhoudelijke kennis is de eerste stap, zonder deze kennis is het niet mogelijk om de leerlingen te ondersteunen en feedback te leveren. Het ontwikkelen van feedbackvaardigheden wordt in de opleiding tot natuurkunde docent behandeld, maar moet door toepassing in de praktijk verder ontwikkeld worden. Dit kan geoefend worden door feedback te geven in een veilige omgeving, bijvoorbeeld het docententeam.

Voor de leerlingen was afgelopen jaar anders dan andere jaren, COVID was een grote factor in het dagelijkse leven en bracht ook zijn effecten mee op school. Dit kwam ook duidelijk naar voren in het verschil binnen de testgroepen, waar bij de eerste testgroep een minimale invloed van COVID was kreeg testgroep 2 hybride onderwijs. In dit geval moesten de groepjes binnen Microsoft Teams in vergaderruimten samen komen. Met het gebruik van break-out rooms kon alsnog de ontwerpdidactiek uitgevoerd worden. Helaas is het uitvoeren van de module op deze manier verre van ideaal. Dit omdat de werkdruk voor de leerlingen achter de computer een stuk hoger is. De ontwerpteams moesten volledig digitaal samenwerken. Hierdoor was het niet mogelijk om de evaluatie optimaal toe te passen. Dit heeft ook als gevolg gehad dat de algemene communicatie moeizamer verliep dan bij de compleet fysieke lessen. Voor communicatie zijn door de ontwerpteams de volgende hulpmiddelen gebruikt: Whatsapp, Google Drive, Microsoft Teams en e-mail. Door het gebruik van meerdere applicaties is het ook moeilijker om een goed overzicht te houden, maar door de ontwerpgroepen hierin te ondersteunen is er bij de meeste groepen tijdens het project een evenwicht in gevonden.

Wat hierdoor een terugkerend patroon is bij alle ontwerpteams in testgroep 2 is dat de taken veel meer verdeeld werden en minder in groepsverband werden uitgevoerd. Bijvoorbeeld de berekeningen

voor biofysica werden uitbesteed aan één a twee personen per groep. Dit is veel minder bij de gebruikte ontwerptechnieken in de eerste testcyclus, deze worden bij de meeste groepen gezamenlijk gemaakt of in ieder geval gecontroleerd. Omdat een onderdeel in de handen van één persoon ligt is het cijfer voor dit onderdeel veel variabler. Op het moment dat de uitvoerende leerling zijn best doet is het cijfer hoog en anders is het cijfer meteen laag.

Door COVID gerelateerde planningsproblemen konden er in de eerste cyclus minder ontwerplekken gegeven worden en vielen twee van de lessen binnen een 30 minuten rooster. Tijdens deze lessen zijn wel de belangrijkste aspecten van de module getest, maar door de verminderde beschikbare tijd hadden deze lessen een erg hoge werkdruk. Dit kwam ook terug vanuit de leerlingen. De pilot was wel geschikt om een beeld te krijgen van de geteste module en technieken. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de module aansluit op de gestelde eisen en wensen en dat de module geschikt is om volgend schooljaar in de praktijk te brengen. De deelnemende docenten hebben ook aangegeven de module graag te geven volgend jaar. Aan het eind van het doorlopen van de gehele module zal er wederom een evaluatie moeten plaatsvinden. Aangezien het ontwerpen van een module een cyclus is kan deze beter worden na iedere iteratie. Dan kunnen er weer verbeteringen en aanpassingen gemaakt worden voor een betere ontwerpmodule. Onderdelen waar extra aandacht aan moet worden besteed zijn: de evaluaties, het verwerken van de userstories in een stakeholdertabel, het inzicht en inschattingsvermogen van de leerlingen bij het PvE en het voldoende aandacht besteden aan biofysica als context.

10 Conclusie: doel en onderzoeksvragen

Voor de ontwikkeling van de module werd het doel gesteld om een nieuwe module te ontwikkelen met combinatie van ontwerpen en biofysica. Hierbij is gekeken naar de aspecten die nodig zijn om ontwerpen aan te kunnen bieden als natuurkunde docent. Verder zijn de volgende onderzoeksvragen gesteld bij het testen van de module:

- Welke ontwerptechnieken kunnen het beste worden gebruikt door een docent natuurkunde?
- Welke hulpmiddelen zijn nodig voor een docent natuurkunde om ontwerpen te kunnen doceren?
- Wat is het verschil in de resultaten van de leerlingen tussen een docent natuurkunde met ontwerp ervaring en een docent natuurkunde zonder ontwerp ervaring?

De ontwerptechnieken zijn gekozen aan de hand van literatuur en ervaring met de technieken. In de test in de klas komt naar voren dat het opstellen van een RCA+ moeilijk is voor de leerlingen. De docenten geven aan dat dit een struikelpunt is voor een docent die niet bekend is met deze techniek. Het gebruik van een RCA+ is dus in eerste instantie niet geschikt. De technieken: evaluaties, een stakeholderanalyse, het programma van eisen met een meetbare parameter, een morfologisch schema, iteratief ontwerpen en de Pugh-matrix zijn wel geschikt voor het natuurkunde onderwijs.

Om deze technieken te kunnen doceren hebben de docenten een heldere reader nodig om aan te bieden aan de leerlingen. In de docentenhandleiding worden duidelijke klassenvoorbeelden gegeven, docent A geeft aan dat deze een goede start zijn maar dat het niet genoeg is om de techniek uit te leggen op het moment dat de leerlingen vragen stellen. De docenten geven aan dat het volgen van een ervaren ontwerpdocent en zelf ontwerpen onder begeleiding nodig is om bekwaam te worden in het doceren van ontwerpen.

De resultaten van de ontwerp technieken zijn in de verslagen van beide klassen vergelijkbaar. Dit ondanks de moeite die de docent zonder ontwerpervaring ervaart bij het uitleggen van de RCA en RCA+ techniek. Hierbij kan het wel een rol spelen dat een gedeelte van de technieken nog is uitgelegd door de docent met ontwerpervaring. Bij de detaillering is wel een verschil te zien tussen de klassen. De docent zonder ontwerpervaring heeft hier minder tijd en aandacht aan besteed. Dit komt doordat de docent meer tijd nodig had om de ontwerptechnieken te behandelen. Er is meer focus op het begrijpen van de technieken, daardoor is het onderdeel biofysica minder behandeld.

Door de ontwikkeling van deze ontwerpmodule is er duidelijk wat moet gebeuren om succesvol ontwerpen te kunnen doceren in vwo 5 en 6. De docenten die hebben geholpen met het testen van de module zijn enthousiast om volgend jaar weer met de module aan de slag te gaan en de voorgestelde verbeteringen en aanpassingen door te voeren.

11 Literatuur

- Agile vs. Waterfall | Software Development Methodologies. (n.d.). Retrieved July 12, 2021, from <https://project-management.com/agile-vs-waterfall/>
- Alles over het DISC model - Matrix Events. (n.d.). Retrieved July 12, 2021, from <https://matricevents.nl/2017/12/alles-over-disc/>
- Artrose | Cijfers & Context | Oorzaken en gevolgen | Volksgezondheidzorg.info. (n.d.). Retrieved July 12, 2021, from <https://www.volksgezondheidzorg.info/onderwerp/artrose/cijfers-context/oorzaken-en-gevolgen>
- Bruning, L., & Michels, B. (2013). *Concept-contextvenster: zicht op de wisselwerking tussen concepten en contexten in het bèta-onderwijs*. Slo, nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling.
- Cervone, H. F. (2009). Using Pugh matrix analysis in complex decision-making situations. *OCLC Systems & Services: International Digital Library Perspectives*, 25(4), 228–232. <https://doi.org/10.1108/10650750911001815>
- Commissie Vernieuwing Natuurkundeonderwijs havo/vwo. (2010). *Nieuwe natuurkunde, advies-examenprogramma's voor havo en vwo*.
- Crismond, D. P., & Adams, R. S. (2012). The informed design teaching & learning matrix. *Journal of Engineering Education-Washington*, 101(4), 738.
- de Kleijn, J., & Stichting Technasium. (2013). *Leren van professionele projecten: over kennis in projectenonderwijs*. Retrieved from <https://books.google.nl/books?id=WdwBoQEACAAJ>
- DiCicco-Bloom, B., & Crabtree, B. F. (2006). The qualitative research interview. *Medical Education*, 40(4), 314–321.
- Ebbens, S., & Ettekoven, S. (2013). Effectief leren. *Derde Druk. Groningen: Noordhoff Uitgevers*.
- GUIDE, S. (n.d.). Scrum. Org, *Disponível Em* < [Http://Www. Scrum. Org/](http://www.scrum.org/)>. *Acessado Em*, 13.
- Het DISC instrument - Informatie over DISC en trainingen. (n.d.). Retrieved July 12, 2021, from <https://www.impact-ontwikkeling.nl/pagina/disc/disc-model/#>
- Hunter, D. J., Schofield, D., & Callander, E. (2014). The individual and socioeconomic impact of osteoarthritis. *Nature Reviews Rheumatology*, 10(7), 437.
- Jonsson, A., & Svingby, G. (2007). The use of scoring rubrics: Reliability, validity and educational consequences. *Educational Research Review*, 2(2), 130–144.
- Korthagen, F., & Vasalos, A. (2005). Levels in reflection: core reflection as a means to enhance professional growth. *Teachers and Teaching*, 11(1), 47–71. <https://doi.org/10.1080/1354060042000337093>
- Kortland, K., Mooldijk, A., & Poorthuis, H. (2017). *Handboek natuurkundedidactiek*. Amsterdam, Netherlands: Epsilon Uitgaven.
- Mayo Clinic Staff. (2018). osteoarthritis Diagnosis & treatment. Retrieved March 27, 2019, from <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/osteoarthritis/diagnosis-treatment/drc-20351930>
- Moving From Waterfall To Agile With Kanban. (n.d.). Retrieved July 8, 2021, from <https://www.digite.com/blog/waterfall-to-agile-with-kanban/>
- Mtui, E., Gruener, G., & Dockery, P. (2020). *Fitzgerald's Clinical Neuroanatomy and Neuroscience E-*

Book. Elsevier.

- Overall *Natuurkunde: bovenbouw [5e editie]*. (2019). Retrieved from <https://books.google.nl/books?id=F5dvzgEACAAJ>
- Ploegmakers, J. J. W., van Roermund, P. M., van Melkebeek, J., Lammens, J., Bijlsma, J. W. J., Lafeber, F. P. J. G., & Marijnissen, A. C. A. (2005). Prolonged clinical benefit from joint distraction in the treatment of ankle osteoarthritis. *Osteoarthritis and Cartilage*, 13(7), 582–588. <https://doi.org/10.1016/J.JOCA.2005.03.002>
- Rubin, K. S. (2012). *Essential Scrum: A practical guide to the most popular Agile process*. Addison-Wesley.
- Sanders, G., Pieters, M., Schalk, H., Carelsen, F., & Kortland, J. (2016). *Het implementeren van contexten in onderwijsmateriaal: Een ontwerp-en analyse-instrument voor de natuurwetenschappelijke vakken*. SLO.
- SLO. (2019). *Leerlijnen voor 21e eeuwse vaardigheden*.
- SLO - Leerplan in Beeld. (n.d.). Retrieved July 12, 2021, from http://leerplaninbeeld.slo.nl/havo_vwo_onderbouw/mens-en-natuur/natuurkunde/natuurkunde-inhouden-po-havo-vwo/kerndoelen/
- Souchkov, V. (2013). *Accelerate Innovation with TRIZ*.
- Stellmack, M. A., Konheim-Kalkstein, Y. L., Manor, J. E., Massey, A. R., & Schmitz, J. A. P. (2009). An assessment of reliability and validity of a rubric for grading APA-style introductions. *Teaching of Psychology*, 36(2), 102–107.
- Surma, T., Vanhoyweghen, K., Sluijsmans, D., Camp, G., Muijs, D., & Kirschner, P. A. (2019). *Wijze lessen: twaalf bouwstenen voor effectieve didactiek*. Ten Brink Uitgevers.
- Toetsing | Rubrics: Theorie. (n.d.). Retrieved July 12, 2021, from <https://toetsing.sites.uu.nl/modules/rubrics/rubrics-theorie/>
- Van't Veer, J., Wouters, E., Veeger, M., & van der Lugt, R. (2020). *Ontwerpen voor zorg en welzijn*.
- Van Boeijen, A., Daalhuizen, J., van der Schoor, R., & Zijlstra, J. (2014). *Delft design guide: Design strategies and methods*.
- Van Casteren, W. (2017). The Waterfall Model and the Agile Methodologies: A comparison by project characteristics. *Research Gate*, 2, 1–6.
- van der Vlugt, C. I. M., Beindorff, W. H., & Sonneveld, W. (2017). *Technisch ontwerpen in de Biomedische Technologie*. Utrecht: Vereniging NLT.
- van Lier, W. (n.d.). Stakeholdermanagement en Scrum (+ stakeholder mapping template). Retrieved July 12, 2021, from <https://agilescrumgroup.nl/stakeholder-management-matrix-model/>
- Verhelst, F. (n.d.). Wat is een User Story (en hoe maak je een User Story)? Retrieved July 12, 2021, from <https://agilescrumgroup.nl/wat-is-een-user-story/>
- Verkerke, G. J.; Hekman, E. E. G. (2017). *'Integrative design of Biomedical products' Reader*. Retrieved from https://blackboard.utwente.nl/bbcswebdav/pid-1065539-dt-content-rid-2642444_2/courses/2017-191150700-1A/Design reader.pdf
- Vink, C., de Greef, L., Post, G., & Wenting, L. (2017). *Designing interdisciplinary education: A practical handbook for university teachers*. Amsterdam University Press.

- Vos, T., Flaxman, A. D., Naghavi, M., Lozano, R., Michaud, C., Ezzati, M., ... others. (2012). Years lived with disability (YLDs) for 1160 sequelae of 289 diseases and injuries 1990--2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *The Lancet*, 380(9859), 2163–2196.
- Weinberg, B. A., Hashimoto, M., & Fleisher, B. M. (2009). Evaluating Teaching in Higher Education. *The Journal of Economic Education*, 40(3), 227–261. <https://doi.org/10.3200/JECE.40.3.227-261>

12 Appendix

12.1 Interviewvragen

Introductie:

Voor het onderzoek wordt er gekeken naar de aspecten die nodig zijn om ontwerpen aan te bieden als natuurkunde docent. Verder komen er de volgende deelvragen naar voren:

- Welke ontwerp didactiek kan het beste worden gebruikt door een docent natuurkunde?
- Welke hulpmiddelen zijn er nodig voor een docent natuurkunde om ontwerpen te kunnen doceren?
- Wat is het verschil in de resultaten van de leerlingen tussen een docent natuurkunde met ontwerp ervaring en een docent natuurkunde zonder ontwerpervaring?

De vragen die ik ga stellen zullen helpen inzicht te geven in de ervaring van de docent en vergelijking bieden met de eerdere ervaringen. Uw antwoorden zullen volledig anoniem worden verwerkt. De volgende interviewvragen dienen als leidraad, het interview wordt semigestructureerd gehouden.

Achtergrond

1. Welke opleiding heeft u ná de middelbare school gevolgd?
2. Hoe lang geeft u al het vak natuurkunde?
3. Heeft u zelf ooit scholing gehad over ontwerpmethodiek? Zo ja, wat hield deze scholing in?
4. Hoe lang geeft u ontwerpmethodiek als onderdeel van een vak? Mogen ook andere vakken zijn dan natuurkunde.
5. Wat is uw visie binnen lesgeven in het algemeen en ontwerpen specifiek?

Ontwerpmethodiek

1. Op welke manier(en) wordt de ontwerpmethodiek voor het vak bepaald?
2. Op welke manier(en) wordt de ontwerpmethodiek in het vak aangeboden?

Eerdere ontwerp ervaringen

1. Welke leerdoelen stelt u bij het geven van ontwerpen?
2. Welke leerdoelen behalen de leerlingen makkelijk tijdens het ontwerpen?
3. Zijn er leerdoelen die niet of moeilijk behaald worden tijdens ontwerpllessen?
4. Wat zijn daar volgens u oplossingen voor?
5. Op welke manier wordt er geprobeerd de kwaliteit van de ontwerpopdracht hoog te houden?
6. Zijn er leerdoelen die u graag aan uw ontwerpllessen zou willen toevoegen?
7. Voelt u zich vertrouwd en bekwaam bij het geven van ontwerpen?

Ontwerpen module leerlingen

1. Zijn er bij de getoetste ontwerpmethodode andere leerdoelen naar voren gekomen dan dat u had verwacht?
2. Zijn er leerdoelen NIET behandeld die u wel graag had gezien?
3. Welke leerdoelen behalen de leerlingen makkelijk tijdens het ontwerpen?
4. Zijn er leerdoelen die niet of moeilijk behaald worden tijdens ontwerpllessen?
5. Wat zijn daar volgens u oplossingen voor?
6. Welke technieken spreken u juist wel of juist niet aan binnen de ontwerpmethodode?
7. Welke technieken denkt u dat de leerlingen hebben geholpen in het behalen van de leerdoelen?

Ontwerpen module docent

1. Wat vond u van de module in het algemeen?
2. Waren de verschillende technieken na uitleg in de module duidelijk?
3. Zo nee, wat zou u nodig hebben om deze technieken te gebruiken en aan een klas te leren?
4. Welke aanpassingen zou u maken aan de module?
5. Zou u de module (met eventuele aanpassingen) nogmaals geven?

Ontwerpen en biofysica

1. Wat vind u van de combinatie ontwerpen en biofysica en waarom?
2. Denkt u dat de leerlingen beide onderwerpen voldoende geëxploreerd hebben? En hier voldoende kennis van opgedaan hebben?
3. Zou u nog veranderingen aan de combinatie aanbrengen?

Algemene afsluitende vragen

1. Hebben de leerlingen voor uw gevoel ook verder hogere orde leerdoelen bereikt?
2. Heeft u nog verdere op of aanmerkingen?

12.2 Interview A

I: Ik heb hier een aantal vragen liggen, dus als ik wegstap is dat omdat ik nog even door mijn aantekeningen aan het kijken ben, en niet omdat ik niet meer aan het luisteren ben. Ik ga ze niet één voor één af, maar het is meer een guide voor een semigestructureerd interview. Als je dingen te binnen schieten, dan hoef je niet een vraag die ik stel te beantwoorden, maar zeg het gewoon, dan plaats ik het daarna op de juiste plek weer terug. Eerst heb ik een stuk waar ik een paar vragen wil stellen over je achtergrond om een kader te schetsen en daarna over ontwerpen in het algemeen, daarna de geteste module, specifiek. Welke opleiding heb je na de middelbare school gevolgd?

R: Electrotechniek aan de Universiteit Twente.

I: Daarna ben je overgestapt op de docentenopleiding?

R: Ja. Science Education and Communication.

I: Die heb je meteen na de opleiding gedaan?

R: Die heb ik inderdaad naadloos er achteraan gedaan.

I: Daarna ben je werkzaam gegaan als docent Natuurkunde?

R: Ja. Ik ben net voor mijn afstuderen begonnen met een vervangersbaantje. Toen heb ik Kim Krijtenburg gedurende een maand of vier vervangen, dat is iemand die je niet kent.

I: Zij ging net voor mij weg.

R: Vervolgens ben ik vier jaar ben ik vier jaar aan het werk geweest op De Waardenborch in Holten. Op één oktober 2014 ben ik hier weer gekomen.

I: Dus hoe lang geef je dan nu in totaal het vak Natuurkunde al?

R: Iets meer dan elf jaar.

I: Heb je in die tijd, of in je opleiding, ontwerpdidactiek geleerd?

R: Nee, dat komt mij niet bekend voor, dat ik dat tijdens mijn opleiding heb gehad?

I: En tijdens je tijd als Natuurkundedocent daar nog bijscholing voor gehad, of een stukje professionalisering, of een cursus?

R: Nee, dat heb ik allemaal moeten uitvinden.

I: Je geeft wel ontwerpmethodiek als onderwerp van het vak, en dan niet alleen het vak Natuurkunde, maar je geeft ook NLT? Hoe lang geef je daarin al het Ontwerpen?

R: Natuurkunde, min of meer sinds het begin, want Ontwerpen is volgens mij altijd al een onderdeel geweest van het programma. Maar binnen het Natuurkundeprogramma is het geen gigantisch groot onderdeel. Het is, een beetje oneerbiedig gezegd, een slap aftreksel van wat echt ontwerpen zou moeten zijn.

I: En binnen NLT, want daar geef je ook Ontwerpen, toch?

R: Ja. Daar komt het ongeveer op hetzelfde neer.

I: Heb je daar dan nog wel een visie in ontwikkeld, hoe je Ontwerpen wilt aanleren bij leerlingen?

R: Ik doe het wel op mijn manier nu en dat is een manier die voortgekomen is uit het feit dat het in het programma staat, dus ik me daarop in moest lezen, dus uit de boekjes heb gehaald wat er aan de leerlingen aangeleerd moet worden. Ik denk dat dat een vrij minimalistische vorm is. Bij mijn opleiding Electrotechniek zijn we ook niet echt bezig geweest met een ontwerpcyclus of iets dergelijks.

I: In die eigen manier van jou, heb je daar voor jezelf een aantal leerdoelen opgesteld? Dit wil ik de leerlingen meegeven? Of welke leerdoelen probeer je aan te houden bij het ontwerpen?

R: De eindtermen zoals ze in de syllabus staan, die zijn vrij minimaal. Ik probeer ze mee te geven dat ze in ieder geval moeten weten welke stappen erin zitten, zes of zeven stappen. Dat het geen lineair iets is, maar een cyclus, dus dat je er ergens instapt, maar dat je aan het eind van de eerste cyclus bepaald nog niet klaar bent, en dan moet gaan evalueren.

I: Dat is dus een stukje technieken binnen het ontwerpen. Zijn er nog andere leerdoelen die je mee wilt geven, op het moment dat jij een blok of les Ontwerpen geeft?

R: Wat dingen als out of the box proberen te denken. Dat lukt leerlingen heel vaak niet, want meestal blijft het hangen bij oplossingen die al bestaan, of triviale oplossingen. Dat zie je heel vaak voorbij komen, maar ik probeer wel altijd ideetjes te geven van, dit is out of the box.

I: Dus out of the box is dus ook een van die hogere leervaardigheden?

R: Ja. Ik probeer ze wel mee te geven wat nou belangrijk is in die cyclus en hoe je aan een nog iets hoger cijfer kunt komen bijvoorbeeld, door nog iets mooiers te ontwerpen en verder te gaan dan de gebaande paden.

I: Probeer ze je dan ook nog dingen als samenwerking of time management binnen het proces mee te geven? Of focus je je in de lessen echt op de theorie, op het stukje ontwerpen?

R: In eerste instantie is dat een stukje theorie. Je moet ze eerst meegeven wat nou het idee, het verhaal erachter is, en de stappen die ze moeten nemen. Uiteindelijk wordt dat een soort van recept, dan zie je vaak dat leerlingen die een zesje halen het recept hebben gevolgd en klaar is kees. Leerlingen die het echt leuk vinden en iets moois weten te creëren zijn verder gegaan dan het standaard recept. Zij hebben dan out of the box gedacht.

I: En zij worden daarvoor beloond?

R: Ja, dat kun je over het algemeen aan het eind ook wel zien.

I: Van die doelen, want we hebben het nu over het recept volgen of iets verder, zijn er dingen waar je merkt dat leerlingen snel tegenaan lopen, of doelen die voor jouw gevoel moeilijk behaald worden?

R: Het echt stellen van goede ontwerpeisen, en het vervolgens ook het met goede ideeën komen voor het oplossen van zo'n eis. Het overgrote merendeel blijft hangen in de gebaande paden. Hoe het in het examenprogramma staat, nodigt daar ook wel toe uit, want het is een vrij summier omschreven deelonderwerp dat niet schriftelijk getoetst kan worden, min of meer. Dus je moet het een keer gedaan hebben tijdens een practicum, dat moet ook maar ergens in het nogal volle programma passen, dus het is ook in heel veel situaties een beetje een moetje dat erbij gepropt wordt, meestal ook wel in combinatie met iets theoretisch. Veel leerlingen weten op het theoretische vlak nog wel iets aardigs te halen, op het ontwerpvlak is het dan matig en dan halen ze een zes en een half. Dus echt het goede, hogere orde ontwerpen, dat vind ik altijd vies tegenvallen, omdat het zo ingepropt in het programma zit. Ik was net aan het proberen het examenprogramma tevoorschijn te toveren, dan kan ik het even laten zien.

I: Ik heb het examenprogramma nog ergens staan, ik ken hem wel.

R: Syllabus vijf havo, daar staat dan bij, de kandidaat kan [...] Hier staan ook nog een paar dingen grijs beschreven, die worden niet eens op het Centraal Examen getoetst, bijvoorbeeld, een technisch ontwerpprobleem analyseren en beschrijven. Dat is natuurlijk ook lastig om op een CSE te gaan toetsen. Verder, een ontwerp, een programma van eisen en wensen opstellen. Dat zijn van die dingen, die doe je omdat het nou eenmaal moet, maar ze komen niet in het Centraal Examen naar voren. Het wordt gedaan, en daar houdt het dan min of meer op.

I: Zou je daar toch graag wat anders in zien en daar nog leerdoelen in het ontwerpen willen toevoegen? In eerdere ontwerpen, dus niet per se op de afgelopen module, maar als je kijkt naar voorgaande jaren?

R: Ik zou bijna zeggen, ja, natuurlijk, maar dan moet ik specifiek gaan worden. Het is mij tot op heden altijd tegengevallen, het geven van een blokje Ontwerpen, want als je je ogen sluit en even nadenkt, wat zou nou mijn ideaalplaatje zijn? Dan staat hetgeen wat ik dan zie nogal ver af van wat ik leerlingen zie produceren. Dat komt vooral doordat het een vaardigheid is en een vaardigheid moet je gewoon vaak doen, en dit is iets wat ze één keer doen gedurende het programma en dan is het afgevinkt. Hetzelfde geldt eigenlijk voor mij als lesgevende, want ik ben ook geen enorm ervaren kracht op het gebied van ontwerpen. Ik moet het één of twee keer per jaar geven en dan moet ik het op die summiere manier doen. Bij dat geven zit ik me altijd af te vragen, moet ik ze nou heel erg diep uitleggen hoe het precies zit? Moet ik ze vier keer een voorwerp laten zien wat een goed voorbeeld is? Op het eind denk ik, ik heb mijn verhaal weer uitgedraaid over dat ontwerpen. Ik ga dan die leerlingen begeleiden, en als je die begeleidt, dan ben je aan het kletsen van, doe dit eerst, probeer dat eens, ga daar eens mee verder werken. Dat is allemaal zo in-concreet dat ik zelf ook niet echt het gevoel heb van, dit werkt heel erg goed richting leerlingen, maar goed, dat moet ook uit de leerlingen

zelf komen. Uiteindelijk zit ik altijd een beetje te worstelen en mijn best te doen, en aan het einde van het liedje denk ik, wat heeft dit nou opgeleverd? Om het even af te zetten tegen een theorietoets bijvoorbeeld, je geeft het onderwerp, jij als grote, boze allesweter vertelt hoe het zit, even aangezet, zo werkt het natuurlijk niet, maar je stopt er wat didactische trucjes in, je doet wat practica, ze hebben eraan gesnuffeld, ze kunnen ermee rekenen enzovoort. Dan geef je een toets met basisvragen en inzichtvragen et cetera, en dan worden er cijfers behaald. Als ze dan een zes en een half gemiddeld halen, ben je tevreden. Dan denk je, ik heb het blijkbaar aardig goed gegeven, en B, de toets was niet te makkelijk en niet te moeilijk. Klaar is kees. Is het tijdens een Centraal Examen zo dat je significant hoger haalt dan het landelijk gemiddelde, dan kun je helemaal zo doen, dat is dan goed gelukt. Maar hier kun je niet zeggen, dat is dan goed gelukt, want ik ga als slager mijn eigen vlees min of meer keuren. Ik heb namelijk de module gegeven, ze hebben iets geproduceerd, daar geef ik dan een cijfer voor, maar dat cijfer is ook weer gebaseerd op A, wat ik heb gezien van ze en B, wat de rest doet. Als ik alleen maar drieën uitdeel omdat het allemaal prut is, dan denk je, dat heeft niet zo veel zin, dus dan maak je er ergens in je achterhoofd allemaal zessen van. Dat blijft altijd een hele lastige.

I: Ik hoor nu ook van jou, je moet me corrigeren als het niet klopt, dat je het moeilijk vindt om het te geven, omdat je er wat minder ervaring in hebt vanuit het zelf uitvoeren?

R: Dat speelt mee, en ook omdat ik er niet echt een didactische achtergrond in heb.

I: Voel je jezelf dan wel bekwaam om dat te geven, of heb je ook het idee, ik ben hier een beetje aan het stuntelen voor de klas?

R: Ik voel me dan wel stuntelen voor de klas, ja. Ik probeer zo hard mogelijk mij te doen voorkomen alsof ik er heel goed in ben, ik hoor mezelf praten.

I: Je voelt jezelf daar dus nog niet helemaal bekwaam in, omdat echt te geven? Het is meer dat je net een stap voor de leerlingen uitloopt?

R: Ja. Ik ben bewust onbekwaam, om maar eens zo'n cliché te gebruiken.

I: Wat denk je dat je daarin nodig zou hebben, om je wel bekwaam [...] of lekker in dat onderwerp te zitten voor de klas?

R: Dan zou ik gewoon eens een goed voorbeeld moeten zien. Dan zou ik een hele lessenserie moeten meelopen met iemand die er heel erg ervaren is. Je ziet in de onderwijswereld, dan heb je een scholing zus en een scholing daar van een halve namiddag, maar dit is typisch zo iets, dat ga je niet met een PowerPoint presentatie in een workshop in twee en een half uur even bijspijkeren, omdat het een vaardigheid is. Die moet je in de vingers krijgen door vaak te doen. Ik hou van goede voorbeelden, dus ik moet het gewoon even een keer gezien hebben, denk ik.

I: En misschien ook, want je zegt, dit is een vaardigheid die je in de vingers moet hebben, dat je het zelf een keer wilt hebben gedaan? Dat als zo'n module wordt gegeven met iemand met een achtergrond in ontwerpen, dat jij en Joris bijvoorbeeld samen als professionalisering over een langere tijd daar doorheen lopen en dan zelf eens door die stappen heenlopen, denk je dat zo iets zou helpen? Om ook vanuit de leerlingen meer [...]

R: Dat gaat helpen natuurlijk, om de doodsimpele reden dat ik vooral behoefte heb aan weten op welk moment ik de juiste feedback moet geven aan de leerlingen. Vaak doe ik dat gewoon op de tast, op gevoel, omdat ik niet anders heb in mijn toolbox. Misschien komt er wel gewoon uit dat als ik mee zou lopen met een docent die daar heel ervaren in is, dat ik tot de conclusie kom dat de leerlingen

van diezelfde docent van tijd tot tijd ook hopeloze troep afleveren, en dat mijn leerlingen daar niet zo heel veel van verschillen, maar dat ik dan gewoon weet dat dat gebeurt. Of dat ik misschien de lat die ik leg wat minder hoog moet leggen. Die neiging heb ik wel. Ik leg een lat en dan denk ik, ze gaan allemaal prachtige dingen ontwerpen, ze gaan helder en duidelijk omschrijven wat ze willen maken. Ik zie het hier bij het profielwerkstuk ook weer ontstaan. Ik heb het weer een paar keer gezegd, ik wil graag dat als je gaat ontwerpen, dat je het ontwerpprobleem omschrijft. Dat is niet het omschrijven van een probleem, nee, dat is het omschrijven wat je wilt gaan maken. Dan komen er een uur later alsnog weer leerlingen naar je toe, wat is het probleem nou? Ik zeg, het is geen probleem, je moet gaan omschrijven wat je wilt gaan maken. Dan zijn ze een kwartier bezig en dan hebben ze twee regels tekst, is dit goed zo? Jij komt met je ontwerpidee, dus jij moet ook zo goed mogelijk gaan omschrijven wat je wilt gaan maken, alsof jij een stuk tekst gaat schrijven en dat opstuurt naar een ingenieursbureau die er daadwerkelijk iets van moet gaan maken. Dat vinden ze heel lastig. Ik denk iedere keer weer, ik heb die lat weer te hoog gelegd. Dan krijg je bijna de neiging om het ze te gaan voorkauwen, en om bijna te gaan dicteren wat ze moeten opschrijven.

I: Maar het moet juist ook een proces vanuit hun zijn?

R: Ja. Het is een beetje het idee van, ik ga ze leren fietsen en ik erger me aan iedere keer dat ze op hun bek gaan. Je weet van tevoren dat als je gaat leren fietsen, dat je op je bek gaat. Daarom ben je ook klein en heb je botten van elastiek en heb je een klein fietsje waar je niet hoog van kunt vallen. Maar toch denk ik, verdorie, ik had bij de eerste keer opstappen gewild, dat je dan direct weg was gereden, maar dat lukt de meesten niet.

I: Heeft dat misschien ook te maken met het niveau waar we al in zitten? Je zit nu met profielwerkstukken en vijf vwo, maar dat is de eerste keer dat ze met zoiets opstellen in aanraking komen, in plaats van dat het al eerder naar voren komt, dat ze het al een keer met de elastieken botten hebben kunnen proberen. Je kan best wel zeggen, in vijf, zes vwo, dat is al een redelijk niveau, maar dat wordt niet afgeschilderd door het kunnen dat ze al hebben in ontwerpen.

R: Ja. Dan loop je gewoon tegen een aantal praktische issues op en die hebben vooral te maken met het examenprogramma. Het komt weinig tot niet terug in het Centraal Examen. Het komt wel een beetje terug, maar dan is het een triviaal vraagje ergens tussendoor. Even een voorbeeldje voorlezen. Wat wel zou kunnen is voorstellen doen voor verbetering van een ontwerp. Dan heb je een iets specifiekere actie van, zoekdomein A, zes punt acht, in het havo-programma. Mag je even terugzoeken als je het terug luistert op je audiorecorder. Je kan op het Centraal Examen nog een vraagje krijgen van, geef een voorstel om deze ontwerp eis een goede invulling te geven, of zoiets. Zo'n soort vraag zou je kunnen stellen, maar het is niet zo dat de complete ontwerpcyclus eventjes wordt doorgeakkerd. Je doet het een keertje omdat het volgens de exameneisen moet, en daarna moet je snel weer door naar hoofdstuk zes, dan ga je weer door met Arbeid en Energie, want die komen wel terug in het Centraal Examen. Hier heb je een keer die ontwerpcyclus gedaan, je geeft de leerlingen die het heel goed hebben gedaan een acht en degenen die bagger hebben afgeleverd geef je een vijf, dan is de schade beperkt gebleven. Aan het eind van het liedje denk je, dit hebben we ook weer gehad. Maar het komt niet meer terug, dus het is één keer voorbij geweest en daarna komt het niet meer terug. Dat is hier het hele probleem. Als je dit op een goede manier zou willen geven, dan zou het een zich herhalend ding moeten zijn. Binnen het Natuurkundeprogramma weet ik nog niet eens of dat wel haalbaar is.

I: Dan zou je ook moeten kijken met andere schoolvakken, hoe je daar een doorlopende leerlijn voor de leerlingen in zou kunnen maken.

R: Dat is natuurlijk een ander verhaal.

I: Ja, maar dat is ook op een andere manier opgezet. Ik denk dat dit wel een mooie brug is naar de testmodule, de module die we nu hadden uitgevoerd, want daarin heb jij inderdaad alleen voor de klas gestaan met een aantal ontwerptechnieken die ik had aangeleverd. Joost heeft met mij meegekeken, ik heb wel ervaring binnen het ontwerpen in het bedrijfsleven en vanuit de opleiding. Hij heeft mee kunnen kijken hoe het bij mij in de klas gaat, dus ik heb hem daarvoor geïnterviewd, hoe hij dat vond gaan. Dan is het bij jou de vraag, hoe het bij jou in de klas ging, als klassieke Natuurkunde docent die wel die technieken aandraagt. Allereerst was ik benieuwd of jij een aantal leerdoelen naar voren zag komen die je niet had verwacht, die ik had opgesteld, of die je niet had verwacht onder het onderwerp Ontwerpen?

R: Er komt zo even niks in mij op.

I: Als er niets in je opkomt, dan kan dat natuurlijk ook gewoon een antwoord zijn.

R: Er zaten over de hele breedte wel wat totaal nieuwe dingen in die in het klassieke ontwerpen niet naar voren kwamen. In ieder geval in het hoofdstuk Ontwerpen in een 00:23:55.

I: Ik heb er ook leerdoelen voor de hogere orde, het samenwerken verbeteren [...] heb ik technieken aan toegevoegd, en voor een stukje time management. Die heb ik wel meteen binnen de module proberen mee te nemen, om dat nog te kunnen begeleiden. Zijn er leerdoelen niet behandeld die je wel graag had willen zien onder het kopje Ontwerpen?

R: Dan moet ik even diep nadenken. Ik ga even spieken in jouw documentjes. Had jij ze ook in een PowerPoint staan?

I: Ook, maar het staat ook aan het begin van de opdracht, daar staan ze allemaal onder elkaar.

R: Dan heb je het over de opdracht Ontwerpen Biofysica punt pdf?

I: Ja.

R: Die stakeholders, dat vond ik wel een interessante, want die komen doorgaans niet zo vaak naar voren in natuurkundeboeken. Morfologisch schema, dat was ook compleet nieuw, want als je natuurkundeboeken doorkijkt komt er niet een heel programma van eisen.

I: Bij NLT, bij die module, gebruikten ze volgens mij nog een mogelijheidentabel, of ik weet niet hoe ze het daar precies noemen, maar dat ligt een beetje tegen een morfologisch schema aan.

R: Een morfologisch schema, zoals ik het had geïnterpreteerd, is min of meer een ideeëntabel, maar dan met plaatjes.

I: Ja, en iets meer gespecificeerd op de verschillende onderdelen. De ideeëntabel kan iets algemener zijn. Een morfologisch schema is wel alleen, hoe gaan we de krachten opzetten, maar qua achtergrondideeën komt het wel redelijk overeen inderdaad.

R: De root cause analysis, dat was ook compleet nieuw, daar moest ik flink op inlezen.

I: Dit zijn ook meteen onderdelen van technieken, hoe vond je die technieken om uit te leggen?

R: Best wel lastig, als je in je achterhoofd hebt dat ik ook niet heel veel verder kom in mijn gereedschapskist dan wat er in natuurkundeboeken staat, of in boeken bij NLT. Die ken jij allicht wel,

dat zijn de standaard maniertjes van een ontwerpprobleem opstellen, programma van eisen, uitwerkingentabel, uitwerken, analyseren en weer opnieuw de cyclus in. Dat is over het algemeen simplistisch, en dan was dit ineens heel erg gedetailleerd en van tijd tot tijd ook best wel ingewikkeld. Ik heb me daar steeds op ingelezen en zo goed en kwaad als dat ging geprobeerd over te brengen aan leerlingen. Daarbij was altijd wel dat ik dacht, je geeft er een voorbeeld bij in die PowerPoint, maar eigenlijk zou je daar een voorbeeld moeten hebben dat niet precies hetzelfde voorbeeld is. Snap je wat ik bedoel?

I: Ja.

R: Even kijken of ik hier een voorbeeldje kan vinden. Bijvoorbeeld een morfologisch schema-voorbeeld, als je kijkt naar PowerPoint drie, Ontwerpen morfologisch schema, dia acht, dan zie je daar vastpakken, krachtlevering en neerzetten. Dat is volgens mij een voorbeeld wat helemaal precies past binnen de opdracht die ze zelf ook kregen, dus toen ik vaak ook terug in uitwerkingen van leerlingen dat ze dat overnamen. Toen dacht ik, eigenlijk zou je een voorbeeld moeten hebben wat helemaal los staat van hun opdracht, wat wel parallel loopt, maar wat ze dus niet letterlijk over kunnen nemen.

I: Heb jij daarin nog dat filmpje behandeld, van de goocheltruc?

R: Dat filmpje heb ik toen niet laten zien, dat heb jij laten zien, toen ik bij jou liep, want in die PowerPoint stond natuurlijk geen stuk tekst bij om aan te geven waar dat filmpje nou voor bedoeld was. Ik zag in mijn ooghoek een of andere goocheltruc voorbij komen en toen dacht ik, wat heeft dit nou met een morfologisch schema te maken? Dat heb jij toen uitgelegd.

I: Dat zijn inderdaad die dingen die een net wat andere insteek hebben. Heb je nog gebruik gemaakt van de stukje docenthandleidingen over de verschillende technieken die ik had geschreven?

R: Ja, die documenten heb ik wel gebruikt.

I: Daar staat een net iets andere uitleg in, hoe je hem ook op het bord zou kunnen schrijven. Ik merk dat dat dus niet genoeg is op het moment dat je de achtergrond niet hebt om dat goed over te brengen?

R: Ja.

I: Dat is ook gewoon een uitkomst natuurlijk.

R: Ook hier geldt, voor mij en de leerlingen, oefening baart kunst. Bij mij is het een voordeel dat ik het volgend jaar weer, op deze manier weet ik niet, maar het ontwerpen doe ik een volgende keer wel weer, dus ik kan er ook iedere keer van leren. Bij de leerlingen ligt dat net wat anders.

I: Die hebben er nu één keer voor. Wat vond je van die combinatie met biofysica, met het ontwerpen? Denk je dat zich dat daarvoor leent?

R: Dat vond ik een lastige combinatie, omdat het eindigde bij, kom met een idee, wat je dan verder niet gaat maken. Het eindigde ergens bijna aan het einde van de eerste cyclus, waardoor het ook geen cyclus meer kon worden. Toen moesten ze min of meer op theoretische basis hun eigen idee gaan evalueren, maar dat was niet getest natuurlijk.

I: Dat is wel iets wat je nog vaak terugziet natuurlijk.

R: Je hebt een paar praktische issues die je in het klaslokaal krijgt, namelijk, ze hebben alles op papier staan en dan moet het gemaakt gaan worden. Dan heb je natuurlijk materialen, kosten, hebben ze daadwerkelijk de vaardigheden om het elkaar te schroeven? Heel vaak zie je bij NLT plak- en knipwerk met karton, vilt en noem maar op. Soms zie je wel leerlingen die thuis materialen hebben en met een schroevendraaier overweg kunnen, dan wordt het al iets mooier, maar dan moet het weer naar school gesleept worden, dus dat zijn allemaal van die praktische dingen. Zeker op het moment dat het heel veel tijd gaat kosten en veel materiaal of geld, dan loop je tegen dat soort randvoorwaarden aan. Ik heb bijvoorbeeld vorig jaar, en ook dit jaar, voor NLT een module gedraaid waarbij ze iets moesten ontwerpen. In vwo vier moesten ze iets gaan ontwerpen en dat was ook min of meer iets biofysisch, maar dat heb ik iets meer ingekaderd. Dat moest een hulpmiddel worden voor mensen met een beperking. Afhankelijk van welke beperking kregen ze een bepaalde opdracht.

I: Dat is dan vanuit de module Biofysica en Ontwerpen voor NLT?

R: Ja. Ik moet even kijken wat de exacte titel was van de module.

I: Volgens mij is er vanuit de NLT maar één module die daaronder valt.

R: Vorig jaar liep ik er ook al tegenaan dat er iets ontworpen was, die leerlingen hadden op zich wel iets gemaakt, maar dat was A, twee bij drie meter, en B, bestond het uit hout en schroeven. Het heeft hier anderhalve maand in de weg gestaan, omdat ze het na de beoordeling niet meer weghaalden. En er waren heel wat leerlingen die de weg van de minste weerstand zochten, dus ze gingen een spelletje voor blinden bedenken. Op zich ook wel leuk, maar ik heb geprobeerd dat iets meer in te kaderen van, deze opdracht mag je niet kiezen, deze opdracht gaat hem ook niet worden, dus je mag kiezen uit die of die. Dat ging dan wel, maar dan heb je toch weer iets gedevalueerd. Bijvoorbeeld de jas-ophang-hulp, op zich is dat een idee waar best wel iets moois uit kan komen, maar omdat ik die ervaring had van enorme rotzooi die geproduceerd werd en volumineuze dingen, en gezeur over kosten, dat ik dacht, dat doen we niet meer. Aan de andere kant heb ik dan ook geen open vizier meer gehad. Ik heb de leerlingen niet de kans geboden om misschien met lagere kosten toch iets moois te kunnen ontwerpen.

I: Ik denk dat hier ook een kleine [...] vanuit de ontwerpcyclus die je altijd ziet in de natuurkundeboeken en ook het stukje NLT, staat er altijd een stukje bouwen, dus dat schept daar ook het idee en de verwachting dat je iets moet bouwen om een ontwerpcyclus door te kunnen gaan. Maar je kunt natuurlijk ook theoretisch iets bepalen en dan zet je eigenlijk een theoretisch model op, en die je kan ook weer in de ontwerpcyclus van voor af aan beginnen. Je hoeft dus niet per se iets te hebben gebouwd om die cyclus te kunnen afronden, het kan ook meer theoretisch zijn, maar dat wordt niet op die manier aangedragen binnen NLT en Natuurkunde. Tenminste, als ik zo die ontwerpcyclus uit het hoofd voor me zie, dan sluiten ze altijd af met een stukje bouwen, en daarna evalueren. Dan krijg je inderdaad dat er [...]

R: Daar probeer ik ook altijd op te hameren, dat het een cyclus is, dus dat de volgende cyclus ook gevolgd dient te worden. De recept-leerlingen stoppen daar gewoon mee, kijk eens, dit is mijn product, klaar.

I: Dat zou je misschien ook als tip mee kunnen nemen, om ze eerst een theoretisch model te laten doen en pas na een tweede cyclus het echt te gaan bouwen, want dan heb je nog een kans om alle foutjes eruit te werken. Dan doorloop je nog steeds de cyclus, ook al is je product dan een model of een idee.

R: Ja. Maar zeker als leerlingen thuis iets in elkaar aan het frutselen zijn, dan is het ook lastig begeleiden, want dan vraag je, waar ben je nu? We hebben een programma van eisen en dit zijn de

ideeën, en we zijn thuis aan het schroeven. Hoe ziet het er dan uit? We zijn bezig en dan komt vanzelf.

I: Dat was dit jaar met corona natuurlijk nog een stapje moeilijker.

R: Ja. Dit jaar met corona heb ik inderdaad bij die module gezegd van, het blijft bij een idee, of je maakt het thuis en dan maak je er een foto van. Dat maakt het allemaal niet makkelijker. Didactisch gezien zou ik best weleens willen weten wat daar nou goede ideeën voor zijn, uitgaande van een gewone schoolsituatie, en dan bedoel ik, hoe kun je de opdracht zodanig geven, dat je niet te snel aanstoot tegen kosten en materiaalproblemen?

I: Dat heb ik in deze module op deze manier proberen op te lossen, dat je wel een idee erachter zet en wel een ontwerp hebt gemaakt voor iets biofysisch. Dan hebben de leerlingen ook al door dat ze dat niet zomaar kunnen gaan bouwen. Dan zou je nog een tweede ronde eraan vast kunnen draaien en dan wel iets proberen te maken. Maar als je er niet te veel kosten en niet te veel moeite [...] dan wordt het toch knip- en plakwerk met papier of een prototype vanuit karton om de algemene zaken te zien.

R: Ja, en dan loop ik er altijd tegenaan dat ik denk, we hebben weer rotzooi geproduceerd en ik ben er niet tevreden over. Misschien is het zo dat ik mijn lat veel te hoog heb liggen en dat ik gewoon moet genieten van het feit dat ze met velcro en plakband hebben gekloot.

I: Dat is misschien ook een waardevolle toevoeging.

R: Ik heb het al jaren. Vijf, zes jaar geleden deden we dit met lenzen, toen moesten ze hun eigen microscoop, telescoop of virtual reality bril maken. Dan moeten ze aan lenzen komen, die gaven we ze dan maar, uit oude practicumsetjes. Dan krijg je allemaal ontwerpen met pleerollen met een lens erin. Het complete ontwerp was dan een statief met een lens op de juiste plek, dan keek je er doorheen, dat werkte dan één keer.

I: En dan veranderden de afstanden en dan klopt het niet meer.

R: Ja.

I: Denk je dat het afgelopen blok, want we hebben dan die combinatie wel gehad tussen biofysica en ontwerpen, dat ze wel van allebei voldoende hoogte hebben gekregen voor de afsluiting?

R: Ontwerpen, zeker. Dat natuurkundige aspect heb ik geprobeerd erin en tussendoor te weven, maar wanneer is het natuurkundig genoeg? Dat is wel een lastige vraag. Ik heb ze dus wel meegegeven, je moet wel bedenken hoe jij nou die krachten gaat verdelen en hoe je ervoor gaat zorgen dat misschien een hefboom wordt gebruikt zodat de kracht groot genoeg blijft enzovoort.

I: Ik heb dat toen in mijn klas nog kunnen testen met een rubric, om daar echt de cijfertjes aan te geven, ook voor het ontwerpgedeelte en voor het biofysische gedeelte. Hoe vond je überhaupt het werken met deze rubric?

R: Met rubrics werken doe ik sowieso altijd wel, maar tricky daaraan is, het is heel erg eerlijk om van tevoren die rubric te geven zodat ze weten waarop ze beoordeeld worden, maar het lokt ook uit dat ze precies [...]

I: Die puntjes van de rubric langsgaan.

R: Het verslag opstellen waar de kopjes van de rubric onder elkaar staan. Dan halen ze al een heel aantal punten, omdat die eenmaal zo in de rubric staan. Zo, dat staat erin, vink, punt gehaald. Echt het onderscheidende, het verschil tussen de zes en een half en de acht en een half, dat is heel lastig met een rubric te doen.

I: Dat is toch een stukje onderbuikgevoel?

R: Dat is alles eromheen. Dat is ook onderbuikgevoel. Als ik zie, dit is standaardwerk, dat hebben ze afgevinkt en er komt iets uit wat ik van tevoren ook al had kunnen verzinnen, dan wordt het inderdaad zo'n zes komma acht, en als ik ergens in mijn onderbuik voel, er is iets heel origineels bedacht, dan wordt het al gauw wat hoger. Het blijft dus een beetje fingerspitzengefühl, een beetje koorddans en dat kan je niet helemaal verantwoorden met een rubric. Maar dat is in het algemeen wel zo, dat is altijd het nadeel van een rubric. Het is nou eenmaal geen theorietoets met een correctiemodel waarbij je kunt zeggen, heeft het inzicht getoond dat 00:43:06.

I: Is dit voor jouw gevoel dan wel de beste manier van nakijken, voor zo'n verslag, of heb je vanuit je ervaring al andere manieren gezien waarvan je denkt, dat werkt ook goed?

R: Het is een manier die werkt, laat ik het zo zeggen. Het is nou eenmaal niet dicht te timmeren. Het is nou eenmaal praktisch werk met vaardigheden erin en samenwerken, enzovoort. Dan zou het zomaar zo kunnen zijn dat de ene docent op een vijf komma acht uitkomt, terwijl de volgende docent een zeven zou geven. Dat is iets dat je in je achterhoofd moet houden. Die lat moet je niet te hoog leggen.

I: Vind je dat vervelend als Natuurkunde docent, omdat het zo anders is dan de standaard toetsen, of moeilijk?

R: Als ik een standaard toets nakijk, dat is heel rechttoe rechtaan, je weet precies wat je moet doen, waar je aan toe bent, en als het klaar is, is het klaar. Dan ga je een PO nakijken met een rubric en dan denk je, misschien als ik hem morgen had nagekeken, had ik ze een ander cijfer gegeven dan wanneer ik het vandaag had nagekeken.

I: Met een extra kop koffie was het cijfer wat beter geworden.

R: Ja. Of misschien als ik het had nagekeken terwijl Nederland had gewonnen van Tsjechië, hadden ze een hoger cijfer gehad dan dat ik het had nagekeken terwijl Nederland had verloren.

I: Dat ken ik wel. Een optie zou dan zijn dat je met twee docenten altijd nakijkt, maar dan wordt je werkdruk ook twee keer zo groot.

R: Ja. Er zit een hoop onderbuik in en dat probeer je dan enigszins met die rubric schijn-dicht te timmeren, zodat die leerlingen in ieder geval denken, er zit iets achter, maar heel veel zit hier. Ook vanuit het feit dat ik heb gezien wat ze hebben gedaan, of vooral wat ze niet hebben gedaan, dat ik denk, er komt dit uit. Ik heb ze nooit iets zien doen, dat speelt ook mee in je onderbuik. De vraag is ook, moet je dat erg vinden? Het is nou eenmaal zo. Het hoort erbij.

I: Een oplossing is dan inderdaad, met meerdere docenten nakijken, maar dat komt nog eens boven de al hoge werkdruk die je hebt als docent. Dat kan je het in ieder geval wel voor de klassen die je hebt uitmiddelen.

R: Heb je weleens gezien hoe zo'n Centraal Examen nagekeken wordt?

I: Ja.

R: Dan snap je wel ongeveer wat het verschil is tussen dichtgespijkerd, afgekaderd, precies op de komma en punt nauwkeurig, en [...]

I: Ja. Ik heb nog twee afsluitende vragen voor je. Wat vond je in het algemeen van de module die we hadden getest nu?

R: Uitgebreid, zat veel tijd en energie in volgens mij. Was ook mooi. Soms ook te uitgebreid, dat ik niet meer wist waar ik moest beginnen. Dus als je nou zegt, ik wil er graag iets aan verbeteren, dan zou ik zeggen, probeer het [...] maak misschien twee parallelle documenten, namelijk het leerlingen- en docentendocument. En eventueel één presentatie waar alles in staat zodat je in ieder geval van boven naar beneden weet wat er gaat gebeuren. Dat zou mijn voorstel zijn. En ik denk, voor vwo vijf mag het nog wel ietsje simpeler, want ik denk dat het op dit moment heel erg volgens de ontwerpstrategie die jij ooit bij je studie hebt geleerd is gegaan, en die gaat denk ik nog net iets te diep voor vwo vijf. Ik zou dan pleiten voor iets wat in zit tussen het natuurkundeboek, wat veel te kort is, en wat jij had gemaakt, wat weer iets te lang is.

I: Nu zijn in de lessen niet alle onderdelen van de reader aan bod gekomen, maar heb ik wel het volledige plaatje laten zien, zodat ze dat eventueel nog kunnen gebruiken tijdens een profielwerkstuk of iets.

R: Als ik daar nog iets aan toe mag voegen?

I: Ja.

R: Als ik het hoofdstuk over ontwerpen zou mogen herschrijven in een natuurkundeboek, zou ik in de eerste paragraaf de theorie doen en in de tweede paragraaf twee concrete voorbeelden waarbij de hele cyclus van boven naar onder door wordt gewerkt. Twee goede, concrete voorbeelden van Pietje, Klaasje en Keesje die het volgende ontwerpprobleem voor hun snufferd krijgen, daar maken ze deze tabel van, dit programma van eisen, deze ideeëntabel et cetera. Dat zowel de docent als de leerlingen in ieder geval een goed voorbeeld hebben. Want die voorbeelden, daar ontbreekt het altijd aan in natuurkundeboeken. Ik zal eens kijken wat ik hier nog heb.

I: Ik wilde ook de verslagen van dit jaar even bekijken, naar dingen die heel goed zijn uitgevoerd. Joris wilde er sowieso mee door volgend jaar, met deze module. Ik weet niet hoe jij daarin staat, om daarin door te gaan, of wat voor aanpassingen, die ben je nu eigenlijk ook aan het aandragen, er nodig zijn om hem goed te krijgen. Maar dan wil ik inderdaad ook nog een map met een aantal voorbeelden bij iedere techniek, zodat jullie een paar voorbeelden hebben van eerdere leerlingen die goed zijn uitgevoerd, maar ook een aantal die slecht zijn uitgevoerd, zodat je allebei de [...]

R: Een lineair, chronologisch voorbeeld, zo zijn ze begonnen, dit is er uitgerold, met deze tussenstappen er tussendoor, hier hebben ze op gereflecteerd, toen zijn ze voor de tweede keer de cyclus in gegaan en [...]

I: Goede tip. Heb je verder nog op- of aanmerkingen, of zijn er nog observaties tijdens de les naar voren gekomen waarvan je dacht, dat sprong er echt uit?

R: Dat was een tijd-issue. Het aantal lessen was vrij beperkt voor een best wel uitgebreid iets, waar én ontwerpen én natuurkundige dingen in naar voren moesten komen. En het moest uitgelegd worden, en ze moesten tijd hebben om zelf aan het ontwerpen te slaan. Het was dus erg op elkaar gepropt.

I: We hadden ook nog twee weken met een dertig minutenrooster, we hadden nog een week waarbij buiten de Koningsdagfeesten waren, dus ik weet niet of jij er nog last van hebt gehad, maar ik kon toen mijn les niet echt geven, omdat ze recht voor het raam zaten.

R: Maar dat is een planningsding, dat heeft niet zo veel met de module te maken.

I: Ja. Iets meer tijd zou dus wel nodig zijn en je denkt dat die nu ook invloed heeft gehad op het geleverde werk?

R: Ja.

I: Verder nog dingen?

R: Verder niet.

I: Dan wil ik je heel erg bedanken voor je tijd. Ik kan er flink mee aan de slag en ik ga nog proberen om een aantal doorvoeringen te maken voor die module en hopelijk kunnen jullie die volgend jaar dan ook gebruiken.

12.3 Interview B

Docent B deel 1

I: Neem ik 'm vanaf nu op, dus verder zijn de antwoorden allemaal anoniem. Ik maag gewoon docent A en B ervan, die als expert erover zeggen, ik zeg ook mijn zegje erover, maar ik heb, omdat jij de lessen hebt gekeken ben jij dan vanuit de expert rol die kijkt naar iemand die ervaring heeft met de stof en het ontwerpen zelf. Allereerst heb ik een paar vragen over je achtergrond. Welke opleiding had je gevolgd na de middelbare school?

R: Technische natuurkunde aan de universiteit.

I: Oké, technische natuurkunde. En daarna dus dan de opleiding tot natuurkundedocent.

R: Ja, maar wel een aantal jaren later. Ik ben 2001 denk ik afgestudeerd en ik ben in 2016 ben ik begonnen in het onderwijs en heb ik de eerste jaar een zij instroom opleiding gedaan.

I: Dus 2016 dus dan zit je op vijf jaar nu in het onderwijs.

R: Ja.

I: Oké. En heb je in die tussentijd ook nog of bij technische natuurkunde ook nog scholing gehad over ontwerpmethodiek?

R: Nee.

I: Nooit scholing of een professionalisering vanuit de school.

R: Nee.

I: Nee. En hoelang geef je nu eigenlijk al ontwerpmethodiek als onderdeel van het vak natuurkunde of vanuit andere vakken.

R: En dan gaat het specifiek om het ontwerpen?

I: Ja, het ontwerpen.

R: De natuurkunde niet, ja nou het is een klein beetje aan bod gekomen bij een van de keuze bij havo maar ik heb toen een aantal jaren ook geen havo bovenbouw meer gedaan en bij vwo zat het er eigenlijk helemaal niet in het ontwerpen. Dus toen ja dacht Peter het gaat allemaal nu goed met PTA maar het moet er wel in, dus daar is ook een beetje de vraag bij jou toen terechtgekomen.

I: Ja.

R: En ik heb toen bij NLT wel ervaring, daar moest ik een vierde is echt een module ontwerpen in de biomedische technologie, dus dan ga je echt heel bewust door die ontwerpcyclus door.

I: Ja.

R: Dus daar heb ik wel ervaring mee.

I: En hoelang geef je die al?

R: Die module heb ik denk ik drie jaar gegeven.

I: Drie jaar gegeven. Dus je hebt drie jaar ervaring met het geven van ontwerpen binnen een schoolse opzetting zeg maar.

R: Ja.

I: Ja. Heb je daar ook dan een bepaalde visie binnen ontwikkeld binnen je lessen en je lesgeven en dan specifiek dat ontwerpen hoe je dat wilt aanbieden bij de leerlingen?

R: Nou ik heb me vooral aangepast denk ik aan het gebruik van de ontwerpcyclus zoals die in die module toegepast werd. Dus dat is zeg maar de bekende, dat is echt dat rondje met probleem analyseren, programma van eisen, uitwerken in een tabel. Die wordt trouwens ook in de IT course wel weer gebruikt voor de digitale escape room komt hij ook wel weer terug. Dus onbewust ben ik er toch wel wat vaker mee bezig geweest dan ik dacht. En ja het is meer een beetje voor mezelf aanscherpen dat je zorgt dat je in de uitwerkingstabel dat het op een gegeven moment wel concreet genoeg wordt, genoeg oplossingen aandragen, leerlingen vooral er wel op aansturen van benader het nou gewoon zo open mogelijk en ga niet op voorhand al bedenken waarom het niet kan, want dat ga je pas echt later doen als je naar je ontwerpvoorstel gaat. Maar eerst gewoon alles eigenlijk gewoon bedenken wat voor oplossingen er zijn. Maar daar wordt wel een beetje mee gestruggeld want dat vinden ze gewoon wel lastig om dan gewoon zo'n goede uitwerkingstabel maken dat vinden ze echt wel een [...] nou dat is wel een behoorlijke uitdaging voor ze.

I: En waaruit heb je die visie opgesteld zeg maar, is dat vanuit de stof die je als module hebt aangereikt gekregen en is dat gaandeweg gebeurd of had je al van tevoren een idee van zo wil ik dat [...]

R: Nee, gewoon ermee starten en dan gaandeweg ontdekken van wat werkt wel en wat werkt niet. En ja dat was daar wel een, ja weet je omdat je ook zelf continu gewoon je lessen evalueert en je denkt nou weet je hoe kan ik dat wat meer inkleden ook wel weer [...] het is natuurlijk op zichzelf niet een super sprankelend onderwerp en je moet er echt wel toepassingen bij hebben. Want dat is wel belangrijk als je dan een ontwerp gaat gebruiken. En er was een grote, kijk die module had je dus een eindopdracht, daarin moesten ze het toepassen, maar ze kregen het ook aangeleerd die ontwerpcyclus. Dus ze moesten allemaal nou met een ziekenhuisbed of met een koortsthermometer ja dat is allemaal toch een beetje kunstmatig of zo. En ik denk als leerlingen echt iets doen waar ze gewoon echt, waar ze wat meer eigen inbreng in hebben dan hebben ze daar wel [...] is het wel meer motiverend en gaan ze er ook meer mee bezig.

I: Dus dat het meer eigenschap is van de leerlingen en niet zeggen van zoek dit uit.

R: Ja, gewoon oefeningetjes daar werden ze niet echt heel gelukkig af. Gewoon oefening van nou bedenk maar uit in een tabel voor het ziekenhuisbed. Nou, daar hebben zoveel [...] het klopt wel, maar ja als je iets doet, denk maar die goocheltruc wat we met 6V gedaan of met een prothese ja dan is het meer wat ze zelf een beetje bedacht hebben.

I: Ja.

R: Is het gewoon eigenaarschap is gewoon heel belangrijk voor leerlingen.

I: Ja, want je hebt het nu over die NLT module dat is dan ook ontwerpen binnen biofysica en dat zijn inderdaad kleinere onderdeeljes die de hele tijd terugslaan op [...]

R: Ja, je hebt eerst gewoon een soort theoretische basis over de ontwerpcyclus, alle stappen ga je door, elke keer met voorbeelden vanuit de module en dan moeten leerlingen moeten dan een woordweb maken of ze moeten een mindmap maken, of ze moeten dan het plan van eisen opstellen maar dat is allemaal heel theoretisch omdat het allemaal ja niet over iets echt nog gaat.

I: Nee.

R: Dus ze leren de stapjes wel maar ik weet wel leerlingen waren daar nooit zo enthousiast over.

I: Nee. En bij het geven van die module of van het [...]

(deur wordt gesloten)

I: En bij het geven van die module heb je dan ook al een paar [...] wat zijn de leerdoelen die je er dan bij hebt gesteld of worden die aangedragen vanuit [...]

R: Ja die zijn de module vast maar het is wel echt dat ze ook kennismaken met hoe je een ontwerp moet maken en dat je zeg maar, want zij moeten een hulpmiddel maken vanuit biomedische technologie, en dat betekent wel dat ze echt leren dat je dat niet [...] want dat is natuurlijk gewoon wat ze intuïtief doen, is gewoon maar iets bedenken en [...]

I: En dan gaan we deze doen.

R: Ik pak een plank hout en ik ga zagen en ik ga boren en ik ga timmeren en ik heb een hulpmiddel. Nee, je moet echt eerst dat planmatige eigenlijk wat erin zit. Eerst nadenken wie zijn mijn stakeholders, wie zijn [...] waar moet het precies aan voldoen, heb ik het goed in beeld, wat voor oplossingen zijn er. Eigenlijk net als je een huis bouwt dat je eerst nadenkt over een tekening in plaats van gewoon meteen maar gaat metselen. En of je het nou over een website bouwen hebt of over escape room bouwen, leerlingen willen gewoon gaan en je moet ze echt dwingen nee je moet eerst gewoon nadenken wat willen we eigenlijk en dat aanleren dat was wel echt een belangrijk leerdoel van die module. En ook wel wat nu bij IT course gebruiken bij de escape room en bij andere dingen waar het ontwerp weer in terugkomt.

I: Ja. Dus dat zijn vooral de algemene ontwerptechnieken eigenlijk en heb je daar eigenlijk nog hogere leerdoelen boven staan, want ik hoorde je net al zeggen dat samenwerken en dat dingen dat ook wel belangrijk is [...]

R: Ja, het samenwerken is wel belangrijk maar dat komt niet naar voren in die [...] niet in combinatie met het ontwerpen. Ze doen het wel in groepjes, maar niet [...]

I: Dat is voor jou geen leerdoel an sich.

R: Nee. Nou ja, nu terugkijkend denk ik dat wat ik net ook al zei toen we met (naam) 00:07:44 hier aan het praten waren, ja ik vind dat samenwerken daar kom ik steeds meer achter dat heeft eigenlijk gewoon [...] ja wij denken gewoon gooi maar mensen bij elkaar en ze gaan wel samenwerken maar dat moet je veel meer aan het begeleiden en dat zijn we dus met IT 00:07:55 mee bezig. Ik heb nu een of andere doos gekregen met allemaal dingetjes van Heutink om het inzichtelijk te kunnen maken het samenwerken ik moet er nog even induiken hoe het precies zit, maar we moeten daar wel veel meer bewust mee bezig zijn denk ik. En dat is ook zeg maar als je nu naar practica kijkt het levert best een hoop, nou toch wel gezeur op, en er zijn dan ook wel groepjes die ook niet 00:08:15 het heeft geen zin of zo, maar je wilt eigenlijk gewoon dat een leerling het gewoon ook echt, het moet

iets toevoegen. Ik denk dat het nu te vaak voor leerlingen een samenwerking niet iets toevoegt maar meer een last is. En dat is jammer want je wilt juist dat ze er iets aan hebben.

I: Dat gaan ze ook binnen hun beroepsleven zeg maar, ze gaan niet in hun eentje een bedrijf runnen.

R: Nee, ze moeten er iets van leren en nu ben je dat ja groepjes en het is ook vaak met vriendjes en vriendinnetjes samen. Ik denk ja dat moet je ook misschien loslaten, gewoon nieuwe groepjes maken, echt goed kijken van wat past bij elkaar. Ik denk dat we daar echt wel een hele slag te slaan hebben.

I: Ja. Merk je bij het ontwerpen en dan de eerdere ontwerp modules en niet per se de afgelopen module, zijn er nog dingen wat moeilijk te behalen was voor leerlingen qua leerdoelen of qua gewone doelen? Dat je al meteen zag oké ik geef zo'n module en hier lopen leerlingen echt standaard tegenaan?

R: Ja, toch wel met het idee genereren in zo'n uitwerkingsmodel dat vinden ze echt een lastig stuk om dat goed om daar ook echt wel hoe heet het echt open te denken dus niet op voorhand al dingen uit te sluiten en het ook wel weer concreet maken. We hebben nu met bijvoorbeeld NLT 5V hebben we nu ook een ontwerpopdracht gedaan voor het nieuwe schoolplein moesten ze ontwerpen, ook vier ontwerpcyclus. Ja en dan komen ze in de onderste [...] ja het verbeteren van stadsklimaat, ja meer vegetatie. Ja meer vegetatie, ja bomen, gras, struiken.

I: Ja, je mist de meetbaarheid.

R: Ja. En het hele schoolplein of een klein stukje of weet je dus ja iets met water. Ja, wat wil je een vijver, een fontein, waterval, wat gaan we [...] dus en dat vinden leerlingen wel moeilijk om dat [...] en dan moet je ze ook nog continu blijven vertellen waar doe je het nou eigenlijk voor. En als je dan al die oplossingen hebt, dat je dan gaat kijken welke oplossing zorgt er nou voor dat ik aan al die eisen kan voldoen. En dat de beste oplossing voor jouw eis een niet per se [...] dat het niet altijd de beste oplossing zult kiezen per eis, maar dat je wel gewoon kiest naar het grote geheel. Dus je moet ze wel elke keer heel erg in het proces meenemen van waar doe je het nou eigenlijk voor en waarom is het belangrijk.

I: En qua die hoge orde dingen waar we het net over hadden, je zei over samenwerken lopen ze nog weleens tegenaan.

R: Ja.

I: En nog andere van die dingen die ervoor zorgen dat eigenlijk het proces minder lekker loopt.

R: Nou ja, misschien ook wel een beetje dat valt denk ik ook wel onder samenwerken maar gewoon ook elkaar gewoon kunnen aanspreken. Ik denk dat pubers dat heel lastig vinden. Dat is wel iets wat ze niet veel te weinig doen. En uiteindelijk dan echt helemaal laten ontsporen en dan een keer aan de bel trekken, dat ze eigenlijk al veel te laat zijn. En volgens mij als je gewoon eerlijk bent kun je best al wat eerder al wat dingetjes zeggen. Dus dat.

I: Ja.

R: En misschien ook nog wel een stukje verslaglegging hoe doe je dat.

I: Ja.

R: Waarom doe je dat. Een logboek bijhouden. Zie ik nog wel wat in terug. Ja toch ook wel het creatief denken, probleemoplossend denken, 00:11:40 vaardigheden die erin terugkomen.

I: Ja. En ik heb je eerder al horen zeggen dat was toen bij het modelleren, toen moesten ze ook in groepjes samenwerken dat er met het time management dat het in dat groepje niet goed ging. Zie je dat dan ook terug bij de ontwerp groepjes of daar niet echt.

R: Ja, leerlingen zijn gewoon super, er is een mooi woord voor wat is het ook alweer, niet pragmatisch maar ze zijn gewoon nou ik ken het woord niet, maar weet je ze leven allemaal vandaag tot de dag van vandaag en dan in een keer de laatste weken moet het allemaal gebeuren. Wekenlang zie je ze bij het keuze uur zie je ze niet en dan in die week voordat het moet worden ingeleverd en dan ineens hop dan staan ze er met z'n allen. Dus we hebben ze totaal [...] ze leven ja gewoon bij de waan van de dag.

I: Ja.

R: Dus gewoon time management in het algemeen plannen en een ontwerp opdracht heeft natuurlijk een deadline, het moet op een gegeven moment af zijn. Dat zie je dat ze dat echt niet goed voor elkaar hebben. Ze zijn daar niet een plan van aanpak maken, goede planning maken. Verder dan de week ervoor kijken ze niet en dan is het al relatief ver. Dus dat is [...]

I: Maar had je zelf al voor die struggle punten al iets gevonden of een paar oplossingen bedacht of doorgevoerd binnen de ontwerp lessen? Of binnen de samenwerkingslessen?

R: Nou ja met die, wat ik net zie, inhoudelijk [...] specifiek over die hogere leerdoelen of in het algemeen.

I: In het algemeen.

R: Nou zeg maar dat ik ben wel veel meer stil gaan staan ook bij die ontwerpcyclus die we dan gebruiken bij NLT wel echt nog weer toch in de lessen weer meer de nadruk op leggen van waarom werken we nou op deze manier en dan ook veel meer nog weer feedback geven en sturen op die uitwerkingstabel dus niet aan het eind laten inleveren maar veel meer tussentijds feedback geven van zo [...] als ik dit lees weet ik dan wat jij gaat doen op het schoolplein. Nee, nou dan moet je het dus concreter maken, of meetbaarder wat je net zei. Dus dat en ik ben ook wel in de laatste les ook een beetje naar aanleiding van wat ik met die ontwerp lessen gezien heb gezegd ik wil dat je elke les aan het begin met elkaar evalueert, afspraken maakt, specifiek wie doet wat en elkaar ook aan het begin van de volgende les als het niet voor elkaar gekomen is, evalueert hoe kan dat en hoe zorgen we dat het niet weer gebeurt.

I: Ja, dus dat is eigenlijk al een techniek die je vanuit deze afgelopen module mee hebt genomen naar de eigen [...]

R: En ik heb ze ook gezegd ik wil ook dat je elke les met elkaar een verbetervoorstel doet hoe gaan we beter samenwerken en het waren allemaal tweetallen of drietallen.

I: Ja.

R: Ik moet zeggen het is niet echt heel erg van de grond gekomen, maar goed het is wel iets waarvan ik zeg dat ga ik wel meer doen, want ik vind wel het feit dat we daar vaker bij stil moeten staan dat is wel belangrijk daar ben ik wel van overtuigd geraakt.

I: En is dat dan ook een leerdoel die je hebt toegevoegd aan je standaard ontwerpproces zeg maar ik wil ook dat ze leren daarbij stil te staan of leren dat te evalueren.

R: Ik heb het niet zozeer gekoppeld denk ik aan het ontwerpproces maar meer gewoon aan groepsprocessen.

I: Aan groepsprocessen.

R: Als ze iets met groepjes moeten doen, wanneer je een langere tijd samenwerkt ja dan wil ik wel dat ze vooraf per les gaan evalueren, met de IT course gaan we dat nu doen. En dat is wel een beetje ontwerpopdracht van die website natuurlijk maar dat kan ook prima bij niet ontwerp opdrachten want als je samen dingen doet dan moet je gewoon [...]

I: Ja, dan moet je ook samenwerken.

R: Ja. En ik ben wel aan het nadenken in een soort van doorlopende leerlijn daarin van de brugklas, heb ik nu tegen Esther gezegd, ik wil met digitale escape room hadden we ook in het begin een vrij grote samenwerkingsopdracht inzitten van nou bedenk nou eens met z'n allen wat is een goede samenwerking, evalueren elke week, nou dat kwam totaal niet van de grond af. En die brugklassers die hadden geen idee wat ze moesten doen. Ik heb gezegd laten we die nou gewoon eens klein maken en gewoon beginnen met een goede taakverdeling. En dat betekent gewoon dat je eind van elke les dat je kijkt wat moet er volgende week af zijn, wie gaat wat doen komende week en aan het begin van de les evalueer je dat. Dus we hebben er nu gewoon een dingetje uitgetrokken van die samenwerking, een goede taakverdeling. Maar dat we die wel goedkeuren in plaats van het te groot maken en dat het dan [...] dat je niks zeggende reflecties krijgt.

I: Dus dat is eigenlijk ook scrum in het klein maar dan [...]

R: Ja.

I: Ja.

R: Maar dat stapsgewijs een beetje opbouwen dat het straks in de derde klas toch dingen dan van herkennen en in ieder geval weten van ja taakverdeling is niet van we gaan dit allemaal doen en we gaan dat allemaal doen, nee taak verdelen is dus dat je specifiek zegt jij gaat dit doen en jij gaat dat doen, want als we met z'n tweeën dit gaan doen dan is er eentje niet effectief bezig, dus dat is nu wel wat gestructureerder ook gewoon in alle lessen naar voren te laten komen. En ik wil het bij natuurkunde ook meer gaan doen.

I: En zijn er nog andere doelstelling die je toe zou willen voegen aan ontwerp lessen of aan teamlessen?

R: Nee ja, dat is in principe wat ik zei dat is gewoon de evaluatie. Gewoon elke les echt toch even met elkaar bij stilstaan. En ik ben ook wel dat is niet zozeer door de ontwerp lessen maar dat is gewoon meer de ervaring van dit jaar dat ik een specifieke leerling die continu problemen gaf, dat ik wel wat meer ben gaan nadenken over de samenstelling van groepjes van ja daar moet ik soms ook wat meer zelf de lead in nemen. Die jongen die kan, dat gaat bijna altijd mis in de samenwerking. Dus ja ik had nu dus twee leerlingen aan elkaar gekoppeld en ik denk nou dat is, die ene is heel sociaal die durft hem ook aan te spreken, ik denk weet je dat is dan zou volgens mij een goed koppel kunnen zijn. Nou ik heb ook met die jongen die dan, waarvan ik dus zeg, nou die ken je wel, Petram, daar de lead inneemt. Ik heb hem ook echt die verantwoordelijkheid gegeven aan het begin van de modules. Ik

heb die koppeling echt met jou gemaakt omdat ik denk dat jij dat tot een geode einde kunt brengen. Nou dat geeft natuurlijk meteen al een stukje van [...]

I: Ja, een stukje verantwoordelijkheid en daardoor ook [...]

R: En regelmatig gevraagd even op de gang van hoe gaat het met de samenwerking, nou prima. Daar valt wel wat te binnen. Door gewoon niet altijd maar het gewoon te laten gebeuren in groepjes maar ook weleens na te denken of door leerlingen zelf te laten kijken van passen we bij elkaar, maar als docent ken je ook wel je pappenheimers dat je denkt van dit is gedoemd om heel veel gezeik te geven en dan kun je dat wel een beetje voor zijn.

I: Even terug op de ontwerpopdracht in het algemeen, want je doet dit vanuit die module die eigenlijk al staat vanuit de NLT. Is dat dan ook de manier om die kwaliteit van die ontwerpopdracht hoog te houden of op dat niveau te houden of breng je daar ook nog andere aspecten in naar voren?

R: En dan bedoel je specifiek die ontwerpcyclus die techniek zeg maar die we dan gebruiken?

I: Ja, wat jij tot nu toe hebt gedaan in je ontwerp lessen op welke manier heb je daar geprobeerd om de kwaliteit van de ontwerpen hoog te houden of in ieder geval voor jullie een acceptabele standaard te maken?

R: Ja, wat ik dus net zei, dus toch meer tussentijds feedback geven. Dat we gewoon echt wel [...] in plaats van nou je gaat van start en je kunt vragen stellen en dan zien we aan het eind wel [...] echt wel meer van laat maar even zien uitwerkingstabel, hoe ver ben je, wat heb je en dan weer je die feedback geven van ja is dit nou, ik weet niet wat het is. En ik heb ja gewoon in de lessen algemeen wel wat meer aangekleed en wat leerlingen dan volgens mij wel heel leuk vinden om te zien wat er mis gaat. Die vier multiplaat die jij gebruikt die is natuurlijk al hartstikke leuk.

I: Ja.

R: Maar zo heb je ook zeg maar het [...] je hoeft maar een kwartiertje te zoeken op internet dan zie je van die voetbalstadions waar ineens de stoeltjes ergens ingemetseld zijn waarbij je de stoeltjes niet meer naar voren kan klappen of dat je echt met een gigantische pilaar zit.

I: Ja, waar er gewoon geen overleg is geweest waar gewoon een aannemer heeft gezegd er moeten zoveel stoeltjes komen en dat is gewoon geplaatst.

R: Nou ja, dat vind ik zelf altijd een mooi voorbeeld de zeesleper Noord Holland daar ben ik zelf een vriend van dat is een historische zeesleper. Ja en die is bijna op zijn eerste reis vergaan omdat die veel te veel gewicht eigenlijk bovenaan, ja dat was in de tijd dat je nog geen numerieke simulatie had dus je moest gewoon testen in de praktijk. Nou dat ding is ontwerpen met bepaalde eisen dat ging toch niet helemaal goed. Dan ga je weer terug in de cyclus want ja dat ding is te instabiel. Nou wat kunnen we doen. Nou, ik denk dat we aan de bovenkant van het schip moeten we ergens gewicht weghalen in plaats van een dichte balustrade hebben ze daar nu een hekje gemaakt. Op een gegeven moment bleek dat de golven op de achterkant van het schip sloegen wat het water niet door die gaatjes niet snel genoeg weg kon, dus als het schip dicht ging ging het water eigenlijk mee dus dan werd het alleen maar versterkt. Dus hebben ze in plaats van zulke gaten, hebben ze nu zulke gaten gemaakt waardoor het water heel snel kan wegstromen. Ja, dan heb je weer een ander probleem. Als die trossen, die mogen daar niet doorheen, anders kunnen ze natuurlijk in de schroef komen dus nou daar moeten weer kleine roostertjes voor gemaakt worden. Dus dat hele ontwerpproces waarvan je vooral ziet van nou we hebben het eerste ontwerp gemaakt, het is klaar. Proefvaart, he dit gaat niet goed, dat gaat niet goed, nou dat gaan we dus weer opnieuw, gaan we dus weer

probleem analyseren, gaan we weer dat soort dingen doen om te kijken of we het tot een goed einde kunnen brengen.

I: Ja.

Docent B deel 2

I: Ja, we hadden over die kwaliteiten bij het ontwerp en hoe je dat dan zou willen waarborgen, vroeg ik me ook af je hebt dat dan nu drie jaar gegeven voelde je en voel je je bekwaam of goed genoeg om ontwerpen te geven, of had je het [...] en dan mag je ook wel vertellen door de jaren heen hoor, want daar is natuurlijk wat in veranderd, maar je wordt daar als iemand zonder opleiding in het ontwerpen [...]

R: Ja, nou en ik denk dat is wel een aspect wat in de opleiding niet veel aan bod is geweest, sowieso in mijn eigen opleiding niet zeg maar als natuurkundige, maar ook niet in de docentenopleiding. Als het aan bod is geweest is het heel beperkt geweest en ja dus al doende leer je natuurlijk. Maar ik denk wel dat het derde jaar dat ik die module gaf dat het wel aanzienlijk beter ging dan het eerste jaar, ik heb me daar wel in kunnen ontwikkelen maar wel gewoon meer door trial and error en gewoon zien van dit levert qua feedback [...] als ik kijk naar het resultaat, denk ik nou dit is wel heel teleurstellend, ja dan ga je natuurlijk naar je eigen rol daarin kijken. Dus dan ga je wel dingen aanpassen. Wat ik net al zei dan ga je dus iets die feedback wat meer naar voren halen, iets scherper op zijn, dan weet je ook wel wat dingen misgaan, dus daar probeer je op die manier wel wat mee te doen.

I: Denk je dat je zoiets had kunnen opvangen met een cursus of iets qua professionalisering dat je niet drie jaar dat hoeft te doorlopen? Of vind je het prima zoals het nu gaat en denk je hoe je voor de klas staat qua ontwerpen dat is [...]?

R: Nou ja het is een beetje tweeledig denk ik. Aan de ene kant denk ik dat het wel zou kunnen helpen als je daar wat bijscholing op krijgt, waarbij je wel moet zorgen denk ik dat het wel heel praktisch is want dit is juist iets wat je in de praktijk leert. Theorie is allemaal niet zo ingewikkeld maar hoe pakt het uit in de praktijk. Dus ik denk als je zelf bijvoorbeeld het zou wel kunnen helpen denk ik als je gewoon zelf zo'n werkopdracht doorgaat onder begeleiding van mensen met heel veel ervaring daarin, dat je ook zelf ervaart, niet alleen maar de theorie, maar het ook echt zelf moet doen een keer om zo'n ontwerpcyclus door te gaan en echt na te denken hoe ga ik zo'n tabel vullen, hoe ga ik dat programma van eisen goed opstellen. Dus dat je het eigenlijk zelf dan doet onder begeleiding van echt professionals die daar veel ervaring mee hebben ik denk dat dat echt wel kan helpen. En dan, kijk nu ga je gewoon, nu maak je een eigen inschatting en dan gaat het op een gegeven moment merk je dat bepaalde dingen niet goed uit de verf komen, maar ik denk zeker met een soort training waarbij die echt wel heel praktisch gericht moet zijn mijns inziens. Het theoretische dat brengt je volgens mij niks ik bedoel die cyclus kun je terug vinden op internet hoe dat werkt, het is vooral volgens mij het gewoon doen. En dat is denk ik waar je dan de leerwinst in zit. En als je het zelf doorloopt dan weet je ook precies waar je zelf tegenaan gelopen bent en dat is natuurlijk weer hele waardevolle informatie die je meeneemt op het moment dat je er met leerlingen mee aan de slag gaat.

I: En denk je nu omdat je het zelf hebt moeten ontwikkelen dat jouw ontwerpmethodiek ook afgelopen is van die van de collega's zeg maar dat er een verschil in het geven van die ontwerpmethodiek is gekomen of dat er een andere kwaliteit bij naar voren kan komen?

R: Ja, ik denk wel dat we daar allemaal wel verschillend in staan. Ik denk dat we de basis wel redelijk hebben maar de uiteindelijk uitwerking dat we daar allemaal wat zoekende, of allemaal, als ik voor

mezelf spreek, nog wel, nou ik red me ermee, maar ik denk voor mij ik kan er nog wel scherper in zijn. En ik vind het is ook in november is er een natuurkunde inspiratiemiddag weer op de UT en daar was ook een van de onderwerpen profielwerkstukken en dan echt met de nadruk op het ontwerpen ik denk nou dat is er wel eentje waar ik me voor inschrijf, die vind ik wel interessant. Daar komt het ook op terug. Eigenlijk zie je steeds meer dat leerlingen een ontwerpopdracht willen doen bij een profielwerkstuk nou dan moet je het wel goed begeleiden.

I: En het hoeft ook niet erg te zijn dat je op een andere manier het ontwerpen aanleert dan je collega's natuurlijk. Zie je dat als een probleem of ik weet niet of je juist binnen de school allemaal standaard wilt hebben dat je het op dezelfde manier aanleert of [...]?

R: Nee het aanleren is voor mij dat moet passen bij je als docent maar uiteindelijk moet je natuurlijk wel naar hetzelfde doel toe werken.

I: Ja.

R: Ik vind je moet bijvoorbeeld dezelfde methodiek in ieder geval leren. En ik vind het ook uiteindelijk moet het niveau van wat de leerlingen leren moet dan wel aan het einde van de module voor iedereen een beetje gelijk zijn. En via welke weg je er komt maakt me niet zoveel uit, maar het moet wel naar hetzelfde toe werken vind ik.

I: Goed, duidelijk. Ja dat waren vooral mijn vragen over de ervaring tot nu toe en even het kader. Dan heb ik nog een aantal vragen over de huidige module of de geteste module. Zijn er al andere ontwerpmethodes naar voren gekomen of in eerste instantie zijn er andere leerdoelen naar voren gekomen dan had je verwacht of dan in de gewone lessen naar voren zouden zijn gekomen?

R: Ik zou het een beetje vergelijken dan met hetgeen wat ik dan vervolgens zou doen met de ontwerpcyclus het is met name een andere manier van ontwerpen denk ik die ze nu geleerd hebben. En dus het leerdoel zou ook in die zin wel kunnen zijn dat je ook gewoon in staat bent om [...] dat je gewoon wat meerdere ontwerptechnieken kunt toepassen of misschien gewoon kunt kiezen van welke vind ik gewoon het meest geschikt voor dat onderwerp of zo. Want de focus tot nu toe voor een school voor zover ik weet ligt wel heel erg op die ontwerpcyclus met die zes stapjes die in dat cirkeltje rond gaan. Ja zaten wel deels vergelijkbare dingen in maar aan de andere kant een heel andere manier om in te steken. Ja, ik geloof ook wel dat het voor leerlingen goed kan zijn om meerdere methodieken te leren.

I: Ja. Zijn er ook nog dingen niet aan bod gekomen die je wel graag terug had willen zien?

R: Nee, ik denk dat uiteindelijk de weg ernaartoe is anders volgens mij bij deze ontwerptechniek maar uiteindelijk is natuurlijk het doel hetzelfde je wilt gewoon een goed ontwerp hebben waar je goed de plussen en minnen hebt afgewogen gekeken hebt naar wat moet het zwaarste wegen, samenwerking staat er goed in dus ik denk dat dat nee ik heb daar geen dingen in gemist volgens mij.

I: Ja. En als we kijken naar die technieken die erin zitten van het samenwerken, je noemde net al die evaluatie die zat erin, die kan dus werken bij die samenwerking, waren er nog andere technieken die in het oog sprongen waardoor je dacht van daardoor wordt het makkelijker of sommige technieken die zou ik juist niet doen want dan wordt het alleen maar ingewikkelder voor de leerlingen.

R: Nou ja ik vind die SEA + was het volgens mij en SEA zeg maar dat zag ik ook bij die feedback die je moest geven aan die groepjes dat vonden ze wel echt lastig om het goed [...] en dat is dan denk ik te vergelijken met een soort van probleemanalyse die je dan maakt voor je [...] aan de andere kant ik denk dat het wel goed is dat je weer in het logisch redeneren, het structureel iets aanpakken dat je

echt kijkt nou wat is nou de oorzaak van een bepaald probleem. Het is wel een laag dieper vind ik wat je leerlingen vraagt, maar tegelijkertijd zou het ze ook wel kunnen helpen omdat je er dan misschien juist wel tegenaan zou kunnen lopen dat je zegt als je gewoon die standaard cyclus gebruikt is misschien de diepgang weleens te beperkt. Het helpt denk ik wel om meer diepgang te creëren, maar het vergt wel dat is dan waar ik zelf wel een beetje over nadenk, dus ik wil die verslagen ook nog een keer gaan doorlezen volgend jaar of zo, want ik moet zelf, ik voel me daar nog niet comfortabel genoeg mee om daar zelf nu zeg maar al die les te geven zeg maar. Ik zou me er echt even goed in moeten verdiepen hoe zit het ook alweer in elkaar en ja hoe kun je leerlingen daar nou mee op weg te helpen. En je hebt er zelf natuurlijk heel veel ervaring mee met die manier van werken, heb ik zelf natuurlijk bedrijfsmatig niet dus het is voor mij ook nieuw. Ik ben wel aan het zoeken om in ieder geval daar wel mezelf nog genoeg voor te equipen om dat ook zelf goed te kunnen begeleiden volgend jaar. Maar ik denk wel dat je op die manier wel net, ik weet niet hoe jij dat zelf ziet, maar volgens mij ga je wel net een laag dieper of zo.

I: Ja, zelf zie ik dat dan ook wel en vooral ook met de ideeën die de leerlingen terugbrengen op het moment dat je ziet dat de SEA goed staat dan zie je dat ook terug in een morfologisch schema en dat werkt gewoon door, want daaruit kan je in mijn opinie heel goed zien waar de knooppunten liggen, wat ze moeten aanpakken. Het is een tool voor een analyse. Dus ja 100% waar.

R: In die zin vind ik hem ook wel gewoon heel goed passen bij natuurkunde, want natuurkunde is ook gewoon goede analyses maken en systematisch werken.

I: Ja. Het is een hele systematische manier van werken.

R: Ik vind het wel heel goed passen bij het vak. Daar vind ik best wat voor te zeggen NLT ga je misschien nog wat meer die normale cyclus en bij natuurkunde mag je op zich wel [...] leren wat meer vrouwen dus die zijn gewoon analytisch mag je ook verwachten dat die gewoon wat verder zijn.

I: Ja. Maar je zou je nog niet nu bekwaam voelen om dit als techniek aan te leren?

R: Nee.

I: En de andere technieken, we hebben de evaluatie gehad.

(korte onderbreking)

I: Maar de technieken die er naar voren kwamen dat waren bijvoorbeeld de evaluatie, zou je die wel zo kunnen geven zoals die omschreven stond en zoals die [...]

R: Ja, de evaluatie die was ook met die PUG matrix en zo.

I: Ja, dus de PUG matrix aanleren.

R: Ja, met name die SEA die is mij bijgebleven dat ik dacht van o ja dat is eentje in theorie snap ik hem maar om nou zeg maar het toe te passen meteen op een praktijkvoorbeeld daar moet ik nog wel zelf gewoon wat voorbeelden voorbij zie komen, of ik moet me er echt nog een keer in verdiepen of zelf wat dingen gaan opschrijven om daar nog eens een keer [...]

I: Om ook de feedback te kunnen geven zeg maar op het moment dat leerlingen komen met een bepaald idee dat je kunt zeggen dat is goed of dat is niet goed.

R: Ja.

I: Ja. En de ideeën van het iteratief werken?

R: Die zijn voor mij wel helder.

I: Die zijn wel helder. Wat hebben we nog meer gehad. Stakeholders daar de analyse van.

R: Ja, dat is wel mooi met die drie zinnnetjes, dat helpt ook wel weer om het net weer ook weer een slag dieper te maken wat je stakeholders en wat hun belangen zijn. Dus het vraagt een stukje bewustwording denk ik en dat kun je daar wel mee creëren.

I: En dan hebben we nu, ik loop 'm even in mijn hoofd door, het programma van eisen dat zei je al die meetbaarheid die terugkwam.

R: Ja.

I: Deze manier van het programma van eisen gebruiken dat lijkt je ook wel [...]

R: Ja. Ja, die zit daar nog voor dan, voordat het morfologisch schema, voordat [...]

I: Ja, dus eigenlijk begin je inderdaad met je RCA of RCA+, stakeholder analyse, je programma van eisen, daarna een concept of een morfologisch schema, het maken van de concepten. Ja dat is ook een techniek dat je [...]

R: Ja, het programma van eisen komt dan dus later eigenlijk.

I: Het programma van eisen komt na je stakeholder want dan kijk je vanuit de stakeholders wat zouden de eisen zijn die hier voor staan en die ga je dan gebruiken bij het [...]

R: Ja, want dat is natuurlijk wel als je naar die klassieke ontwerpcyclus kijkt dan begin je met je probleemanalyse, dan ga je stakeholders in beeld brengen, dan ga je naar je programma van eisen. Ja, oké. Het is eigenlijk een onderdeel van je probleemanalyse.

I: Ja, dat is je probleemanalyse.

R: Ja.

I: En bij een van de groepjes zag ik dat ook nog terugkomen dat ze daarna nog eens een programma van eisen hebben gebruikt, of een RCA hebben opgesteld over een concept dat ze hadden gekozen om daar nog eens dieper op in te gaan. Dus die hebben dat twee keer terug laten komen om nog een verdere analyse te maken.

R: Ja, dus je begint bij je RCA of je RCA+, dat wil zeggen je probleemanalyse, samen met je stakeholderanalyse, dat zit allemaal nog in die probleemanalyse. Dan kom je op basis daarvan kom je tot je programma van eisen.

I: Ja.

R: Dan ga je van je programma van eisen ga je normaal gesproken naar je uitwerkingstabel dat was eigenlijk te vergelijken dan met het morfologisch schema, dan ga je allemaal verschillende opties van hoe kan ik iets laten zweven, ik kan met een magneet, of ik kan met een ballon, of ik kan met kracht,

of ik kan met spiegels werken. Dus dat is eigenlijk een soort van uitwerkingstabel al. Dan ga je verder naar je ontwerpvoorstel realiseren waarin je de keuze kunt maken en de detaillering gaat uitwerken, testen.

I: Ja.

R: Bouwen en dan testen, evalueren en daar komt die [...] en die PUG matrix die komt een beetje bij je ontwerpvoorstel realiseren.

I: De PUG matrix die komt inderdaad nadat je die concepten hebt opgesteld. Dus ik heb ervoor gekozen deze methode om ze vijf concepten te laten schrijven. Dat is gewoon zo dat ze een idee krijgen dat er verschillende manieren mogelijk zijn. En dan gebruik je de PUG matrix om de beste eruit te pakken en daar ga je dan mee om in de detaillering, daar schrijf je uit wat echt je idee is, maak je eventueel tekeningen bij en je berekeningen en dan kan je dat gebruiken om te bouwen, om daar een prototype uit te maken en dan moet je ook bedenken welke testen wil ik ermee doen, hoe wil ik het testen, welke risico's hangen eraan vast dus die kwamen er ook nu in naar voren. Het REMA, dus de risicoanalyse die hebben we niet als tabel helemaal laten invullen, dat hebben sommige groepjes wel gedaan maar vanuit zichzelf, vanuit de reader, wat vond je daarvan dat ze nog eens kijken naar het testen en de risico's want dat vond ik niet echt heel erg nadrukkelijk terugkomen in die NLT module. Ze worden wel eventjes genoemd maar [...]

R: Nee dat klopt dat wordt niet [...] ook daar geldt weer bij denk ik dat die evaluatie of je ontwerpvoorstel realiseren het is wel, als ik dat nu bekijk dat is dan sinds twee minuten of zo maar het is eigenlijk wel ik zie het nu toch wel die cyclus gewoon terug, ik zie alleen maar technieken om het gewoon wat meer diepgang te geven.

I: Ja.

R: En dat is volgens mij wat ik een beetje miste in die NLT module, het was gewoon een beetje ja ga maar je stakeholders in beeld brengen met een of ander woordwebje en uitwerkingstabel is gewoon ga maar schrijven. Ja, dus die diepgang wat we al een paar keer benoemde van ja dat miste ik een beetje in het hele verhaal, omdat je ook veel meer feedback moest geven, ik denk dat je dit nou op de voorhand dat je die technieken wel wat meer erin brengt. Weet je het is niet eens zozeer anders maar het zijn inderdaad gewoon technieken om die stappen meer diepgang te kunnen geven.

I: Ja en wat vond je van die technieken. Zeg maar het zijn inderdaad technieken om die te doen.

R: Ja, ik vind het wel wat toevoegen zeker voor het VWO groep, daar verwacht je ook meer diepgang. Daar kun je het wel heel goed een plek geven vind ik.

I: En denk je dat die technieken ook duidelijk waren voor de leerlingen?

R: Ja allemaal wel denk ik behalve die SEA matrix, ik denk wel dat hetzelfde geldt wat ik voor mezelf zei, voor mij in theorie snappen ze het volgens mij maar om het dan [...] dus ik denk dat feedback van de docent daarin cruciaal zal blijven.

I: Ja.

R: Dat is volgens mij echt wel wat echt wel qua niveau misschien niet te hoog maar wel echt uitdagend voor ze is dus volgens mij moet je ze daar wel echt goede feedback in geven om ze daarin mee te krijgen.

I: En kunnen steunen, ja.

R: Ik denk dat zal volgend jaar niet anders zijn denk ik.

I: Zou je daar dan ook nog aanpassingen in willen maken als je 'm zou geven?

R: Ja, uiteindelijk moeten ze toch weer echt aan de slag met hun [...] ik bedoel er zit een voorbeeld in de reader natuurlijk van een SEA misschien zou je die nog wat kleiner kunnen maken, of een iets eenvoudiger iets dat ze echt het principe nog wat meer [...]

I: Dat ze eigenlijk meer zelf eraan kunnen toevoegen.

R: Dat ze gewoon eenvoudige voorbeelden kunnen zien en dan denk ik [...] maar uiteindelijk ook daar moeten ze gewoon weer met hun eigen ontwerp aan de slag. Er ligt een soort van database in voor de docenten die het geven, dat ze zichzelf daar een beetje eigen in kunnen maken dat is denk ik volgens mij zal wel goed zijn.

I: Ja, dus ik wil de verslagen van dit jaar ook nog voor jullie toevoegen aan de module dus dan heb je [...] en wat ik daar dan in zie als ontwerper, zodat je daar wel een database in kunt opbouwen. En je hebt al gezegd dat je die module graag nog eens zou willen geven met eventueel die aanpassingen.

R: Ja, ik vind het een mooie module. Ja, biofysica vind ik sowieso een mooi onderwerp maar we zijn het al een paar jaar aan het geven, we dachten ja hoe geef je dat, moeten ze artikelen schrijven of een opgave maken. Dus er zit weinig diepgang in dan denk ik ja weet je maar dit, het wordt nu wel heel concreet voor ze. Ik vind ja ontwerpen moet gewoon een plek krijgen gewoon volgens de syllabus en in het schoolexamen.

I: Dus je vindt ook die combinatie van biofysica en ontwerpen dat dat wel elkaar versterkt en elkaar draagt.

R: Ja, ik vind het een hele goede combinatie. En dan kun je in je keuzedomein kun je ook meteen je ontwerpen meepakken en je keuzedomein zit in het schoolexamen dus het is ook gewoon praktisch dat je daarmee invulling aan je schoolexamen geeft maar ik vind ook wel als je kijkt zeker de populatie bij ons op school, ik weet niet hoe het op andere scholen is, maar we hebben echt wel heel veel leerlingen vind ik die iets willen doen in die biomedische richting. Daar hebben we natuurlijk technische geneeskunde nu in Twente.

I: Ja.

R: Dus dat is best wel, er wordt veel over gesproken ook wel dus ik vind dat wel een waardevolle toevoeging aan het curriculum.

I: Ja en we hebben dan nu eigenlijk twee onderwerpen in een blok gecombineerd denk je dat wel allebei de onderwerpen voldoende naar voren zijn gekomen dat ze daar genoeg hebben kunnen exploreren?

R: Ja, ik denk het wel. Natuurlijk je kunt altijd nog weer dingen meer uitbreiden als je wilt maar volgens mij is het allebei gewoon [...] is het doel volgens mij van die biofysica is dat je ziet dat je natuurkunde nodig hebt om dingen in het lichaam te kunnen begrijpen of dingen eromheen te kunnen begrijpen. Dus dat wordt volgens mij prima bereikt. En volgens mij wil je ze een idee meegeven dat ontwerpen meer is dan gewoon ik ga iets in elkaar timmeren en ik ga wat doen, het is een proces dat moet je doen. En ja kan het uitgebreider, ja dat kan natuurlijk altijd maar je moet ook

wel weer nadenken van ja [...] nou als jij zeg maar industrieel design gaat studeren dan gaat het straks veel meer aan bod komen, maar in ieder geval een kennismaking gehad vind ik ontwerpen leuk of niet. Dus dat was natuurlijk de oriëntatie en volgens mij is het daar echt denk ik wel aanwezig genoeg voor om dat in te vullen.

I: En hoe vind je die combinatie hoe die nu is gegeven zeg maar qua evenwicht, is dat zo goed of zou je nog dat evenwicht willen verschuiven, of die combinatie nog weer net wat anders willen maken?

R: Ja, het lastige is natuurlijk een beetje dat het met die groep van Timon natuurlijk mis ging met dat natuurkundige stuk.

I: Ja.

R: Ik denk in combinatie wat we nu hadden met dat keuze uur waarbij ze dat konden doen, daarbij konden aansluiten ik denk dat het goed was. Misschien gevoelsmatig misschien iets meer verschuiving richting het natuurkunde gedeelte.

I: Ja.

R: Versus het ontwerp gedeelte.

I: Ja. En nu hadden we natuurlijk qua tijd ook die laatste twee weken dat het een 30 minuten rooster was.

R: Ja.

I: Dus dat je daar gewoon al een stuk tijd in verliest en dat ze buiten nog de Koningsfeesten aan het houden waren dus dat we daar ook eigenlijk een les in verloren zijn.

R: Ja, ik vind wel ik zou iets meer natuurkunde erin willen zien maar tegelijkertijd vind ik niet dat het ten koste moet gaan van het ontwerp gedeelte. Je moet ook wel genoeg tijd hebben om het te kunnen afronden. Het moet niet zeg maar dat je tot 80% komt en dan zeggen ja hier stopt het of zo. Het moet ook wel, ik denk dat de bedoeling voor de leerlingen is toch wel dat je iets oplevert een ontwerp wat ook af is. Niet dat je daar [...] want dan wordt het meer ja we doen het omdat het moet en dan kunnen we ontwerpen afvinken, ze moeten echt wel het resultaat uiteindelijk daarvan kunnen zien.

I: Afsluitend, hoe vind je dat de leerlingen hun doelen hebben bereikt, denk je dat de leerlingen al hun doelen hebben bereikt die wij hadden als docenten om ze aan te leren?

R: Nou ik denk dat qua doel van wat en hoe, wat is ontwerpen en welke stappen zitten daarin en wat voor analysetechnieken kun je daarvoor gebruiken dat zal bereikt zijn. Samenwerking dat is misschien nog wel, we hadden nu best wel een hoop reparatiewerk achteraf.

I: Ja.

R: Dus dat, onlangs dat die evaluatie wel ingebouwd zat, zou ik toch nadenken van ja hoe voorkom je nou, en we zullen het misschien nooit helemaal kunnen voorkomen, hoe voorkom je nou dat toch ondanks dat we eerder hebben gezegd je moet elke les evalueren, ja we hadden groepjes die [...] kijk ik denk dat het ook wel scheelt als je ze allemaal in de klas had gehad. Dan kun je ze allemaal langslopen en dan had je misschien dit soort pijnpunten al wat eerder naar voren kunnen krijgen.

I: Ja, nu zaten ze inderdaad wie de lessen [...]

R: De helft zit thuis ja dat is toch ja dat geeft toch ergens ruis in de communicatie denk ik, maar het is wel iets [...] ik denk wel een soort van attentiepunt ook misschien in een soort van reader of een docentenhandleiding van let op die samenwerking dat het wel, die evaluatie dat ze dat wel serieus oppakken, misschien is het ook nog iets meer te benadrukken aan het begin van als je het gevoel hebt dat je dus ondanks de evaluatie dat het toch niet goed loopt, meld je dan gewoon meteen bij de docent. En een aantal hebben dat wel gedaan maar ook een aantal groepjes die gewoon pas op het einde zo van ja nu ineens blijkt dat het niet goed gaat.

I: Ja. Zou het dan te heftig zijn om daar nog een procesverslag aan toe te voegen want dat geeft natuurlijk wel weer heel veel nadruk maar dat zorgt er wel voor dat ze nog meer naar hun eigen proces gaan kijken en eventueel die samenwerking beter op het oog te hebben.

R: Ja, ik denk dat als je dat zo kunt organiseren dat ze dat gewoon elke week een stukje over schrijven en dat in principe gewoon als een soort van logboek inleveren dan zit er geen pieklast aan het einde als ze de rest moeten inleveren. OP die manier zou het denk ik wel kunnen.

I: Ja. En dan heb je ook meer overzicht wie wat heeft gedaan in zo'n week.

R: Ja. Dan moet je denk ik wel, dan zou ik wel zeggen dan moet je als docent moet je wel dat verslag elke week even doorlezen en van feedback voorzien want ik denk, met de basis van ervaring die ik nu heb, dan krijg je in het begin allemaal van die niks zeggende teksten en dan kun je het wel een beetje aansturen van nou ik zou wat meer dit willen [...] Ik denk als je gewoon zegt nou ga dat maar vijf weken lang invullen dan heb je bij heel veel groepjes krijg je uiteindelijk vijf weken niks zeggende A4tje vol met het was heel gezellig en het ging goed en we hebben goed gecommuniceerd, maar dan mis je wel de scherpte van maar wat en hoe heb je dan gecommuniceerd en waarom ging dat goed en waarom ging dat niet goed. Dus dat moet je wel meteen, als je dat zou doen moet je er volgens mij wel eigenlijk nou zeker om de twee lessen even zo'n groepje heel snel kijken wat hebben ze geschreven en daar feedback op geven.

I: Ja en dan misschien ook volgens die evaluatievragen gewoon persoonlijk van wat heb je gedaan, wat ging er goed, wat ging er fout, heb je nog ergens hulp bij nodig. Dan kan het ook best wel kort en krachtig dat je het ook als docent, je hebt het al best wel druk, dat het niet nog een hele [...]

R: Ja, je moet er wel een balans in vinden maar ik denk als je ze zoiets wil laten doen moet het volgens mij op wekelijkse basis doen en dan wel met tussentijdse feedback omdat je anders denk ik dat je en dat zie ik nog steeds in 6VWO als ik dan zo'n reflectie vraag aan zo'n groepje dan krijg ik allemaal ja het was heel gezellig en ja dat is allemaal niks zeggend.

I: Ja. Heb je nog verdere op- of aanmerkingen over de module zelf? Nog bepaalde observaties die heel erg opvielen tijdens de lessen. Ik heb natuurlijk ook na iedere les heb je er al wat feedback over gegeven dat heb ik ook opgeschreven en meegenomen. Maar als ik nu nog eens terugkijk [...]

R: Nou, het viel me op dat in de lessen goed gewerkt werd en ook wel dat ze nou op het laatst begonnen sommige mensen te mopperen dat ze het veel werk vonden, maar dat heeft te maken met planning en dat gemopper krijg je altijd. Ja, ik denk over het algemeen had ik het gevoel dat ze het wel leuk vonden om dit [...] een keer wat anders en om hiermee bezig te gaan. En misschien was het ook wel goed dat we het nu zeg maar aan het begin van de periode gedaan hebben en daarna met astrofysica aan de slag gingen dat het ook dit wel konden afsluiten voordat die hele sloot aan andere PO's ineens kwam. En dat zou ik er ook wel inhouden. Misschien zelfs al een klein beetje het begin al einde van de periode twee of zo en doorlopend, of eind periode drie al een beetje beginnen en dan

in periode vier doorstarten zeg maar als het rooster het toelaat. Nee, ik vond het [...] ik heb verder geen dingen gemist. Maar ik zag wel enthousiaste leerlingen. Zag ik bij V6 ook trouwens die groep, jij zei zelf al die verslagen, ja ik heb ze dus wel door alle drukte niet heel erg goed kunnen bekijken nog maar ik ga er vanuit dat je dat goed beoordeeld hebt. En als ik dan hoor dat je zegt nou het zijn echt allemaal er zitten toch wel hele mooie werkstukjes bij, nou dat zie je altijd wel bij opdrachten maar ik heb het gevoel dat het percentage nu wel hoger was dan bij bijvoorbeeld een oefenvraag voor biofysica daar werd minder goed naar gekeken.

I: Want als je normaal zo'n presentatie terug kijkt geven ze dan ook met [...] nu hebben ze ook een titelpagina gemaakt, inleiding, echt een verslag ervan gemaakt. Krijg je dat ook bij je normale ontwerp opdrachten want daar heb ik natuurlijk minder [...]

R: Nee, dan is het gewoon een A4tje ja weet je sommige dames doen natuurlijk wel, die maken wel een mooi voorkantje ervoor en zo maar ook mensen die gewoon hup de uitwerkingstabel, die gooien alles erin en dat is het daar moet je dan mee doen. Dus dat, sommige mensen nemen nog niet eens de moeite om hun eigen naam erop te zetten. Dus wat dat betreft was dit wel, ja het heeft ze wel tot werken aangezet. In positieve zin. Dat vind ik wel mooi. Dat vind ik wel [...] dat is wel een vaak een uitdaging om sommigen aan het werk te krijgen, dus dat liep hier wel goed bij vond ik.

I: Nou, mooi. Als je verder geen op- of aanmerkingen of over de vragen die ik heb gesteld, ja het is [...]

R: Nee, ik heb mijn zegje wel gedaan.

I: Dan wil je bedanken voor het interview.

R: Ja, geen probleem.

12.4 Beoordeling rubric ontwerpen en biofysica

Criteria	Ratings				Pts
Introductie: - het onderwerp in het algemeen - de manier van werken - welke ontwerpmethodede je gaat gebruiken - hoe de lezer het verslag moet lezen	4.0 Pts 4 van de 4 criteria zijn voldoende	3.0 Pts 3 van de 4 criteria zijn voldoende	2.0 Pts 2 van de 4 criteria zijn voldoende	1.0 Pts 1 van de 4 criteria voldoende	4.0 pts
Analyse: -Probleembeschrijving -Ontwerpstrategie -Root cause/conflict Analysis -Stakeholder analyse -Het uiteindelijke doel van het ontwerp -Programma van eisen	12.0 Pts Alle criteria zijn voldoende	10.0 Pts 5 van de 6 criteria zijn voldoende	8.0 Pts 4 van de 6 criteria zijn voldoende	4.0 Pts 3 van de 6 criteria zijn voldoende	12.0 pts
Concepten en ideeën: - Morfologisch schema -Eerste concepten -Selectie van beste concepten -Gebruik creativiteit	8.0 Pts Alle criteria zijn voldoende	6.0 Pts 3 van de 4 criteria zijn voldoende	2.0 Pts 2 van de 4 criteria zijn voldoende		8.0 pts
Details: - Verdere uitwerking beste concept - Risico analyse - Hoe zou je het ontwerp testen - Samenvoeging van eerdere bevindingen tot eindontwerp	8.0 Pts Alle criteria zijn voldoende	6.0 Pts 3 van de 4 criteria zijn voldoende	2.0 Pts 2 van de 4 criteria zijn voldoende		8.0 pts
Reflectie: Je beschrijft je algemene proces en dingen die je voor het herontwerp zou veranderen. Conclusie over mate van (denk)activiteit van het ontwerpsteam, beschrijving van verbeterpunten in het maken van een ontwerp en wat jullie meenemen voor een eventueel volgend ontwerp.	4.0 Pts Goed doordacht	3.0 Pts Degelijk	2.0 Pts Voldoende/matig	1.0 Pts Summier	4.0 pts
Total points: 36.0 Beoordeling ontwerpverslag:					

Criteria	Ratings				Pts
Krachtentekening: - De krachten zijn goed ingetekend en overzichtelijk weergegeven in zowel de normale situatie als bij de situatie met het ontwerp.	6.0 Pts 6 van de 6 tekeningen zijn voldoende	4.0 Pts 4 van de 6 tekeningen zijn voldoende	2.0 Pts 2 van de 6 tekeningen zijn voldoende	0.0 Pts 0 van de 6 tekeningen zijn voldoende	6.0 pts
Krachtberekeningen: - Bij iedere tekening is berekend wat de krachten zijn. Hiervoor mogen voorbeeld getallen gebruikt worden. <i>Bonuspunten zijn te verdienen als de getallen worden onderbouwd met wetenschappelijke bronnen.</i>	6.0 Pts 6 van de 6 tekeningen zijn voldoende	4.0 Pts 4 van de 6 tekeningen zijn voldoende	2.0 Pts 2 van de 6 tekeningen zijn voldoende	0.0 Pts 0 van de 6 tekeningen zijn voldoende	6.0 pts
Bloedstroom lokaal: - De effecten van het ontwerp op de lokale bloedstroom zijn genoemd. - Er is een berekening gemaakt om aan te tonen wat het effect is van het gedeeltelijk en geheel afsluiten van de lokale bloedvaten.	6.0 Pts Goed doordacht	4.0 Pts Degelijk	3.0 Pts Voldoende/matig	1.0 Pts Summier	6.0 pts
Bloedstroom algemeen: - De effecten van het ontwerp op de bloedstroom en bloeddruk in het algemeen zijn genoemd. - Er wordt vermeld hoe de bloeddruk en stroomsnelheid in het lichaam kan worden berekend. (Stappenplan, formules, ...)	6.0 Pts Goed doordacht	4.0 Pts Degelijk	3.0 Pts Voldoende/matig	1.0 Pts Summier	6.0 pts
Totaal natuurkundig gedeelte: 24.0					
Totaal natuurkundig + verslag: 60 punten					

12.5 Globale planning module

Lesstof	Lesactiviteiten	Hulpbronnen	Huiswerk	Opmerkingen
Biofysica Bewegen en heffen en Introductie opdracht	- Groepsvorming - Introductie opdracht - Ontwerpstappen - Iteratief werken - Momentenwet - Anatomie en momenten - Opdrachten 39 en 40.	- Keuzemodule Biofysica Paragraaf 3 - Opdracht ontwerpen - Achtergrond opdracht - Groepen vormen - Iteratief werken	Vorbereiding: - 35, 36, 37 Huiswerk voor volgende les: - 39 en 40 in groepsvorm. - Lezen opdracht en achtergrond informatie. - Opzoeken informatie opdracht - Reader Ontwerpen in de Biofysica t/m pagina 9	De leerlingen krijgen een korte uitleg over momenten. Hierna gaan ze eerst voor zichzelf opdrachten 39 en 40 maken. Dit werken ze dan verder uit in het groepje. De volgende les krijgen de groepjes feedback op de uitwerking. Deze kennis moeten ze ook toepassen in hun eindverslag.
Analyse ontwerpen	- Overzicht verslag - Ontwerpstappen - Stakeholder analyse - Probleem analyse - Feedback opdrachten - Programma van Eisen (PvE) Benoemen	- Reader ontwerpen - Opdracht ontwerpen - Achtergrond opdracht - Stakeholder analyse - RCA(+)	Vorbereiding: - Achtergrond informatie opdracht - 39 en 40 afmaken. - Reader Ontwerpen in de Biofysica t/m pagina 9 Huiswerk voor volgende les: - Maken stakeholder analyse - Maken RCA(+) - Programma van eisen opstellen. In de reader staan 5 categorieën benoemd. Maak 3 eisen per categorie. - Lezen keuzemodule zien	Nodig A3 papier. Hier gaan de leerlingen de Stakeholder analyse en RCA(+) op maken. Het programma van eisen hoeft niet nadrukkelijk benoemd te worden. Dit halen de leerlingen uit de reader. Volgende les wordt hier verder op ingegaan. Tijdens de opdrachten komt er iemand van het groepje langs (die fysiek aanwezig

				is) om de gemaakte opdrachten 39 en 40 te bespreken. Zij bespreken dit dan met de rest van het groepje. (expert methode)
Concepten ontwerpen	- Klassikale evaluatie - Morfologisch schema oefening ahv filmpje truck truc - Morfologisch schema ahv zien - Feedback op eerder werk eigen verslag - Bespreking morfologisch schema	- Keuzemodule - Reader - Uitwerking truck truc - Opdracht morfologisch schema zien	Voorbereiding: - Maken stakeholder analyse - Maken RCA(+) - Programma van eisen opstellen. In de reader staan 5 categorieën benoemd. Maak 3 eisen per categorie. - Lezen keuzemodule zien Huiswerk voor volgende les: - Morfologisch schema maken - Lezen Hart en bloedvaten paragraaf 4 - Maken opdrachten 45, 46, 47	Het filmpje van de "Truck truc" kan goed gebruikt worden om de verschillende technieken die de leerlingen tot nu toe hebben geleerd. Eerst wordt er een user case voor de goochelaars gemaakt, dan een RCA+ en daaruit een morfologisch schema. Laat dit natuurlijk uit elkaar voortvloeien en benoem achteraf pas de technieken die er zijn gebruikt. Pauzeer het filmpje op 01;40! Zodat de clou niet weggegeven wordt.
Concepten kiezen en eerste stappen detaillering	- Klassikale evaluatie - Bespreking hart en bloedvaten - Consequenties voor het ontwerp - Concept kiezen ahv pugh matrix - Feedback op verslag tot nu toe. - Gekozen concept uitwerken met	- Reader - Extra uitleg pugh matrix	Voorbereiden; • Lezen Hart en bloedvaten paragraaf 4 van de keuzemodule. (Leerboek 5 VWO SE-keuze Biofysica) • Lezen in de reader Ontwerpen in de biofysica bladzijde 10 t/m 12 "Concepten en ideeën". Maken (met het team)	Start met het uitleggen van het genereren van het concept en daarna de keuze van het concept. Bij de keuze kan er stilgestaan worden bij de impact van het design op de bloedcirculatie. Hier hoeft niet heel ver op in gegaan te

	natuurkundige opdracht		• Morfologisch schema maken van de punten die je wilt oplossen en hebt gevonden in de RCA en RCA+. • Maken opdrachten 45, 46, 47 van de keuzemodule. (Leerboek 5 VWO SE-keuze Biofysica)	worden, maar de leerlingen moeten wel inzien dat er meerdere aspecten zijn. In de volgende les wordt er verder ingegaan op de bloedsomloop.
Testen, risico's	- Groepsevaluatie - Risico analyse (FMEA) - Testen - Feedback op verslag tot nu toe.		Voorbereiden; • Lezen in de reader Ontwerpen in de biofysica bladzijde 13 t/m 15 "Details". • Kies het onderwerp waarmee je verder aan de slag gaat aan de hand van de pugh matrix. Maken (met het team) • Begin met de detail uitwerking: • De krachtenberekening • Beschrijving invloed op de hart en bloedvaten.	
Afronding	- Groepsevaluatie - Feedback - Afronding openstaande vragen.		Maken (met het team) • Risico analyse voor het ontwerp. Hier maak je een algemene analyse voor en een uitgebreide analyse voor de bloedsomloop. • Testen. Welke testen zouden jullie willen uitvoeren? Laatste les! Hierna deadline inleveren verslag.	

12.6 Opdrachtbeschrijving leerlingen

Opdracht

1. Maak een ontwerp voor een enkelorthese (enkel brace) waarbij er in het enkelgewricht non-invasief ruimte wordt gemaakt voor het herstel van het kraakbeen. Hierbij is het belangrijk dat de enkel gestimuleerd wordt om te bewegen en dat de patiënt het ontworpen apparaat voor een langere periode kan gebruiken. Voor meer achtergrond informatie zie de uitgebreide opdrachtbeschrijving.
2. Maak een ontwerpverslag van het ontwerp volgens de reader en uitleg van de docent.
3. De volgende onderdelen zijn terug te vinden in het ontwerpverslag:
 - Korte introductie
 - Analyse
 - Probleembeschrijving
 - Ontwerpstrategie
 - Root cause/conflict Analysis
 - Stakeholder analyse
 - Het uiteindelijke doel van het ontwerp
 - Programma van eisen
 - Concepten en ideeën
 - Morfologisch schema
 - Eerste concepten
 - Selectie van beste concepten
 - Details
 - Verdere uitwerking beste concept
 - Risico analyse
 - Hoe zou je het ontwerp testen
 - Reflectie (discussie en conclusie)
 - Bronnen
 - Bijlagen
4. Lever de opdracht in als pdf bestand met de volgende naam: *OpdrachtOntwerpen_groepsnummer.pdf*

Het natuurkundige gedeelte van het verslag is onderdeel van de detaillering. Hierin moeten sowieso de volgende onderdelen naar voren komen:

- Krachten en momenten in drie fases van het wandelen (het neerkomen met de hiel, het moment dat het been recht boven de voet staat en het afzetten van de tenen). Werk dit uit voor een been **met en zonder** jullie ontwerp.
 - Maak een krachten en momenten schets voor de situaties.
 - Bereken de krachten. Hiervoor kunnen er voorbeeld getallen gebruikt worden. Bonuspunten zijn te verdienen als de gebruikte krachten worden ondersteund door bronnen.
- De gevolgen van jullie ontwerp voor de bloedsdoorstroom. Hierbij kijken jullie naar de volgende onderdelen:
 - Wat is het effect op de lokale bloeddruk en bloedstroom.
 - Wat is het effect op de bloeddruk en bloedstroom in de rest van het lichaam.

Gebruik je bevindingen en conclusies in de risico analyse.

12.7 Kwaliteitskaart op basis van het DISC systeem

Zet een kruisje bij 3 kwaliteiten waarover jij beschikt. Lever het in.

KWALITEITKAART VAN: _____	
Initiatief nemen (het voortouw nemen)	
Creatief denken, out-of-the-box kunnen denken	
Willen uitwisselen (met anderen informatie delen)	
Overzicht hebben (weten wat er nog moet gebeuren)	
Aan het werk zetten van anderen	
Eigen ideeën inbrengen	
Kunnen samenvatten	
Zorgvuldig werken	
Discipline hebben (ergens voor gaan)	
Feedback durven geven (iemand durven aanspreken op zijn werk(houding) enz.)	
Een discussie van meerdere kanten belichten	
Geordend werken	
Voor het best mogelijke resultaat gaan	
Makkelijk mensen overtuigen van je standpunt	
Zorgt dat iedereen zich fijn voelt in de groep	
Uitzoeken van de details	

12.8 Voorbeelden stakeholderanalyse

12.8.1 Voorbeeld cyclus 1 hoge kwaliteit

	Eigenschappen stakeholder	Welke positieve en negatieve effecten kan het ontwerp op de stakeholder hebben?	Wat is de invloed van de stakeholder op het ontwerp?
Goochelaar	De goochelaar zal proberen de truc zo goed mogelijk uit te voeren. Verder zal hij doen alsof hij echt de gedachtes heeft gelezen van het publiek.	Als alles zoals plan gaat, dan voert de goochelaar een fantastische show uit. Als het niet goed gaat, heeft het ontwerp een negatief effect, omdat de truc dan mislukt en de goochelaar dan door de mand valt.	In principe alles, als hij de instructies goed opvolgt dan moet het ontwerp zijn werk doen en de goochelaar helpen om de truc goed uit te voeren.
Publiek	Het publiek is ook een stakeholder in ons ontwerp. Het ontwerp is gemaakt om hun voor de gek te houden. Ze kijken veel om zich heen om erachter te komen wat er gebeurt en willen zich gemindfucked voelen na afloop.	Het ontwerp kan als het de truc niet goed wordt uitgevoerd een negatief effect hebben op het publiek. De truc mislukt dan en het publiek zal dan totaal niet het gevoel hebben dat ze zijn gemindfucked. Een positief effect op het publiek is dat de truc door middel van een natuurkundig principe goed wordt uitgevoerd, waardoor het publiek denkt dat de goochelaar hun gedachten kan lezen.	Het publiek mag er niet achter komen, dus als er iemand achter komt hoe de truc werkt, dan heeft dit een negatieve invloed op het ontwerp. Als ze nietsvermoedend denken dat de truc echt is, dan heeft dit een positieve invloed op het ontwerp.
Verzekeraar	De verzekeraar is ook een stakeholder, omdat hij ook baat heeft bij het ontwerp. Hij wil namelijk dat de act veilig is en goed verloopt, zodat hij geen schade hoeft te vergoeden.	Een positieve invloed van het ontwerp is dus dat het ontwerp goed uitvoerbaar is, waardoor er niks misgaat, waardoor de verzekeraar geen schade hoeft te vergoeden. Een negatieve invloed is als het ontwerp niet voldoet aan de eisen, waardoor het dus misgaat en de verzekeraar dus geld moet betalen om de opgelopen schade te vergoeden.	De verzekeraar kan ervoor zorgen dat de goochelaar niet de truc wil uitvoeren. Dit kan zo zijn, omdat de verzekeraar bij een te riskante truc geen schade zal vergoeden als er iets misgaat.
Theaterdirecteur	De directeur zal willen dat er geen boze klanten zijn na afloop van de goochelshow en dus zal hij van de goochelaar verwachten dat hij de truc goed uitvoert en zijn theater een goede reputatie blijft behouden.	De reputatie van het theater en de kaartverkoop zal verslechteren als de truc mislukt. Bij een goede truc zal het juist zorgen voor een betere kaartverkoop en tevreden klanten.	De theaterdirecteur wil het ontwerp aanpassen, omdat hij denkt dat de truc anders beter zal verlopen, terwijl dit niet zo hoeft te zijn.
Opdrachtgever	Meneer Faessen is de opdrachtgever en hij wil dat er een ontwerp wordt gemaakt met als eis dat deze wordt gemaakt op basis van	Meneer Faessen zal blij en tevreden zijn met een goed ontwerp. Hij zal echter niet tevreden zijn als het niet natuurkundig is.	Deze stakeholder zorgt ervoor dat het ontwerp wordt gemaakt op basis van een natuurkundig principe, bijv. elektriciteit, geluidstrillingen, magnetisme etc.

	natuurkundige principes.		
Manager van de goochelaar	De manager is een stakeholder, omdat hij wil dat het ontwerp zo goed mogelijk is, zodat mensen echt gaan denken dat de goochelaar hun gedachten kan lezen en dus uiteindelijk verstoeld staan en de goochelaar dus meer wordt geboekt voor meer shows.	Een negatieve invloed is dus dat het ontwerp niet aan de eisen voldoet om het publiek om de tuin te kunnen leiden, wat ertoe leidt dat de goochelaar door mand valt en dus de truc mislukt, hierdoor zullen de goochelaar en zijn manager minder geboekt worden in de toekomst. Als het ontwerp wel goed zijn functie uitvoert, en het publiek en dus voor de gek wordt gehouden en zich na afloop dus gemindfucked zal voelen, zal de goochelaar en zijn manager vaak geboekt worden in de toekomst en meer inkomsten genereren	De manager zal net als de directeur een meningsverschil kunnen hebben op het ontwerp qua functie en natuurkundig principe. Dit kan ervoor zorgen dat het juist een ontwerp wordt wat er niet toe in staat is om het publiek te mindfucken,

Userstory's:

- Als goochelaar wil ik dat de truc lukt, zodat ik het publiek verstoeld kan laten staan.
- Als publiek wil ik dat mijn gedachten gelezen worden, zodat ik mij gemindfucked voel.
- Als eigenaar van het theater wil ik dat de truc succesvol is, zodat ik geen boze klanten heb.
- Als opdrachtgever wil ik een natuurkundige truc zien, zodat dit uitgewerkt kan worden in een natuurkundig verslag.
- Als verzekeraar wil ik dat de act veilig is, zodat ik weinig hoeft te betalen.
- Als manager van de goochelaar wil ik dat de truc spectaculair is, zodat ik veel geld kan verdienen aan boekingen.

12.8.2 Voorbeeld userstories cyclus 2

- Als een patiënt wil ik een effectief en niet hinderend ontwerp, zodat ik snel en makkelijk van mijn blessure af kom.
- Als een dokter wil ik een effectief en makkelijk te installeren ontwerp, zodat het product niet te ingewikkeld in elkaar moeten worden gezet en ik daar zo min mogelijk tijd aan kwijt ben.
- Als een ontwerper wil ik een te realiseren en veilig ontwerp bedenken, zodat het product te maken is en dat het geen schade aanricht op de patiënt. Ook moet het product er goed uitzien.
- Als fabrikant wil ik een makkelijk te maken voorwerp met zo goedkoop mogelijke materialen, zodat de productiekosten zo laag mogelijk zijn en ik er niet teveel tijd aan kwijt ben (en er dus veel kan maken).
- Als verzekering wil ik een stevig ontwerp dat moeilijk stuk gaat en weinig problemen heeft, zodat weinig mensen hun verzekering kunnen innen en wij dus meer geld binnen krijgen.

12.9 Reader ontwerpen in de biofysica



Reader ontwerpen voor de biofysica

J. Faessen

Versie 2.0 maart 2020

Inhoud

INHOUD	87
1. INLEIDING	88
2. INLEIDING ONTWERPEN	89
3. HET ONTWERPTEAM	89
4. VORMEN VAN DE ONTWERPCYCLUS	90
5. OVERZICHT ONTWERPVERSLAG	91
6. UITLEG ONDERDELEN ONTWERPVERSLAG	92
6.1. INTRODUCTIE	92
6.2. ACHTERGRONDINFORMATIE	92
6.3. ANALYSE	92
6.3.1. PROBLEEMBESCHRIJVING	92
6.3.2. ROOT CAUSE/CONFLICT ANALYSIS	92
6.3.3. STAKEHOLDER ANALYSE	93
6.3.4. HET UITEINDELIJKE DOEL VAN HET ONTWERP	93
6.3.5. ONTWERPSTRATEGIE	93
6.3.6. PROGRAMMA VAN EISEN	94
6.4. CONCEPTEN EN IDEEËN	95
6.4.1. MORFOLOGISCH SCHEMA	95
6.4.2. EERSTE CONCEPTEN	96
6.4.3. SELECTIE VAN BESTE CONCEPTEN	96
6.5. DETAILS	98
6.5.1. VERDERE UITWERKING BESTE CONCEPT	98
6.5.2. MATERIAALKEUZE	98
6.5.3. KOSTEN ANALYSE	98
6.5.4. RISICO ANALYSE	99
6.5.5. PROTOTYPING	99
6.5.6. TESTEN	99
6.5.7. EVALUATIE	100
6.6. REFLECTIE	100
6.7. HERONTWERP OF AFRONDEN ONTWERP	100
7. BIJLAGEN	101
7.1. RCA VOORBEELD	101
7.2. RCA+ VOORBEELD	102

1. Inleiding

Wil jij later verder met ontwerpen of iets gaan doen in de medische wereld, dan zul je ongetwijfeld ook in aanraking komen met biofysisch ontwerpen. De manier van ontwerpen die we hier hebben toegepast is onderdeel van een stroming in het ontwerpen dat “technisch ontwerpen” heet. Studies die hier mee te maken hebben zijn bijvoorbeeld: Industrieel Ontwerpen, Industriële Product Ontwikkeling, Technische Geneeskunde en Biomedische Technologie. Tijdens de studie Geneeskunde zul je ook te maken krijgen met biomedische apparatuur en zul je een achtergrond kennis moeten hebben van de processen, maar hoeft je niet het ontwerpen zelf uit te voeren.

Heel leuk om te weten welke vervolgopleidingen er zijn waar technisch ontwerpen een rol speelt, maar wat doe je eigenlijk als een technisch ontwerper? Als technisch ontwerper krijg je een probleem voor de kiezen waar jij een oplossing voor gaat bedenken. Dit hoeft je gelukkig niet helemaal alleen te doen, maar dit doe je in samenwerking met een team. Hoe dit team in samengesteld en hoe het probleem wordt opgelost kun je in deze reader teruglezen.

Een technisch ontwerper moet goed kunnen samenwerken met mensen van andere disciplines om het technische probleem op te lossen. Je vindt technische ontwerpers dan ook terug in allerlei soorten functies. Omdat technische ontwerpers hebben geleerd het overzicht te bewaren en samen te werpen, kunnen ze ook heel goed op leidinggevende functies worden ingezet.

2. Inleiding ontwerpen

Ontwerpers bedenken nieuwe producten of processen. Bijvoorbeeld een nieuw medicijn, een kunstheup, een operatietang, maar het kan ook een nieuwe manier van de bestaande producten inzetten zijn. Als er een behoefte of probleem is kan er door een ontwerper een oplossing voor bedacht worden. Bij het ontwerpen volg je een vast stappenplan. Meestal moet je een of meer stappen herhalen, of zelfs het hele proces opnieuw doorlopen. Daarom noem je het stappenplan de **ontwerpcyclus**. Zie Figuur 1.



Figuur 8: De ontwerpcyclus

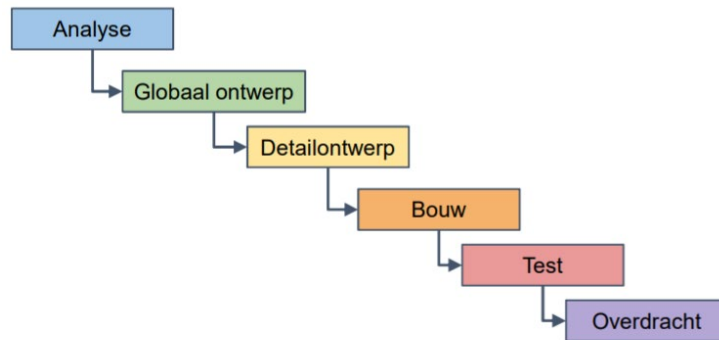
Er zijn meerdere methodes om de ontwerpcyclus te doorlopen, maar globaal zijn de stappen hetzelfde. Je begint met het analyseren van de behoeften en eisen waaraan het product moet voldoen. Dit leg je vast in het **programma van eisen**. Daarna ga je allerlei mogelijke oplossingen bedenken en verkennen. De beste oplossing werk je in detail uit. Dit noem je het ontwerp. Dit ontwerp realiseer je in een proefversie of **prototype**. Het prototype test je aan de hand van je programma van eisen. Als laatste stap evalueer je het ontwerp: je beoordeelt of je aan de ontwerp vraag hebt voldaan en hoe je het ontwerp kunt verbeteren. Je maakt een verslag van alle stappen van het ontwerpproces. Later zullen we dieper ingaan op de verschillende ontwerpmethodes en de stappen in het ontwerpproces.

3. Het ontwerpteam

Ontwerpen is meestal niet iets dat je alleen doet, het spreekwoord hoe meer zielen hoe mee vreugd gaat voor ontwerpen zeker op. Waarom is het bij ontwerpen gebruikelijk dat je in een team werkt? Dit heeft voornamelijk te maken met de diversiteit bij het maken van een ontwerp. Er zijn een groot aantal aspecten nodig voor het volbrengen van een succesvol ontwerp: gesprekken moeten worden gehouden met de opdrachtgevers en de mensen die het product gaan gebruiken, tekeningen moeten gemaakt worden, er moet techniek in het product verwerkt worden, om het nieuwe product op de markt te krijgen is er marketing nodig, het product moet geproduceerd en getest worden... en ga zo maar door. Daarom werken veel ontwerpteam in een **multidisciplinair** team. Dat is een team waarin ontwerpers met een andere achtergrond en verschillende kwaliteiten bij elkaar zitten. De teamleden proberen de specialisatie die ze persoonlijk hebben ook over te brengen op de rest van het team zodat er vanuit meerdere invalshoeken op het ontwerp gekeken kan worden.

4. Vormen van de ontwerpcyclus

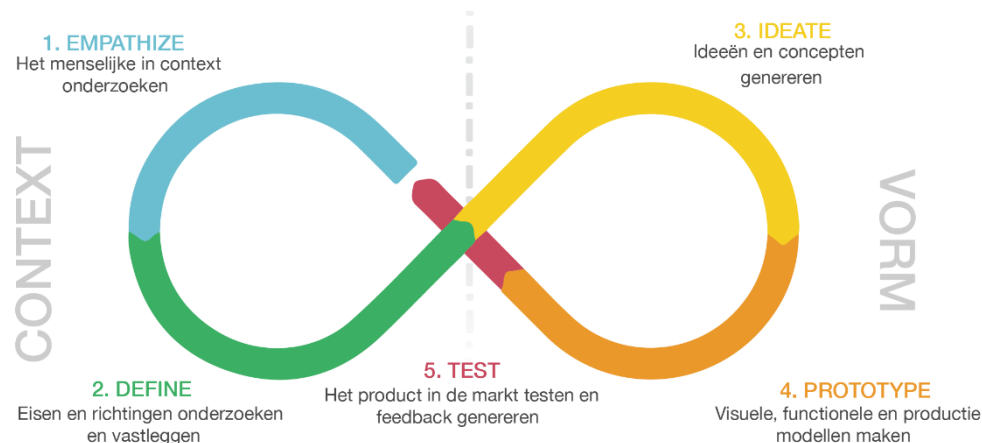
Zoals in de introductie aangegeven zijn er meerdere manieren van ontwerpen. Voordat je begint aan je ontwerp is het belangrijk dat je met je ontwerpsteam één vorm van ontwerpen aanhoudt. In het **klassiek ontwerpen** wordt er voornamelijk gebruik gemaakt van de **waterval methode**. Dit houdt in dat eerst het probleem wordt vastgesteld en alles wordt geanalyseerd en daarna elke stap één voor één wordt afgelopen. Zie Figuur 2.



Figuur 9: De waterval methode

Voordelen van deze methode zijn dat alles duidelijk is aan het begin van het proces en dat je met ontwerpteams kunt werken die verantwoordelijk zijn voor één gedeelte van het ontwerp. Nadelen zijn dat je niet flexibel bent in je ontwerp en er weinig feedback op je ontwerp komt. Pas aan het einde van de hele cyclus ga je met de opdrachtgever kijken naar het eindproduct. Deze manier van ontwerpen werkt goed in situaties waar de eisen voor het ontwerp niet snel zullen veranderen.

Omdat de technologieën tegenwoordig ontzettend snel kunnen veranderen (vooral in de IT wereld) wordt er in IT en Tech bedrijven vaak gewerkt volgens **Agile werken** en **iteratief ontwerpen**. Agile werken is een werkmethode waar het contact met de mensen voor wie het ontwerp bedoeld is centraal staat. Ook wordt er in korte blokken gewerkt om één specifiek gedeelte van de opdracht af te maken. Het maken van een product dat af is en daar steeds op voort te bouwen wordt iteratief ontwerpen genoemd. Iedere keer dat er een nieuw gedeelte van het product af is wordt dit getest en getoond aan de opdrachtgevers, hierdoor is er veel feedback en kan de ontwikkeling en het ontwerp snel bijgestuurd worden. Een nadeel is dat in dit proces de totale kosten hoger kunnen zijn, hier staat tegenover dat het product meestal wel sneller in gebruik genomen kan worden. Let op, de stappen die worden doorlopen bij Agile werken zijn wel hetzelfde als bij de waterval methode, maar het is op een kleinere schaal en een kortere tijdsduur. Zie Figuur 3.



Figuur 10: Iteratief ontwerpen

5. Overzicht ontwerpverslag

Nu we hebben gekeken naar de basis van het ontwerpen is het belangrijk om te weten hoe het ontwerp wordt vastgelegd. Het is namelijk belangrijk om goed te weten wat je allemaal hebt gedaan om later het product te maken, maar het is net zo belangrijk om vast te leggen wat je **niet hebt gedaan**. Vastleggen wat je niet hebt gedaan is iets wat de meesten mensen niet gewend zijn, je maakt een verslag van je successen en dat laat je de buitenwereld zijn. Bij ontwerpen probeer je een continue verbetering teweeg te brengen en zul jij, andere leden van je ontwerpteam of iemand in de verre toekomst ook proberen om het product dat je nu aan het ontwerpen bent nog eens te verbeteren. Het is dan belangrijk om te weten wat allemaal al geprobeerd is en welke keuzes er gemaakt zijn om niet dubbel werk te leveren. Ook kan het zo zijn dat er door technische ontwikkelingen een ontwerp dat jij gemaakt hebt ineens bruikbaar wordt, dan heb je alle documentatie al en kan je snel je product ontwikkelen. **Leg dus goed al je ideeën vast en onderbouw de keuzes die je hebt gemaakt.**

Hieronder staat een globaal overzicht van de meeste onderdelen die je in een ontwerpverslag terug zult vinden. Later komt er nog bij ieder onderdeel een korte uitleg.

- Introductie
- Achtergrondinformatie
- Analyse
 - Probleembeschrijving
 - Ontwerpstrategie
 - Root cause/conflict Analysis
 - Stakeholder analyse
 - Het uiteindelijke doel van het ontwerp
 - Programma van eisen
- Concepten en ideeën
 - Morfologisch schema
 - Eerste concepten
 - Selectie van beste concepten
- Details
 - Verdere uitwerking beste concept
 - Materiaalkeuze
 - Kosten analyse
 - Risico analyse
 - Prototyping
 - Testen
 - Evaluatie
- Reflectie
- Herontwerp of afronden ontwerp
- Bronnen
- Bijlagen

6. Uitleg onderdelen ontwerpverslag

Bij ieder deel van het ontwerpverslag staat een korte uitleg wat er in dat deel meestal staat. Het hoeft niet zo te zijn dat er in ieder ontwerpverslag alle onderdelen staan, omdat ieder ontwerp anders is. De hoofdonderwerpen zul je wel in bijna ieder verslag terugzien.

6.1. Introductie

In de introductie laat je kort iets weten over de opdracht, de manier waarop je gaat werken, welke ontwerpmethode je gebruikt en hoe de lezer van je verslag je verslag moet lezen.

6.2. Achtergrondinformatie

De eerste stap in het ontwerpproces is het verzamelen van achtergrondinformatie. Je gaat kijken naar de algemene informatie die je nodig hebt om meer inzicht te krijgen in het probleem. Ook wil je weten welke eerdere ontdekkingen en onderzoeken er worden gedaan rondom jou ontwerp. Misschien kun je daaruit nog nieuwe technieken gebruiken of samenwerken met andere ontwerpteams. De nieuwste technieken en technologie wordt de **state of the art** genoemd. Je kijkt niet alleen naar de nieuwste technologie en ontwikkeling, maar ook juist naar wat er al is en wat er in het verleden gedaan is. Het is zonde als je iets nieuws probeert te maken en het bestaat allang.

6.3. Analyse

Nadat je de nodige informatie hebt verzameld ga je beginnen met de analyse van je "probleem".

6.3.1. Probleembeschrijving

Voor de analyse begin je met een korte beschrijving van het probleem. Je beantwoordt de vraag: "Waarom gaan we iets ontwerpen?". Dit kan redelijk kort zijn en zal in de praktijk een directe vraag zijn vanuit een opdrachtgever.

6.3.2. Root cause/conflict Analysis

De **Root Cause Analysis (RCA)** wordt gebruikt om een beter algemeen inzicht te krijgen in het totale probleem, meestal bij het verbeteren van een product. De RCA-techniek is populair om "verborgen" oorzaken van het probleem te vinden. Als je een aantal oorzaken hebt gevonden kun je in je ontwerp deze wegnemen en daardoor het product verbeteren. Bovendien kan het in kaart brengen van het probleem een beter begrip geven van de ontwerp vraag in het algemeen. In dit geval wordt de RCA gebruikt om het probleem zelf verder te analyseren. Een voorbeeld is te vinden in de bijlage 6.1.

Een **Root Conflict Analyse (RCA +)** wordt meestal gebruikt om een specifiek probleem voor een specifiek product, systeem of dienst op te lossen. Het belangrijkste doel van de RCA + is om te identificeren welke objecten, kenmerken, fysieke parameters en acties de **effectoren** zijn. Dus welke onderdelen van je probleem positieve en negatieve gevolgen hebben. Een voorbeeld is dat verbranding van brandstof in een auto ervoor zorgt dat de auto kan rijden, dit is een positief effect. Verbranding van brandstof zorgt er ook voor dat de motor warm wordt en oververhit kan raken, dit is een negatief effect. Later in je ontwerp kun je dan kijken hoe je wel het positieve effect behoudt (de auto gaat rijden) en het negatieve effect verwijderd (de motor raakt oververhit). Bij de auto hebben ze ervoor gekozen om een koelsysteem in te bouwen om de motor op de juiste temperatuur te houden. Ze hadden er ook voor kunnen kiezen om de motor te verwijderen en een zeil en de wind te gebruiken. Hier heb je dan wel weer andere problemen die opspelen. Door de effectoren in kaart te brengen kun je makkelijker deze keuzes maken. Van de RCA+ is een voorbeeld te vinden in de bijlage 6.2.

6.3.3. Stakeholder analyse

Een **stakeholder** is iemand die te maken heeft met het ontwerp en hier eigen belangen in heeft. In de stakeholder analyse kijk je naar alle mensen die belang hebben bij je ontwerp en beantwoord je per persoon de volgende vragen: hoe kunnen we de eigenschappen van de stakeholder beschrijven, wat zijn de verwachtingen van de stakeholder, welke positieve en negatieve effecten kan het ontwerp op de stakeholder hebben en wat is de invloed van de stakeholder op het ontwerp. Dit wordt in een overzichtelijke tabel weergegeven. Geef hier de stakeholder aan, welke macht de stakeholder heeft en wat de belangen zijn. Vaak is het goed om een **userstory** te schrijven, dit is een kort verhaal over hoe de stakeholder je ontwerp gaat gebruiken. Ook vertel je in een userstory welke verwachtingen de stakeholder heeft bij het ontwerp.

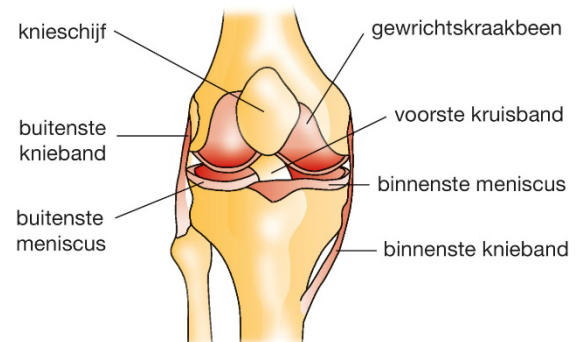
6.3.4. Het uiteindelijke doel van het ontwerp

Je vat nog eens kort het uiteindelijke doel van je ontwerp samen. Dit is ook belangrijk om te weten wanneer je klaar bent om je product uit te brengen.

6.3.5. Ontwerpstrategie

Nu je weet wat je wilt bereiken en wat het probleem is kun je een keuze maken welke strategie je aanhoudt om daar te komen. Hierin heb je hoofdzakelijk drie mogelijkheden.

Bij **omgekeerd ontwerpen** analyseer je een bestaand product en maak **verbeteringen aan een bestaand product**. Je bekijkt dan de onderdelen en probeert de functie, de werking en de samenhang ervan te achterhalen aan de hand van hun vorm, hun plaats en de eigenschappen van de gebruikte materialen. Soms is het voorwerp niet eens echt ontworpen, bijvoorbeeld een kniegewricht (Figuur 4), maar kun je er toch veel van leren, bijvoorbeeld om een prothese te ontwerpen.



Figuur 11: Een echte knie als 'prototype'

Voetballers hebben vaak problemen met hun kniegewrichten. Een chirurg kan de functie van de onderdelen van de knie achterhalen door te kijken naar de vorm, de plaats en de eigenschappen van de weefsels. De meniscus is zacht, vlak en glad en zit tussen beide botten. Hij werkt dus als stootkussen. De kruisband is sterk en buigzaam, heeft een vaste lengte en zit aan beide botten vast: hij houdt de twee botten dus bijeen. Met deze informatie kan de chirurg nu een prothese voor een beschadigde knie laten ontwerpen. Je kunt van het bestaande product ook een RCA of een RCA+ maken om te bepalen waar de verbeterpunten liggen.

Ook kun je een **totaal nieuw ontwerp** maken. Dit is meestal een van de duurste strategieën en moeilijk om voor elkaar te krijgen. Soms is het echter nodig om helemaal van de grond af aan iets op te bouwen. Ook is er het voordeel dat je niet voortbordurt op fouten die eerder gemaakt zijn en dat je meer vrijheid hebt in de keuzes die je maakt.

De laatste strategie is **het probleem ontwijken**. Het kan zijn dat je het probleem zelf kunt wegnemen of op een andere manier kunt oplossen. Dit is vaak de koste efficiëntste oplossing maar leidt niet altijd tot verbetering en kan ervoor zorgen dat later het probleem weer opspeelt. Bijvoorbeeld bij een fabriek waar ze frikandellen en kroketten maken is de productie niet hoog genoeg. Je kunt de machines verbeteren zodat ze sneller werken, maar je zou ook nachtdiensten kunnen organiseren om het gebruik van de machines efficiënter te maken. Zo ontwijk je het probleem.

6.3.6. Programma van eisen

Het laatste gedeelte van de analyse is het opstellen van de eisen die je hebt voor je ontwerp. Hierbij is het belangrijk dat je duidelijk aangeeft hoe je kunt meten dat de eis is behaald en voor welke stakeholders er belang bij hebben. Verder kun je de eisen opspitsen in vijf categorieën. De **functionele vereisten**, die direct gerelateerd kunnen worden aan de functies die het ontwerp moet uitvoeren. **Veiligheidsvereisten** zijn gericht op het gebruik van het apparaat op een verantwoorde manier, hiervoor zijn er vaak normen waaraan je moet voldoen. **Ergonomische eisen**, die zich vooral richten op de afmetingen en het gewicht van het apparaat. Daarbij zorg je ervoor dat de gebruiker bij langdurig gebruik geen lichamelijke klachten krijgt. Als vierde zijn de **onderhouds- en schoonmaakvereisten** en daarnaast aandacht voor interacties en bruikbaarheid. Ten slotte hebben we vereisten met betrekking tot stijl en esthetiek, hoe je product eruit ziet.

Naast eisen kunnen er ook wensen aan de tabel worden toegevoegd. De wensen hebben wel toegevoegde waarde voor het product, maar zijn niet perse noodzakelijk. Mocht het nodig zijn dan kan een compromis op de wensen worden gemaakt. Geef de wensen een eigen kopje zodat het duidelijk is wat wensen en wat de eisen zijn.

Als voorbeeld kun je in de onderstaande tabel een stukje van een programma van eisen zien voor een thermometer voor het meten van koorts.

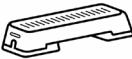
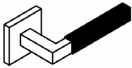
Nr.	Eis	Meetbaar	Stakeholderbelang	Notities
1.1	De thermometer moet lichaamstemperatuur kunnen meten.	Minimaal meetbereik tussen de 20 en 50 graden Celsius.	Patiënt, dokter, verzekering, ziekenhuis.	
1.2	De thermometer is nauwkeurig.	Maximale afwijking bij een meting mag 0,05 graden Celsius zijn.	Patiënt, dokter, verzekering, ziekenhuis.	
2.1	De thermometer mag niet breken bij normaal gebruik.	Minimale drukkracht 500N.	Dokter, verzekering.	
3.1	De thermometer mag niet zwaar zijn omdat hij veel wordt gebruikt.	Maximale gewicht 50 gram.	Dokter.	
4.1	De thermometer moet hygiënisch zijn voor het meten van veel patiënten snel achter elkaar.	De thermometer mag de patiënten niet aanraken.	Patiënt, dokter, verzekering.	
5.1	Kinderen mogen niet bang zijn voor de thermometer.	9 van de 10 kinderen reageren niet angstig op de thermometer.	Patiënt.	

6.4. Concepten en ideeën

Na de analyse van probleem ga je kijken naar verschillende mogelijkheden om het probleem op te lossen. Dit doe je door de effectoren en negatieve effecten uit de RCA en RCA+ te halen. Daarna ga je concepten ontwerpen waarbij je deze negatieve gevolgen wegneemt of bepaalde positieve gevolgen mogelijk maakt. Door eerst op een kleine schaal naar oplossingen te kijken en daarna concepten te maken wordt het een stuk makkelijker om te ontwerpen. Om jezelf niet te limiteren in je creativiteit kun je eerst tien ontwerpen maken waarin alles mag, daar de beste drie uitkiezen en daarna deze drie ontwerpen verder uitwerken. De docent zal aangeven hoeveel concepten er van je verwacht worden.

6.4.1. Morfologisch schema

Het morfologisch schema is een middel om je probleem op te splitsen in allemaal kleine onderwerpen waar makkelijk een oplossing voor te vinden is. Je kiest één ding waar je een oplossing voor wilt zoeken en schrijft daar alle mogelijke oplossingen bij die je kunt bedenken. Dit doe je voor alle kleine problemen die je moet oplossen. Om dit duidelijker te maken kun je hieronder een voorbeeld zien.

Correcte houding	Exoskeleton 	Korset 	Brace 	Info 		
Hoogte verandering	Verstelbaar bureau 	Step 	Lift 	Verstelbare schoenen 		
Gewicht	Gelijke verdeling 	Kraan 	Helium 	Air hockey 	Verandering in gedrag werknemer 	
Vastpakken	Soft robotica 	Handvaten 	Materiaal (wrijving) 	Vacuüm 	Omzeilen door schuiven 	Vastpak machine 
Kracht levering	Soft robotica 	Training 	Elastiek 	Geheugen-stof 	Hefbomen 	
Neerzetten	Glijbaan 	Rem na glijden 	Buis 	Rol band 	Glijden op stof 	
Afstand overbrugging	Machine 	Glijbaan 	Wielen 	Rol band 		

Dit morfologische schema is gemaakt om problemen met het tillen en verplaatsen van zware objecten in een werkplaats op te lossen. Je kunt zien dat er per onderdeel van het probleem een aantal

oplossingen/mogelijkheden zijn bedacht en opgeschreven. Dit zijn er een aantal, maar het kunnen er voor dit probleem veel meer zijn. Op het moment dat je een uitgebreid overzicht van je mogelijkheden hebt kun je doorgaan naar de volgende stap: het bedenken van een aantal concepten.

6.4.2. Eerste concepten

Door de verschillende mogelijkheden vanuit het morfologisch schema te combineren kom je bij concepten. Dit kun je in twee verschillende manieren doen:

- Je kunt uitgaan van de grenzen die gesteld zijn in het programma van eisen. Hiervoor streep je al meteen een aantal mogelijkheden uit het morfologische schema weg. Het voordeel is dat je gericht aan het zoeken bent naar een mogelijke oplossing, het nadeel is dat je jezelf limiteert.
- Je kunt ervan uitgaan dat alles kan en alles mag. Nadat je deze ontwerpen hebt gemaakt ga je de ontwerpen aanpassen zodat ze voldoen aan het programma van eisen. Hierbij is het voordeel dat je jezelf niet limiteert en dat je al mogelijkheden hebt op het moment dat de eisen meer ruimte bieden. Nadelen zijn dat het meer tijd kost om op deze manier te ontwerpen en het moeilijk kan zijn om de ontwerpen aan te passen zodat ze binnen de eisen vallen.

De ontwerpen geef je overzichtelijk weer in een tabel. Je nummert de concepten of geeft ze een naam, een schets van het ontwerp wordt gemaakt en er komt een korte beschrijving bij het ontwerp te staan. Een voorbeeld van concepten die bij het eerder getoonde morfologisch schema kunnen horen is te vinden in de bijlage 6.3. Hier kun je een heel breed scala aan oplossingen zien die uit het morfologische schema kunnen ontstaan. De beschrijving is nog heel algemeen, dit wordt uitgewerkt onder het hoofdstuk "Details".

6.4.3. Selectie van beste concepten

Het is heel moeilijk om de ontwerpen die je hebt gemaakt objectief te beoordelen. Dat maakt het ook moeilijk om te beslissen welk concept het beste is. Het ene concept is veiliger, de andere goedkoper en weer een andere heeft het grootste gebruiksgemak. Een oplossing voor het kiezen van het beste concept te kiezen is gebruik maken van een "Pugh-matrix". In de Pugh-matrix wordt elk concept beoordeeld op de belangrijkste criteria vanuit het programma van eisen. Deze criteria bepaal je samen met het ontwerpteam.

Het eerste dat je gaat doen is de beoordelingscriteria bepalen, dit doe je aan de hand van het programma van eisen. Stel hebt bepaald dat de volgende vereisten het belangrijkste zijn: veiligheid, bruikbaarheid, aanpassingsvermogen, kosten en haalbaarheid. Sommige vereisten zijn dan waarschijnlijk belangrijker dan andere. Als dit het geval is geef je het relatieve belang van de eisen weer met een weegfactor. De weegfactor kun je bepalen door de verschillende criteria tegen elkaar af te zetten. Alle criteria worden met elkaar vergeleken in een tabel door de belangrijkste van de twee criteria een 1 te geven. Aan het einde worden alle scores opgeteld en dit bepaalt de volgorde van belangrijkheid. Veiligheid is bijvoorbeeld belangrijker dan bruikbaarheid, de kolom voor veiligheid en de rij voor bruikbaarheid krijgt een 1. De aangepaste scores worden de weegfactoren bij het beoordelen van de concepten. Zie hieronder een voorbeeld.

Criteria	Veiligheid	Bruikbaarheid	Aanpassings- vermogen	Kosten	Haalbaarheid
----------	------------	---------------	--------------------------	--------	--------------

Veiligheid	1	0	0	0	0
Bruikbaarheid	1	1	0	0	1
Aanpassingsvermogen	1	1	1	0	1
Kosten	1	1	1	1	1
Haalbaarheid	1	0	0	0	1
Totaal (Weegfactor)	5	3	2	1	4

Onder totaal kun je zien welk criteria het belangrijkste is, degene met de hoogste score, en het minst belangrijk, degene met de laagste score. De score noemen we de “weegfactor”.

Hierna ga je de concept ontwerpen beoordelen op deze criteria. Bijvoorbeeld met een scorebereik van 0 tot 5, waar 0 slecht is en 5 heel goed. De tabel waarin je dit zet heet een “Pugh-matrix”. De scores die je hebt gegeven worden vermenigvuldigd met de weegfactor. Op deze manier neem je ook mee hoe belangrijk het criterium is. Dan worden per concept de punten bij elkaar opgeteld en is het concept met de hoogste score het beste ontwerp. In de volgende tabel kun je zien hoe drie concepten beoordeeld kunnen worden.

Criteria/ Concepten	Veiligheid	Bruikbaarheid	Aanpassings- vermogen	Kosten	Haalbaarheid	Totaal
C1	2,5	3	3	2	2	37,5
C2	4	3	1	1	2	40
C3	3	4	4	4	4	55
weegfactor	5	3	2	1	4	

6.5. Details

In dit gedeelte van het ontwerpproces kijk je naar het gekozen ontwerp en werk je deze verder uit. Ook ga je je natuurkundige berekeningen uitvoeren en het ontwerp analyseren. Het ontwerp werk je uit tot een prototype. Hiermee kun je testen uitvoeren, waarna je het ontwerp weer kunt verbeteren en dan begin je weer vooraan in de ontwerpcyclus.

6.5.1. Verdere uitwerking beste concept

De eersten stap die je moet zetten voordat je gaat testen en analyseren is het verder uitwerken van het gekozen concept. Je beschrijft uitvoerig het ontwerp, maakt hier eventueel **(technische) tekeningen** bij en voert alle berekeningen uit die nodig zijn om het ontwerp te realiseren.

Bij het maken en gebruiken van het product horen vaak ook duidelijke stappen. Deze stappen worden de **gebruiksprocedure** genoemd. Let erop dat je duidelijk beschrijft welke procedure er gevolgd moet worden bij het gebruik van het product. Dit is namelijk vaak een probleem, als ontwerper weet je precies hoe je het product moet gebruiken, maar dit komt niet altijd goed over bij de gebruiker. Bedenk in deze stap ook hoe je het ontwerp zo gebruiksvriendelijk mogelijk kan maken.

Soms kan het hiervoor nodig zijn om een literatuurstudie uit te voeren naar de verschillende onderdelen. Vermeld in ieder geval duidelijk waar je de informatie vandaan hebt en voeg je bronnen toe.

6.5.2. Materiaalkeuze

Een onderdeel van het ontwerpproces is het kiezen van de materialen voor je product. De functie van een onderdeel bepaalt van welk soort materiaal je dat onderdeel kunt maken. Er zijn veel **materiaaleigenschappen** waarop je moet letten als je een materiaal kiest:

1. scheikundig; het materiaal moet veilig en niet-giftig of vervuilend zijn;
2. natuurkundig; soms moet het materiaal stevig, soms doorzichtig zijn, of warmte of stroom kunnen geleiden;
3. technisch; de vormen van de onderdelen moeten van het materiaal te maken zijn;
4. economisch; het materiaal moet niet te duur en gemakkelijk verkrijgbaar zijn;
5. esthetisch: de materialen moeten liefst zo gekozen zijn, dat het product mooi is.

6.5.3. Kosten analyse

Nadat er is bepaald welke materialen en hoeveel er van deze materialen nodig is kun je een inschatting maken van de kosten. Hierbij moet er ook meegenomen worden of er onderdelen speciaal voor dit ontwerp gefabriceerd moeten worden. Dit is namelijk duurder dan al bestaande onderdelen te gebruiken.

Op het moment dat je een prototype gaat maken kost deze waarschijnlijk meer dan het eindproduct, omdat het eindproduct massaler geproduceerd kan worden. Vaak neem je dit mee in je berekening, je maakt een inschatting voor de kosten van het prototype en van het eindproduct. Deze kostenanalyse is heel moeilijk te maken voor net beginnende ontwerpers. Zij hebben namelijk iets minder kennis van de markt en de kosten van alle onderdelen. Daarom wordt dit vaak door de meer ervaren leden van het ontwerpteam geleid of door een apart team die gespecialiseerd zijn in het maken van kosteninschattingen gedaan.

6.5.4. Risico analyse

Een van de belangrijkste dingen voor het gebruik van een ontwerp is inschatten welke risico's er aan verbonden zijn. Het liefst weet je al voordat je een prototype gaat maken welke onderdelen mis kunnen gaan zodat je hierop kunt anticiperen en eventueel al kunt aanpassen. Daarna worden er nog vaak problemen gevonden tijdens het testen, die daarna opgelost moeten worden. Het inschatten van de risico's gebeurt met een zogeheten **Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)**. In deze analyse ga je per onderdeel kijken wat er mis kan gaan, hoe erg het is als het mis gaat en of het waarschijnlijk is dat het mis gaat. Door deze delen te combineren kan er een inschatting gemaakt worden van de risico's.

Aanvragen die gedaan moeten om bepaalde keurmerken te krijgen en testen te mogen uitvoeren vallen ook onder het kopje risico analyse.

6.5.5. Prototyping

Na alle berekeningen en uitwerkingen kun je uiteindelijk gaan werken met het ontwerp dat je als team gemaakt hebt. Zelfs dit gebeurt dan vaak in meerdere gedeeltes. Er wordt eerst een **prototype** gemaakt van goedkope materialen zodat deze al een klein beetje getest kan worden. Tegenwoordig gebeurt dit veel met 3D printen. Met **3D printen** kun je namelijk makkelijk alle vormen namaken en dit is redelijk goedkoop. Voor het grondig testen gebruik je alle juiste materialen en wordt het eerste "echte" prototype gemaakt.

In het verslag wordt er als een recept opgeschreven hoe het prototype tot stand is gekomen. De materialen die zijn gebruikt en welke mensen er aan mee hebben geholpen. Dit helpt ook weer om het uiteindelijke product makkelijker te produceren.

6.5.6. Testen

Het testen bestaat uit twee onderdelen:

1. De **gebruiksvriendelijkheidstest**
2. De **producttest**

Bij het testen van de gebruiksvriendelijkheid wordt er gekeken naar het gebruiksgemak en of het product intuïtief gebruikt kan worden. Hiervoor testen meerdere proefpersonen het prototype en geven hierbij commentaar op het gebruik. Een onderzoeker schrijft op wat de proefpersonen doen met het product. Voor, tijdens en na het testen worden vragenlijsten afgenomen bij de proefpersonen.

De producttest focust op alle andere aspecten van het product: of alles werkt zoals bedoeld, of het product de juiste krachten aankan, de veiligheid van het product en ga zo maar door. Voor alle testen moeten protocollen opgesteld worden. De **testprotocollen** zorgen ervoor dat alles op dezelfde manier getest wordt, dit is erg belangrijk om de resultaten te kunnen vergelijken. Voor sommige van de testen is het nodig om bepaalde goedkeuring aan te vragen vanuit de overheid. Denk hierbij aan testen met dieren en mensen. Hoe je de testgoedkeuring kunt aanvragen en waarvoor de aanvraag nodig is kun je makkelijk op internet vinden. Een vuistregel is ga je testen op mensen of dieren en kan het gevaarlijk zijn dan heb je goedkeuring nodig. Ga je met kinderen werken dan is ook vrijwel altijd een aangepast testprotocol en goedkeuring nodig.

6.5.7. Evaluatie

Uit de testen komen punten die je kunt **verbeteren**. Deze mogelijke verbeteringen en problemen waar je tegenaan loopt beschrijf je hier. Ook leg je het programma van eisen naast je ontwerp en prototype. Je geeft aan of alle eisen en wensen zijn gehaald. Het kan heel goed zijn dat niet alle eisen of wensen zijn gehaald, sommige eisen zijn namelijk minder belangrijk dan andere. Bijvoorbeeld je wilt een thermometer ontwerpen en heb je in je programma van eisen staan dat er een leuk plaatje op de thermometer moet staan voor kinderen. Dan kan het goed zijn dat je die wens achterwege laat omdat het dan te duur wordt. De eis dat de thermometer goedkoop moet zijn is dan belangrijker. Beargumenteer wel waarom een bepaalde eis of wens niet is gehaald en wat er nodig is om deze te halen.

6.6. Reflectie

In de reflectie schrijf je de **discussie** en **conclusie** over het ontwerp. In de discussie komen de volgende onderwerpen aan bod:

- Is het gelukt om het ontwerp te verwezenlijken?
- Hoe worden de testresultaten beoordeeld? Lijken deze logisch of kan het zijn dat er iets fout is gegaan bij het testen.
- Moeten er vervolgtesten gedaan worden?
- Welke dingen zouden moeten worden veranderd aan het ontwerp om een goed werkend product te krijgen?
- Welke ontwerptechnieken zijn er gebruikt en werkte deze goed voor dit ontwerp?
- Zijn er dingen mis gegaan tijdens het ontwerpen en kan dit invloed hebben op het eindontwerp?
- Verdere aanbevelingen.

Ook evalueer je als team het samenwerken. Dit deel je niet met een opdrachtgever, maar gebruik je om de volgende keer beter samen te werken.

In de conclusie komen kort de resultaten van je testen en of het gelukt is om aan alle eisen te voldoen.

6.7. Herontwerp of afronden ontwerp

Samen met de opdrachtgever en het ontwerpteam wordt er gekeken of het ontwerp af is of dat er nog een herontwerp nodig is. Er wordt een planning en tijdsinschatting gemaakt met wat er nodig is om het perfecte product te krijgen. Hierna begin je opnieuw in de ontwerpcyclus, met een nieuw ontwerp of met een herontwerp.

7. Bijlagen

7.1. RCA voorbeeld

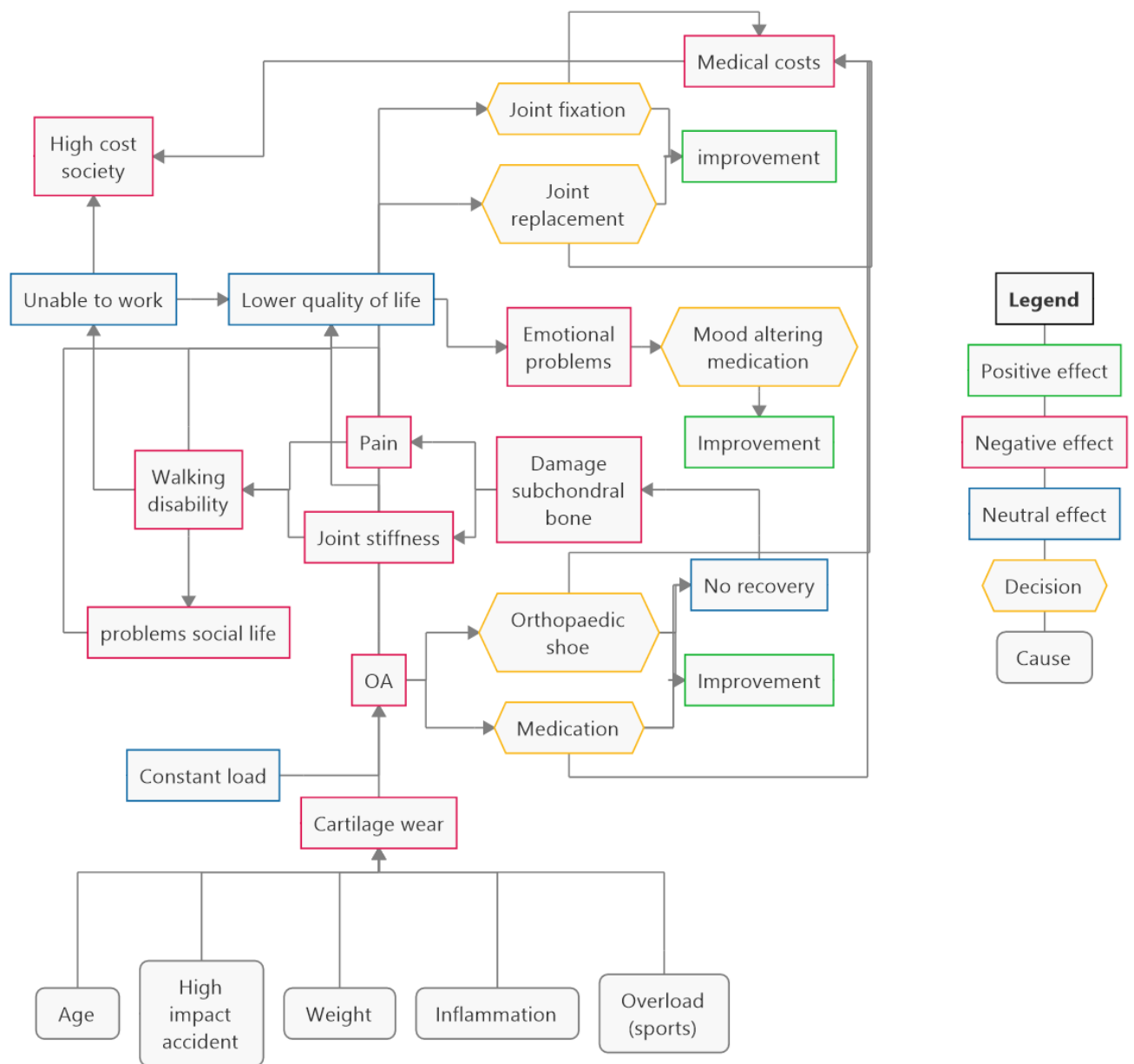


Figure 1: Root Cause Analysis.

7.2. RCA+ voorbeeld

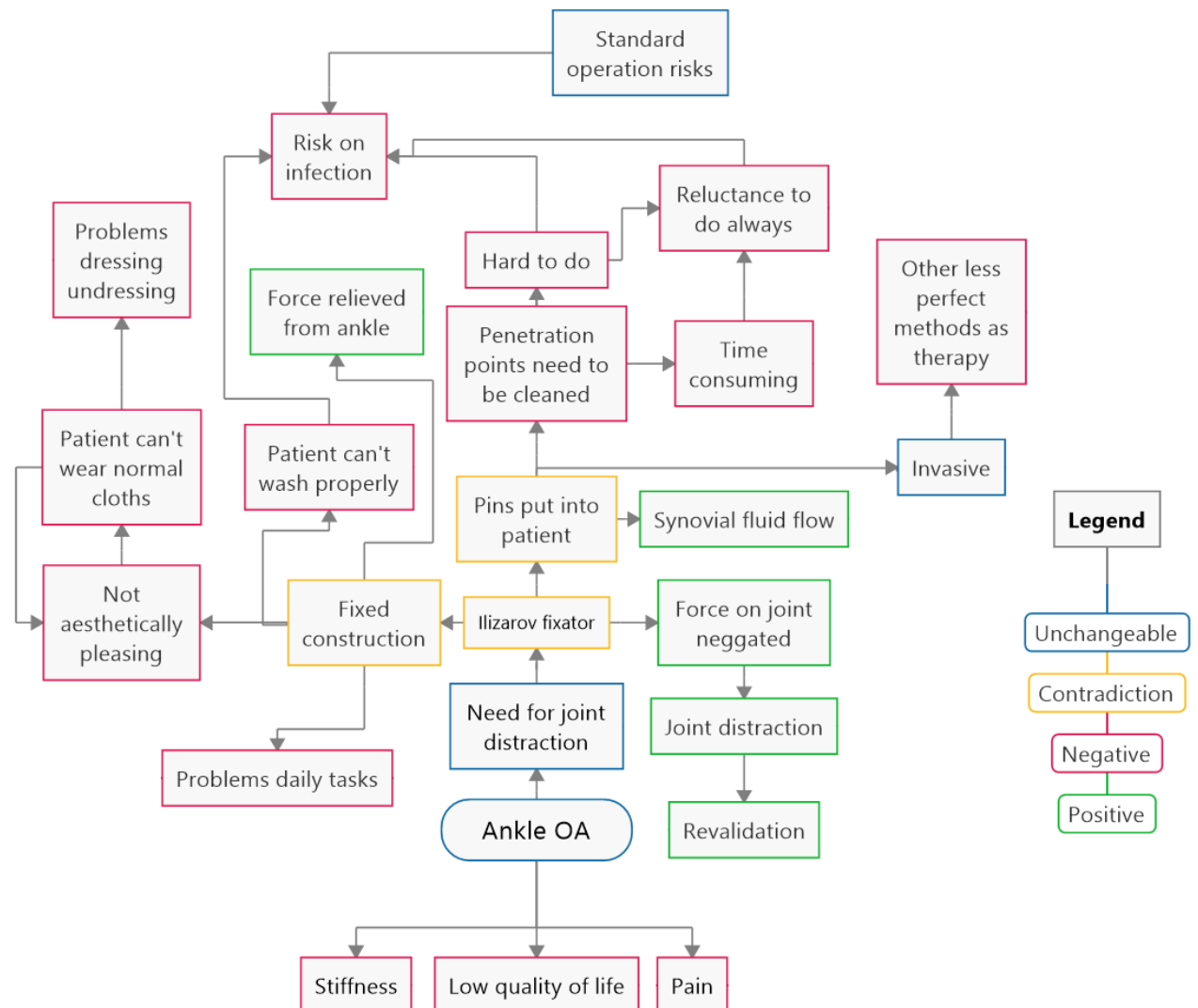
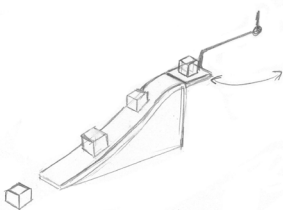
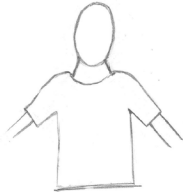
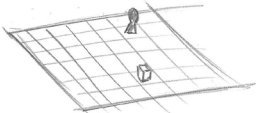
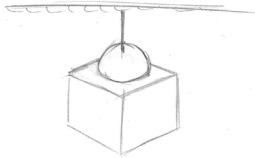
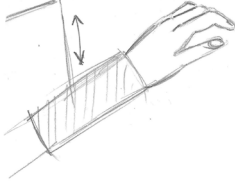
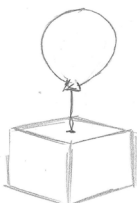


Figure 2: Root Conflict Analysis

De volgende symbolen worden gebruikt in de legenda:

- Negatief (rood): de oorzaak / gevolg veroorzaakt alleen negatieve resultaten (gevolg).
- Positief (groen): het effect van een specifieke oorzaak is positief; het is niet nodig om deze te veranderen.
- Gecombineerd negatief en positief, bron van tegenstrijdigheid (oranje): dezelfde oorzaak resulteert in zowel positieve als negatieve effecten.
- Onveranderbaar (blauw): een oorzaak die niet mag worden veranderd of beïnvloed om een probleem op te lossen.

7.3. Concepten

Concept	Schets	Beschrijving
Concept 1		Een zwenkarm wordt gebruikt om de pakketten van de verzamelpunten naar de containers te transporteren. Hier is de plaat waarop de pakketten rusten verbonden met een glijbaan. Deze schuif kan manoeuvreerbaar zijn om de pakketten op de juiste plaats te zetten. Door de plaat te kantelen, schuiven de objecten van de arm en op de glijbaan.
Concept 2		Geheugenmaterialen zijn zachte stoffen die verstijven en terugkeren naar een vaste vorm wanneer er een elektrische stroom doorheen loopt. Door ze door een pak te weven, zou dit kunnen helpen om de last op te tillen. Ook kan dit de kracht te leiden naar grote structuren in het lichaam die deze krachten gemakkelijker kunnen opnemen.
Concept 3		Een serious game tijdens het wachten helpt verveling te verdrijven en kan helpen bij interacties tussen collega's en fysieke fitheid. Bovendien zou het opnemen van een spel tijdens het werk met verschillende houdingen, bewegingen en standen kunnen helpen bij het verminderen van de zit gerelateerde problemen.
Concept 4		Een vacuüm-, grijp- of plaksysteem wordt gebruikt om verbinding te maken met de pakketten. Waarna een railsysteem helpt met de pakketten naar hun bestemming te brengen.
Concept 5		Verbinden van een kraan en elastieken of touwen aan de onderarm helpt het gewicht en de zwaartekracht op de arm te verlichten en vereenvoudigt de taak.
Concept 6		Door met helium gevulde containers aan de pakketten te bevestigen, wordt het te dragen gewicht aanzienlijk verminderd. Het berekenen van de juiste hoeveelheid lift is echter cruciaal.
Concept 7		Soft robotica wordt gebruikt om de grip en het tillen te verbeteren. De robotica in een handschoen geeft de mogelijkheid om een extra kracht op te wekken. Dit wordt geactiveerd door de eigen bewegingen van de drager.

