

# ***De hybride 3D printer in het voortgezet onderwijs***

Een kwalitatief onderzoek naar de vakoverstijgende mogelijkheden van de 3D printer in het voortgezet onderwijs



## **Natascha Janssen**

Bergerweg 43A

1816 BN Alkmaar

Tel 06 10983706

Amsterdamse Hogeschool voor de kunsten

Academie voor Beeldende Vorming

Klas DTVB

Studentennummer 100621338

Onderzoeksbegeleider; Ans Hom

Tweede lezer; Emiel Heijnen

Datum van inlevering; 25 mei 2016

# Inhoudsopgave

|   |            |
|---|------------|
| <b>1 Inleiding</b>                                |            |
| §1.1 Aanleiding                                   | blz. 3     |
| §1.2 Beschrijving probleem                        | blz. 4     |
| §1.3 Interdisciplinariteit in het onderwijs       | blz. 5     |
| §1.4 De 3D printer in het onderwijs               | blz. 5     |
| §1.5 Doel en relevantie                           |            |
| §1.5.1 Doel                                       | blz. 6     |
| §1.5.2 Relevantie                                 | blz. 6     |
| §1.6 Vraagstelling                                |            |
| §1.6.1 Literatuurvragen                           | blz. 8     |
| §1.6.2 Veldonderzoeksvragen                       | blz. 8     |
| <br>  |            |
| <b>2 Aanpak</b>                                   |            |
| §2.1 Soorten onderzoek en onderzoekseenheden      | blz. 8     |
| §2.2 Populatie en steekproef                      | blz. 8     |
| §2.3 Werving                                      | blz. 9     |
| §2.4 Tijdsplanning                                | blz. 9     |
| <br>  |            |
| <b>3 Resultaten</b>                               |            |
| §3.1 Analyse literatuuronderzoek                  | blz. 10    |
| §3.2 Analyse veldonderzoek deskundigen            | blz. 12    |
| §3.3 Analyse veldonderzoek docenten               | blz. 13    |
| <br>  |            |
| <b>4 Conclusie</b>                                |            |
| §4.1 Conclusie                                    | blz. 16    |
| §4.2 Aanbevelingen                                | blz. 17    |
| §4.3 Vervolgonderzoek en educatief product        | blz. 18    |
| <br>  |            |
| <b>5 Bronnen</b>                                  | blz. 19-21 |
| <b>6 Bijlagen</b>                                 |            |
| 1 Begrippenlijst                                  | blz. 22-23 |
| 2 Notitie gesprek met rector Hans van Niekerk     | blz. 23    |
| 3 Emails met vragenlijst en stappenplan           | blz. 24-26 |
| 4a t/m 4h Reacties van docenten                   | blz. 27-39 |
| 5 Topiclijst voor de interviews                   | blz. 40    |
| 6a t/m 6g Uitgetypte interviews                   | blz. 41-70 |
| 7a Analyse interviews deskundigen                 | blz. 71-74 |
| 7b Analyse interviews docenten                    | blz. 75-80 |
| 8a Samenvatting analyse deskundigen               | blz. 81-82 |
| 8b Samenvatting analyse docenten                  | blz. 83-86 |
| 9 Antwoord op onderzoeksvragen middels interviews | blz. 87-92 |
| 10 Tabel met les ideeën                           | blz. 93    |
| 11 Concrete lesplannen                            | blz. 94    |
| <br>  |            |
| <b>7 Kritische reflectie</b>                      | blz. 95    |

## 1 Inleiding

**“Each work I make is an experiment. I’m not interested in creating projects that illustrate and define; I would rather make departure points, stimuli for questions, provocation.”  
Kunstenaar Doug Aitken (Grosenick, 2008, p.16)**

### **§1.1 Aanleiding**

Als theatervormgever en beeldend kunstenaar ben ik gewend om allerlei kunstdisciplines te mixen. Een nog niet uitgevoerd project van mij is de Kunstspeeltuin. De Kunstspeeltuin bestaat uit een aantal metersgrote beelden die tijdens het spelen veranderen door een natuurkundige kracht, zoals magnetisme. De toestellen prikkelen en stimuleren de nieuwsgierigheid, creativiteit en het oplossend vermogen van kinderen. Dit soort prikkels uit de omgeving zijn volgens neuropsycholoog Jolles (2012, p.24) verantwoordelijk voor het functioneel actief worden van de hersenen en voor de kwaliteit van de verbindingen ertussen.



**Foto's van modellen van de kunstspeeltuin**

De kunstspeeltuin verbindt creativiteit met natuurwetenschappelijke ervaringen en past daarmee in een hedendaagse trend.

Volgens universitair docent techniekfilosofie Dr. M. Coeckelenbergh (2010) doen steeds meer kunstenaars iets met wetenschap en technologie. “Het lijkt wel of er vandaag meer kunstenaars in het lab aan de slag zijn dan wetenschappers. Er wordt naar hartenlust geëxperimenteerd met computers, bacteriën, nanodeeltjes en menselijke lichamen.” Ook Stichting Leerplanontwikkeling Nederland [SLO] geeft in hun leerplankader kunstzinnige oriëntatie aan dat de kunstwereld door technologische ontwikkelingen in beweging is: “Er ontstaan nieuwe (meng)vormen van kunst, zogenaamde cross-overs, en nieuwe opvattingen over kunst (hybride kunst, conceptuele kunst) en er is discussie over de functie die kunst heeft in de hedendaagse en toekomstige maatschappij.” (SLO, 2015, p.153).

Hoe ver interdisciplinariteit kan gaan in de 21<sup>e</sup> eeuw blijkt uit de presentatie van Angelo Vermeulen (beeldend kunstenaar, filmmaker, bioloog en ruimtevaartonderzoeker) tijdens de conferentie 'Kunsteducatie 21e eeuw Interdisciplinariteit en technologie' op 10 mei in Tilburg. Met een multidisciplinair team van biologen, technici en kunstenaars bouwt hij aan een sculptuur, genaamd Biomodd, bestaande uit gewone computers, een netwerk en een ecosysteem van algen die de warmte van de computer gebruiken voor hun groei (Mazure, 2012). Andere voorbeelden van de vele hybride kunstenaars in deze tijd zijn Daan Roosegaarde ("studioroosegaarde.net", 2015), Pierre Huyghe en Olafur Eliasson (Van de Kamp, 2011).



Foto van verlicht fietspad van Daan Roosegaarde ("studioroosegaarde.net", 2015)

### §1.2 Beschrijving probleem

Het probleem is dat deze cross-overs en interdisciplinariteit in het kunstonderwijs niet of nauwelijks navolging vinden. Nieuwe verbindingen tussen kunst, wetenschap en technologie zoals geschetst door Coeckelenberg (2010) zijn in het onderwijs voorzichtig in opmars, maar kunnen stevige impulsen gebruiken. Begin 2015 presenteerde het Landelijk Kennisinstituut Cultuureducatie en Amateurkunst [LKCA] een strategische verkenning voor cultuureducatie en actieve cultuurparticipatie voor de periode 2017-2020, *Cultuur in de Kanteling* (2015). Hierin wordt gesteld dat het voortgezet onderwijs de gevolgen ondervindt van de digitalisering en globalisering die steeds meer wringen met gevestigde concepten over de inhoud en de organisatie van het leren. Volgens SLO lijkt het er op dat de huidige kerndoelen en examenprogramma's scholen en leraren onvoldoende uitdagen het mediagebruik binnen de kunstvakken te moderniseren en actualiseren. "Ook de deskundigheid van leraren speelt daarin een rol." (SLO, 2015, p. 158 ). Zowel het Landelijk Kennisinstituut Cultuureducatie en Amateurkunst (2015) als het SLO (2015) zijn van mening dat het van belang is dat er in de hele onderwijsketen verbeteringen worden ingezet waarbij nieuwe innovatieve methoden

worden meegenomen. Er moet aandacht komen voor specialisaties en vaardigheden die de nieuwe economie nodig heeft: de 21st century skills.

Een logisch gevolg van al deze ontwikkelingen is, dat op veel scholen wordt bediscussieerd op welke manier technologie in het onderwijs kan worden geïmplementeerd. Ook op het Murmellius gymnasium in Alkmaar werd op 22 september 2015 een brainstorm sessie gehouden met alle vakdocenten over het vormgeven van het gymnasium 2020. Twee van de centrale kernthema's voor de komende jaren zijn de inhoudelijke samenwerking binnen en tussen vaksecties en digitalisering.

### §1.3 Interdisciplinariteit in het onderwijs

SLO (2015) constateert dat er nieuwe opvattingen over kunst ontstaan en dat er discussie is over de functie die kunst heeft in de huidige en toekomstige samenleving. De diversiteit en de nieuwe opvattingen over kunst en cultuur zouden navolging moeten vinden binnen educatie. Volgens Van de Kamp (2009) zou de cultuureducatie van de toekomst het beste als een hybride, vakoverstijgend vak getypeerd kunnen worden. Niet alleen problem-solving, maar vooral problem-finding zou daarin een belangrijk uitgangspunt moeten zijn. Vakoverstijging heeft tot doel de leerlingen meer inzichten te geven via verschillende invalshoeken in een bepaald thema. Dit sluit beter aan bij de context in de 'echte wereld' (Krijnen en Endedijk, 2010).

De combinatie kunst en techniek is actueel. Het krijgt vorm in Het Karel Appelhuis middels schoolprojecten ("karelappelhuisbg.nl", 2015). Ook op de site van de Amsterdamse School voor de Kunsten wordt *technologylab* aangeboden, een nascholing voor vakdocenten op het gebied van kunst, wetenschap en technologie onder leiding van Michiel Koelink. Op de website van Universiteit Utrecht ("utrechtuniversity.net", 2015) en de website van Universiteit Tilburg ("tilburguniversity.net", 2015) wordt de interdisciplinaire studierichting liberal arts & sciences aangeboden. Ook de webpagina van 3Dkanjers (2015) geeft aan dat het nu tijd is om te investeren in onderwijs dat kinderen nieuwsgierig maakt en uitdaagt op het grensvlak van technologie en techniek.



**3D geprint gipsverband ("medischcontact.nl", 2013)**

Implementatie van techniek binnen het onderwijs wordt als belangrijk ervaren. Zeker ook omdat de Nederlandse overheid techniek in het onderwijs tot speerpunt heeft verheven in het Nationaal Techniekpact 2020 (2013). Het kabinet wil de Nederlandse economie laten uitblinken door kennis, creativiteit en ondernemerschap met elkaar te verbinden. Inhoudelijk gezien betreft dit onder andere nieuwe digitale (print)technieken en hogere denkvaardigheden als innovatief en creatief denken, ondernemingszin, probleemoplossend vermogen, samenwerking, initiatief, leiderschap en ICT-vaardigheden, de zogenaamde 21st century skills. Men streeft naar een sterk gedifferentieerd onderwijslandschap, waar leerlingen met nieuwe en actuele (digitale) technieken worden uitgedaagd tot excellentie en talentontwikkeling. Leerlingen leren daarbij een ondernemende, open houding aan te nemen, nieuwsgierig te zijn en te experimenteren. ("topsectoren.nl/creatieve-industrie.nl", 2015)

### §1.4 De 3D printer in het onderwijs

Zoals aan het begin van dit hoofdstuk is geconstateerd, vinden cross-overs en interdisciplinariteit waarbij wetenschap en techniek een rol hebben in het kunstonderwijs niet of nauwelijks plaats. De 3D printer is volgens de blog van Van de Bovenkamp (2014) en de webpagina van 3Dkanjers (2015) een geschikt middel om leerlingen voor technische vakken te interesseren en techniek te implementeren in het (kunst)onderwijs. Bovenkamp trekt de conclusie dat wanneer je leerlingen met een 3D ontwerptool zaken laat ontwerpen en vervolgens hun eigen ontwerp laat printen, allerlei technische disciplines aan de orde komen. Techniekles, wiskundeles en handvaardigheid lopen

volledig door elkaar. 3Dkanjers (2015) geeft aan dat een 3D printer een nieuwsgierige, onderzoekende en probleemoplossende houding stimuleert, die vallen onder de besproken 21st century skills. Deze conclusies dragen bij aan de meest voorkomende opvattingen over de functie van cultuur en cultuureducatie in Nederland en de rest van Europa (LKCA, 2015).

Mijn veronderstelling is dat de 3D printer door zijn multidisciplinaire mogelijkheden verbindingen tussen verschillende vakken zou kunnen faciliteren. De 3D printer heeft raakvlakken met wetenschappelijke vakken als wiskunde, scheikunde, natuurkunde, biologie en lijkt raakvlakken te hebben met creatieve vakken. Het biedt daarnaast de digitale en technische vernieuwingsmogelijkheden die in het techniekpact en door SLO besproken worden. Voor mij een duidelijke reden om de vakoverstijgende mogelijkheden van de 3D printer nader te onderzoeken in mijn afstuderen.



Afbeelding van een 3D printer ("aliexpress.com", 2015)

## §1.5 Doel en relevantie

### §1.5.1 Doel

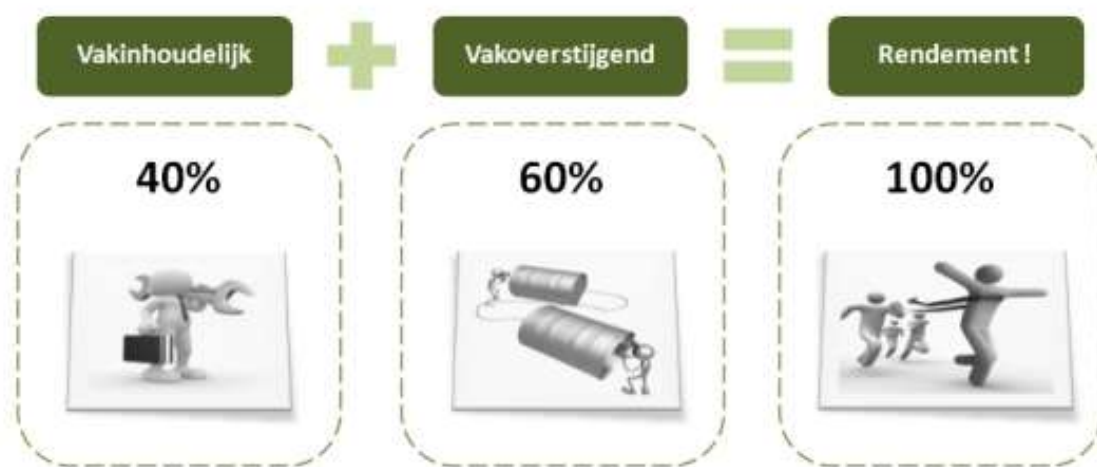
Doel van dit onderzoek is bij te dragen aan vernieuwing van kunsteducatie op het Murmellius gymnasium door ontwikkeling van de kernthema's 'digitalisering' en 'samenwerking tussen vaksecties' zoals besproken in het verslag van de studiemiddag van het Murmellius gymnasium. De uitkomst van het onderzoek zal een overzicht van mogelijkheden bieden tot het gebruik van de 3D printer als vakoverstijgend middel bij het kunstvak tekenen en de bètavakken wiskunde, scheikunde, natuurkunde en biologie op het Murmellius gymnasium. De mogelijkheden die uit dit onderzoek voortkomen kunnen de opzet zijn voor een lesmodule waarbij de 3D printer vakoverstijgend wordt ingezet op het Murmellius. Dit zal bij kunnen dragen aan vernieuwing van kunsteducatie op het Murmellius gymnasium en daarmee wellicht ook aan vernieuwing van kunsteducatie in het algemeen.

### §1.5.2 Relevantie

Volgens het LKCA (2015) zou kunsteducatie de ontwikkelingen in de kunst moeten volgen, dit gebeurt nog erg weinig, ook op het Murmellius gymnasium is daar nog weinig tot geen sprake van. Uit het besprekingsverslag van 28 oktober 2015, blijkt dat het Murmellius gymnasium op zoek is naar vernieuwing van het onderwijs met betrekking tot digitalisering en inhoudelijke samenwerking binnen en tussen vaksecties. Er is een 3D printer aangeschaft voor gebruik in de technische vakken scheikunde en wiskunde. De 3D printer biedt meer kansen dan alleen als middel voor digitalisering van bètavakken. Het heeft naast een technische kant namelijk ook creatieve en vakoverstijgende

mogelijkheden. Het biedt daardoor kansen voor de school en voor vernieuwing van kunsteducatie in het algemeen.

Om dit in beperkte tijd te onderzoeken, wil ik mijn onderzoek beperken tot de vakken op het Murmellius waar ik de meeste raakvlakken zie met de 3D printer; de bètavakken wiskunde, scheikunde, natuurkunde en biologie en het vak tekenen, aangezien dit laatste vak het enige kunstvak is op het Murmellius. De toegevoegde waarde voor kunsteducatie is om op zoek te gaan naar de niet-cognitieve waarde van een 3D printer. Naar verwachting zal het vakoverstijgende aspect een meerwaarde bieden aan de leerling, op het gebied van oplossend denken, verbanden zien tussen verschillende vakken, en goed aansluiten bij zijn eigen belevingswereld in deze gedigitaliseerde samenleving. Het onderzoek zal een zoektocht worden naar een balans tussen het technische aspect en gebruik, kunstbegrippen en begrippen van een ander vak. Het zal waarschijnlijk een lesmodule of project opleveren, waarbij de technische en creatieve aspecten van de 3D printer en de vakken samen meer opleveren dan de som van de afzonderlijke delen.



(“ [www.operationsacademy.nl/vakoverstijgendevaardigheden.htm](http://www.operationsacademy.nl/vakoverstijgendevaardigheden.htm)”, 2014)

Door de 3D printer op vakoverstijgende wijze in het curriculum van de school in te bedden zouden de doelen van het Murmellius gymnasium 2020 om meer technologie te gebruiken in alle vakken kunnen worden behaald. Daarnaast zou het onderzoek een grotere betrokkenheid van diverse docenten en vakoverstijgende mogelijkheden kunnen opleveren. Het zou het vak tekenen een centralere en duidelijkere rol kunnen geven door het verband met de andere vakken. Dit alles zou ten goede komen aan de ontwikkeling van 21st century skills en de gevraagde vernieuwing voor het Murmellius gymnasium, voor kunsteducatie en het voortgezet onderwijs in het algemeen. De vraagstelling voor het komende onderzoek bestaat dus uit twee componenten. Enerzijds het gebruik van de 3D printer als technologische vernieuwing van diverse kunsteducatieve en bètavakken, anderzijds de vakoverstijgende mogelijkheden van de 3D printer. Door de combinatie digitalisering en vakoverstijging verwacht ik meer vernieuwende mogelijkheden te vinden.

## **§1.6 Vraagstelling**

Op welke manier kan een 3D printer vakoverstijgend ingezet worden bij het kunstvak tekenen en de bètavakken wiskunde, scheikunde, natuurkunde en biologie in de onderbouw van het Murmellius gymnasium?

### **§1.6.1 Literatuurvragen**

- Wat is er in de literatuur bekend over de toepassing van een 3D printer in het onderwijs?
- Wat is er bekend over vakoverstijging tussen andere vakken en kunsteducatie in het voortgezet onderwijs d.m.v. een technologisch medium?

### **§1.6.2 Veldonderzoeksvragen**

- Bij welke vakken is een 3D printer inhoudelijk vakoverstijgend inzetbaar volgens deskundigen?
- Hoe staan de docenten kunsteducatie, wiskunde, scheikunde, natuurkunde en biologie tegenover vakoverstijgend werken en het gebruik van de 3D printer in hun lessen? (kansen, valkuilen)
- Wat zijn overeenkomsten en verschillen in leerdoelen en denkwijzen tussen het gebruik van de 3D printer en de vakken kunsteducatie, wiskunde, scheikunde, natuurkunde en biologie in de onderbouw?
- Wat zijn de mogelijkheden en beperkingen van de 3D printer binnen (kunst)educatie in de onderbouw m.b.t. benodigde techniek, software en vaardigheden van de leerling?

## **2 Aanpak**

### **§2.1 Soorten onderzoek en onderzoekseenheden**

Allereerst zal literatuuronderzoek plaatsvinden over reeds bestaande lesmethodes, lesopzetten met een 3D printer, al dan niet vakoverstijgend.

Daarnaast zal een veldonderzoek in de vorm van een casestudy (Baarda, 2009) plaatsvinden waarin een aantal deskundigen (zoals 3Dkanjers e.a.) telefonisch en persoonlijk benaderd zal worden met vragen over de opgedane ervaringen in de 3D printer lessen, succesvolle en minder succesvolle lesopzetten en de mening over het eventueel vakoverstijgend inzetten van de 3D printer.

Omdat de 3D printer door zijn technische en creatieve component de meeste raakvlakken heeft met de bèta vakken en kunsteducatieve vakken, en de onderbouw van het voortgezet onderwijs zich het meest leent voor vakoverstijging, zullen voor dit kwalitatieve onderzoek (Baarda, 2009) de onderbouwdocenten biologie, scheikunde, natuurkunde, wiskunde en tekenen benaderd worden.

### **§2.2 Populatie en steekproef**

De deskundigen in dit onderzoek, zijn initiators van verschillende bedrijfjes die freelance 3D printer lessen aanbieden aan VO scholen. Allereerst zullen alle gevonden bedrijfjes telefonisch en persoonlijk benaderd worden om een vragenlijst te beantwoorden. Aangezien zoveel mogelijk meningen en ervaringen leiden tot een beter representatief onderzoek, zullen alle reacties worden meegenomen.

Gezien de grote hoeveelheid onderbouw docenten bij het Murmellius gymnasium, is het niet haalbaar om iedereen te interviewen. Daarom worden deze onderzoekseenheden afgebakend tot een kleinere focusgroep. Eerst worden alle docenten benaderd en ingedeeld in interesse en medewerkingsmogelijkheden, positieve en negatieve ervaring met vakoverstijgend werken en ervaring met een 3D printer. Uit de reacties zal een docent van elk genoemd vakgebied gekozen worden met de meeste interesse, tijd, ervaring met vakoverstijgend werken en meeste ervaring met een 3D printer. Deze vijf docenten zullen met behulp van een topiclijst (zie veldonderzoeksvragen) worden geïnterviewd middels een mondeling interview met open vragen zoals besproken in het boek van Baarda (2009). Van deze interviews zal een samenvatting worden gemaakt, en naar alle



betreffende onderbouw docenten worden gemaïld, met de vraag hierop te reageren. Deze reactie zal weer worden meegenomen in een uiteindelijke samenvatting dat de mening en ervaringen van alle onderbouwdocenten betreffende de kenmerken weergeeft.

Voordeel van dit kwalitatieve onderzoek met mondelinge, open vragen, is dat er wat ingewikkelder vragen gesteld kunnen worden, wat gezien de dubbele component in de vraagstelling nodig is. Daarnaast zal de medewerking en respons waarschijnlijk groter zijn dan bij een schriftelijk interview. Nadelen van deze vraagstellingmethode is dat men bedacht moet zijn op sociaal wenselijke antwoorden en de interviewer de vragen zeer neutraal en zo min mogelijk sturend moet proberen te stellen. Daarnaast is deze manier van interviewen zeer tijdrovend. Om deze nadelen enigszins in te perken en zo dicht mogelijk bij het onderwerp te blijven, is het gebruik van een topiclist toegevoegd (zie bijlage 5). (Baarda,2009).

### **§2.3 Werving**

Alle onderzoekseenheden van het Murmellius gymnasium zullen via email worden benaderd met een korte vragenlijst (zie bijlage 3) waarin wordt gevraagd naar interesse en medewerkingsmogelijkheden, positieve en negatieve ervaring met vakoverstijgend werken en ervaring met een 3D printer. Daarnaast wordt gevraagd om mee te werken aan een mondeling interview. In deze mail wordt uitgelegd waar dit interview voor dient, hoelang het duurt, dat het in het belang van het gebruik van de 3D printer op school is (speerpunt binnen de school). De mail zal ook uit naam van de rector van de school verstuurd worden. Na een week zullen alle reacties worden geïnventariseerd, de missende docenten zullen persoonlijk worden benaderd om alsnog te reageren. Alle reagerende mensen krijgen binnen een week een bevestigingsmail voor ontvangst. Een week later zullen docenten die niet hebben gereageerd persoonlijk of telefonisch worden benaderd om af te spreken alsnog het mondeling interview af te nemen.

### **§2.4 Tijdsplanning**

*Week 5 inhoudelijk gesprek met Rector van het Murmellius gymnasium over onderzoek*

*Week 6 literatuuronderzoek, topiclijst samenstellen*

*Week 7 telefonisch benaderen deskundigen, verwerken reacties/ 1<sup>e</sup> gesprek Ans Hom*

*Week 8 schrijven definitieve PVA en op BB inleveren*

*Week 9 voorjaarsvakantie / mail maken en versturen aan respondenten*

*Week 10 telefonisch benaderen respondenten, selectie en afspraken maken interviews*

*Week 11 interviews/ uittikken interviews*

*Week 12 interviews/ uittikken interviews*

*Week 13 interviews/ uittikken interviews*

*Week 14 samenvatten interviews, samenvatting mailen naar respondenten*

*Week 15 reacties respondenten verzamelen en verwerken*

*Week 16 reacties respondenten verzamelen en verwerken*

*Week 17 -18 meivakantie (schrijven eindverslag)*

*Week 19-20 schrijven eindverslag*

*Week 21 BB inleveren eindverslag*

## 3 Resultaten

### §3.1 Analyse literatuuronderzoek

Om de vakoverstijgende mogelijkheden van de 3D printer als technologische vernieuwing in het onderwijs te onderzoeken, zocht ik naar wat tot nu toe al onderzocht en uitgevoerd is met betrekking tot dit onderwerp. Zijn er al 3D printers vindbaar op scholen? Zo ja, hoe en bij welke vakken wordt de 3D printer ingezet? Zijn er al lesmethoden bekend en verkrijgbaar?

Er blijkt dat het gebruik van de 3D printer in het onderwijs nog echt in de kinderschoenen staat. Er is weinig concreets te vinden, maar ik heb een artikel gevonden (The Age Sunday, 2014, p.4) waarin staat dat een leidende school op gebied van IT in Australië, de Kilvington Grammer school, de mogelijkheid onderzocht om met een 3D printer het leren te verbeteren. Om kritische denkers te ontwikkelen gebruikte deze school de verbanden die de 3D printer heeft met veel vakgebieden in de onderbouw zoals IT, Art and design, science, construeren, ontwikkelen, robotica, rekenen en samenleving. Inmiddels heeft de school drie 3D printers en wil er meer aanschaffen omdat ze zo goed zijn geïntegreerd in het curriculum en omdat ze een hit zijn bij leerlingen, leraren en ouders. De printers worden gebruikt bij 'years 6 to 9' (groep 7 en 8 op de basisschool, en klas 1 en 2 op de middelbare school) voor projecten als het ontwerp van een speeltuin, het bouwen van een robot, het creëren van karakters in stopmotion films en voor E-books. Geavanceerde leerlingen gebruiken ingewikkeldere software om een boot te bouwen. Er zijn zelfs al leerlingen met ideeën voor het ontwerpen van raketten met ontstekingsmechanisme.

Inmiddels is er ook in Nederland een pilot (van Keulen, van Oenen, 2015) geweest op een basisschool in Almere met introductie van techniek middels de 3D printer. De pilotlessen bestonden uit 13 lessen in groep 7 en 8 en waren vooral toegespitst op digitaal tekenen en ontwerpen. De leerlingen oefenden met het digitale tekenprogramma Sketch Up via werkblad- en leerkrachtgeleide geprogrammeerde instructie. Hierna werkten ze aan een eindproduct in de vorm van een zelf bedacht dorp van kartonnen dozen, waarin 3D ontworpen en geprinte ramen, deuren, balkon, glijbaan, op dezelfde schaal verwerkt zouden zijn.

Uit dit onderzoek blijkt dat het implementeren van techniek op deze Nederlandse scholen niet zo vanzelfsprekend en gemakkelijk is, als in het artikel van de Australische school lijkt. Tijdens deze pilot in Almere moest de lessenserie aangepast worden i.v.m. haperende materialen, apparatuur en software. Er moesten ook aanpassingen gemaakt worden uit pedagogisch-didactische overwegingen; differentiatie in individuele zelfstandige opdrachten en werken in groepjes. Door differentiatie werden de klassikale momenten en reflectie complexer.

Andere nadelen die werden genoemd:

- Niet elk digitaal ontwerp was uiteindelijk meteen te printen, omdat bepaalde loshangende delen eerst ondersteund moesten worden in het ontwerp.
- Eén printerkop kan maar één kleur tegelijk printen.
- Sketch Up stelde (te) hoge eisen aan de snelheid van het netwerk en van de computers op de scholen. En bleek niet goed te draaien op iPads (tablets).
- De nog aanwezige computers waren langzaam, er waren er te weinig,
- de kinderen konden er zelf geen programma's en dergelijke op installeren vanwege de beveiliging.
- Sommige laptops vielen direct uit zodra ze op de accu moesten werken.
- De 3D printers haperden geregeld en moesten tijdens of tussen de lessen gerepareerd worden.
- 3D printers zijn minder geschikt voor grote oplages. Het duurt bijvoorbeeld twintig tot dertig minuten om een sleutelhanger te printen.
- Handleidingen van digitale instructieprogramma's waren minder geschikt voor jongere leeftijdsgroepen, een geschikter digitaal tekenprogramma bleek 123Design
- Er bleek voor 20 tot 30 leerlingen extra begeleiding nodig

Deze pilot heeft positieve resultaten op gebied van technische vaardigheden, zelfstandig werken, samenwerking alsmede taal- en rekenonderwijs. Maar het laat tegelijk zien dat complexe techniek, zoals 3D printen en 3D tekenen, niet gemakkelijk boven het stadium van demonstraties uit kan komen.

Door teveel geprogrammeerde instructie en veel technische problemen bleek dat creativiteit en het probleemoplossend vermogen in deze lessenserie niet of nauwelijks gestimuleerd wordt. Is de 3D printer en bijbehorende techniek dus wel een geschikte invulling voor onderwijs op deze tijdrovende en gestuurde manier? Of kan deze lessenserie rond 3D printen zodanig doorontwikkeld worden dat het wel bijdraagt aan de ontwikkeling van de 21st century skills?

Volgens de St Catherine's school in Toorak (The Age Sunday, 2014, p.3) is het "makkelijk om in de valkuil te trappen om te denken dat innovatie helemaal gaat over technologie en waar het ons verder zal brengen. Maar in realiteit komen vernieuwende ideeën naar voren op elk educatief domein." Op deze Australische school is er in het kunstcurriculum enorme innovatie ontstaan met artist-in-residence Cameron Robbins en zijn wind-gegenereerde tekenmachine die de studenten de bestaande verbanden laat zien tussen kunst, muziek, wetenschap, technologie, constructie en aardrijkskunde. In tegenstelling tot de scholen in Almere, heeft deze school niet een technologisch middel als uitgangspunt genomen om aan vernieuwing en 21st century skills te werken. Deze school brengt met een artist-in-residence vooral een andere manier van denken en vakoverstijging de school binnen, wat volgens dit artikel duidelijk wel de creativiteit, het kritisch denken en oplossend vermogen stimuleert.

3Dkanjers (Liefing, Kok, 2015, p.16, 62-65) geven deze manier van denken vorm in hun aanbod. Zij bieden met hun 3D Experience leerlijn een andere manier van denken en leren aan waarbij samen leren uitgangspunt is voor leerlingen en docenten. Deze leerlijn omvat het klassikaal bouwen van de 3D printer, het zoeken, maken en printen van 3D objecten, en het onderhouden van de 3D printer. Deze leerlijn biedt modules en inspiratiekaarten die door leerkrachten zelf worden doorontwikkeld. Er zit namelijk een 3D community gekoppeld aan het leertraject voor en door leerkrachten waarin ervaringen worden uitgewisseld. 3Dkanjers heeft deze manier van werken al op meer dan 230 scholen uitgezet en getest, waaruit blijkt dat dit zowel in de bovenbouw van het BO als in de onderbouw van het VO een succesvolle manier is om 21st century skills te ontwikkelen.

Op de Burgemeester Wessels Boerschool in Dalen (Meppelink, J., 2015) heeft een vierdejaars pabostudent onderzoek gedaan naar het inzetten van de 3D printer als didactisch middel op basisscholen. Hierbij werd een beker-ontwerpwedstrijd gehouden. Hier kwamen originele ideeën en modellen uit doordat het 'ontwerpen' en 'originaliteit' naast het technische aspect een duidelijke plaats had in de lessen. Door een format van ontwerpend leren te combineren met de 3D printer, ontstaat een wetenschap en techniek [W&T] activiteit, waarin meer dan alleen technische vaardigheden aan bod komen. Meppelink (2015, blz.27) trekt de volgende conclusie in zijn onderzoek:

"Bij een W&T activiteit die ontworpen is volgens dit format, ontstaat er een activiteit waarin de leerlingen zowel kennis, vaardigheden als attitude ontwikkelen. De leerkracht beschrijft deze kennis, vaardigheden en attitude als doelen. Daarnaast worden ook de kerndoelen en de 21<sup>ste</sup> eeuwse vaardigheden beschreven die tijdens de activiteiten aan bod komen. Het format geeft op deze manier zowel een overzicht van de doelen waaraan de kinderen werken als van een voorbereiding van de activiteit."

Hieruit blijkt dat dit format ervoor zorgt dat er een W&T activiteit wordt ontworpen waarbij de 3D-printer op een geschikte en zinvolle manier wordt ingezet.

Andere lesideeën in dit tijdschrift 3D Kanjers (2015) waarbij de 3D printer en vakoverstijging succesvol samengaan: Het ontwerpen van zonnebrillen, waarbij samenwerking was met een lokale brillenwinkel (p.80). Het ontwerpen van 3D objecten voor spellen (p.45), ontwerpen van een eigen vogelvoerapparaat (kunst, natuur, techniek, rekenen en wiskunde, p.57), fossielen printen (natuur en techniek, p.57), een bril, een neerslagmeter, een Littlebits robot, een draagbare plant(p.71).

Uit bovenstaande voorbeelden blijkt dat de meeste kansen om succesvol te werken aan 21st century skills en onderwijsvernieuwing met behulp van de 3D printer, vooral liggen in de manier waarop het in het onderwijs geïmplementeerd en aangeboden wordt. De 3D printer wordt in het onderwijs pas een doeltreffend middel door opdrachten op een open manier aan te bieden en meer betekenis te geven door middel van vakoverstijging. Door leerlingen vragen te stellen, in plaats van antwoorden te geven.

### §3.2 Analyse veldonderzoek deskundigen

Deze stelling wordt ondersteund door de geïnterviewde deskundigen Jeroen Mussert, André van Rijswijk en Remco Liefding. Ongevraagd geven alle geïnterviewde deskundigen aan dat vooral onderzoek, experiment en proces belangrijk is in het werken met de 3D printer. Zij noemden de 3D printer vooral in een context van onderwijs waarbij de didactiek rondom projectmatig, procesmatig en vakoverstijgend werken is georganiseerd. Zij noemden daarbij specifiek VMBO groen, Technasium en het basisonderwijs.

Alle drie de deskundigen vinden het zelfstandig gebruik van een 3D printer al vakoverstijgend met het vak Engels, omdat de gebruiksaanwijzing in het Engels is, met tekenen en handvaardigheid i.v.m. benodigde ruimtelijk inzicht, rekenen en wiskunde om tekeningen te kunnen maken en oplossingen te kunnen verzinnen. Daarnaast vinden de meeste deskundigen dat de 3D printer eigenlijk met alle vakken inhoudelijk vakoverstijgend inzetbaar is.

Alle drie de deskundigen zeggen min of meer dat leerlingen in basis geen specifieke vaardigheden nodig hebben. Door te werken met de 3D printer, gaan ze juist bepaalde vaardigheden (21st century skills) ontwikkelen. Omdat het aantrekkelijk is en nieuw, motiveert en inspireert het. Volgens 3Dkanjers en Techniektoppers zijn er wel uitdagende opdrachten met de 3D printer nodig om leerlingen nog meer te prikkelen hun eigen ideeën te maken. Dingen die mislukken zijn geen nadeel, maar onderdeel van het leerproces.

3Dkanjers noemt het maakaspect van een 3D printer veel belangrijker dan het printen op zich. De 3D printer is een gebruiksvoorwerp net als een kwast, het gaat om wat je erin stopt, wat je ermee creëert. Kunst, techniek en de 3D printer horen volgens 3Dkanjers bij elkaar.

Volgens de deskundigen vind de 3D printer vooral zijn meerwaarde in de volgende zaken:

- De 3D printer kan functionaliteit mee printen (een brug die kan scharnieren, dat kan mee ontworpen en mee geprint worden. )
- Middels de 3D printer eindigt creativiteit niet in een tekening. Het kan worden doorontwikkeld en in een object omgezet waar het met een andere techniek (hout o.i.d.) meer vaardigheden, tijd of moeite vereist.
- Het downloaden van dingen waar je eerst geen toegang toe had.
- Alles dat visueel is, kan middels een 3D printer tot op zekere hoogte fysiek gemaakt worden

De meest bruikbare software die genoemd wordt door de deskundigen

- **3D doodler**, eenvoudig te bedienen tekenprogramma, geschikt voor basisonderwijs, en eventueel brugklas. Meer een soort 3D versie van een 2D tekening
- **Tinkercad**, genoemd door Techniektoppers en 3D kanjers, is volgens hen de meest bekende software, open source. Dat betekent dat het gratis is, en dat er via internet al voorbeelden van ontwerpen te vinden zijn die je zo uit kunt printen. Meer vaardigheden nodig dan met 3D doodler, maar wel echt 3D. Het werkt door het combineren van geometrische vormen, werkt als een soort blokkendoos waarmee je kunt bouwen. Omdat leerlingen allemaal minecraft kennen, is het heel toegankelijk. Deze modellen zijn makkelijk te printen.
- **Sketch Up** is bruikbaar, maar voor scholen volgens FABLAB niet het meest geschikte programma.
- **Solid Works** professioneel programma met licentie waar ze volgens FABLAB op scholen liever mee werken.
- **Fusion 360** professioneel programma waar ze op FABLAB mee werken

Technische problemen die je kunt tegenkomen bij het gebruik van de 3D printer op school:

- Te weinig computers om met een hele groep tegelijk te werken. Oplossing: kinderen in groepjes aan 1 ontwerp laten werken.
- Capaciteitstekort aan printers omdat altijd pas aan het eind van het traject door iedereen tegelijk geprint moet worden. Oplossing: Fablab, waar je als school van gebruik kan maken als een soort externe techniekruimte.

Aan de deskundigen is gevraagd wat succesvolle en minder succesvolle lesopzetten geweest zijn in het aanbieden van 3D printer in het VO onderwijs. Uit de interviews bleek dat er nog niet veel lesopzetten bekend of uitgeprobeerd zijn, er waren geen hele concrete resultaten.

De meest duidelijke lesopzet die ter sprake kwam bij Remco Liefing is de 3Dkanjer Experience. Omdat dit al op meer dan 200 scholen is gedaan, kan men wel spreken van een succesvolle lesopzet. In deze Experience krijgt de klas een bouw pakket van een 3D printer die ze met elkaar moeten gaan maken. Ze gaan met de kas op ontdekkingsreis, en krijgen liefst verspreid over het jaar 4 workshops. Zo heeft een klas de tijd om samen tegen problemen aan te lopen en deze zelf op te lossen. De leerkracht is begeleidend, niet leidend. Het bedrijf 3Dkanjers heeft lesmateriaal en inspiratiekaarten ontwikkeld ten behoeve van zijn eigen community bestaande uit ongeveer 450 leden uit BO en VO. In deze community kan ook van elkaar geleerd worden door elkaars lesmateriaal te gebruiken en van reactie te kunnen voorzien.

Andere lesideeën die door de deskundigen werden genoemd:

- **Losse ideeën** vooral gedacht vanuit een technisch element (probleem) om eventueel lessen van te maken waarin een 3D printer een rol krijgt, zoals bijvoorbeeld de constructie van een brug die open en dicht moet kunnen, een bril met scharnier ontwerpen, een ballonwagen,
- **Demonstratiemodellen** die ook van binnen levensecht zijn: Hart, lever, gebit, kies van binnen, Hoogteverschillen in Nederland (water erin om te zien wat zou overstromen)
- **Losse thema's** als fractals, topografie: ieder kind een land laten tekenen als een puzzel, samen heel Europa uitprinten, Eigen kamer/ huis natekenen en uitprinten van binnen en buiten

### §3.3 Analyse veldonderzoek docenten

In deze analyse bespreek ik de uitkomst van de interviews aan de hand van de topiclijst vragen die ik aan de docenten heb gesteld. Aan de hand van deze topiclijst verwacht ik de deelvragen in de conclusie te kunnen beantwoorden. Door onverwachtse uitval van de enige kunstvakdocent van het Murmellius gymnasium, valt het kunstvakcomponent in deze analyse een beetje in het niet doordat de bètadocenten de overhand hebben.

In de eerste twee vragen van mijn topiclijst (bijlage 5) vroeg ik de docenten naar hun mening over de kansen en nadelen van vakoverstijging in het algemeen. De voordelen van vakoverstijging die docenten noemden, waren dat verbanden tussen vakken voor de leerling duidelijker worden, dat de vakken door kennisintegratie meer aansluiten bij het beroepsveld, dat de verschillende invalshoeken op de stof het abstract begrip vergroot en het vak leuker maakt, en dat er meer leerlingen (beelddenkers en abstracte denkers) worden bediend. Alle docenten noemden als nadeel dat er goede afspraken moeten worden gemaakt over lesopbouw, lesinhoud en raakvlak en invalshoeken van de lesstof in elk vak. Als dit niet goed op elkaar wordt afgestemd, dreigt gevaar van overkill van lesstof. Zowel de docent biologie als de docent natuurkunde zagen geen mogelijkheden of nut in vakoverstijging als het niet van bovenaf wordt ingevoerd, als het niet terugkomt in eindexamens.

Een volgende vraag was met welke andere vakken de docenten mogelijkheden tot vakoverstijging zien in combinatie met hun eigen vak. Alle geïnterviewde docenten op het Murmellius zeiden op een bepaalde manier dat er op deze school nog veel verzuiling van vakken is,

dat vakken heel erg uit elkaar gedoceerd worden, dat er angst heerst dat een andere docent 'jouw' stof gaat doceren. Twee docenten vonden dat je vakoverstijging moet zien als een toevoeging, en niet als iets dat je vak afbreekt. Een andere docent vond dat vakoverstijging op het Murmellius momenteel eerder op persoonlijk vlak van collegialiteit ligt, dan op inhoudelijk vlak. Volgens alle docenten is vooral het vak wiskunde van nature met alle wetenschappelijke vakken vakoverstijgend. De scheikundedocent vond dat van haar eigen vak ook.

Door daarna te vragen naar hun ervaring met de 3D printer tot nu toe, probeerde ik uit te zoeken of docenten misschien bang waren om de 3D printer in te zetten omdat ze de techniek nog niet kenden. Uit de antwoorden bleek dat de wiskunde docent de meeste ervaring heeft met het 3D printen en het werken met de tekenprogramma's zowel voor eigen gebruik als op instructie niveau. De andere docenten hebben geen of weinig ervaring met het gebruik van de 3D printer, maar uit niets bleek dat angst voor het onbekende hen zou belemmeren deze techniek in te zetten.

Vraag 4 en vraag 5 uit mijn topiclijst (bijlage 5) bleken in de praktijk naar hetzelfde te vragen; de verwachting van vakoverstijgend werken met de 3D printer, bleek te verwijzen naar de doelstelling/leeropbrengst/meerwaarde die een les met de 3D printer moet hebben.

De docenten vonden dat het vakoverstijgend werken met een 3D printer inhoudelijk wat moet toevoegen aan de lesstof, iets moet doen wat op een andere manier niet kan. Het moet ruimtelijk denken, creativiteit, oplossend denken bij de leerling stimuleren.

Docenten scheikunde en wiskunde zagen veel kansen voor het inhoudelijk gebruik van de 3D printer in hun lessen (bijlage 4, vraag 6). Leerlingen zouden hiermee moeten leren programmeren, ontwerpen en modelleren. Dit wordt volgens de scheikundedocent in de toekomst heel belangrijk. De 3D printer kan en moet volgens hen het ruimtelijk denken, creativiteit, oplossend denken stimuleren.

Docenten Biologie en Natuurkunde zagen juist inhoudelijk geen kansen of noodzaak voor het gebruik van de 3D printer in onderbouwlessen omdat computersimulaties of reeds bestaande demonstratiemodellen de stof al voldoende goed uitleggen. De 3D printer voegt volgens hen inhoudelijk niets toe, en dan wordt het een tijdrovende gimmick. Verdere nadelen die door de docenten worden genoemd bij het inzetten van een 3D printer in de klas zijn:

- Relatief duur in het gebruik
- Alleen geschikt om kleine dingen uit te printen, niet geschikt voor grote dingen
- Om inhoudelijk met de 3D printer bij scheikunde te kunnen werken (vanaf het 3<sup>e</sup> jaar), moeten leerlingen al eerder ervaring hebben opgedaan met tekenprogramma's en 3D ontwerpen.
- Klassikale aanpak is moeilijk; tijdsprobleem om fouten in ontwerp op te lossen en printtijd, je kunt niet alles uitprinten dus moet je bijvoorbeeld in wedstrijdvorm, maar één of twee ontwerpen uitprinten.

Er ontstond verwarring over de term vakoverstijging. Docenten zagen de 3D printer op zich al als vakoverstijgend, en niet noodzakelijkerwijs als middel om met andere vakken samen te werken. De docenten stonden open voor ideeën, maar zagen niet allemaal hoe en of de 3D printer vakoverstijgend met een ander vak ingezet zou kunnen of moeten worden. Inhoudelijke combinaties van vakken die genoemd werden met de 3D printer richtten zich vooral op de wetenschappelijke vakken onderling. Andere mogelijkheden tot vakoverstijging met de 3D printer richtten zich vooral op filosofie, klassieke talen, geschiedenis en aardrijkskunde. Vakoverstijging met Nederlands werd genoemd in verband met het taalaspect in werkstukken. Dit vind ik minder interessant om te noemen omdat vakoverstijging hierbij zo vanzelfsprekend is.

In de laatste vraag zijn de docenten gevraagd om ideeën te geven voor een aanzet tot een vakoverstijgend project met en zonder gebruik van de 3D printer. Alle ideeën zijn ten behoeve van de leesbaarheid in onderstaande tabel samengevoegd.

### VAKOVERSTIJGENDE LESIDEËN MURMELLIUS DOCENTEN

|             |                 | geïnterviewden  |  |   |   |  |
|-------------|-----------------|---|--|---|---|--|
|             |                 | 3D printer  | wiskunde   | scheikunde  | natuurkunde   | biologie   |
| onderwerpen | 3D printer      |   | Ruimtelijk inzicht, dwarsdoorsnedes, fractals, algoritmes    | Materiaaleigenschappen, zoals duurzaamheid en afbreekbaarheid, hardheid en veerkracht                 | Diagrammen (volume, druk en temperatuur) omzetten in 3D grafieken in 3D print met 3 kleuren.                                    | Modelletjes, Gewrichten, hoe zitten deze in elkaar |
|             | kunsteducatie   |   | Anamorfosen  | Ruimtelijk inzicht, Opstellingen<br>2D naar 3D denken in een module over zuren en basen. (3D printer) | 3D vorm mobiel<br>Leven op andere planeten, hoe zouden wezens daar wonen en denken?<br>Driehoeks-constructies, krachtverdeling. | Fantasiedieren Strips                              |
|             | wiskunde        |   |  | Grafiek, maar dat stuk van wiskunde zit in bijna alle vakken  | Grafiek, maar dat stuk van wiskunde zit in bijna alle vakken  | Berekeningen met zuurstofopname, Practicums.       |
|             | scheikunde      |   | Grafiek, maar dat stuk van wiskunde zit in bijna alle vakken |   | Atoombouw (overlap in stof), krachtenleer, elektronen-transport, moleculen.   |  |
|             | natuurkunde     |   | Grafiek, maar dat stuk van wiskunde zit in bijna alle vakken | Vervormingen vaste stoffen, moleculen en verbindingen   |   |  |
|             | biologie        |   | Grafiek, maar dat stuk van wiskunde zit in bijna alle vakken | Biochemie   | Krachten zoals ademhaling, luchtverplaatsing  |  |
|             | aardrijkskunde  | Aardrijkskunde-hoogtekaart van Nederland 3D                                   | Grafiek, maar dat stuk van wiskunde zit in bijna alle vakken | Aardwetenschappen, Mineralen, grondstoffen, reacties, bouwstoffen, fosfaten                           |   | Inhoudelijk kleine raakvlakken                     |
|             | Klassieke talen | 3D tempels, kastelen, ruïnes printen op basis van gegevens van overblijfselen | Vanuit Euclides verder denken, Kalenderrekenen               | Chemische bewerkingen in de tijd van Caesar (make-up van toen)  | Wetenschapsfilosofie, geo-centraal tot helio- centraal, goden versus natuurkrachten   |  |

De ideeën vanuit biologie en natuurkunde bleven tot nu toe gelimiteerd tot 'demonstratiemodellen'. Wiskunde en scheikunde hadden meer concrete ideeën waarin de 3D printer inhoudelijk ingezet kan worden:

De wiskundedocent stelt zich een eerste klas project op het Murrnellius voor, waarbij wordt ingezet op digitalisering en samenwerking wordt gezocht met enthousiaste collega's. Dan zien of het project bij alle eerste klassen ingezet kan worden en bij welk vak dat thuishoort.

De scheikundedocent heeft de 3D printer op het Murmellius dit jaar zelfs al ingezet in klas 6, bij het hoofdstuk polymeren, waarbij de grondstoffen van een 3D printer behandeld worden, daarmee konden verschillende materiaaleigenschappen getoond worden. Zij is aangesloten bij een SLO scheikunde netwerk en werkt mee aan het schrijven van lesmodulen die de boeken kunnen vervangen. In elke leerlijn worden alle concepten voor het eindexamen behandeld, maar vanuit diverse invalshoeken. Deze lesmodules worden gedeeld en zijn landelijk vrij verkrijgbaar. Deze scheikundedocent is bezig een project voor klas 3 te ontwikkelen waarbij ingezoomd wordt op materiaal polymelkzuur (PLA, dat gebruikt wordt in 3D printers) binnen een lesmodule over zuren en basen. Zij vindt dat de leerlingen hier zelf een ontwerp bij moeten maken zodat de stof beter blijft hangen. Dit wil zij dit jaar als een facultatief trialproject aanbieden waarbij leerlingen een ontwerp maken in 3D, daarvoor moeten ze een vertaalslag van 2D naar 3D kunnen maken, en ze vindt dat dat bij kunsteducatie thuishoort. De leerlingen moeten hun materiaalkeuze (welk soort PLA: hardheid en veerkracht) van hun ontwerp kunnen toelichten. Daarnaast ziet deze docent ook veel vakoverstijgende mogelijkheden met de 3D printer in het verplicht eindexamenonderdeel, het profielwerkstuk.

Wat verder ter tafel kwam: Murmellius is een bètaschool met hele getalenteerde leerlingen op veel gebieden. De kunstvakken, vooral tekenen en kunstgeschiedenis worden hier onderbelicht. De scheikundedocent gaf aan dat dit een gemis is, o.a. als je industrieel ontwerper wilt worden. "Als je kijkt op andere gymnasia, zie je toch dat er in zijn algemeenheid in het lesaanbod veel meer aandacht wordt besteed aan kunst."

## **4 Conclusie**

### **§4.1 Conclusie**

In §1.3 lezen we dat het onderwijs volgens SLO (2015) en LKCA (2015) verbeterd moet worden met behulp nieuwe innovatieve methoden. Digitalisering en globalisering moet een plek krijgen. Van der Kamp (2009) betoogt dat cultuureducatie een hybride vak moeten worden. Het Nederlandse kabinet wil met het Nationaal Techniekpact 2020 (2013) onderwijs stimuleren, waarbij nieuwe technieken, kennis, creativiteit en ondernemerschap met elkaar worden verbonden, de zogenaamde 21st century skills. Het Murmellius gymnasium in Alkmaar volgt deze ontwikkelingen en zoekt naar onderwijsverbetering middels digitalisering en meer samenwerking tussen vaksecties. Er is op deze school een 3D-printer aangeschaft door de vaksecties wiskunde en scheikunde. Dit resulteerde in de volgende hoofdvraag: *Op welke manier kan een 3D printer vakoverstijgend ingezet worden bij kunsteducatieve en bètavakken wiskunde, scheikunde, natuurkunde en biologie in de onderbouw van het Murmellius gymnasium?* Om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden heb ik eerst literatuuronderzoek gedaan naar wat er reeds bekend is over de (eventuele vakoverstijgende) toepassing van een 3D printer in het onderwijs.

Door recente technologische ontwikkelingen is de 3D printer inzetbaar als relatief nieuw middel in het onderwijs. Uit de enkele gevonden toepassingen blijkt dat deze technologie in het onderwijs pas een doeltreffend middel wordt als opdrachten op minder gestuurde, meer open manier worden aangeboden. De 3D printer krijgt vooral meerwaarde in een vakoverstijgende lesopzet, waarbij leerdoelen van tevoren duidelijk benoemd worden.

De deelvraag *Bij welke vakken is een 3D printer inhoudelijk vakoverstijgend inzetbaar volgens deskundigen?* kan worden beantwoord met dat deskundigen het gebruik van de 3D printer in het onderwijs vakoverstijgend vinden met het vak Engels, tekenen, handvaardigheid, techniek, rekenen en wiskunde. Omdat het aantrekkelijk is en nieuw, motiveert en inspireert het. Zij vinden de 3D printer het best tot zijn recht komen in een context van onderwijs waarbij de didactiek rondom projectmatig, procesmatig en vakoverstijgend werken is georganiseerd. Door leerlingen uitdagende opdrachten aan te bieden, hun eigen ideeën te prikkelen en mislukkingen onderdeel van het leerproces te laten zijn, ontwikkelen leerlingen de zogenaamde 21st century skills.

Met behulp van de interviews met de docenten kan de volgende deelvraag worden beantwoord: *Hoe staan de Murmellius docenten kunsteducatie, wiskunde, scheikunde, natuurkunde*



*en biologie tegenover vakoverstijgend werken en het gebruik van de 3D printer in hun lessen? (kansen, valkuilen).*

De enige tekendocent op het Murmellius is tijdens dit onderzoek uitgevallen en kon niet geïnterviewd worden. Daardoor blijft het kunstvakcomponent in de interviews een beetje onderbelicht. De mogelijkheden van vakoverstijging en de inzetbaarheid van de 3D printer voor kunsteducatie komen daarentegen in de inleiding en het gedane literatuuronderzoek duidelijk naar voren. Alle geïnterviewde (bèta) docenten zien als voordeel van vakoverstijging dat verbanden tussen vakken voor de leerling duidelijker worden en dat door kennisintegratie de vakken meer aansluiten bij het beroepsveld. Maar tegelijk dreigt het gevaar van verlies aan verdieping per vak, en een overkill aan lesstof.

Het Murmellius is een school, waar de meningen van de docenten over het nut en mogelijkheid van vakoverstijging en het gebruik van de 3D printer zijn verdeeld. De docenten zien momenteel vooral concrete mogelijkheden voor implementatie van de 3D printer in de les, mits de 3D-printer vakinhoudelijk genoeg toevoegt. Daarbij worden door de geïnterviewde bètadocenten ook veel mogelijkheden met kunsteducatie genoemd.

De deelvraag *Wat zijn overeenkomsten en verschillen in leerdoelen en denkwijzen tussen het gebruik van de 3D printer en de vakken kunsteducatie, wiskunde, scheikunde, natuurkunde en biologie in de onderbouw?* bleek uiteindelijk te complex waardoor het inhoudelijk te weinig zou opleveren voor het beantwoorden van de hoofdvraag. Daarom heb ik besloten deze vraag buiten de interviews te houden.

De laatste deelvraag *Wat zijn de mogelijkheden en beperkingen van de 3D printer binnen (kunst)educatie in de onderbouw m.b.t. benodigde techniek, software en vaardigheden van de leerling?* kan worden beantwoord uit de interviews met de deskundigen en in geringere mate uit de interviews met de docenten. De mogelijkheden met de 3Dprinter zijn uitgebreid, de technische beperkingen zitten vooral in beperkte capaciteit en de printsnelheid in het werken met grote groepen. In de analyse van de interviews met deskundigen worden diverse software mogelijkheden genoemd die per doelgroep en het meest geschikt zijn. Volgens de deskundigen hebben leerlingen geen speciale vaardigheden nodig, in tegendeel, d.m.v. de 3D printer kunnen veel (21<sup>e</sup> eeuwse) vaardigheden worden aangeleerd.

Maar uit literatuuronderzoek en veldonderzoek blijkt dat deze 21 century skills niet vanzelfsprekend worden gestimuleerd door het sec implementeren van nieuwe technologische ontwikkelingen. Volgens deskundigen en docenten kan de 3D printer technologie wel een middel zijn, maar niet het doel om vernieuwing te bereiken. Het beginpunt moet zijn: welke vaardigheden (leerdoelen) willen we ontwikkelen, en kan een nieuwe technologie daar doeltreffend op worden ingezet? De 3D printer werkt volgens deskundigen goed op scholen waar een vakoverstijgende procesmatige didactiek heerst. Uit de pilot in Almere (van Keulen, van Oenen, 2015) blijkt dat **óf creativiteit, óf het technische aspect makkelijk het onderspit delft. Het één gaat vaak ten koste van het ander, tenzij het procesmatig en vakoverstijgend wordt ingezet.** Vanuit het literatuuronderzoek en veldonderzoek blijkt dat de mate van leeropbrengst en vernieuwing in (kunst) educatie vooral wordt bepaald door de manier waarop deze technologieën in het onderwijs worden ingezet en onderwezen.

## §4.2 Aanbevelingen

Alle lesopzetten en lesideeën in literatuur- en veldonderzoek kunnen aanzet geven tot een vakoverstijgend 3D printer project op het Murmellius gymnasium. De ervaringen uit reeds uitgevoerde lessen kunnen helpen bij het voorkomen van ‘kinderziektes’ in de nieuwe lesopzetten. Daarom zijn de ideeën van de docenten samengevat in een tabel, en de lesopzetten uit literatuuronderzoek wat uitgebreider in bijlage 10 opgenomen.

Naast de aanzet voor vakoverstijgende lessen, zou dit onderzoek ook een mooi uitgangspunt kunnen vormen voor een nieuw verbindend curriculum voor kunsteducatie op het Murmellius, waarbij vakoverstijging en digitalisering een rol speelt, het educatief product kan daarvoor als pilot

functioneren. Hierbij verwijs ik naar het begin van mijn inleiding, de quote van kunstenaar Doug Aitken: "Each work I make is an experiment. I'm not interested in creating projects that illustrate and define; I would rather make departure points, stimuli for questions, provocation." (Grosenick, 2008, p.16). Dit is een manier waarop de meeste kunstenaars van nu denken en werken. Vakoverstijging zou heel goed een plek kunnen vinden in dit genoemde creatieve procesmatig werken van de kunstpraktijk, waarbij nieuwe verbindingen gelegd worden tussen kunst, wetenschap en technologie, zoals in §1.2 geschetst door Coeckelenberg (2010). Dit zal uitgangspunt zijn voor mijn educatief product waarbij de 3D printer een tool is.

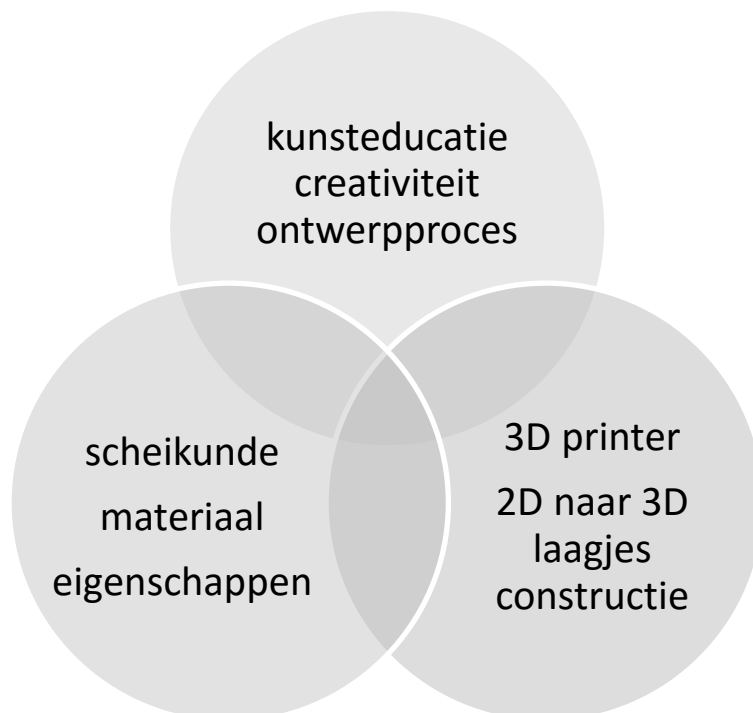
Dit onderzoek is van belang voor veel partijen. Voor de vernieuwing en digitalisering van het onderwijs in het algemeen, waaronder ook kunsteducatie. Daarnaast is het specifiek van belang voor vernieuwing van educatie op het Murmellius gymnasium. Doordat de techniek in het onderwijs nog nieuw is, is dit onderzoek ook van belang voor deskundigen die werken met de 3D printers, waaronder FABLAB, Techniektoppers en 3Dkanjers.

#### **§4.3 Vervolgonderzoek en educatief product**

De meest concrete plannen waarbij de 3D printer een rol speelt, die waardevol zijn om op door te werken op het Murmellius gymnasium, zijn:

Plan 1: het plan van de wiskundeleraar om in de eerste klassen facultatief IT lessen aan te bieden. Op het moment dat leerlingen digitale basistechnieken beheersen, komt het creatieve deel in een later stadium waarschijnlijk beter tot zijn recht.

Plan 2: Het zeer concrete voorstel van de scheikundeleraar om in de derde klas een vakoverstijgend project te bieden waarin de 3D printer zijn nut bewijst, doordat deze deel uitmaakt van de scheikunde eindexamenstof. Leerdoelen moet o.a. ruimtelijk inzicht stimuleren, door een vakoverstijgende kunsteducatieve les in te voegen waarbij de omslag van 2D naar 3D denken centraal staat. Dit voorstel zal dienen als basis voor een educatief product op het Murmellius gymnasium, voortkomend uit dit onderzoek.



## Bronnen

- 3Dkanjers, talentontwikkeling door wetenschap en techniek. (2015). Verkregen op 17 november 2015 van <<<http://3dkanjers.nl/waarom-3d-printen-met-kinderen/>>>
- Amsterdamse Hogeschool voor de Kunsten. (2015, 17 augustus). Nascholing voor kunstvakdocenten technologyLab\_ over kunst, wetenschap en technologie. Verkregen op 13 oktober 2015 van <<<http://www.ahk.nl/nieuws/2015/08/27/nascholing-voor-kunstvakdocenten-technologylab-over-kunst-wetenschap-en-technologie/>>>
- Baarda, B. (2009). *Dit is onderzoek! Handleiding voor kwantitatief en kwalitatief onderzoek*. Groningen/Houten, Nederland: Noordhoff Uitgevers.
- Benjamin, W. (2008). *Het kunstwerk in het tijdperk van zijn technische reproduceerbaarheid en andere essays*. Amsterdam, Nederland: Boom Filosofie.
- BK-informatie. (2012, 1 juni). Einde autonome kunst? Over de beroepspraktijk van beeldende kunstenaars. *BK-informatie*, 34 (4). Verkregen op 27 december 2015 van <<[http://www.valiz.nl/pdf-page/DeHybrideKunstenaar\\_BK,%20nr%204%20-%201%20juni%202012.pdf](http://www.valiz.nl/pdf-page/DeHybrideKunstenaar_BK,%20nr%204%20-%201%20juni%202012.pdf)>>
- Bovenkamp, B. van de. (2014, 2 februari). Creëren, Inspiratie & visie, Onderwijs [Blogpost]. Verkregen op 17 november 2015 van <<<http://blog.ev.nl/business-it/perfect-storm-magazines/3d-printers-in-het-onderwijs>>>
- Centrum Brein & Leren, Vrije Universiteit. (2014). *Nieuwsgierigheid een basis in de school?*. Verkregen op 27 december 2015 van <<<http://files.jellejolles.nl/NieuwsgierigheidBreinLeren.pdf>>>
- De Fauwe, L. (2014, 1 maart). Meer technisch onderwijs op Amsterdamse scholen. Verkregen op 17 november van <<<http://www.parool.nl/parool/nl/4/AMSTERDAM/article/detail/3605781/2014/03/01/Meer-technisch-onderwijs-op-Amsterdamse-scholen.dhtml>>>
- Grosenick, U. (2008). *Art Now*. Keulen, Duitsland: Taschen.
- Honour, H., & Fleming, J. (2013). *Algemene kunstgeschiedenis*. Amsterdam, Nederland: Meulenhoff.
- Hupperts, C., & Jans, E. (2005). *Synopsis, De klassieke cultuur en haar doorwerking*, Leeuwarden: Eisma Edumedia bv.
- Jolles, J. (2012). *Ellis en het verbreinen, over hersenen, gedrag & educatie* (3e ed.). Amsterdam, Nederland: Neuropsych Publishers.
- Kamp, M. T. A. van de. (2009). *Toekomstvisie op de kunstvakken. Hybriditeit als een van de kernconcepten*. Verkregen op 13 oktober 2015 van <<<http://dare.uva.nl/document/2/73683>>>
- Kamp, M. T. A. van de. (2011). *Ontwikkelingen in de Hedendaagse beeldende kunst*. Verkregen op 13 oktober 2015 van <<[http://www.expertisecentrum-kunsttheorie.nl/cms\\_data/basisreaderkghedendaagsbeeldend.pdf](http://www.expertisecentrum-kunsttheorie.nl/cms_data/basisreaderkghedendaagsbeeldend.pdf)>>

- Karel Appel BG en Wildervanck In Kunst. (2011). Kunst koppelt techniek. Verkregen op 13 oktober 2015 van <<[http://karelappelhuisbg.nl/act\\_kunst-koppelt-techniek.html](http://karelappelhuisbg.nl/act_kunst-koppelt-techniek.html)>>
- Keulen, H. van., Oenen, S. van. (2015). "Wat je kunt verzinnen, kun je ook maken!" 3D printen op basisscholen in Almere. Verkregen op 3 maart 2016 van <<<http://www.techyourfuture.nl/files/downloads/Publicaties/Rapport-3D-printen-op-basisscholen-in-Almere-2015-1.pdf>>>
- Krijnen, W. S., & Endedijk, J. C. (2010). Kunst Algemeen en Levensbeschouwing op de middelbare school: a match made in heaven? Onderzoek naar de mogelijkheden om met Kunst Algemeen en Levensbeschouwing vakoverstijgend te werken. Verkregen op 13 oktober 2015 van <<<http://dspace.library.uu.nl/handle/1874/179111>>>
- Liberal arts and sciences. (2015). Verkregen op 13 oktober 2015 van <<<https://www.tilburguniversity.edu/nl/onderwijs/bacheloropleidingen/liberal-arts-and-sciences/>>>
- Liberal arts and sciences. (2015). Verkregen op 13 oktober 2015 van <<<http://www.uu.nl/bachelors/bachelor/liberal-arts-and-sciences>>>
- Liefting, R., Kok, J. (2015). De 3D-printer als inspirator voor techniek. *3Dkanjers. 3D-printen in het klaslokaal*, 2015(nr1), p.12.
- Liefting, R., Kok, J. (2015). 3DLESidee. *3Dkanjers. 3D-printen in het klaslokaal*, 2015(nr1), p.71.
- Liefting, R., Kok, J. (2015). De 3Dkanjers Experience. Alle ingrediënten op een rij. *3Dkanjers. 3D-printen in het klaslokaal*, 2015(nr1), p.62.
- Mazure, R. (2012). *Verslag conferentie 'Kunsteducatie 21<sup>e</sup> eeuw – Interdisciplinariteit en technologie'*. Verkregen op 27 december 2015 van <<[http://www.kunstfactor.nl/blobs/Kunstfactor/49210/2012/23/Verslag\\_Conferentie\\_Kunst\\_educatie\\_21ste\\_eeuw.pdf](http://www.kunstfactor.nl/blobs/Kunstfactor/49210/2012/23/Verslag_Conferentie_Kunst_educatie_21ste_eeuw.pdf)>>
- Mepelink, J. (2015). De 3D-printer als didactisch middel in het onderwijs. *3Dkanjers. 3D-printen in het klaslokaal*, 2015 (nr1), p.27.
- Nicholl, C. (2005). *Leonardo Da Vinci, een biografie*. Houten-Antwerpen: Uitgeverij Unieboek-Het Spectrum bv.
- Nationaal Techniekpact 2020. (2013, 13 mei). Verkregen op 20 november 2015 van <<<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/convenanten/2013/05/13/nationaal-techniekpact-2020>>>
- Onderwijs Van Morgen. (2015, 30 november). 3D-printen in het onderwijs: voor- en nadelen. Verkregen op 21 december 2015 van <<<http://www.onderwijsvanmorgen.nl/3D-printen-in-het-onderwijs-voor-en-nadelen/>>>
- SLO (2015). *Curriculumspiegel Deel B: Vakspecifieke trendanalyse*. Enschede: SLO. Verkregen op 21 december van <<<http://downloads.slo.nl/Repository/curriculumspiegel-2015-deel-b.pdf>>>

Studio Roosegaarde. (2015). Verkregen op 13 oktober 2015 van  
<<<https://www.studioroosegaarde.net/projects/#smog-free-project>>>

The Age Sunday. (2014, 19 oktober). *Multi-dimensions ignite imagination*. Verkregen op 2 februari 2016 van <<<http://www.shelford.vic.edu.au/upload/pages/t4w3/innovation-in-education-complete.pdf>>>

Topsector Creatieve Industrie. (2015). Verkregen op 21 december 2015 van  
<<<http://topsectoren.nl/creatieve-industrie>>>

Winkel, C. van, Gielen, P., & Zwaan, K. (2012). *De hybride kunstenaar. De organisatie van de artistieke praktijk in het postindustriële tijdperk*. Breda, Nederland: AKV/St. Joost. Expertisecentrum Kunst en Vormgeving.

## BIJLAGE 1 - Begrippenlijst

### **Gebruikte begrippen**

**Non-lineair denken:** associatief, intuïtief, niet-rechthoekig denken.

**Hybride:** bekende grenzen tussen kunstvormen zoals schilderkunst, architectuur, performance, beeldhouwkunst en film vervagen. Anderzijds doelt het ook op kruisbestuivingen tussen kunst en andere disciplines. Bijvoorbeeld de combinatie van kunst en natuurkunde of biologie, maar ook combinaties tussen industrie, technologie, literatuur, populaire cultuur of filosofie zijn mogelijk.

**Globalisering:** een voortgaand proces van wereldwijde economische, culturele en politieke integratie. Ook wel mondialisering genoemd. Globalisering is de term waarmee de tendens wordt bedoeld dat sociale interactie boven de nationale grenzen aan het uitstijgen is. Mondiaal gezien is er een toename te zien in de omvang van een aantal belangrijke stromen: die van mensen, goederen, geld en informatie. Globalisering kwam in recente tijd in een versnelling door de mogelijkheden van communicatiemiddelen en transport en grensoverschrijdende afspraken.

**Digitalisering:** ontstaan van virtuele wereld door o.a. computers, internet.

**Bildung:** het (kunst)onderwijs toegespitst op algemene vorming

**Deep learning:** het (kunst)onderwijs gericht op specialisaties en vaardigheden

**Cross-over (kunst):** een mengeling van verschillende stijlen in de beeldende kunst, zoals beeldhouwkunst en schilderkunst en architectuur

**Multidisciplinair (kunst):** onderzoek met combinatie van kennis uit verschillende disciplines.

Multidisciplinaire wetenschap of kunst leidt niet tot een echte integratie of wederzijdse beïnvloeding van de betrokken disciplines

Interdisciplinair: Bij interdisciplinaire wetenschap of kunst wordt kennis uit verschillende disciplines gecombineerd waarbij sprake is van integratie en overlapping van de diverse disciplines. De grenzen tussen de disciplines vervagen.

**Productief (kunst):** het zelf vervaardigen van kunstzinnige producten

**Receptief:** de wijze waarop een gesproken of geschreven tekst of kunstwerk door de hoorder, lezer of kijker wordt ontvangen, ontvangst van een 'boodschap'

**Reflectief (educatie):** beschouwend. Een onderwijsactiviteit waarbij de inhoudelijke mening van een leerling wordt gevraagd. Bijvoorbeeld nadenken over hoe kunstwerken gemaakt worden

**Problem-solving:** probleem oplossend denken, het zoeken naar een oplossing door analytisch en kritisch het probleem te onderzoeken. Hierbij spelen wiskundige en systematische denkvaardigheden een grote rol.

**Problem-finding:** probleem ontdekkend denken, het zoeken naar een probleem vergt intellectuele visie en inzicht in wat mist. Hierbij spelen creatieve denkvaardigheden een grote rol.

vakoverstijgend onderwijs: type onderwijs door meerdere vakken heen, richt zich op thema's vanuit meerdere disciplines tegelijk en is vaak gebaseerd op projecten

**Vak science:** een vak waarin biologie, verzorging, natuurkunde, scheikunde en techniek samen een nieuw vak vormen

**21st century skills:** nieuwe basisvaardigheden waaronder creativiteit, ondernemingszin, probleemoplossend vermogen, samenwerking, initiatief, leiderschap en ICT-vaardigheden

**Net-generatie:** mensen die vanaf de jaren '90 geboren zijn worden zo weleens genoemd omdat ze vanaf hun jeugd constante toegang tot technologie hadden (computers, mobiele telefoons) en daardoor gewend zijn aan het gebruiken en implementeren van technologie in hun leven. Hun manier van denken is ook minder of niet lineair vergeleken met de generatie daarvoor de X generatie.

**3D printer:** printer die driedimensionale objecten afdrukt. Deze printers verschillen van gewone conventionele printers doordat ze met een fijn soort poeder of gesmolten plastic een object opbouwen in plaats van een foto op papier zetten. Deze printers kunnen laag voor laag 3 dimensionale objecten maken. Bijvoorbeeld een volledige kubus.

**3D ontwerptool:** 3D Computer Software om iets digitaal te kunnen ontwerpen

**Blog:** of weblog is een persoonlijk dagboek op een website dat regelmatig, soms meermalen per dag, wordt bijgehouden. De inhoud bestaat voornamelijk uit tekst.

**Vlog:** de benaming van een dagboek op internet, waarbij het grootste deel van het dagboek bestaat uit videobeelden. De vlog is een variant op het blog .

**Lyceum:** het lyceum is een school voor voortgezet onderwijs waar leerlingen het atheneum of het gymnasium kunnen volgen.

## **BIJLAGE 2 - Notitie startgesprek met rector**

### ***Gesprek met rector Hans van Niekerk 4-2-2016 over inzet van mijn onderzoek op het Murmellius.***

Het gesprek met de heer van Niekerk startte ik met een uitleg in korte lijnen over de inhoud van mijn onderzoek. Hij had nog geen tijd gehad het plan van aanpak te lezen.

Op mijn vraag of de heer van Niekerk het onderzoek interessant en relevant vond voor het Murmellius Gymnasium, kon de heer van Niekerk bevestigend antwoorden. Hij vroeg mij wie ik specifiek wilde interviewen van de docenten. En waarom ik de klassieke talen vaksectie niet benaderde, aangezien ik daar al mee had samengewerkt. Ik gaf aan dat ik met de 3D printer vooral linken zag tussen wetenschappelijke vakken en kunsteducatie, en dat ik mijn onderzoek qua tijdsplanning diende in te perken. Hij kon zich daarin vinden.

Ik vroeg hem om een lijst met docenten, hij noemde ze voor me, en gaf aan wie ik om diverse redenen beter niet kon benaderen. Hij gaf ook aan dat ik de email adressen van de docenten op de site van het Murmellius kon vinden.

Hieronder de lijst met docenten:

Tekenen: Chris Neecke NEE@murmellius.nl  
Scheikunde: Lovina Hofmeyer-HOF@murmellius.nl  
Miranda Ijsselstein (ook wiskunde docent)-YSS@murmellius.nl  
Ria Weyers (gaat binnen 2 maanden met pensioen, beter niet benaderen)  
Natuurkunde: Menno Korver-KOR@murmellius.nl  
Bas de Ruyter van Steveninck-RVS@murmellius.nl  
Tous Spuybroek-SPU@murmellius.nl  
Biologie: Leontine van Oeveren-OEV@murmellius.nl  
Wendy Oldenburger(langdurig ziek)-OLD@murmellius.nl  
Peter Boersma (ziek)-BOE@murmellius.nl  
Remco Verhagen (alleen onderbouw)-VER@murmellius.nl  
Vervangend docent Dick...  
Wiskunde: Jos Meyer-MEI@murmellius.nl  
Janet Zuidema (onderbouw)-ZUI@murmellius.nl  
Kim Kaspers-KAS@murmellius.nl  
Bas de Ruyter van Steveninck-RVS@murmellius.nl  
Miranda Ijsselstein (ook scheikunde)-YSS@murmellius.nl  
Piet van Kampen-KAM@murmellius.nl  
Mirjam Overgaag (wiskunde en economie)-OVE@murmellius.nl  
Hans van Niekerk(wiskunde/rector-belangen) RECTOR@murmellius.nl

### BIJLAGE 3 - Emails met vragenlijst en stappenplan

Op 1-3-2016 14:09 heb ik de heer Remco Liefding van 3D kanjers Noord-Holland **telefonisch** ingesproken met de vraag mee te doen aan mijn afstudeeronderzoek d.m.v. een interview.

Daarna onderstaande mail verstuurd.

**3Dkanjers** – Remco Liefding

*Provincies: Utrecht, Noord-Holland, Zuid-Holland, Zeeland en Brabant*

E-mail: [remco@3dkanjers.nl](mailto:remco@3dkanjers.nl)

Mobiel: +31 (0)6 81 61 3221

Op 1-3-2016 15:11 **mail** verstuurd naar Techniektoppers:

*Geachte heer Mussert, geachte mevrouw Kuiper,*

*Bij de Teun de Jagerschool in Schoorl zijn ze op dit moment met u bezig met het bouwen van een 3D printer, onder begeleiding van Techniektoppers heb ik begrepen.*

*Ik ben als beeldend kunstenaar en cultuurcoach gevraagd daarna een kunstproject op te zetten met de 3D printer met deze leerlingen. Daarnaast ben ik bezig met mijn afstudeeronderzoek met als onderwerp “ het vakoverstijgend inzetten van de 3D printer in het VO.”*

*Met dit onderzoek verwacht ik over 3 maanden mijn lesbevoegdheid als beeldend docent te hebben behaald aan de Hogeschool voor de Kunsten in Amsterdam. Het onderzoek zal bijdragen aan vakoverstijgende, vernieuwende onderwijsproducten die ingebed zouden kunnen worden in het onderwijs van het Teun de Jager, het Mummellius Gymnasium en kunsteducatie in het algemeen.*

*In het kader van mijn onderzoek en de lessen die ik ga bedenken voor o.a. OBS Teun de Jager, zou ik u als deskundige op het gebied van 3D printers een kort interview (max 30min.) willen afnemen, dat onderdeel zal uitmaken van mijn afstudeeronderzoek. De vragen zullen vooral gaan over uw ervaringen met de 3D printer in het onderwijs.*

*Graag zou ik hiervoor met u een persoonlijke of telefonische afspraak maken, omdat ik denk dat persoonlijk contact het meeste oplevert. Ik wil u van harte uitnodigen en hoop dat u de tijd kunt vinden om mee te werken. Uw medewerking is van groot belang voor de representativiteit en slagen van het onderzoek. Ik ben het best beschikbaar op woensdag en vrijdag, ik hoor graag van u een voorstel voor een dag en tijd.*

*Bij voorbaat dank,*

*Met vriendelijke groet*

*Natascha Janssen*

*theatervormgever, cultuurcoach Artiance en cultuurcoach Museum Kranenburg*

*06-10983706*

*[nyx@nataschajanssen.nl](mailto:nyx@nataschajanssen.nl)*

*[www.nataschajanssen.nl](http://www.nataschajanssen.nl)*

#### **Vragen aan docenten**

Alle onderzoekseenheden van het Mummellius gymnasium zullen via email worden benaderd met een korte vragenlijst. In deze mail wordt uitgelegd waar dit interview voor dient, hoelang het duurt, dat het in het belang van het gebruik van de 3D printer op school is (speerpunt binnen de school). De mail zal mede ondertekend zijn door de rector van de school. Na een week zullen alle reacties worden geïnventariseerd, de missende docenten zullen persoonlijk worden benaderd om alsnog te reageren. Alle reagerende mensen krijgen binnen een week een bevestigingsmail voor ontvangst.



Een week later zullen docenten die niet hebben gereageerd persoonlijk of telefonisch worden benaderd om af te spreken alsnog het mondeling interview af te nemen

### **Benaderen docenten**

Eerst worden alle docenten benaderd en ingedeeld in interesse en medewerkingsmogelijkheden, positieve en negatieve ervaring met vakoverstijgend werken en ervaring met een 3D printer.

Benaderde docenten: HOF@murmellius.nl; YSS@murmellius.nl; KOR@murmellius.nl; RVS@murmellius.nl; SPU@murmellius.nl; OEV@murmellius.nl; VER@murmellius.nl; MEI@murmellius.nl; ZUI@murmellius.nl; KAS@murmellius.nl; RVS@murmellius.nl; KAM@murmellius.nl; OVE@murmellius.nl; RECTOR@murmellius.nl; NEE@murmellius.nl (een aantal niet, ivm ziekte/pensioen)

Uit de reacties zal een docent van elk genoemd vakgebied gekozen worden met de meeste interesse, tijd, ervaring met vakoverstijgend werken en meeste ervaring met een 3D printer.

### **Email 1**

*Beste docent*

*Mijn naam is Natascha Janssen, beeldend docent, stagiaire bij Chris Neecke.*

*Deze zomer hoop ik af te studeren met een onderzoek dat ik op het Murmellius wil doen.*

*Dit zal een onderzoek zijn naar de vakoverstijgende mogelijkheden van de 3D printer bij de vakken scheikunde, wiskunde, biologie, natuurkunde en tekenen.*

*Met dit onderzoek wil ik bijdragen aan de zoektocht van het Murmellius naar digitalisering en inhoudelijke samenwerking tussen vaksecties m.b.t. het gymnasium 2020.*

*De heer van Niekerk is op de hoogte en staat volledig achter de inhoud van dit onderzoek .*

*Het onderzoek zal bestaan het beantwoorden van onderstaande vragen, 1 mondeling interview van ongeveer 30 minuten (kan in een tussenuur), en uw reactie per email op de samenvatting van de interviews.*

*Het onderzoek zal bijdragen aan vakoverstijgende, vernieuwende onderwijsproducten die ingebed zouden kunnen worden in het onderwijs van het Murmellius gymnasium.*

*Ik wil u van harte uitnodigen en hoop dat u mee wilt werken. Uw medewerking is van groot belang voor de representativiteit en slagen van het onderzoek.*

*U zult een klein presentje ontvangen als dank voor uw medewerking.*

*Graag zie ik onderstaande vragenlijst z.s.m. ingevuld retour*

|   | weinig | neutraal | veel |
|---|--------|----------|------|
| Interesse in dit onderzoek              |        |          |      |
| Ervaring met de 3D printer              |        |          |      |
| Ervaring met vakoverstijgend werken     |        |          |      |
| Tijd om mee te werken aan dit onderzoek |        |          |      |

*Ik zal u over een week nog eens benaderen als het nog niet gelukt is, het te retourneren. U mag mij met vragen altijd persoonlijk benaderen. Alvast hartelijk dank voor uw medewerking.*

*Met vriendelijke groet, Natascha Janssen, 06-10983706*

## Email 2

Beste docent

Vorige week heeft u van mij een email ontvangen met de vraag of u aan mijn afstudeeronderzoek zou willen meewerken.

Daarbij was onderstaande tabel gevoegd waarvan ik hoop dat u deze alsnog ingevuld aan mij zou willen retourneren via het postvakje van Chris Neecke, u zou mij en het Murmellius Gymnasium er ontzettend mee helpen! Het kost maar een paar seconden het is van groot belang voor de representativiteit en slagen van het onderzoek.

| <b>Uw naam:</b>                         | weinig | voldoende | veel |
|---|--------|-----------|------|
| Interesse in dit onderzoek              |        |           |      |
| Ervaring met de 3D printer              |        |           |      |
| Ervaring met vakoverstijgend werken     |        |           |      |
| Tijd om mee te werken aan dit onderzoek |        |           |      |

Alvast hartelijk dank voor uw medewerking!

Met vriendelijke groet,

Natascha Janssen  
Theatervormgever, beeldend kunstenaar  
cultuurcoach museum Kranenburgh, cultuurcoach Artiance  
[www.nataschajanssen.nl](http://www.nataschajanssen.nl)  
06-10983706

**BIJLAGE - 4a reactie scheikundedocent L.J.F. Hofmeijer**

***Email ontvangen op 10-3-2016***

Hallo Natascha,

Morgen zit ik nogal vol.

Dinsdagmorgen heb ik 2 tussenuren. Als er niets verandert, heb ik het 3<sup>e</sup> en 4<sup>e</sup> uur vrij.

Zullen we om 10.15 afspreken in de docentenkamer. Mocht het veranderen dan laat ik dat snel weten. Je kunt me ook appen op 06 14345206.

Ik heb je schema ingevuld maar ik zou er nog een kolom bijdoen. Voldoende tijd. Want veel tijd heb ik niet, maar neutraal klinkt wat vlak.

Groetjes Lovina

**Verzonden:** donderdag 10 maart 2016 8:53

**Aan:** Hofmeijer, L.J.F.

**Onderwerp:** De hybride 3D printer, aftudeeronderzoek

Hai Lovina

Nogmaals bedankt voor je enthousiaste reactie!

Graag wil ik met je overleggen over een lesmodule en tegelijk een kort interview houden.

Zou morgen ergens bij jou schikken? Anders graag een ander voorstel op een ochtend volgende week?

En zou je (voor de volledigheid van mijn onderzoek) onderstaande tabel kunnen invullen en retourneren?

Ik vraag wel veel, he! Sorry, alvast heel veel dank!

Hartelijke groet

Natascha

*Graag zie ik onderstaande vragenlijst z.s.m. ingevuld retour*

|   | weinig | neutraal  | veel |
|---|--------|-----------|------|
| Interesse in dit onderzoek              |        |           | X    |
| Ervaring met de 3D printer              |        | X BEETJE  |      |
| Ervaring met vakoverstijgend werken     |        | VOLDOENDE |      |
| Tijd om mee te werken aan dit onderzoek |        |           |      |

*Email ontvangen op ...*

Hallo Natascha,

Uiteraard ben ik heel enthousiast over je onderzoek.

Ik wil graag een bijdrage leveren zodat je iets tastbaars hebt om te verwerken.

Omdat we een lang jaar hebben, wil ik met klas 3 een module doen uit de selectie van het SLO betreffend nieuwe scheikunde. De module heet. Van melkzuur tot kunstknief.

Hierin wordt ingegaan op melkzuur als molecuul en daarna gaat het over in polymelkzuur. Ook wel bekend als poly-lactic-acid. PLA.

Dit is een veel gebruikte bouwsteen voor onze 3d-printer.

Zou je het een uitdaging vinden om een aantal lessen te koppelen aan mijn project en ze te leren designen in 3D.

Denken van 2d naar 3d is een wetenschap op zich vind ik en ik zou het bijzonder leuk vinden om dit samen met jou te doen.

Ik heb 4 klassen en miranda 1. Wij staan beide open voor dit soort dingen omdat we onze lesstof ruim af krijgen.

Ik stuur je de module ( ik moet hem nog inkorten/aanpassen)

Ik hoor graag of je het wilt.

En nog een keer gefeliciteerd met je dochter. Ze ontwikkelt zich echt razendsnel!

Groetjes Lovina

**BIJLAGE 4b – reactie scheikundedocent M.IJsselstein**

**an:** IJsselstein, M. [mailto:YSS@murmellius.nl]

**Verzonden:** donderdag 10 maart 2016 11:03

**Aan:** 'NYX'

**Onderwerp:** RE: de hybride 3Dprinter

Hoi Natascha,

Bij deze een antwoord op je mail.  
Succes met je onderzoek.

Groet Miranda

|   | weinig | neutraal | veel |
|---|--------|----------|------|
| Interesse in dit onderzoek              |        | xxxx     |      |
| Ervaring met de 3D printer              | xxxxx  |          |      |
| Ervaring met vakoverstijgend werken     |        |          | xxxx |
| Tijd om mee te werken aan dit onderzoek | xxxxxx |          |      |

**Van:** NYX [<mailto:nyx@nataschajanssen.nl>]  
**Verzonden:** donderdag 10 maart 2016 9:10  
**Aan:** IJsselstein, M.  
**Onderwerp:** de hybride 3Dprinter

*Geachte mevrouw IJsselstein,*

*Vorige week, heeft u van mij een email ontvangen waarin ik u heb gevraagd onderstaande tabel ingevuld te retourneren.*

*Ik hoop dat u dit voor mij alsnog wilt doen. U helpt mij er ontzettend mee.*

*Het kost maar een paar seconden, en is heel belangrijk voor de representativiteit en slagen van mijn onderzoek.*

*Alvast heel hartelijk dank!*

*Met vriendelijke groet*

*Natascha Janssen  
 stagaire Chris Neecke  
 theatervormgever, beeldend kunstenaar  
 cultuurcoach museum Kranenburgh, cultuurcoach Artiance  
[www.nataschajanssen.nl](http://www.nataschajanssen.nl)  
 06-10983706*

|   | weinig | neutraal | veel |
|---|--------|----------|------|
| Interesse in dit onderzoek              |        |          |      |
| Ervaring met de 3D printer              |        |          |      |
| Ervaring met vakoverstijgend werken     |        |          |      |
| Tijd om mee te werken aan dit onderzoek |        |          |      |

**Email verzonden op 1-3-2016**

*Beste docent*

*Mijn naam is Natascha Janssen, beeldend docent, stagaire bij Chris Neecke.*

*Deze zomer hoop ik af te studeren met een onderzoek dat ik op het Murmellius wil doen.*

*Dit zal een onderzoek zijn naar de vakoverstijgende mogelijkheden van de 3D printer bij de vakken scheikunde, wiskunde, biologie, natuurkunde en tekenen.*

*Met dit onderzoek wil ik bijdragen aan de zoektocht van het Murmellius naar digitalisering en inhoudelijke samenwerking tussen vaksecties m.b.t. het gymnasium 2020.*

*De heer van Niekerk is op de hoogte en staat volledig achter de inhoud van dit onderzoek .*

*Het onderzoek zal bestaan het beantwoorden van onderstaande vragen, 1 mondeling interview van ongeveer 30 minuten (kan in een tussenuur), en uw reactie per email op de samenvatting van de interviews.*

*Het onderzoek zal bijdragen aan vakoverstijgende, vernieuwende onderwijsproducten die ingebed zouden kunnen worden in het onderwijs van het Murmellius gymnasium.*

*Ik wil u van harte uitnodigen en hoop dat u mee wilt werken. Uw medewerking is van groot belang voor de representativiteit en slagen van het onderzoek.*

*U zult een klein presentje ontvangen als dank voor uw medewerking.*

*Graag zie ik onderstaande vragenlijst z.s.m. ingevuld retour*

|   | weinig | neutraal | veel |
|---|--------|----------|------|
| Interesse in dit onderzoek              |        |          |      |
| Ervaring met de 3D printer              |        |          |      |
| Ervaring met vakoverstijgend werken     |        |          |      |
| Tijd om mee te werken aan dit onderzoek |        |          |      |

*Ik zal u over een week nog eens benaderen als het nog niet gelukt is, het te retourneren. U mag mij met vragen altijd persoonlijk benaderen. Alvast hartelijk dank voor uw medewerking.*

*Met vriendelijke groet*

*06-10983706*

#### **BIJLAGE 4C – reactie wiskundedocent K.P.H.M Kaspers**

Hallo Natascha,

Sorry, deze mail was blijven liggen. Hierbij alsnog:

|   | weinig | neutraal | veel |
|---|--------|----------|------|
| Interesse in dit onderzoek              |        | v        |      |
| Ervaring met de 3D printer              |        |          | v    |
| Ervaring met vakoverstijgend werken     |        |          | v    |
| Tijd om mee te werken aan dit onderzoek | v      |          |      |

Groetjes van Kim

**Van:** NYX [<mailto:nyx@nataschajanssen.nl>]

**Verzonden:** donderdag 10 maart 2016 9:32

**Aan:** Kaspers, K.

**Onderwerp:** afstudeeronderzoek de hybride 3D printer

Geachte mevrouw Kaspers,

Vorige week heeft u van mij een email ontvangen met de vraag of u aan mijn afstudeeronderzoek zou willen meewerken.

Daarbij was onderstaande tabel gevoegd waarvan ik hoop dat u deze alsnog ingevuld aan mij zou willen retourneren, u zou mij en het Murmellius Gymnasium er ontzettend mee helpen!

Het kost maar een paar seconden het is van groot belang voor de representativiteit en slagen van het onderzoek.

|   | weinig | neutraal | veel |
|---|--------|----------|------|
| Interesse in dit onderzoek              |        | v        |      |
| Ervaring met de 3D printer              |        |          | v    |
| Ervaring met vakoverstijgend werken     |        |          | v    |
| Tijd om mee te werken aan dit onderzoek | v      |          |      |

Alvast hartelijk dank voor uw medewerking!

Met vriendelijke groet  
Natascha Janssen

Theatervormgever, beeldend kunstenaar  
cultuurcoach museum Kranenburgh, cultuurcoach Artiance  
[www.nataschajanssen.nl](http://www.nataschajanssen.nl)  
06-10983706

### **Email verzonden op 1-3-2016**

*Beste docent*

*Mijn naam is Natascha Janssen, beeldend docent, stagiaire bij Chris Neecke.*

*Deze zomer hoop ik af te studeren met een onderzoek dat ik op het Murmellius wil doen.*

*Dit zal een onderzoek zijn naar de vakoverstijgende mogelijkheden van de 3D printer bij de vakken scheikunde, wiskunde, biologie, natuurkunde en tekenen.*

*Met dit onderzoek wil ik bijdragen aan de zoektocht van het Murmellius naar digitalisering en inhoudelijke samenwerking tussen vaksecties m.b.t. het gymnasium 2020.*

*De heer van Niekerk is op de hoogte en staat volledig achter de inhoud van dit onderzoek .*

*Het onderzoek zal bestaan het beantwoorden van onderstaande vragen, 1 mondeling interview van ongeveer 30 minuten (kan in een tussenuur), en uw reactie per email op de samenvatting van de interviews.*

*Het onderzoek zal bijdragen aan vakoverstijgende, vernieuwende onderwijsproducten die ingebed zouden kunnen worden in het onderwijs van het Murmellius gymnasium.*

*Ik wil u van harte uitnodigen en hoop dat u mee wilt werken. Uw medewerking is van groot belang voor de representativiteit en slagen van het onderzoek.*

*U zult een klein presentje ontvangen als dank voor uw medewerking.*

*Graag zie ik onderstaande vragenlijst z.s.m. ingevuld retour*

|   | weinig | neutraal | veel |
|---|--------|----------|------|
| Interesse in dit onderzoek              |        |          |      |
| Ervaring met de 3D printer              |        |          |      |
| Ervaring met vakoverstijgend werken     |        |          |      |
| Tijd om mee te werken aan dit onderzoek |        |          |      |

*Ik zal u over een week nog eens benaderen als het nog niet gelukt is, het te retourneren. U mag mij met vragen altijd persoonlijk benaderen. Alvast hartelijk dank voor uw medewerking.*

*Met vriendelijke groet*

*Natascha Janssen*

*06-10983706*

#### **BIJLAGE 4d – reactie wiskundedocent J.C.M. Meijer**

Zie de tabel hieronder. Veel succes met afstuderen!

Jos Meijer

**Van:** NYX [<mailto:nyx@nataschajanssen.nl>]

**Verzonden:** dinsdag 1 maart 2016 11:37

**Aan:** Hofmeijer, L.J.F.; IJsselstein, M.; Korver, M.J.L.; Ruyter, B. de; Spuijbroek, T.A.; Oeveren, L. van; Verhagen, R.; Meijer, J.; Zuidema, J.M.G.; Kaspers, K.; Ruyter, B. de; Kampen van, H.P.; Overgaag, M.; Niekerk, J.C.M. van; Neecke, C.E.

**Onderwerp:** hybride 3D printer op het Murmellius Gymnasium

*Beste docent*

*Mijn naam is Natascha Janssen, beeldend docent, stagiaire bij Chris Neecke.*

*Deze zomer hoop ik af te studeren met een onderzoek dat ik op het Murmellius wil doen.*

*Dit zal een onderzoek zijn naar de vakoverstijgende mogelijkheden van de 3D printer bij de vakken scheikunde, wiskunde, biologie, natuurkunde en tekenen.*

*Met dit onderzoek wil ik bijdragen aan de zoektocht van het Murmellius naar digitalisering en inhoudelijke samenwerking tussen vaksecties m.b.t. het gymnasium 2020.*



*De heer van Niekerk is op de hoogte en staat volledig achter de inhoud van dit onderzoek .  
Het onderzoek zal bestaan het beantwoorden van onderstaande vragen, 1 mondeling interview van ongeveer 30 minuten (kan in een tussenuur), en uw reactie per email op de samenvatting van de interviews.*

*Het onderzoek zal bijdragen aan vakoverstijgende, vernieuwende onderwijsproducten die ingebed zouden kunnen worden in het onderwijs van het Murmellius gymnasium.*

*Ik wil u van harte uitnodigen en hoop dat u mee wilt werken. Uw medewerking is van groot belang voor de representativiteit en slagen van het onderzoek.*

*U zult een klein presentje ontvangen als dank voor uw medewerking.*

*Graag zie ik onderstaande vragenlijst z.s.m. ingevuld retour*

|   | weinig | neutraal | veel |
|---|--------|----------|------|
| Interesse in dit onderzoek              | x      |          |      |
| Ervaring met de 3D printer              | x      |          |      |
| Ervaring met vakoverstijgend werken     |        | x        |      |
| Tijd om mee te werken aan dit onderzoek | x      |          |      |

*Ik zal u over een week nog eens benaderen als het nog niet gelukt is, het te retourneren. U mag mij met vragen altijd persoonlijk benaderen. Alvast hartelijk dank voor uw medewerking.*

*Met vriendelijke groet*

*Natascha Janssen*

*06-10983706*

#### **BIJLAGE 4 e – reactie wiskunde-/economiedocent M. Overgaag**

*Email ontvangen op 10-3-2016*

Hallo Natascha,

Op het Murmellius Gymnasium ben ik economiedocent. Ik geef daarnaast aan 1 brugklas wiskunde. Aangezien je het onderzoek richt op de exacte vakken en tekenen denk ik niet dat ik veel aan je onderzoek kan toevoegen. Mocht je toch mijn mening willen horen over bepaalde zaken dan wil ik hieraan meewerken.

Groeten Miriam Overgaag

**Van:** NYX [<mailto:nyx@nataschajanssen.nl>]

**Verzonden:** donderdag 10 maart 2016 9:35

**Aan:** Overgaag, M.

**Onderwerp:** afstudeeronderzoek de hybride 3D printer

Geachte mevrouw Overgaag,

Vorige week heeft u van mij een email ontvangen met de vraag of u aan mijn afstudeeronderzoek zou willen meewerken.

Daarbij was onderstaande tabel gevoegd waarvan ik hoop dat u deze alsnog ingevuld aan mij zou willen retourneren, u zou mij en het Murmellius Gymnasium er ontzettend mee helpen!

Het kost maar een paar seconden het is van groot belang voor de representativiteit en slagen van het onderzoek.

|   | weinig | neutraal | veel |
|---|--------|----------|------|
| Interesse in dit onderzoek              |        |          |      |
| Ervaring met de 3D printer              |        |          |      |
| Ervaring met vakoverstijgend werken     |        |          |      |
| Tijd om mee te werken aan dit onderzoek |        |          |      |

Alvast hartelijk dank voor uw medewerking!

Met vriendelijke groet  
 Natascha Janssen  
 Theatervormgever, beeldend kunstenaar  
 cultuurcoach museum Kranenburgh, cultuurcoach Artiance  
[www.nataschajanssen.nl](http://www.nataschajanssen.nl)  
 06-10983706

**Email verzonden op 1-3-2016**

*Beste docent*

*Mijn naam is Natascha Janssen, beeldend docent, stagiaire bij Chris Neecke.  
 Deze zomer hoop ik af te studeren met een onderzoek dat ik op het Murmellius wil doen.  
 Dit zal een onderzoek zijn naar de vakoverstijgende mogelijkheden van de 3D printer bij de vakken  
 scheikunde, wiskunde, biologie, natuurkunde en tekenen.  
 Met dit onderzoek wil ik bijdragen aan de zoektocht van het Murmellius naar digitalisering en  
 inhoudelijke samenwerking tussen vaksecties m.b.t. het gymnasium 2020.  
 De heer van Niekerk is op de hoogte en staat volledig achter de inhoud van dit onderzoek .  
 Het onderzoek zal bestaan het beantwoorden van onderstaande vragen, 1 mondeling interview van  
 ongeveer 30 minuten (kan in een tussenuur), en uw reactie per email op de samenvatting van de  
 interviews.  
 Het onderzoek zal bijdragen aan vakoverstijgende, vernieuwende onderwijsproducten die ingebed  
 zouden kunnen worden in het onderwijs van het Murmellius gymnasium.  
 Ik wil u van harte uitnodigen en hoop dat u mee wilt werken. Uw medewerking is van groot belang  
 voor de representativiteit en slagen van het onderzoek.  
 U zult een klein presentje ontvangen als dank voor uw medewerking.*

*Graag zie ik onderstaande vragenlijst z.s.m. ingevuld retour*

|   | weinig | neutraal | veel |
|---|--------|----------|------|
| Interesse in dit onderzoek              |        |          |      |
| Ervaring met de 3D printer              |        |          |      |
| Ervaring met vakoverstijgend werken     |        |          |      |
| Tijd om mee te werken aan dit onderzoek |        |          |      |

*Ik zal u over een week nog eens benaderen als het nog niet gelukt is, het te retourneren. U mag mij met vragen altijd persoonlijk benaderen. Alvast hartelijk dank voor uw medewerking.*

*Met vriendelijke groet*

*Natascha Janssen*

*06-10983706*

#### **BIJLAGE 4f – reactie natuurkundedocent B. de Ruyter van Steveninck**

Beste Natascha,

Leuk dat je zo'n onderzoek doet. Kan best nuttig zijn. Ik heb er slechts beperkt over nagedacht wat het nut van een 3d printer in mijn vakgebieden zou kunnen zijn. Meestal triggeren nieuwe vindingen bij mij onmiddellijk allerlei gedachten over toepassingen. Bij de 3D printer had ik dat echter niet zo. Mezelf dwingend daar nog eens over na te denken roept niet veel meer op.

Het zou een geschikte tool zijn om iets wat ruimtelijk begrip inhoud goed te kunnen demonstreren. Echter het onderwijs is al jaren ingericht op uitleg in 2d representaties in boeken, die voor gymnasiasten best toereikend zijn. Velen hebben ook een goed 3d inzicht en verbeelding om zaken die dat vereisen ook te kunnen zien.

Zeker in de **wiskunde** is dat van belang bij bijvoorbeeld doorsneden van 3d figuren. Leuk om die te printen overigens.

Nu wordt voor 3d veel gebruik gemaakt van in perspectief bewegende 2d tekeningen die prima voldoen, makkelijk op te roepen zijn en ruimschoots voorhanden op t internet.

Bij de **natuurkunde** zie ik weinig toepassingen behalve wellicht in de sterkte leer. Voor de leerlingen zit het ontwerpen van lichte maar toch sterke constructies (hijskranen, Hoogspanningsmasten) niet het les(examen)pakket.

Er wordt echter al veel extra aangeboden buiten dat pakket. En er is echt een beperkte lestijd. Dus is het ook niet iets waar ik op zit te wachten.

Veel van de objecten die met een 3d printer gemaakt kunnen worden zijn beperkt van omvang en derhalve niet zo geschikt voor demonstratie doeleinden.

Ik hoop hiermee niet een beetje van je enthousiasme te temperen,

vriendelijke groet,

Bas de Ruyter

---

**Van:** NYX [nyx@nataschajanssen.nl]

**Verzonden:** dinsdag 1 maart 2016 11:37

**Aan:** Hofmeijer, L.J.F.; IJsselstein, M.; Korver, M.J.L.; Ruyter, B. de; Spuijbroek, T.A.; Oeveren, L. van; Verhagen, R.; Meijer, J.; Zuidema, J.M.G.; Kaspers, K.; Ruyter, B. de; Kampen van, H.P.; Overgaag, M.; Niekerk, J.C.M. van; Neecke, C.E.

**Onderwerp:** hybride 3D printer op het Murmellius Gymnasium

*Beste docent*

*Mijn naam is Natascha Janssen, beeldend docent, stagiaire bij Chris Neecke.*

*Deze zomer hoop ik af te studeren met een onderzoek dat ik op het Murmellius wil doen.*

*Dit zal een onderzoek zijn naar de vakoverstijgende mogelijkheden van de 3D printer bij de vakken scheikunde, wiskunde, biologie, natuurkunde en tekenen.*

*Met dit onderzoek wil ik bijdragen aan de zoektocht van het Murmellius naar digitalisering en inhoudelijke samenwerking tussen vaksecties m.b.t. het gymnasium 2020.*

*De heer van Niekerk is op de hoogte en staat volledig achter de inhoud van dit onderzoek .*

*Het onderzoek zal bestaan het beantwoorden van onderstaande vragen, 1 mondeling interview van ongeveer 30 minuten (kan in een tussenuur), en uw reactie per email op de samenvatting van de interviews.*

*Het onderzoek zal bijdragen aan vakoverstijgende, vernieuwende onderwijsproducten die ingebed zouden kunnen worden in het onderwijs van het Murmellius gymnasium.*

*Ik wil u van harte uitnodigen en hoop dat u mee wilt werken. Uw medewerking is van groot belang voor de representativiteit en slagen van het onderzoek.*

*U zult een klein presentje ontvangen als dank voor uw medewerking.*

*Graag zie ik onderstaande vragenlijst z.s.m. ingevuld retour*

|   | weinig | neutraal | veel |
|---|--------|----------|------|
| Interesse in dit onderzoek              |        |          |      |
| Ervaring met de 3D printer              |        |          |      |
| Ervaring met vakoverstijgend werken     |        |          |      |
| Tijd om mee te werken aan dit onderzoek |        |          |      |

*Ik zal u over een week nog eens benaderen als het nog niet gelukt is, het te retourneren. U mag mij met vragen altijd persoonlijk benaderen. Alvast hartelijk dank voor uw medewerking.*

*Met vriendelijke groet*

*Natascha Janssen*

*06-10983706*

#### **BIJLAGE 4g – reactie biologiedocent R. Verhagen**

*Email ontvangen op 10-3-2016*

**From:** [NYX](#)

**Sent:** Thursday, March 10, 2016 9:25 AM

**To:** [VER@murmellius.nl](mailto:VER@murmellius.nl)

**Subject:** de hybride 3D printer

Geachte heer Verhagen,

Vorige week heeft u van mij een email ontvangen met de vraag of u aan mijn afstudeeronderzoek zou willen meewerken.

Daarbij was onderstaande tabel gevoegd waarvan ik hoop dat u deze alsnog ingevuld aan mij zou willen retourneren, u zou mij en het Murmellius Gymnasium er ontzettend mee helpen!

Het kost maar een paar seconden het is van groot belang voor de representativiteit en slagen van het onderzoek.

|   | weinig | neutraal | veel |
|---|--------|----------|------|
| Interesse in dit onderzoek              |        | x        |      |
| Ervaring met de 3D printer              |        | x        |      |
| Ervaring met vakoverstijgend werken     |        | x        |      |
| Tijd om mee te werken aan dit onderzoek | x      |          |      |

Alvast hartelijk dank voor uw medewerking!

Met vriendelijke groet  
Natascha Janssen

Theatervormgever, beeldend kunstenaar  
cultuurcoach museum Kranenburgh, cultuurcoach Artiance  
[www.nataschajanssen.nl](http://www.nataschajanssen.nl)  
06-10983706

**Email verzonden op 1-3-2016**

*Beste docent*

*Mijn naam is Natascha Janssen, beeldend docent, stagiaire bij Chris Neecke.*

*Deze zomer hoop ik af te studeren met een onderzoek dat ik op het Murmellius wil doen.*

*Dit zal een onderzoek zijn naar de vakoverstijgende mogelijkheden van de 3D printer bij de vakken scheikunde, wiskunde, biologie, natuurkunde en tekenen.*

*Met dit onderzoek wil ik bijdragen aan de zoektocht van het Murmellius naar digitalisering en inhoudelijke samenwerking tussen vaksecties m.b.t. het gymnasium 2020.*

*De heer van Niekerk is op de hoogte en staat volledig achter de inhoud van dit onderzoek .*

*Het onderzoek zal bestaan het beantwoorden van onderstaande vragen, 1 mondeling interview van ongeveer 30 minuten (kan in een tussenuur), en uw reactie per email op de samenvatting van de interviews.*

*Het onderzoek zal bijdragen aan vakoverstijgende, vernieuwende onderwijsproducten die ingebed zouden kunnen worden in het onderwijs van het Murmellius gymnasium.*

*Ik wil u van harte uitnodigen en hoop dat u mee wilt werken. Uw medewerking is van groot belang voor de representativiteit en slagen van het onderzoek.*

*U zult een klein presentje ontvangen als dank voor uw medewerking.*

*Graag zie ik onderstaande vragenlijst z.s.m. ingevuld retour*

|                            | weinig | neutraal | veel |
|----------------------------|--------|----------|------|
| Interesse in dit onderzoek |        |          |      |

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| Ervaring met de 3D printer              |  |  |  |
| Ervaring met vakoverstijgend werken     |  |  |  |
| Tijd om mee te werken aan dit onderzoek |  |  |  |

*Ik zal u over een week nog eens benaderen als het nog niet gelukt is, het te retourneren. U mag mij met vragen altijd persoonlijk benaderen. Alvast hartelijk dank voor uw medewerking.*

*Met vriendelijke groet  
Natascha Janssen  
06-10983706*

#### **BIJLAGE 4h – reactie wiskundedocent J.M.G. Zuidema**

Beste Natascha,

Zie tabel.  
Sterkte met je onderzoek.

Groet,  
J. Zuidema

**Van:** NYX [<mailto:nyx@nataschajanssen.nl>]

**Verzonden:** donderdag 10 maart 2016 9:31

**Aan:** Zuidema, J.M.G.

**Onderwerp:** afstudeeronderzoek de hybride 3D printer

Geachte mevrouw Zuidema,

Vorige week heeft u van mij een email ontvangen met de vraag of u aan mijn afstudeeronderzoek zou willen meewerken.

Daarbij was onderstaande tabel gevoegd waarvan ik hoop dat u deze alsnog ingevuld aan mij zou willen retourneren, u zou mij en het Murmellius Gymnasium er ontzettend mee helpen!

Het kost maar een paar seconden het is van groot belang voor de representativiteit en slagen van het onderzoek.

|   | weinig | neutraal | veel |
|---|--------|----------|------|
| Interesse in dit onderzoek              | x      |          |      |
| Ervaring met de 3D printer              | x      |          |      |
| Ervaring met vakoverstijgend werken     | x      |          |      |
| Tijd om mee te werken aan dit onderzoek | x      |          |      |

Alvast hartelijk dank voor uw medewerking!

Met vriendelijke groet  
Natascha Janssen  
theatervormgever, beeldend kunstenaar  
cultuurcoach museum Kranenburgh, cultuurcoach Artiance  
[www.nataschajanssen.nl](http://www.nataschajanssen.nl)  
06-10983706

**Email verzonden op 1-3-2016**

*Beste docent*

*Mijn naam is Natascha Janssen, beeldend docent, stagiaire bij Chris Neecke.*

*Deze zomer hoop ik af te studeren met een onderzoek dat ik op het Murmellius wil doen.*

*Dit zal een onderzoek zijn naar de vakoverstijgende mogelijkheden van de 3D printer bij de vakken scheikunde, wiskunde, biologie, natuurkunde en tekenen.*

*Met dit onderzoek wil ik bijdragen aan de zoektocht van het Murmellius naar digitalisering en inhoudelijke samenwerking tussen vaksecties m.b.t. het gymnasium 2020.*

*De heer van Niekerk is op de hoogte en staat volledig achter de inhoud van dit onderzoek .*

*Het onderzoek zal bestaan het beantwoorden van onderstaande vragen, 1 mondeling interview van ongeveer 30 minuten (kan in een tussenuur), en uw reactie per email op de samenvatting van de interviews.*

*Het onderzoek zal bijdragen aan vakoverstijgende, vernieuwende onderwijsproducten die ingebed zouden kunnen worden in het onderwijs van het Murmellius gymnasium.*

*Ik wil u van harte uitnodigen en hoop dat u mee wilt werken. Uw medewerking is van groot belang voor de representativiteit en slagen van het onderzoek.*

*U zult een klein presentje ontvangen als dank voor uw medewerking.*

*Graag zie ik onderstaande vragenlijst z.s.m. ingevuld retour*

|   | weinig | neutraal | veel |
|---|--------|----------|------|
| Interesse in dit onderzoek              |        |          |      |
| Ervaring met de 3D printer              |        |          |      |
| Ervaring met vakoverstijgend werken     |        |          |      |
| Tijd om mee te werken aan dit onderzoek |        |          |      |

*Ik zal u over een week nog eens benaderen als het nog niet gelukt is, het te retourneren. U mag mij met vragen altijd persoonlijk benaderen. Alvast hartelijk dank voor uw medewerking.*

*Met vriendelijke groet*

*Natascha Janssen  
06-10983706*

## **BIJLAGE 5 - Topiclijst**

### **Vragen aan Docenten:**

- 1 Wat zijn volgens u de kansen van vakoverstijging?
- 2 Wat zijn volgens u de nadelen van vakoverstijging?
- 3 Met welke andere vakken ziet u mogelijkheden tot vakoverstijging?
- 4 Welke ervaring heeft u met het gebruik van een 3D printer binnen en buiten de school?
- 5 Wat zijn volgens u kansen voor het gebruik van een 3D printer in uw lessen in de onderbouw?
- 6 Wat zijn volgens u nadelen voor het gebruik van een 3D printer in uw lessen in de onderbouw?
- 7 Wat voor verwachting zou u hebben van het vakoverstijgend werken met een 3D printer in de onderbouw?
- 8 Welke doelstelling/ leeropbrengst /meerwaarde zou het vakoverstijgend werken met een 3D printer volgens u moeten hebben?
- 9 Welke mogelijkheden ziet u voor het vakoverstijgend gebruik van een 3D printer vanuit uw vak en lessen?
- 10 Welke ideeën heeft u om een aanzet te geven voor een vakoverstijgende project met gebruik van een 3D printer?

### **Vragen aan Deskundigen:**

- 1 Welke vaardigheden en software heeft een leerling nodig om een 3D printer te kunnen gebruiken? Mogelijkheden en valkuilen?
- 2 Wat zijn uw ervaringen met het gebruik van de 3D printer in het VO? Mogelijkheden en valkuilen?
- 3 Wat zijn succesvolle en minder succesvolle lesopzetten geweest in het aanbieden van 3D printer in het VO onderwijs?
- 4 Is een 3D printer inhoudelijk vakoverstijgend inzetbaar? Zo ja, bij welke vakken?



## BIJLAGE 6a

ROOD = interviewer  
ZWART= deskundige

### **Interview met Andre van Rijswijk van Fablab (opname 11), Alkmaar 3-3-2016 13:30**

**Dus mijn eerste vraag is wat uw ervaring is tot nu toe met de 3D printer in het basisonderwijs en voortgezet onderwijs.** Nou, het is begonnen eh eh in het voortgezet onderwijs, want daar geef ik les. Dat weet je wel. Denk nog even na over het Technasium, "ja", eh, en we hebben al vrij snel, eh, Het Technasium heeft een werkplaats, het heeft een atelier, het heeft een werkplaats, het heeft een presentatieruimte, het heeft een doca, een aantal dat soort dingen, het is dus geen klassieke stoeltjes en bankjes meer, je moet het een beetje zien als een bedrijf. Met verschillende plekken waar je aan het werk gaat. Eh, om snel ideeën uit te werken en zou het gaan om een fysiek product; als producten, uitkomst van een opdracht, of van een probleem, dan kan het voorkomen dat je het wil 3D printen, of dat je het wil uitsnijden, en snijplotten, of dat je het wilt frezen met een freesmachine. Het is namelijk niet meer heel, het gaat om de ideeën en om hoe je een probleem kan oplossen en om hoe je het uiteindelijk uitvoert, dat kun je ook door een machine laten doen, weet je. Je gaat niet meer heel erg lopen knutselen als een machine dat ook kan. Hoef je ook verder niet over na te denken over hoe zo'n ding werkt. Het is net als je papier printer, je gaat ook niet 12 velletjes hetzelfde uittypen als je 12 kopietjes wilt hebben, dus dat rolt er gewoon uit.

**Is de printer overal eh handig voor, of zijn er toch ook nog wel dingen die je wel met de hand zou moeten doen?** Daar waar mogelijk eh, het is een andere manier van denken, dat wel. Kuch. Zeker voor docenten die dat niet gewend zijn. Dan zijn we wel wat verder, hoor, vaak. "ja". Eh, ja, moet je kijken van waar zit t m in, waar, waar, standaard bij FABLAB, maar ook standaard bij een Technasium en steeds vaker in de klas. Bij een aantal vakken zou een 3D printer past ook bij 21st century skills, .

**Welke vaardigheden heeft een leerling nodig om een 3D printer te kunnen gebruiken?** Eh, nou, ik merk dat er twee kampen zijn. De kampen die, eh, die een machine hebben en praktisch niet gebruiken en die staat dan bij een assistent of een docent in de kast of wat dan ook. En alleen onder auspice van de desbetreffende gezaghebbende mag die gebruikt worden. Ik ben van het type van zodra je dat soort dingen in de klas krijgt dan ga je per klas, eh, kijken wie er enthousiast is en die maak je dan ambassadeur van zo'n machine. Desnoods laat je m gebruiken of zelf laten bouwen door eh d kinderen uit de klas, eh.

Sorry, hij gaat steeds uit? **Nee, ja, mijn scherm gaat uit, maar ik hoop dat niet uit is,** Dat kun je instellen. **Ja dat zal wel, ik ben niet zo technisch, haha, nog niet, ha, maar de kinderen hebben dan samen een 3D printer in de klas eh gebouwd?** Ja, dus die, he, sowieso ben ik daar wel voor als je dat soort dingen, als dat kan, moet je dat zeker doen, want dat geeft ook eh, je krijgt een soort eigendomsschap, eigenaarschap van dat kinderen zich betrokken voelen bij. en als je per klas een paar kinderen eruit haalt die dat leuk vinden, die geef je gewoon een opleiding. Van nou, Wat kan er allemaal stuk, wat kan er niet stuk, eh, hoe ga je ermee om eneh, jij bent de baas over het eh ding. En voor lesdagen staat ie er gewoon, als eh want als je het ding wil gebruiken voor wat voor reden dan ook en we vinden met zijn allen dat het ok is dan, eh, ga je gang.

**Ja, dus en dan stel je gewoon iemand in de klas in, en die is eh zeg maar verantwoordelijk voor die 3D printer,** eh dat kan, het is allemaal niet zo heel ingewikkeld. Maar wat je niet wil is dat ermee eh, mee gespeeld wordt, **nee,** dat soort dingen, **nee,** eh dat is toch het voordeel van technasium, je gaat op een eh redelijk volwassen manier met de kinderen om. Eh, **Want over welke leeftijdscategorie hebben we het nu?** Eh, Van de brugklas tot en met de zesde klas, **Ja, ok.** Maar omdat de doorsnee

technasium ruimte is vrij groot en lopen jaarlagen ook door elkaar heen. **Ja**. Dus je wil eh eigenlijk wat je hier ook niet wil, als iemand een cursus geeft, of die geeft les, dat mensen uit de vijfde of zesde klas die met een project bezig zijn zelfstandig aan het werk. Dat je die ruimte ook biedt van, nou ja, je meld je als je binnen komt, je meld je als je weggaat. **Ja**. En je zorgt dat je je spullen opgeruimd hebt. **Ja**. Ook als er les is, ben je altijd welkom, en dan krijg je ook een mooie wisselwerking tussen eh, tussen oud en jong, brugklas, vijfde klas, en dat eh, dat mensen zien dat eh elkaars projecten en daar ook weer een rol in kunnen spelen. **Want hoe ziet zo'n les er dan uit? Dan eeh, tenminste zoals je het nu omschrijft, Je zegt er zitten jaren lagen door elkaar heen, eh, eh, geef je dan gewoon een hele dag les en iedereen kan in en uit lopen? Of hoe werkt dat.** Ja. Nou je heb zes uur in de week erbij, he, kuch, er zit altijd een blok in van vier uur, dus dat is een ochtend of een middag, en eh, je gaat gewoon met de kinderen die starten en waar ze mee bezig zijn, een project van 8 weken en eh geen frontaal les, iedereen weet waar ie mee bezig is eh misschien even beginnen met een eh gezamenlijk moment om te laten zien waar, eh, of de neuzen de goeie kant op staan. Sommige teams laat je presenteren of hoe ver ze gekomen zijn en kun je het erover hebben. Nou dan gaat iedereen aan het werk en zit je als docent in de begeleiding **Aanspreekbaar, en iedereen gaat gewoon zijn gang en mag ook gewoon weg wanneer ie wil als ie denkt ik moet wat anders doen of.** Nou...**Zitten er vaste tijden aan?** Je hebt gewoon vaste lestijden, eh, dus je bent in, in de klas.**ja**. Dus dat is wel afhandelbaar van het onderzoek dat je doet. **Is het een beetje meer als een kunstacademie, zo klinkt het in mijn oren, maar dat weet jij weer, nee, ja. Nou ja, je zit met zijn allen in een klas en je hebt wel je eigen onderzoek, je hebt je eigen plan, eh.** Nee, je werkt altijd in een team, dat is anders. **O, ja, en heb je dan een hoeveelheid leerlingen dat je altijd samen laat werken?** Sowieso geef je les aan twee klassen tegelijk, dus dat zijn rond de 50, 55 leerlingen. **Begin je dan wel met die 55 leerlingen bij elkaar, begin je.** Ja. **Startmoment.** Ja, maar dat kan soms 3 minuten zijn, dat kan soms wat langer zijn. **Ja**. Daar heb je de ruimte voor. En dan gaat iedereen naar zijn teamtafel, die zijn allemaal genummerd, nou, dan gaan ze verder, jij loopt rond, eh. **Ja, en helpt ze verder met vragen die ze hebben.** Ja. Ja. **OK**.

**Wat heeft een leerling voor software nodig om een 3D printer te kunnen gebruiken? En kan het op elke laptop bijvoorbeeld?** Ja. Er is natuurlijk een enorme, ik ben toevallig gisteren op de ...pro beurs geweest in ...allemaal met 3Dprinters en scanners en die werden daar weer geshowd. En dan had je 5 jaar geleden misschien 3 merken of zo, nu zijn het er 300. Door de bomen zie je de wortels niet meer. Maar eh, je moet het even scheiden, je hebt eh, een 3D printer is altijd gekoppeld aan een programma die het, die eigenlijk bij de printer hoort, die ...sliced in plakjes. Je hebt een 3D ontwerp en als je deze wil printen, dan leg je dat laagje voor laagje neer. Dus daar....is op te slicen, heet dat .Ja. In In die betreffende plakjes . Dat is 1 ding, en dat is meestal eh, een beetje...software, dat hoort er gewoon bij, dat kan duidelijk zijn, dat is niet ingewikkeld, t gaat bijna automatisch tegenwoordig. En je moet natuurlijk een ontwerp maken en daar heb je uiteindelijk weer een tekenprogramma voor nodig. **Ok**. Daar heb je heel veel van, open source, gratis, duur tot superduur. , he. **En eh, maar goed, waar werk je het liefst mee? Wat is t handigst?** Eh op scholen.. **In het voortgezet onderwijs onderbouw?** De meeste scholen beginnen met sketch up, **Ja**, dat ken je vast wel. Maar dat is voor 3D printen niet het meest geschikte programma, dus wat op scholen hebben een licentie voor een professioneel programma, dat is solid works, kuch, en hier op het FABLAB hebben we een gratis versie fusion 360, dat is van ...en eh, we hebben iemand gevonden die, een tekenaar, die een keer in de twee maanden hier een cursus van geeft. **OK, super**.

**Uhm, wat zijn uw ervaringen met het gebruik van een 3D printer in het voortgezet onderwijs, onderbouw?** Eh, nou heel goed, je moet, je moet je alleen realiseren dat als je, als je in het project onderwijs zit en je doet een project, een probleemstelling, en het oplossen van een project zou inhouden dat, dat, de leerlingen gaan 3D printen, en het heeft een looptijd van 8weken, dat het 3D printen gaat dan gebeuren in week 8. **Ja**. En eh, je bent al blij als je 1 a 2 printers in de klas hebt staan, maar sowieso ga je dat niet redden. **Alles uitprinten**. Nee, een beetje print duurt gewoon 2, 3 uur tot veel langer. Eh, daar loop je, daar liepen wij al heel snel eh, tegenaan, dus ik dacht, kopen we

een printer bij, maar eh, wat, wat vooral heel handig is plekken als dit. **Ja. Zodat je daar wat kunt uitbesteden...** Nou ja, dat, wij hadden eh, in eh, Amsterdam heb je meerdere FABLABS, en eh, wat je eigenlijk wilt, en dat ontstond al een beetje, dat leerlingen, ouderejaars, die vrijheid kunnen ze natuurlijk nemen, eh, ik heb volgende week, eh, ik heb volgende week in de klas, en ik heb nog wat printwerk, maar er zijn eh, er is een wachtlijst, hoe ga ik dat doen? Nou, je kan ook naar een FABLAB toe, en eh, .....cursus doen. wat ik eigenlijk wil is dat school moet dat allemaal geregeld hebben met FABLAB. Dat je daar aan de slag kan tot aan zelfs, dat probeerde ik hier net voor elkaar te krijgen met school, dat, je bent met een project bezig, dat je dit ziet als een soort extended classroom. Dat je zegt van, eh, tegen de docent, eh, ik ga het niet redden, eh, ik ga naar de kaasfabriek. En dat het tijdens de les is, En ga maar heen, en eh, ik kan even bellen naar mij, en je weet of het allemaal goed gegaan is, ...bijvoorbeeld, dat je een soort patroon krijgt en een basis. **Van zo laat tot zo laat, die dagen kunnen de kinderen van eh pas bij jou terecht om met hun onderzoek of hun plan verder te gaan.** Ja, dat zou eventueel 's avonds kunnen, maar ook tijdens de lessen. ...Er staan daar 3 mensen dingen te doen, ik kan, maar je kan nu wel naar de kaasfabriek, dus, ...En dat de docent eventueel mij zou opbellen, dat je hier eventueel wel een webcam neerhangt, dat je kan inloggen of alles, **ja**, want hij is natuurlijk eindverantwoordelijk over de leerlingen, dat moet allemaal goed gaan **ok, dat zou, dat is utopie, nee, fijn, ik vind het een heel goed plan.** Ik praat natuurlijk met die Technasia in oprichting en net een pilot gestart, en eh, ik heb ik heb hoe noem je dat? Ik herken het ook wel, je krijgt, je hebt budget, je kan gewoon, maar uiteindelijk heb je er toch te weinig van, dus waarom ...er is gewoon een universeel lokaal, ...en daar kunnen we van gebruik maken. Dus misschien moet je daar een combinatie in vinden, het is niet alleen maar... in scholen...**Ja, kan je op inschrijven als een soort externe gymzaal, maar dan** Meer geld, ja, praktischer...**ja, ok.**

**Wat zijn ehm, succesvolle en minder succesvolle lesopzetten geweest in het aanbieden van dit soort lessen?** Nou, ik heb nog niet, kijk, het is allemaal nieuw he, dus minder succesvol heb ik nog niet meegemaakt, behalve dat je natuurlijk ziet capaciteittekort naar aanloop omdat mensen echt lopen te wachten. Dingen mislukken is natuurlijk een leerproces, en verder is het hier zo, zeker voor die scholen hier in NoordHolland...is het allemaal vrij nieuw. **En ehm komt school dan met een plan van ..met die kinderne of eh, hebben de kinderen zelf iets verzonnen, of komen jullie met een soort basisding aan?** Nou tot nu toe, eh, met voortgezet onderwijs, zijn we stapvoets begonnen met dat scholen ...heel veel aan actieve...die komen dan deze kant op en zeggen dan he, wat voor cursussen...en dan gaan we kijken. Ik heb een aantal scholen hier gehad, die in ieder geval actief hier komen ...dan leg ik uit wat we doen, wat er voor mogelijkheden zijn over wat hun mogelijkheden zijn als team in deze tijd eh, dat is wezenlijk anders dan ..stukje...en eh en dan gaan we al die machines even langs **ja** en dan gaan we, dat en dat draaien we rond, **want er zit nu een groep leerlingen hier eh te werken, of het zijn geen leerlingen, het zijn individuele eh, vakantie, oh, in de vakantie, en die hebben zich individueel ingeschreven voor een workshop?** Nou, dat is een eh...**maar, een mooi begin.** Ja precies, de mensen in het geel hebben het ontwikkeld, die zijn er mee bezig eigenlijk met die. een programmeercursus op basis van aubino?, een programmeerplatform eh, dus heb ik ze gevraagd, want eh buitenschools opvang willen heel graag op basisscholen ook heel graag met dat soort dingen aan de gang, ja, zij zijn van het programmeren, ik niet. **Nee, en jullie zijn begonnen vanuit eh eigenlijk in het voortgezet onderwijs want voor mijn gevoel, wat ik heel veel op websites terug zie, is dat er heel veel in het basisonderwijs wordt aangeboden, maar nog heel weinig, maar misschien is dat niet zichtbaar, in het voortgezet onderwijs.** Op basis, ja het wordt wel aangeboden, **maar nog niet afgenomen.** Nou, ja, het is lastig denk ik. Ik ondersteun een paar basisscholen die eh die hebben van het eh, die moeten ook he, in 2020 we krijgen allemaal nieuwe techniekwensen van de overheid dus daar moet men aan voldoen. En de schoolbesturen die eh, ja, die maken een potje vrij en dan komen 3D printers ...wil iemand de deur voor me dichtdoen?...**en dan?** Dat is het dan. Dus dan krijg je wel veel, ja het basisonderwijs is is is, eh, daar werken relatief heel veel vrouwen eigenlijk 90 % **Heel veel vrouwen, ja, klopt.** En en eh die hebben toch iets meer met cultuur en eh dus als mensen hier komen, zijn het vaak eerst de mannen en die hebben dan ook wel moeite om de rest een beetje enthousiast te krijgen, maar ook eh...er zijn ook een paar scholen hier in NoordHolland die hebben

diverse machines staan maar weten eigenlijk niet hoe het werkt, ...gedropt...korte cursussen gevolgd, en belangrijker nog, ze weten niet wat ...Want als je techniek geeft, kun je daar wel een beeld bij krijgen, maar bij aardrijkskunde...of hoe heet dat tegenwoordig, wereldoriëntatie, eh ...ja er zijn allerlei vragen, waar kan ik het voor gebruiken, **Daar gaat het in mijn onderzoek vooral over.** Ja, ja, ik heb daar ook geen antwoord op maar **Kan je het zo gebruiken? Nee maar..wat ik wil is dat leerkrachten daar zelf over gaan nadenken door de vragen die ik ze ga stellen.** Ja. En dat ga ik ook in dit geval op het Murmellius gymnasium doen wat een goeie basis zou kunnen zijn. Maar daarom ben ik ook benieuwd naar jouw ervaringen met eh, eh, op welke manier een 3D printer inhoudelijk eh vakoverstijgend inzetbaar zou kunnen zijn. . ja. Dus kan je, eh en binnen een vakgebied , maar je kan misschien ook wel , misschien heb jij daar ideeën over, ehm meerdere vakken aan elkaar koppelen, **dat is natuurlijk ook een heet hangijzer voor 2020.** Ja. Ja. Maar weet je, ik heb best heel veel ideeën, maar eh werkt niet als mensen ideeën loslaten en...**Nee, maar daarom vraag ik het aan u, en daarom vraag ik het aan straks aan....**ja. ...weer naar buiten brengen, maar ik ben wel heel benieuwd naar hoe u denkt, in dit geval hoe het zou kunnen werken, of niet zou kunnen werken, want wat zijn de valkuilen. Ja. **Wat zijn de mogelijkheden, Want u heeft zoveel ervaring daarin dat ongetwijfeld eh zijn er bruikbare ideeën bij, eh.** Ja, maar ik ben dus vooral met eh basisscholen op het ogenblik bezig, om we geven wel trainingen. Waar ze 21st century skills ...we werken ook met andere partijen, we werken ook met Artiance bibliotheek, eh, maar juist om met elkaar dan eh, hier geef ik dan een workshop eh met de spullen die we hier hebben, voor basisschooldocenten, en als we ze dan allemaal in het klaslokaal hebben staan....wat ze willen en dan gaan we de slag. En ik heb daar ideeën over, iedereen heeft er wel wat ideeën over, maar ja, daar komen gewoon opdrachten uit, want dat wereldoriëntatie zeg ik niet voor niks, want dan , een van de eerste keren had ik gevraagd van, nou eh ja, wat ga je nu ermee doen, ja, ik weet het niet, ik ga . toen zij 1 docent: kan ik het bijvoorbeeld ook gebruiken voor wereldoriëntatie? Voor topografie of zo, en dan ga je erover nadenken, met zijn allen, en dan denk je, nou misschien van wel. Je kan heel ingewikkeld tekenen, maar ja kan ook doodelen op een ipad, en dat zijn hele snelle prints ,het is een soort ja, een 3D versie van een 2D tekening zeg maar, dat gaat heel snel. Je kan kinderen landen laten tekenen en die kan je in elkaar laten zetten, in een middag hard werken heb je een heel europa, heb je bij elkaar geprint. Ja, het is een andere, het is, het is een werk, het is een handvat, weet je, als je dan later gaat nadenken als, dat is de grote vraag altijd, hoe zorg je dat kennis bij bij kinderen beklijft. **Ja.** Nou, dan hoef je alleen maar na te denken, dat is trouwens ook het mooie aan, aan technasium, van, ja, wat heb je geprobeerd? Ja, dat weet ik niet meer, maar, maar daar refereer je ...heb ik dat programma geleerd om dit uit te zoeken weet je, altijd zorgen dat je een soort referentie aan aan leuke dingen die je gedaan hebt en het blijft natuurlijk fascinerend voorlopig om zo'n machine te hebben, dat gaat weg hoor, Niemand staat meer naar een papierprinter te kijken ..die eruit rolt, dat is de normaalste zaak van de wereld. Maar op die manier, als je samen met die docenten gaat kijken ...kom maar op, wiskunde zo , **Ja, dus vanuit binnen vakgebieden zijn er wel , eh, nou, zijn er wel leraren die , wat jij doet, is ze aanzetten tot denken, en eh, wat zou je er binnen jouw vakgebied mee kunnen?** Ja, ehm, daar komen leuke ideeën uit, begrijp ik, en is er ook al sprake geweest van dat mensen met elkaar gaan samenwerken in een 3D printer project? Ja. **Dat zo'n wiskundedocent zegt, ja, maar is dit ook iets dat heel erg met scheikunde te maken heeft, dus we maken een combinatieopdracht of iets dergelijks?** Nou, maar dat is sowieso wel lastig he, ik weet niet of het Murmellius meeluistert, maar ik denk dat het op een school als het Murmellius juist superlastig is, als het bij eh wat toch een vrijere school is met jonge docenten, Vanuit een technasium probeer je dat altijd, want je, je wil, eh, ze moeten ook presenteren. Dus je gaat een theaterdocent erbij vragen of je daarmee kan helpen, een vak als Nederlands ga je erbij vragen om enzovoort enzovoort. En je moet op een goeie manier een telefoongesprek kunnen voeren, als je met opdrachtgevers of potentiële mens...die oplossingen kunnen aandragen ..techniek, vanuit de professionele wereld, ...ik wil effe weten, dus dan , ja dat kunnen wij wel vertellen, maar het is veel krachtiger, en wat je dan verlangt, en en dat is het grote punt. Dat is trouwens ook bij, als je gaat kijken naar verschillende leerlingen wat je altijd wilt, is eigenlijk altijd gepast onderwijs aanbieden. En dat is lastig, want dan vraag ik aan jou, als jij nederlands zou geven, of je geeft natuurkunde, en wij zijn met een project bezig rond, eh, weet ik

veel, alle gedeelten op de noordzee, dat is meer biologie. Dat je dan aan die biologiedocent vraagt, he, kan je daar wat mee? Ja, daar kan ik wel wat mee, want in het boek gaan we dat pas volgend jaar behandelen. Dus dan moet je voor die ene specifieke groep, moet je je methode naar voren schuiven, of naar achteren. Dat maakt het superboeiend, maar ook wel arbeidsintensief en helaas zijn er best wel veel docenten die leven om...Ja, ok. Nou, daar ligt nog een weg te gaan, toch? Nee, ja, absoluut. Helemaal goed, super, heel erg bedankt voor dit interview. Nou ja, ik had de vraag: is het eventueel vakoverstijgend inzetbaar? En zo ja, bij welke vakken zou dat kunnen. Nou ja, de vraag is of een 3D printer natuurlijk ...maar in principe is alles vakoverstijgend. Ja. Bij elke opdracht kan je kan je alles inzetten, ja, zo denk ik er ook over, maar ik kan me voorstellen dat het misschien voor andere docenten die er anders inzitten, moeilijker voor te stellen is. Ja. Een 3D printer, ja je moet er voor zorgen dat een 3D printer niet een soort soort overschatte hype wordt, het is gewoon een kwast, een ding die kan je gebruiken. Het is een medium, ja het is een middel, ja. Super, ja, te gek, dankjewel. Was dat een pleidooi? Eh, ja.

## **BIJLAGE 6b**

ROOD = interviewer  
ZWART= deskundige

### **Interview met Jeroen Mussert van Techniek toppers (opname 14), Alkmaar 16-3-2016 8:20**

Vandaag is het ehm, woensdag, 16 maart, eh ja, 16 maart, en ik heb een interview met Jeroen Mussaert, zeg ik het goed? Mussert, Mussert, ja, van techniek toppers. Ja. En dat zit eh in Heerhugowaard, of in Schoorl? Eh in Schoorl, in Schoorl. O.k. hartstikke goed.

En ik wilde graag wat vragen stellen, ehm, en vraag 1 is welke vaardigheden en software heeft een leerling nodig om een 3D printer te kunnen gebruiken? Ehm, ja, als je kijkt naar de software eh heb je ontwerp software nodig een tekenprogramma en het kan heel simpel door een, hm, dat kan je op verschillende niveaus doen, eh ik heb een heel simpel programmaatje, dat is 3D Doodler, ja, en dat is een soort Wifi box en dan kan je op een I Pad of een laptop kan je met je vinger iets tekenen, dat kan je omzetten naar 3D en dan kan je het printen, dus dat zou je voor de onderbouw heel goed kunnen gebruiken. Onderbouw middelbare school? Onderbouw middelbare school, Ja. En, ehm, eh wat we, je pakt tinkercad, datt is van autocad, het grote autocad en en dat is al iets eh heb je iets meer vaardigheden mee voor nodig, dan kun je ook eh meer dingen mee doen, dan ben je echt met vormen, ben je, eh ja een ontwerp aan' t opbouwen en ehm, ja, dat dat heb je nodig.

En wordt dat als software, zeg maar, bij een ID printer geleverd of is dat gratis...Het is allemaal, zoals wij het doen, het is allemaal free ware, ok. En eh, dus eh, je koopt eigenlijk alleen de printer en eh, het is allemaal open source, dus je kan euh, de software kan je gratis eh gebruiken en ontwerpen zijn te vinden, je kan zelfs je reserveonderdeel kan je zelf printen zoals in stukjes ja, kan je repareren en.... O.k. En eh, wat zijn de mogelijkheden van, nou ja, wat zijn de mogelijkheden en de valkuilen daarvan, wat is er lastig en wat is er handig aan? Eh, Wat ik merk is en dat merk ik als ik het voorbeeld geef van mijn eigen zoon, wij hebben thuis ook een 3D printer uiteraard ja en eh alle mogelijkheden zijn er en eh toch doet ie der dan niks mee, tot wij de les op school zijn gaan starten en toen, ja, dan wordt je heel enthousiast en dan zien we dat hij thuis al mee bezig is en dat hoor je

ook van andere kinderen uit de klas en van de ouders dat ze thuis ook eh met die software bezig zijn Dus ja, je moet het wel stimuleren om het te gebruiken en echt de mogelijkheden inzien en dan pakken ze het wel op. **Ok. OK. hé precies, dus dan als je het niet , ja, inderdaad daar kan ik mij wel iets bij voorstellen . Het gaat niet van zelf die interesse.** Nee, terwijl het wel , het is, ehm als je 'm achter de computer zal zetten dan nemen ze met een half uur hebben zij door hoe het programma werkt en dan ehm, ja dan kunnen ze ermee tekenen , dat gebeurt ook in de les. **Met die 3D Doodler of met die tinker..** Met die 3D Doodler ja kan je het ja gewoon meteen , dat kan een kleuter die kan het meteen doen en met dan tinkercad , ehm, doe maar ehm, binnen een half uur snappen ze het maar je moet ze wel de mogelijkheden kunnen laten zien wat je ermee kan. **In het echt, zeg maar.** In het echt. **Ja, na ja, precies, anders snappen ze het niet hoe je in het echt kan maken.** Ja Dus Ze hebben nog niet het voorzicht dat een eh, een huisje eigenlijk een vierkant is met een driehoek erop. **Ja, dat het 3D is, zeg maar, en dat dit in vormen kan onder verdelen.** Ja, en dat als je der een deurtje in wilt zeten, dat je er nog een vierkantje in zet, als je zo vertelt snapt iedereen dat, ja, maar als ze voor het tekenprogramma zitten dan.. **ik begrijp het** Hei, ik heb een vierkant en ik heb een driehoek wat kan ik daar dan mee. **Ja, Ja, OK, en wat zou je dan, eh, want jij zei, je hebt ervaring mee ook , he, zou je dan dat op scholen , eh, ook, wat zou je dan op school adviseren om daar..** Om echt eh een ontwerp les te doen en dat.. **Op papier of op de computer, of?** Echt op de computer, life, eh, en wij doen dat dan met een 3D , samen met een 3D ontwerp bureau, en die, de Head designers, noemen ze , eh, de Hoofd ontwerper **Ja** die heeft een, die geeft een les voor de klas, ja dan staat er iemand anders dan de juffrouw voor de klas , ze laat zien wat ze allemaal gemaakt heb en ze vertelt de achtergronden van verschillende materialen en dan gaat ze met de kinderen aan de gang. **OK. En dan zie je echt dat dat eh, ja, En dat is gewoon, dan heb je het in het programma, hebben ze het dan allemaal getekend? En loop je ertegen aan, tegen bijvoorbeeld hoeveelheden computers, of dat soort dingen op scholen?** Nee, tegenwoordig , ja de laptop moeten ze wel van uit alle klassen laptops verzameld verzameld worden en privé nog een laptop daarbij en uiteindelijk hadden we d'r genoeg .Voor ieder 1? Voor ieder, nee, we hadden groepjes van twee. **OK. Ja. Dat is ook fijn om te werken.** Ja dan hebben ze wat houvast aan elkaar eh, kunnen ze zich aan elkaar optrekken, ja, dus dat eh.. **dat werkte goed.** Dat werkte goed.

**OK, super . Eh, wat zijn, nou ja, dat heb je eigenlijk al een beetje verteld in gebruik , je ervaring met het gebruik van een 3D printer maar in het voorgezet onderwijs , heb je daar ervaring mee?** Nee. Ik heb geen ervaring mee. **OK.** Maar ik kan mij voorstellen dat ze daar, ehm, dat je daar de opdrachten, dat je hele uitdagende opdrachten kan maken voor om problemen op te lossen en ehm, ja, dat die kinderen of de leerlingen daar nog meer geprikkeld worden om hun eigen ideeën te maken . Kijk op basis onderwijs ben je al blij als ze snappen het 3D inzicht krijgen en eh hele mooie dingen tekenen maar echt naar oplossingen toe werken , ja dat is net effe over de grens. **En kan je daar wat bij verzinnen? Want misschien heb je er zelf.....**Nou, je kan bijvoorbeeld zeggen van nou, ik heb twee blokken hout, met nog een plankje met een afstand daartussen , en nee, er moet een brug daartussen maken waar een kopje koffie op kan schuiven of een kopje water op kan schuiven. **Ja.** Nou dan zal je zien dat iedereen zo een platte plank gaan printen en zet ze erop en dan eh stort die in en dan later gaan ze door hebben van eh, hey, ik moet spanten maken en eh dwars verbanden. **Ja, ok, ja.** Zo bedoel ik. **Ja, ja, precies, ik snap het .** ..en dan is die brug, die zou je, die kan je prima doen in 't basis onderwijs en, eh, alleen voor het voorgezet onderwijs kan je dan nog , eh, ja nog een.. **stapje verder..** hij kan open of verzinnen ze een andere manier dat de brug kan werken. **Ja, ja, OK, ja, te gek.**

**Ehm nou, je hebt al een mooi voorbeeld gegeven van eh, van een les zoals die eruit zou kunnen zien , ehm, heb je ervaring met succesvolle of minder succesvolle lesopzetten met 't eh , met een 3D printer?** Nee, tot nu toe zijn ze allemaal succesvol . **Ja.** Dat is ook omdat het, het is zo nieuw , althans, het is niet nieuw.. **maar in het onderwijs?** ... in het onderwijs het is wel nieuw en voor de gewone mens, zeg ik maar eventjes, is het nieuw, ja, want die, die ontwerper die vertelde iets... (mompel, mompel ) **Ja, ja, nee?**...dat voor blinde mensen maken ze al tien jaar lang 3D prints van eh, van echo's

van baby's. **Echt waar?** Want die kunnen het niet zien, **nee**, dus die 3D prints, die echo die eh, **geweldig**, eh zetten ze in het programma, printen ze uit en dan kunnen ze voelen hoe een kindje daar zit. **Ja, oh wat geweldig**. Dus het bestaat al, **heel lang dus**, best al heel... lang.....alleen nu pas is het betaalbaar en, **ja**, kan...ja... door dat het betaalbaarder is, eh ... er kan meer mogelijkheden. **Ja. Ja wat grappig**.

En, eh, en zijn er bepaalde dingen waarv....want heb jij al verschillende dingen uitgeprobeerd met die les opzetten of niet? Ja hoor, ja.. ehm, eh... **Want ik wil natuurlijk ook leren van je ervaring, zeg maar, in die zin van wat nou succesvol zou zijn, ook, weet je wel, wat in het basis onderwijs geldt zou ook in het voorgezet onderwijs handig kunnen zijn**. Ja, maar de grootste les is dat je moet vertrouwen op de eh de kinderen en dat je ze...je hoeft ze alleen maar eh te motiveren om het te doen en dan gaat het vanzelf. **En de docent moet heel veel weten van.. he**, absoluut niet! **HAHAHA** De docent is .... **HAHAHA** Dat is het leuke, die kinderen hebben het echt zo snel door, **ja**, en eh wat je ook ziet is dat eh, de kinderen die eh ja normaal wat drukker zijn in de klas of die slecht in rekenen of taal zijn ehm, ja, dat die in zo'n programma, ja, juist heel erg, eh, der uit komen. Ja, **Geweldig**. Bijvoorbeeld, als een jongen die, ehm, ja, een lastige leerling, Ja, laat ik het zo maar zeggen, en die had in 10 minuten een heel kasteel gebouwd in het programma en hij heb er nog nooit aangezet. **Nee, geweldig**.

Ja! En dat is ook het gevaar want je ziet ook heel vaak dat dit soort programma's als plus in plus klassen worden aangeboden, dus kinderen die eh boven de rest uitstijgen, maar ik ben van mening, of thans wij zijn van mening dat, eh, ja, je niet hoeft perse heel goed in wiskunde te zijn of in eh, of in taal om goed, eh, te kunnen ontwerpen. **Nee**. Om creatief te zijn. Eh, ik denk dat het zelfs vaak, eh, misschien wel anders om is, dat de mensen die eh, wat slechter zijn in taal dat die heel goed in techniek zijn en dat ben ik zelf ook een eh, haha, heel goed voorbeeld van ... **Vaak, ja, dat is vaak wel zo. Nou ja het is allemaal net hoe de hersenen met elkaar samen werken, natuurlijk**. Ja. Nou ja, dat is echt wat je een beetje ziet omdat bij mij geldt dat in bij en dat zie ik op mijn werk ook als ik soms, eh, collega's zie schrijven van, dan ik denk, ja, gelukkig ben je goed in techniek, haha. **HAHAHA Ja dat is dadelijk techniek, ja. En...maar creativiteit, creativiteit is toch weer iets anders**. Ja! **Denk ik**. Ja. **Dat kan volgens mij**. Ja.. **op alle vlakken** Ja! **Dat is een manier van denken** Ja! **meer**. Ja, maar zoals nu, zoals het bij bepaalde scholen gepresenteerd wordt, is dat, ja, je mag alleen aan de 3D printer zitten als je in een plus klas zit.. **Ah, ja .. en, eh, ja, dan mis dus je gewoon een hele boel. Ja. dat is zonde, ja, zeker. Eh, te gek!**

Eh, Denk je dat de 3Dprinter inhoudelijk vakoverstijgend inzetbaar is? Wat bedoel je met eh..... **Zeg maar, nou ja, op een basis school, omdat je daar natuurlijk meer ervaring hebt, gebeurt dat natuurlijk al want er zit 1 docent voor de klas en die geeft alle vakken, dus daar heb je eigenlijk al vaak zeker als het aan een thema gekoppeld is vaker overstijging, maar op een middelbare school heb je natuurkunde en scheikunde en wiskunde en Nederlands en, eh, eh, gym. HEHEHE! HH! enne.. he, techniek, dus, zou, is de 3D printer inhoudelijk, een middel waarmee je, eh, ja, vak overstijgend zou kunnen werken, dus, eh gezamenlijke projecten of eh dingen aan elkaar kunnen koppelen mm...** ja, ik denk het wel, maar, wat we, de 3D printer op zich, dat is gewoon een dom apparaat **Ja** dat iets print of erin stopt. **Ja**. Dus, eh, nou ja, als je een gewone printer neemt, ja, je moet eerst een tekening maken van iets voor dat je het op een papiertje krijgt dus.. **Ja...de 3D printer is, het is eigenlijk, ja, hij wordt verheven naar de hoofdzaak maar eigenlijk is het bijzaak want het gaat erom voor wat er mee creëert..ja.. en wat je der in stopt..ja.. en als je kijkt naar basisschool vakoverstijging dan heb je, mmm, Engels zit erin, dus we houden bewust alles Engels, Engels eh.. **OK** daar in kunnen besteden, en dat is ook gedaan omdat er te weinig tijd is eigenlijk om ruimte te maken voor techniek, dus als je dan bepaalde vakken daar in combineert dan eh.. **Ja, eh, zie jij, welke vakken zie je raakvlakken mee, Engels?** Nou ja Engels, en eh tekenen, handvaardigheid, eh.. **Ja**, uiteraard, **Ja**, En ehm, hoe heet 't, hmm, het ruimtelijk inzicht, al van dat soort, die echt op de basis school nog als apart, ja, vak is niet het goede woord, maar apart blok krijgt. **Ja, OK. Nou, super**. Ja, voor het voorgezet onderwijs geldt, denk ik, een beetje hetzelfde. Je zou hele mooi, en met mechanica kan je natuurlijk hele mooie**

dingen bedenken en eh dat ontwerpen en eh printen. Ja, te gek. Ja, op een technische school, en dan , ja, Op een technische school. Ja, ja, dat is natuurlijk ook wel heel leuk. Ja, ik zit heel erg.. Ja, nee graag (mompel) Ja nee, dat begrijp ik , (mompel) maar dat is heel goed want dat is mijn achtergrond niet, dus dat is alleen maar heel fijn. Ja, nee, super. OK . Ja, dat was het al weer . Hartstikke bedankt. Haha. HEHEHEHE! het viel mee!

## **BIJLAGE 6c**

ROOD = interviewer

ZWART= deskundige

### **Interview met Remco Liefing van 3D Kanjers (opname 15), Laren 16-3-2016 12:15**

Dit is een interview op 16 maart met Remco Liefing van 3D Kanjers. En ehm ik wil heel graag een paar vragen stellen, Kom maar op, we hebben net al een beetje zitten kletsen, ehm,

**Welke vaardigheden en software heeft een leerling nodig om een 3D printer te kunnen gebruiken?**

Ja, kijk, vaardigheden, en software. Nou laten we eerst eventjes naar de harde kant gaan. Eh, dus de software achtige dingen. Je moet je voorstellen dat elke maand wel nieuwe software programma's uitkomen, en dat alle grote firma's zoals autodesk, die bijvoorbeeld ook autocad maakt, weet je wel, ...al die leveranciers maken nu ook allemaal software en programmaatjes, er zijn heel veel kick starters bedoeld voor de doelgroep van 16 jaar en jonger, die allemaal gratis zijn, allemaal open source zijn, heel goedkoop verdienenmodeltje daarachter zit, he, dus voor elke leeftijd is er wel wat. Van de doodle 3d, dat je met je vinger kan tekenen, Ja, eh tot en met eh, sketchup make, ja, van die al op scholen gebruikt wordt, en daartussen zit een hele range van ...de meest bekende daarin is tinkercad. He, dat is algemeen bekend, eh dat is webbased, gratis account aanmaken, zit een hele community achter, ..objecten en dat werkt ..eigenlijk door het combineren van geometrische vormen dus dat is een hele goeie vervolg op ..en werkt als een blokkendoos. Ja. Een huis is een kubus en een driehoek. En in tinkercad is dat...dus dat is kinderen bekend. En het schuiven van dingetjes dat kennen ze allemaal vooral van mindcraft, dus dat is heel toegankelijk, en daar kun je modellen in maken die heel makkelijk te printen zijn. Dus dat is als het gaat over , nou dan heb je ook wel vaardigheden voor nodig. Eh, wat wij zien, dan kom ik misschien wel op andere vragen, wat zie je allemaal gebeuren in het VO. We zien aanbieders die komen met 80 pagina's tinkercad. O. Als lesplan noemen ze dat dan, he, noemen ze zelf als leerlijn. Dus stel voor dat ik mijn dochter 80 pagina's minecraft zou geven, dat moet je niet doen, he. Je moet een omgeving creëren waar je zegt, he, hier heb je een ipad, wil je minecraft hebben, nou ja, dan download ik dat voor je, veel plezier. Ja. Pap, hoe werkt het, geen idee, ja, vraag maar aan je vriendinnetje. Ja. Het eerste loombandje zag er ook niet uit, zeg ik altijd, en dan kijken ze 3 videofilmjes met een vriendinnetje, en dan wat je na een week ziet, , hoe doen ze dat. Ja. Zo leren kinderen, als het gaat over zulk soort dingen. He. Ja. Dat gaat niet als met Nederlandse taal of iets dergelijks. Trial and error, ja, nee, zo is dat. Eh, dat eh, moet je gewoon aanbieden maar wel ...zeggen, dan moet je achter de computer zitten dan gaan we het gewoon maken, of iets dergelijks, je brengt daar een focus in aan en dan duiken wij erop. En wat voor vaardigheden heb je nodig, je hebt een aantal vaardigheden nodig. Je moet dus iets willen ontwerpen, iets willen maken, en dat kun je dan via een digitale weg doen. Maar voordat je digitaal gaat beginnen denk ik ook bij mezelf je kan ook nog heel veel in de analoge wereld doen, iets met 3D lekker in klei maken of in karton bij wijze van spreken. Maar dat 3D printen is, ehm, ja, toch net iets anders dan een hamer, ja, of als een schaar. Anders had ik wel een hamer of een schaar gebruikt, dus



een 3D printer doet iets speciaals. De grootste valkuil is wat bij scholen is, dat ze dingen die ze nu al deden, gaan vervangen door een 3D printer, he. We gaan een stad bouwen met allemaal huizen, en iedereen gaat een huis ontwerpen en die huizen gaan we uitprinten. En dan vraag ik me echt oprecht af waarom doen we dat niet in klei? Maar we willen een brug maken die open kan, omdat daar een boot onderdoor moet, en we willen eigenlijk wel een brug hebben met een scharnier, scharnieren moeten mee-ontworpen worden en uitgeprint worden, want de 3D printer kan ook functionaliteit meeprinten. Dan wordt het allemaal een grotere uitdaging. En dan heeft de printer zijn rol. En ik eh, ligt eraan over wat voor niveau je praat, maar zeker VO, moeten kinderen geproefd hebben dat je een hamer hebt, dat je een zaag hebt, dat je een lijmpistool hebt, en dat je een 3D printer hebt. En alles heeft natuurlijk zijn eigen karakteristieken waarmee je iets kan maken, en ze hoeven geen specialist daarin te worden, ze moeten wel snappen dat een 3D printer net iets anders kan eh, en eigenlijk heel veel dingen kan maken, wat jij bedacht hebt. **Ja**. En dan kan je dus ook met minder vaardigheden doen. Als ik een heel mooi beeldje wil maken, moet ik heel veel vaardigheid hebben in hout, bijvoorbeeld. Maar ik kan nu als kindje van 8 bijvoorbeeld wel degelijk met een 3D programmaatje een mooi ontwerpje maken, en de printer gaat het uitprinten. In hout lukt het me niet. **Nee, nee**, ik moet een paar jaar door gaan leren, **ja**, en dergelijke, dat gun ik haar ook, maar met de 3D printer kan ze het wel. **Ja**. En wat je daarmee doet, is dat je eigenlijk de creativiteit gedachte niet alleen maar laat eindigen in een computerscherm of op een stukje papier, maar dat je het wel degelijk, laten we zeggen, aan het doorontwikkelen bent en met de 3D printer in het leven zet, dus je hebt een object, fysiek, die je vast kunt houden. Zodra je iets kan vasthouden, kan ruiken en kan proeven, krijg je neurologisch gezien een heel ander leereffect dan als op papier. Op papier werkt alles. Als je tekent op papier, tot je het gaat zagen, dan denk je: ja, de dikte van het kastje vergeten mee te nemen, en dan past het deurtje niet. **Nee**. Moet ik een stukje van afhaken. **Ja**. En dat leren, dus iets in het fysieke brengen, he, de 3D printer heeft daar een rol bij. Dus een 3D printer is ook een soort eh, in andere woorden, hoe noem je dat, een toverlantaarn. Het trekt mensen aan, mensen gaan vragen stellen, wat kan je ermee? Wat kan je in de toekomst ermee? Ehm, en het trekt aan. Die energie betekent dat je hoofd ook gelijk op leren gaat. Je kan een strijkbout neerzetten, daar gaan die kinderen niet voor lopen. En voor een 3D printer wel, dat is een Bart Smit. **Behalve als ze het mogen slopen**. Ja, behalve als ze het mogen slopen, dat vinden ze leuk. Dus het is ook een soort, eh, trekker om de diepte in te gaan, he, **ja**, het motiveert ...om al je fouten zien, stel dat je het in de winkel zou hebben, stel dat je dat thuis zou hebben, wat zou je dan gaan doen, wat zou je dan zelf gaan maken? He, we komen er niet op, omdat we allemaal opgevoed zijn, net als onze ouders als consument. **Ja**. He, en we willen ze als maker erin hebben. Dus die vragen zijn relevant. **Ja**. En daar ligt de rol voor de leerkracht en voor 3D kanjers om het zo neer te zetten om die kinderen weer te inspireren en te motiveren, te stimuleren, het leuk te hebben, en ondertussen ben je tegelijk bezig met een stukje techniek, en er zijn nog veel meer andere dingen die je kan doen. Maar bijvoorbeeld in het basisonderwijs met een power 3D printer, pietje ontdekt wat een schroevendraaier is. En sommigen weten dat niet, ...ontdekt het begrip vast is vast, dat kennen ze niet, en Jantje, de zoon van de ijzerboer, die we afgeschreven hebben of hadden, onbewust, ..bij cito laag scoort, die laat opeens een project zien, dat ie de baas is. Eh dat ie precies weet hoe dat werkt. **Ja**. En hoe komt het, omdat ie natuurlijk bij de sloop van zijn vader als vier keer een motor in en uit elkaar gedraaid heeft samen met zijn broer. En dat laat zien dat er ook nog andere kwaliteiten zijn die we nodig hebben in het leven. Daar krijgt ie respect door, hij kan het laten zien, en ondertussen is nog stiekem bezig met taal, want om een printer te bouwen, moet je Engels kunnen, om uit een website te kunnen tekenen, ben je met Engels bezig. Hij moet samenwerken, hij moet rekenen, goeie dingetjes pakken, ondertussen is ie met de goeie dingetjes bezig. **Ja**. Dat is eh, hoe ik het voor ogen heb. **Ja, ja.top**. Met name in het basisonderwijs en voortgezet onderwijs ...**ja**. Oftewel het proces is daarbij is belangrijk, misschien nog wel belangrijker als het uiteindelijke printje dan de printer maakt. **Ja, dat is het eindresultaat natuurlijk**. Als het alleen maar over het resultaat gaat, moet je het lekker gaan kopen bij de Action. **Ja, ligt eraan wat je, gniffel, ja zeker**. Het is een proces, de fun moet in het proces zitten, en dat kinderen ook weer leren ontdekken. Net zoals bij veel kinderen er ook plezier kan zitten in het schrijven van een verhaal. **Ja, ja, he, dus dat zijn de mogelijkheden inderdaad. Dat je**

leerlingen die anders misschien anders aan bod komen, nu de mogelijkheid bied ...te leren, te laten zien en het proces eh in te gaan. Welke vaardigheden heb je dan nodig, he, dat was eigenlijk de vraag, ontwerpen. Nou ja, goed, dan kun je ontwerpen en er zijn nog heel veel leerkrachten die dan van mening zijn dat zij op die projecten/printer moeten gaan zitten. En eh ook verstand van moeten hebben, dat hoeft allemaal niet. En wij zijn helemaal van mening dat je zegt, de beste leerkrachten zijn eigenlijk de leerkrachten die niet weten hoe dat ding werkt, kinderen wel, dus die hebben een proces gemaakt waarbij de kinderen niet alleen kunnen ontwerpen, maar ook kunnen slicen. Dus dan dan kunnen klein maken op een 3D printer, hoe ze een printer kunnen callibreren, oftewel, zoals wij zeggen, we willen gewoon weer Zundapp rijders hebben, ja, die ook gewoon een bougie kunnen vervangen, en dat ze weten dat als ie verstopt is, dat ze een slangetje door moeten spuiten. En nou ja, dan heb je er altijd nog een paar ertussen zitten, die ook een kop willen afvlakken, want ze willen opvoeren, nou dat is helemaal gaaf. Ha, ja. En, nou, die mentaliteit wil je erin hebben. Ja. En dan hoort dat er ook bij. Dus dan is het niet alleen maar ontwerpen en een documentje, de leerkracht die print het uit. Wij zien kinderen, ook in het voortgezet onderwijs, maar ook in het primair onderwijs, die thuis het hele huis hebben nagetekend, een eigen huis ervan hebben gemaakt, met een printje op school komen, die een printer bedienen, dan is die verstopt, dan maken ze m weer goed, draaien de schroefjes aan, hebben m zelf gebouwd, en ze maken een printje. Precies. Is dat voor iedereen weggelegd? Nee, maar dat vind ik, die vaardigheden, daar moet je op, hoe zeg je dat, op acteren. Ja. Die moet je proberen te ontdekken en aan te bieden. Sommigen komen niet zo ver, is het ontwerpen alleen maar prima natuurlijk, niet iedereen hoeft dat te kunnen, nee, daar gaat het ook helemaal niet om. Maar je moet m eigenlijk alleen maar open leggen. Eigenlijk net zoals type les. Je leert iemand typen en daarna, joh, hier is de type machine, veel type plezier. Ja, precies, succes ermee. Ja. En wat zijn de valkuilen waar je tegenaan zou lopen, denk je? ...ben je misschien ook al tegenaan gelopen. Van het gebruik van zo'n 3D printer, wat zijn de problemen daarmee. de vaardigheden....d.d.d de valkuil zit m nooit in de leerling, maar altijd in de leerkracht. O.k. als je kinderen laat gaan, komt het allemaal wel goed. En de een heeft er veel interesse in, en de andere niet, laat ze maar lekker gaan. Het is de leerkracht die het te gedoceed wil doen, eh, ehm die niet de knop heeft omgezet dat een boek net zo belangrijk is als een tafel. De weg naar een boek, daar hebben we alles op geënt, ja, maar de weg in een tafel maken daar doen we niks voor en ik hecht net zoveel waarde aan een tafel als aan een boek. Want in een tafel zit ook een mooi verhaal. Ja. Eh, dus als ie dat al niet ziet, dan zal ie dat allemaal via methodes en stap voor stap willen aanbieden. leerkrachten die dat wel inzien eh en minder wat met methodes hebben, die weten wel degelijk de boel open te gooien en dan heb je dan, he, eh, ik kom op een latere vraag van je, als we het over leeftijden hebben, dan zal je vaak denken, dat ...jongere leerlingen ..dat ze al midden in de 21st century zitten, ..en wij in de praktijk zien dat vooral de oudere leerkrachten is dit helemaal op hun lijf geschreven. Want die zijn niet opgevoed met methodes, die hebben later wel methodes moeten doen, he, er zijn ook leerkrachten die niet via methodes werken, en die zien het opeens als een vrijheid, en dat is in ieder geval hoe wij het aanbieden bij 3D kanjers. Het is allemaal openheid...experimenteren en ontdekken, en dat deden ze vroeger ook, vanuit hun vak. Ja. En die voelen opeens de openheid erin. Dus we zien leerkrachten die leerlingen niet verder weten te brengen dan naambordjes maken en dingetjes downloaden en we zien leerkrachten, ja, heeft dat met vaardigheden te maken? Ja, dat heeft gewoon met mind set te maken, daar begint het gewoon mee, die die kinderen helemaal wild kunnen laten gaan. Ja. En dan is het niet van vrijdagochtend van 9:00 tot 12:00 3d printen, dus je moet overal op alle manieren een kans, om Jantje, Marietje, Pietje, te betrekken bij een bepaald onderwerp en ze interesse in hebben, Dus eigenlijk gebruik je, zie jij ook, tenminste zoals ik, want dat wou ik zeggen he, dat is eigenlijk pas een veel latere vraag, maar dat gaat inderdaad in het vakoverstijgend inzetten van een 3D printer, dan, dat is eigenlijk waar je het nu over hebt. Het grappige is dan kijk je niet naar...ik moet heel vaak uitleggen over de 3d printer, en waarom dan nou iets zou kunnen zijn. Ja. Stel nou dat we het woord niet 3D printer zouden gebruiken, maar alleen het woord printer. Precies, dat wou ik eigenlijk net al vragen. Ja. Ja, die heeft iedereen al thuis. Ja, heel veel.....dus dan gaan al die leraren je aankijken, wat moet je nou met een printer? Daar kun je alles mee, daar kun je dingetjes mee uitprinten, wat getyped is, of een tekening gemaakt, daar kun je in geschiedenis wat mee doen, natuurkunde, ze

moeten een verslag maken, dan weet je het opeens wel. Dus alleen het woordje 3D, het feit dat je in plaats van letters dus een object gaat maken, eh verandert opeens de hele wereld. **Ja**. Dat is dus heel raar. **Eigenlijk wel**. Want in elk vak heb je te maken met dingen. Ja. Bij natuurkunde of hoe heet het, scheikunde wil je het over moleculen en dan kopen we hele dure moleculen bij een bedrijf, je kan ook zelf moleculen maken, je kan wiskundige formules in 3D neerzetten, je kan objecten uit de geschiedenis, je kan dingen simuleren, je kan objecten maken, dat hoeft niet met de 3Dprinter, kan ook met klei. **Natuurlijk**. Ja, maar er zijn al veel objecten gemaakt die je erbij kunnen helpen, ...als je zegt, hoe zit een hart in elkaar, kijk een hart kun je kopen bij een bedrijf, tachtig euro, je kunt het ook downloaden en printen. Een hart dat daadwerkelijk gescand is in een ziekenhuis, voor drie euro, he, dan zie je daadwerkelijk dat er allemaal frummeltjes inzitten, **ja**. En dat hoort erin. **Ja**. Maar dat weet je niet, omdat je nog nooit een hart opengemaakt hebt. **Nee**. Dus. **Ja**. Het is een mindset. En ook als als een leerling ergens een spreekbeurt over geeft, over windenergie, eh ik zeg maar wat, dan kun je vier plaatjes laten zien van molenwieken, maar je kan ook eens een keertje een paar van die wieken ontwerpen of downloaden uit printen, laten zien waarom het een wel werkt en het ander niet werkt, door de föhn erop te zetten. He, dus ja, dat kun je ook met hout doen, en de 3D printer gaat dat makkelijker en sneller, je moet wat gemodificeerder werken, dus, vakoverstijgend is voor mij eigenlijk helemaal geen issue. Omdat ik gewoon zie, omdat ik beelden net zo belangrijk vind als woorden. **Ja**. Ja, veel zit je dan niet, en daardoor krijg je ook bewijslast om uit te leggen dat een 3D printer toevallig objecten maakt, in plaats van platte dingen, om het opeens een toegevoegde waarde heeft. Dat is natuurlijk heel raar. **Ja, eigenlijk wel ja**. Stiltstaat. Dus ja, daar heb je dan wel een rol in, ook al doen wij dat bij 3D kanjers . wij nemen die rol niet zo op, dat wij les moeten ...plannen gaan maken, eh over 3D printen in een bepaald vak of zo....lesideeen neer, we stimuleren enna te denken. Als je die begrijpt/ begraaft, kom je opeens op gedrag terecht en zo. **Ja**. Hele andere elementen en tijd. Waarom er iets niet mee gaat gebeuren. **Ja. Ja, want** het raakt mindset. **Ja precies. Want zijn er dingen waar je** en ze gooien het op vaardigheid, maar dat is het niet. **Nee, precies, nee, het is een manier van denken natuurlijk, maar de ehm , want je zegt, ik gooi lesideeen op tafel als ik naar een school ga, ehm, en laat je de leerkracht daar verder, ehm, laat je...plan maken of zeg je, jongens, hier, alsjeblieft**. Nee, kijk, het is verschillend hoor, kijk daarom hebben wij destijds ook gekozen om met een zelfbouwproject aan de slag te gaan, in plaats van met vaste printers, **ja**, omdat, en we noemen dat ook de 3Dkanjers experience, omdat het gaat over een reis. **Ja**, en die reis gaat de leerlingen leren wat de leerkrachten leren. Eh,...jij wil graag een boek schrijven maar je zal toch eerst moeten beginnen met eh, leertjes, en woordjes, en zinnetsjes en alinea's en spelling, **ja**, voordat je aan een boek toe komt. En ze denken allemaal dat ze al door die leercurve heen gegaan zijn rondom maken en de 3D printer, want dat heeft ook een opbouw nodig. **Ja. Tuurlijk**. Dus door lekker bij het begin te beginnen ..in te bouwen, gaat de leerkracht zien dat het helemaal ..en dat de 3D printer gaat om de beleving eromheen en ..leren. en dan zie je bij heel veel leerkrachten dat al die interesse ontstaat door van wat kan je er eigenlijk mee? En kinderen gaan ontdekken dat je opeens iets kan downloaden, en allerlei verschillende dingen zitten..en leerkrachten gaan dat ook zien. En gaan denken, o, leuk voor geschiedenis, o, leuk voor aardrijkskunde, dus die groeien erin mee. **Ja**. Breng je koud een 3D printer in, dan gaat iedereen gelijk vragen: maar wat kan ik er morgen mee doen? **Ja**. En die hebben dus die reis niet meegemaakt, dus die kunnen alleen maar leunen, dus dan moet je heel snel een workshop gaan geven om op een bepaald kennisniveau te komen, **ja**, maar je hebt niks aan die emotie gedaan. **Nee**. Je hebt ze de vaardigheid geleerd dat ze op een knop kunnen drukken, maar niet de groei meegemaakt van stap voor stap rond maken, en beelden en wat, **ja**, en al wat er in die wereld gebeurt. **Nee, precies**. He, ik heb nu ook eh, een VO school die vraagt van willen jullie dat doen, en dan vragen ze verschillende offertes op. Enne, iedereen doet het met een workshop. Ik zeg, waarom doen jullie niet vier workshops over een jaar heen? **ja**. We bouwen het op, we gaan met elkaar een reis in, en in die reis zul je ontdekken eh nou Piet, die heeft er niks mee, maar die heeft nooit wat ergens mee. Dan hebben we het over gedrag. **Ja**. en Jan ontdekt, eh, van Marie, oh, doe jij dat, oh, dat had ik ook kunnen doen. Dus dat dialoog moet je zien te creëren. **Ja, ja. en heb je dan...** En daarin, maar ja, als je niet vakoverschrijdend gewend bent, **nee precies**, dan zal de 3D printer dat ook niet doen. **Nee, precies, maar draag jij dan ideeën aan? Of eh, of hoe doen jullie dat vanuit** . We

hebben allemaal ideeën liggen, en inspiratiekaarten. We brengen ook al onze leden, we hebben iets van 450 mensen in onze community zitten, basis- en voortgezet onderwijs. Daar zit niet veel verschil tussen, hoor. **Nee, dat denk ik ook.** Nee. Zo min mogelijk ook...in het voortgezet onderwijs, een waterraket is leuk voor het basisonderwijs, maar ook voor voortgezet onderwijs. **Ja, ik heb die ervaring als beeldend docent ook hoor.** Alleen, waterraket, als je wat verder bent in het voortgezet onderwijs, dan doe je er ook nog een raspberry pie in en ...in de lucht. **Ja.** dat idee. He, dus dat breng je erin. **Ok.** Eh en dan zal je zien dat ze gewoon gaan ontdekken. **Je komt met een idee en je zegt van ok, en eh overleg je dat met de leerkracht van tevoren? Nou, dit, hier, we kunnen dat doen of we kunnen dat doen.** We hebben allemaal lesmateriaal dus dat kunnen ze allemaal gebruiken, ze kunnen dat doorlezen, we brengen dus groepen bij elkaar in onze community. En dan horen ze hoe een VMBO groen dat doet, en bij een Technasium doen ze dat, **Ja precies,** zo zien ze dan hoe hun collega's doen en zo proberen we zeker ook te appelleren op het gedragsniveau, **ja, heel goed,** he, maar het is niet mijn missie om mensen daarin te veranderen maar ik snap wel dat het een weg is, **ja,** eh, maar niet alleen maar dus via leermiddelen, want als ik het alleen maar via leermiddelen zou moeten doen, dan betekent dat dus dat je gaat eindigen op 100 pagina's 3D printen. Nou, dat is de printer niet waard. **Nee.** Want je kan het in 4 pagina's uitleggen. **Ja, maar krijg je al dat de docenten zeggen van nou, ik wil na volgend jaar, ja, ik zeg maar, want jullie hebben een start gemaakt op een school. Ja. en volgend jaar, de school heeft die 3D printer nu, ..aangeboden, nieuw jaar. Ja. Dan gaan ze het zelf oppakken? Met eigen ideeën of?** Ja, vaak wel, maar wat je ook vaak ziet, je krijgt ook weer nieuwe kinderen op school, dus het is net zoals met type les. **Ja.** zo was het op de mavo bij mij vroeger, het eerste jaar, vooral het eerste half jaar, kregen we type les. **Ja, ik heb het ook nog gehad.** Want de andere 3,5 jaar heb je daar heel veel plezier van. **Ja, is heel handig ja.** Dus wat zie je scholen doen, dus in beginsel wat energie erin stoppen, om die kinderen op een bepaald niveau te brengen, dus als ze zometeen in het tweede jaar een leuk project hebben, dat ze weten hoe dat ding werkt. **O.k. top, dus jullie worden dan ook weer gewoon opnieuw gevraagd met een project, nou super.** ...dat is onze missie, eh, we krijgen nu al de mooiste complimenten van VO scholen, ja maar als ze dit al op basisscholen doen, wat moeten wij dan doen. **Ja precies, haha,** nou harder aan de bak, want we hebben nu al in regio's, he, zoals in Drenthe, daar zitten we op ongeveer 40% van de basisscholen, **ok, wat goed** waar zo'n project draait, ehm, maar daar zit ook heel veel voortgezet onderwijs daarin mee. We hebben nu al in de open dagen van het voortgezet onderwijs, nou ja, die praten over een 3D printer als zijnde een 2D printer of een lijmpistool. **Ja, wat goed.** Dat is voor hun niet meer bijzonder, maar het is een stuk gereedschap geworden. **Ja.** Als ze dus in projecten, of het nou kunst of techniek is, dat ding kunnen inzetten omdat ze weten wat de mogelijkheden zijn..

**Zijn er ook andere vakken waar je de 3D printer hebt, waar jullie m op inzetten of waar leerkrachten m op hebben ingezet?** Nou ja, de meeste scholen ...basisonderwijs, he. Dus eh, dan zie je het nog een beetje projectmatig, een ballonwagen maken of eh we gaan ondernemen, **ja,** en dan wordt het als productiemiddel, eh, dus dat is meer projectmatig. En in het voortgezet onderwijs mja, eigenlijk ook wel, en het ligt natuurlijk het dichtst bij de techniek, he, hier ook. **Ja,** dus het zijn vooral de techneuten die zeggen, nou 3D printen? Nou, vind ik helemaal niet zo erg. Ook komen we bij VO scholen, daar worden bijvoorbeeld twee...aangeschaft, eentje voor techniek en eentje voor kunst. **Ja.** om even voor hun gevoel de uitersten te pakken. **Wat grappig, he,** En dat is prima, he, dat zien ze als twee uitersten. **Ja.** Omdat daar ook andere mensen werken met een andere achtergrond en eh met andere vragen, dus ze denken, als het bij kunst lukt, lukt het zo direct ook wel bij andere vakken. En ik vind het wel grappig, want in de, in de dagelijkse praktijk zien we de 3D printer, wat jij al zei, kunst en de 3D printer horen bij elkaar. **Ja.** Ga maar naar het Groninger museum, kijk naar de producten van Jos van Tubbergen. **Tuurlijk.** He, daar komt kunst en techniek heel dicht bij elkaar. **Ja,** dus dat is wel heel grappig. **Ja. heel grappig.** Iedereen verdient ...**ja, natuurlijk, maar daarom vind ik het ook wel interessant, en dat is ook wat ik hier aan het onderzoeken ben, is of het op meer gebieden eh, kijk het is net als de 2D printer, die wordt in elk vak gebruikt.** Ja. Omdat ze vooral plat, of tekst moeten uitprinten of, kennisoverdracht, **ja.** Dus overall waar eigenlijk kennis overgedragen kan worden, kan een 3D printer een rol hebben. **Ja, dat denk ik ook, maar inderdaad.** Dat kennen ze niet alleen maar

op papier, maar ook fysiek. **Ja , precies.** Dus ik wil jou uitleggen hoe eh, ik zeg maar wat, hoe op bepaalde, ja, het is niet mijn vak, he, maar, ...lopen, weet ik wat allemaal, dat kun je natuurlijk via beeld doen. **Ja.** Dat is ook een overdracht, dat soort dingen lenen er meer voor, **ja,** hoe ziet een hart ervanbinnen uit, of een lever? **Ja, ja.** Of, eh, weet ik veel , een gebit, een kies. **Het wordt ook al gebruikt in sectoren.** Ja, of eh, ja, we weten dat Nederland plat is, maar ..toch het hoogste punt, dus hoe zitten die hoogteverschillen?

En zie je dat al wel terug? Ehm , zie je dat al gebeuren in het onderwijs? Nee, maar de 3d printer bestaat 6 jaar, bestaat 30 jaar, maar, wat wij kennen 6 jaar, Het is ook het begin van de reis. Nee leuk. Er zijn allemaal wat mensen die dingetjes af...en dat je kan downloaden om een bijdrage te leveren aan het onderwijs. **Ja. nou, ok, super,** Dus ja, de wereld is daarmee bezig, bij wijze van spreken. Nou, ik vind dat downloaden an sich, nou ja, dan kan het verrijkend zijn he, dat je les materiaal kan binnenhalen, waar je eer st helemaal geen toegang toe toe had, maar ik vind het MAAKaspect natuurlijk veel leuker. En als je puur naar maken gaat kijken, ja dan zijn er wat minder vakken, maar ja, ik zeg maar wat, eh ik zie mensen dat in die hoek doen hoor. ...maar als je thuis bent in bijvoorbeeld in wiskunde kan je bepaalde modellen wel degelijk visualiseren.. want alles wat te visualiseren valt, valt ook uit te printen. Het feit dat je het uitprint, weet ik niet of dat waarde heeft in het leerproces. Dat kan een leerkracht veel meer beoordelen dan ik. Dus in principe kun je het overal gebruiken, heeft het ook een leerwaarde, dat weet ik niet. **Nee.** Nou, dat ligt aan de leerkracht. Ja. **de leerkracht, dDe leerkracht waar dan mee, tenminste, waar ik een gesprek mee ga hebben...die denkt van wel, want die heeft zelf een 3D printer aangeschaft op die school, maar..**die, die ziet daar dus een waarde in om eh **ja** leerlingen meer te inspireren in fractals of weet ik veel wat allemaal, omdat je sommige dingen toch in een, een beeldende vorm moet zien, en en en eh in een formule lukt dat dan weer niet. **Nee.** In een plaatje ook niet. **Nee,** dus dan kan het de leerkracht helpen om een stapje verder te komen. **Ja.** en dat is alles wat visueel is, kan je dus fysiek maken door middel van een 3D printer. **Ja. dat is snel.** Tot een bepaalde hoogte. **Ja. Nee, super. Ehm, dus eigenlijk is daar de laatste, laatste vraag mee beantwoord, of de 3D printer inhoudelijk vakoverstijgend inzetbaar is. Nou ben ik nog wel benieuwd dat is binnen een vak he?** Ja. **zie je ook mogelijkheden in combinatie van vakken?** Jawel, maar dat ligt niet aan de 3D printer, dat ligt aan of een school is gewend, klasoverstijgend, projectmatig te werken? **Ja.** Is het dat sommige scholen daar veel verder in zijn, **ja,** want zoals hele nieuwe scholen die neergezet zijn, worden die rondom dat principe ontworpen. En je ziet traditionele scholen die dat niet hebben. **Nee.** En de 3D printer gaat dat echt niet veranderen. **Nee, de vraag is alleen, eventjes, los van die 3D printers, zie jij het, eh, hoe zie jij uberhaupt vakoverstijging werken? Zie je...**Projectmatig, nee, maar dan kom ik op een ander vakgebied. Dat is niet mijn vakgebied. **Nee, dat is ook zo.** Maar, eh, kijk, puur als vader of als burger, ja, maar eh projectmatig bezig zijn, dat zie je steeds meer scholen doen. Als je werkt aan een project waarin dat project zit Nederlands, Engels, Geschiedenis, dat zie je in het basisonderwijs sowieso wel meer gebeuren , maar je ziet bijvoorbeeld in Amersfoort is het er al helemaal omheen vormgegeven. **Ja.** Daar daar daar geef je eh een project, met biologie, en natuur, en wiskunde, daar zit alles in. **Ja. ja.** Maar dat is het hele leerproces, de hele leervisie, het hele leerprincipe, de hele didactiek, maar ook de hele eh, organisatie van zo'n school is daaromheen georganiseerd. **Ja,** en ehm, ben je georganiseerd in kolommen, maar zo werkt het ook bij een normaal bedrijf, dus ik kan er wel wat over zeggen, vanuit mijn verleden als organisatie kundige, eh, dan dan kom je aan de visie, aan het fundament, daar gaat een 3D printer nooit iets in veranderen. **Nee, dat is visie inderdaad, ja. o,k. nou, heel erg bedankt, tot zover.**

## BIJLAGE 6d

ROOD = interviewer

ZWART= docent

### **Interview met docent biologie Remco Verhagen (opname 20), Murmellius gymnasium, Alkmaar 20-4-2016 15:15**

Vandaag is het woensdag, wat is het, 19? 20<sup>e</sup>, 20 april, en ik heb een afspraak met eh Remco Verhagen van biologie en ik ga hem een paar vragen stellen met betrekking tot eh mijn afstudeeronderzoek. En vraag 1 is: wat zijn volgens u de kansen van vakoverstijging in het algemeen? Oe, dat is een hele grote vraag, want eh, ja d'r zijn, d'r zijn, zoem van de schoolbel, kansen genoeg voor vakoverstijging. Het probleem alleen altijd met vakoverstijging is je je moet een bepaald onderwerp vinden dat voor beide voldoende raakvlak krijgt. Beide vakken of vakken waarmee je eh dat wilt doen en dat leidt levert hier op school regelmatig problemen op, omdat de raakvlakken die en ..zijn en vaak heel erg uit elkaar worden gedoceed. **Ok.** Dat zorgt er wel eens voor dat vakoverstijgende eh ja onderwerpen enzovoort meer als ...straatje worden gezien omdat ..leuk om dit eens toe te passen, leuk om het daar nog eens terug te laten komen maar niet als een fatsoenlijk vakoverstijgend project. Dus kansen zijn er, maar ze zijn hier al te gering. **Ja. Dat dat was mijn volgende vraag, wat zijn de nadelen, maar stel dat je eh, welke kansen zou je zien, mocht je zeggen van dat wat vind je nou de voordelen van, van vakoverstijging?** Ja, nee, het grote voordeel is natuurlijk dat leerlingen zien dat alles met elkaar verband heeft en dat veel dingen ook terugkomen bij andere vakken, dat vind ik 1 van de grote voordelen. Het geeft een beter inzicht in in hoe een toch wel abstract vak in de maatschappij eh een rol krijgt, hoe wetenschap toch altijd eh met elkaar te maken heeft, of andere vakken, het hoeft niet perse wetenschappelijk te zijn. Dat zijn de grote kansen die je eraan hebt. Nu zie ik erg veel ja ja dat het gaat om we kijken gewoon naar de cijfertjes. Nu of valt het wel mee. **Nee, ok. Ehm met welke andere vakken zou je vanuit het vak biologie mogelijkheden zien tot vakoverstijging?** Nou, in eerste instantie altijd scheikunde, want dat heeft ook heel veel raakvlakken dus dat ik makkelijk. Verder eh verder zie ik ook regelmatig kleinere kansen, geschiedenis natuurlijk, zeker als het gaat om de ...evolutie een soort raakvlak misschien. Natuurkunde af en toe, want krachten enzovoorts komen ook terug. Ademhaling, luchtverplaatsing, allemaal dat soort dingen. Eh, wiskunde, maar wiskunde kan echt overal bij **Op welke manier dan bijvoorbeeld?** Nou, wiskunde komt overal in terug in de wetenschap, neem een willekeurig wetenschappelijk vak en ja, als ik iets ga berekenen met zuurstofopname, of practica 's of zo, dan komt er een flinke hoeveelheid wiskunde bij kijken om dat fatsoenlijk te kunnen toepassen. **Ja.** Dus, wiskunde zie ..dat is altijd mogelijk. En voor de rest kleinere dingen. Er zijn af en toe kleine raakvlakken met aardrijkskunde, kleinere raakvlakken met eh ja, met elk vak, zelfseh het schrijven van een wetenschappelijk onderzoek, of een verslag kun je weer combineren met talen. Ja, als we naar de kleine dingen kijken, zijn de mogelijkheden eindeloos. Ja, en, eh, heb je ooit wel eens met kunsteducatie een project gedaan? Hier op school nog nooit. We doen wel eens wat met kunst maar dan is het echt op eigen houtje. We laten ze bijvoorbeeld tijdens de schoolstrijd fantasiedieren tekenen of ..strips maar dat is dan meestal op eigen houtje doen wij dan iets kunstzinnigs. **Ok, bij biologie, oh, leuk. Ehm, welke ervaring heeft u met het gebruik van een 3D printer binnen en buiten de school?** Nou, voornamelijk buiten de school, eh mijn zwager heeft er een, die heb ik samen met hem opgebouwd. En voor de rest, ja, ik wil wel eens een keer eh iets eh iets maken of iets laten maken omdat het moeilijk te vervangen ..toepassing, onderzoek of wat dan ook, het is wel een tijd geleden dat ik het gedaan heb, dus dat zijn echt de eerste 3D printers eh o, ja, waar dat mee was, ..spectaculair, maar de laatste tijd relatief weinig en hier op school toen er een 3D printer kwam, was de vraag; zien jullie er bij biologie mogelijkheden mee? En eerlijk gezegd is het heel moeilijk om daar iets te vinden. ..printen van een model van het een of het ander. **Als demonstratie of iets dergelijks? Maar op zich vanuit iets dat jullie doceren heb je niet een idee van...** ik zou niet zo snel iets kunnen

bedenken. Ok. Ehm wat zouden de nadelen zijn? Want ik heb, dat was eigenlijk net als wat zijn de kansen voor het gebruik van een 3D printer in de lessen? Ja, nou, voornamelijk is het gewoon het moet gewoon iets nuttigs zijn, inhoud hebben, eh, simpele gimmicks er zijn heel veel dingen die je kunt bedenken om iets zinloos erbij te plakken, dat is niet de moeite. Je moet niet moet niet ..binnen een les. Je moet er iets mee kunnen doen wat ook het werkelijke leerdoel dient. En dat lijkt me bij 3D printers erg (zoemer van de school) moeilijk, en dat is het grootste nadeel, 't, je gaat er op gegeven moment veel tijd aan besteden en dat levert relatief weinig op. O.k. ehm, mocht, want wat verwacht, ja daar heb jij gezegd welke verwachting zou je hebben met betrekking tot het vakoverstijgend werken, met een 3D printer, het moet wat toevoegen. Ja. Niet alleen ..gimmick zijn, ja. ehm, welke mogelijkheden zie je eventueel? Nee, die heb je niet, je hebt net gezegd dat je...Nou ja, laat ik het zo zeggen, die zie ik niet. Voor hetzelfde geld bedenk ik op gegeven moment wel weer wat. Er zijn ontwikkelingen met 3D printers in biologie, maar ja, dat zie ik niet snel hier op school gebeuren. ..op welke manier, nee precies, op die manier, maar ...als je dat dan wel zou laten zien, he, of zou je het laten zien met betrekking, dan zou het ene demonstratiemodel zijn. Precies. Ja, en dan kan ik ze bijna net zo goed, bijna beter kopen, want dat zijn ze wel, dan zijn ze al helemaal, in detail, ..ja, eh, dan ga ik m er gewoon ingooien, ik heb wel eens een project gezien met eh in kunsteducatie dan, waarbij bijvoorbeeld een eh een eh, een kunstenares die heeft een eh haar vader genomen als object, die was heel erg ziek, en die eh, werd door zo'n scan gehaald en eigenlijk, zo'n scan is ook in plakjes. Ja, en ze heeft eigenlijk eh een boek geprint van haar vader waar je doorheen kon bladeren, Nou dat is een vrij, klinkt heel spectaculair, maar dat is meer ..precies. Maar dan maken ze er dunne plakjes van, moet je eigenlijk als het ware door die heen gaan kijken. Maar ook dat, dddat klinkt heel erg biologisch, ja, maar in principe is het gewoon een doorsnede wat anders weergegeven. Ja, dat zijn de plaatjes in het boek ook. Dat is waar. En het voelt, dus eh dat is het probleem, het voelt als een heel leuk iets om te doen, het is leuk om te zien, het is een leuk project, maar inhoudelijk voegt het relatief weinig toe. Ok, ja, je hebt niet het gevoel dat zij daardoor, dat de leerling daardoor eh iets leert, wat ze anders niet zouden leren. Precies. Misschien dat je een leerling daardoor kan interesseren in iets dat ze normaal niet zou interesseren, maar ja, dan komen we weer in de categorie gimmicks, tuurlijk, en daar kan je heel veel bedenken. Nee, helder. En de koppeling met een 3D printer lijkt me moeilijk, ...meteen uit gaat printen, nee, precies. Nou, we hebben het heel kort gehouden, want ik ben al door mijn vragen heen. Dus had ik, mijn laatste vraag was welke ideeën heeft u om een aanzet te geven voor een vakoverstijgend project met gebruik van een 3D printer? Maar volgens mij hebben we die eh, dat zijn er.., beantwoord, haha. Ja, en ik sta erg open voor ideeën ja die er wel zijn. Het is gewoon moeilijk...Ja, dank je wel.

## **BIJLAGE 6e**

ROOD = interviewer

ZWART= docent

**Interview met docent Natuurkunde Bas de Ruyter van Stevenink (opname 17),  
Murmellius gymnasium, Alkmaar 7-4-2016 13:39**

Het is vandaag woensdag, 6 april volgens mij uit mijn hoofd en ik heb een gesprek met meneer Bas de Ruyter van Stevenink. En ik ga, hij is van het vak natuurkunde en wiskunde en ik ga Bas een paar vragen stellen voor mijn onderzoek over de vakoverstijgende mogelijkheden van de 3D printer. En mijn eerste vraag is:

Wat zijn volgens u de kansen van vakoverstijging in het algemeen?

Eh, ha, dan val je wel meteen met de deur in huis. Ja **en de nadelen**. Ja, nou eh eh eh, je vraagt kansen, eh eh, ik zie wel eh, in nieuwe ontwikkelingen, eh, die op raakvlakken liggen van verschillende vakken, eh, daar zie ik wel kans voor ontstaan van nieuwe vakken. Dus ontstaan van nieuwe, wat meer geïntegreerde onderwijs. voorlopig is het nog zo verzuild, net zoals je vroeger politiek verzuild was, eh, eh, dat het heel moeilijk is om daar uit te stappen. Ik denk dat het ook wel goed is dat het dat je ieder zijn eigen expertise gebruikt, je kunt daarmee toch net even een stapje dieper vaak. Ehm, wat wel handig is, als al die docenten laten we zeggen die hetzelfde type eh, bijvoorbeeld beta onderwijs geven, dat die allemaal wel ook iets weten over alle andere, dat je dus niet ..alle raakvlakken kunt weergeven. Maar ik denk dat ik beter tot mijn recht kom in electriciteitsleer dan, laten we zeggen, in eh reactie kinetiek, wat ik echt iets vind voor scheikunde of eh laten we zeggen de eh hoe een eh everzwijn in elkaar zit. Dus dat dat zijn toch verschillende interessegebieden dus ik denk dat je ook verschillende mensen nodig hebt om in dat interessegebied eh iets te doen. Nou, dat automatisch verzuild, vind ik eigenlijk een hele normale gang van zaken. **Zijn er wel raakvlakken in de vakken?** Ja, tuurlijk...biofysica, dan zit je op krachtenleer bijvoorbeeld bij eh ja, bij sportprestaties eh, daar zit natuurlijk ook weer allerlei eh raakvlakken tussen chemie en natuurkunde, dus die zijn er in de natuur laat zich niet scheiden in 3 zuilen. **Ja maar, maar is er dan ook bij, zoals jullie de vakken geven, ook al overleg ..of volgen jullie de methodes, of...**ehm ja, die, over het algemeen, waar je natuurlijk van uitgaat zijn de eindexamens, eh, termen die bekend zijn, dat stuurt eigenlijk de hele boel, dus, dus, alle informatie die je nodig hebt om examen te doen, die wordt, vanuit die eindexamentermen eigenlijk aangestuurd. Zo, zo, zo werkt het nou eenmaal. Ik zie ook pas dat dat zal veranderen als dat eindexamen wordt opengebrouwen en nou ja, we willen nu dat leerlingen worden opgeleid in een soort algemene natuurwetenschappen, ja, dan zullen we het opnieuw moeten organiseren, en dan moet je vanuit je eigen expertise dingen gaan doen. Maar zo lang dat niet zo is, zolang dat een opgelegde structuur is van boven, kun je eigenlijk geen veranderingen aanbrengen, denk ik zelf. Dat is ook niet handig.

**Nee, Dus de kansen van vakoverstijging zouden zijn: zouden er kansen zijn? Of buiten het praktische he,ehm, stel dat je aan vakoverstijging zou werken, binnen de mogelijkheden, wat zouden daar de kansen van zijn voor de leerlingen en voor docenten en voor het vak?**

Ja, dan zit je met de eindexamenvorm of de schoolvorm zoals die nu is, de eindexamentermen zoals die nu zijn, eh zien we allerlei initiatieven, dus je ziet wel eh ehm, ja, eh sterrenkunde staat niet perse in het curriculum, maar het valt voor een groot deel onder natuurkunde, maar je kunt natuurlijk ook kijken naar ex..wat zijn de kansen voor levensvormen. we weten, of wat is de filosofische achtergrond dat je weet dat er nog leven op andere planeten is, hoe zouden die mensen denken, wonen. Zijn wij de mieren daar? Eh er zijn natuurlijk alle mogelijke fantasie in hoe je dat zou kunnen doen, en eh, het is natuurlijk hartstikke leuk om tijdens die lessen al eh ook dat aan de orde te laten komen, dus dat je allerlei lijnen uitzet naar die andere vakken die daar eventueel opgepikt kan worden. Wat je veel ziet, is het omgekeerde, als ik eh laten we zeggen, eh deeltjestheorie ga geven, dus iets over atoombouw, dan zie je dat op gegeven moment scheikunde zegt; ja maar, eh dat is een stuk van mijn vakgebied, en daar moet je afblijven, nou daar kun je dan natuurlijk wel afspraken over maken, moet op basis daarvan, jullie hebben het nodig op basis daarvan, periodiek systeem om dat te kunnen uitleggen. Ehm doe jij dan vooral eh die nadruk, dan doe ik die andere nadruk, en wat je dan kunt zeggen is: het is helemaal niet erg om dingen twee keer te horen. Dus waarom, dus die overlap is eigenlijk al vakoverstijgend zou je kunnen zeggen. Er zit al een soort vakoverstijgend ding in, en er zijn natuurlijk, die atoombouw is natuurlijk essentieel voor scheikunde, maar of natuurkunde, maar dat hoor bij elkaar. **Ja**, en doordat we dat kunstmatig in stukjes hebben geknipt, kun je natuurlijk zeggen, nou, ik behandel een gedeelte daarvan. En het andere gedeelte, andere kant op bekeken. **Ja. ok. Wat zijn dan dus de nadelen van vakoverstijging?** Eh, hehe, eh, nou ja, nadeel ontstaat als je als je eh mensen voor de klas gaat zetten, die, laten we zeggen, eh, scheikunde, mensen die iets moeten gaan uitleggen over identiteitsleer, dat wordt ingewikkeld. Dus laten we zeggen de, de, de, de kennis kun je verdiepen als je je meer specialiseert. Dus als je een heel groot natuurwetenschappelijk eh uren bij elkaar neemt, en we gaan natuurwetenschapsmensen opleiden,



dan zullen dat toch mensen zijn die brede opleiding hebben gehad, maar minder in de diepte, en en, eh ik denk dat je daarmee, dat kwaliteit verloren gaat, ik weet niet of mensen van al die drie vakken alle inns en outs kunnen weten. Ik vind het soms al moeilijk om voor natuurkunde alle inns en outs bij te houden, terwijl het toch een vrij conservatief vak is, er verandert niet zoveel. Ja er verandert wel veel, maar oude theorieën blijven gewoon hetzelfde, dus ik denk dat het nadeel is voor, het nadeel is voor, het nadeel is voor kennis, en en daar loop je tegen grenzen aan eh

Dus het voordeel zou zijn volgens jou, als ik jou mag samenvatten, dat eh als je, als je het over vakoverstijging dat je beter misschien begrijpt wat de verschillende vakken met elkaar te maken hebben en dat die overlap ook duidelijk wordt. En het nadeel zou zijn een , dat eh, dat er dat je verdieping zou kunnen missen omdat ja, ...ok helder.

Met welke andere vakken, je zei het zelf net al een beetje, met welke andere vakken als er sprake is van vakoverstijging, met welke andere vakken zou je dat dan zien?

Nou, het grappige is, dat op een school dat vaak heel persoonlijk ligt, dus eh, ik eh, doe het liefst dingen met collega's die op dezelfde manier dingen weer over dingen nadenken. Ik heb een hele goeie collega klassieke talen , dus wat doen we, een combiprogramma, excursie tweede jaars bijvoorbeeld naar Franeker, bijvoorbeeld naar het planetarium, he waar een stuk natuurkunde, tegelijkertijd door Franeker om een oude stad van Nederland, die nog vrij origineel is, om die, eens te bezichtigen. En vervolgens gaan we naar Leeuwarden, he, waar Romeinse overblijfselen, eh, van contacten tussen de Friezen en de Romeinen, hoe worden bezichtigd. Een romeinse tekst, een leesplankje, dus wat je doet, is niet perse vakoverstijgend omdat je toch echt twee hele verschillende dingen doet, maar wel eh iets wat je samen met collega's doet, ontstaan initiatieven als een soort mengvorm van twee vakken die toevallig in 1 excursie passen. Ja. eh, ander ding is dat je eh, het best kunt hebben over wetenschapsfilosofie, eh hoe dat zat bij de Romeinen, hoe eh, het in de geschiedenis de gedachte over eh laten we zeggen, hoe onze plek is in de wereld, nou, he, geocentraal tot heliocentraal dat dat zijn allemaal dingen die natuurlijk ook te maken hebben met oudheid en met hoe mensen over dingen denken, over mensen met goden werken of juist met alleen maar natuurkrachten als god verheffen. Dat zijn natuurlijk hartstikke leuke dingen, nou, dat zijn hele leuke dingen om te doen. Alleen, het is niet iets dat in het eindexamenpakket voorkomt, nou, ga nou eens vertellen wat goden dachten over eh, of wat de goden gedacht zouden hebben over de kernfysica van vandaag. Nou, dat is natuurlijk volkomen eh eh uit zijn verband gerukt, dus dus, dat werkt niet zo, maar vooral door de organisatie he, dat is, hetzelfde eh met klassikaal onderwijs, he, het godspe dat nu wordt gezegd individueel aandacht aan leerlingen besteden, ik heb 300 leerlingen, eh, eh, eh, daar zitten er gemiddeld iets van 27 van in een klas, eh, daar moet een ongelooflijke, daar zit een enorme spreiding aan vaardigheden die die leerlingen hebben, dus de een heeft heel veel kennis nodig, en de ander heel weinig uitleg. En eh, dan moeten tegelijkertijd moet ik me aan zo'n groep zodanig eh in duizend bochten wringen dat ze allemaal individueel aandacht krijgen. Wat je ziet is dat leerlingen tegenwoordig niet zozeer willen weten hoe iets werkt, maar waarom wat zij doen, niet werkt eh, willen weten. Wat dus een hele andere benadering is, individueel, hartstikke grappig, alleen, heel weinig effectief natuurlijk, in een klassikale situatie. Dus ook daar is de inrichting is de is de baas, zeg maar. En eh, als je kijkt naar zo'n Steve Jobs school waar gewerkt wordt met eh met tablets, daar eh, zal je zeker individueler aan de slag kunnen, alleen , ja de persoonlijke aandacht voor een docent wordt vervangen door een tablet, wat ik uitermate armoedig vind. Ehm, dus ja, nou ja, elk voordeel heb z'n nadeel zei een bekend overleden baas. Haha, ja. eh, t,t, is gewoon de beslissing van hoe je een school inricht. Wat ik wel vind, is dat scholen zich dus veel meer zouden moeten profileren naar de manier waarop ze zijn ingericht. Dan kunnen de leerlingen gewoon kiezen, nou, dit past meer bij mij, dat past meer bij mij. En als je dus eh, ik wil alleen maar in projectonderwijs, of ik wil in Steve Jobs school, nou geef de vrijheid aan al die scholen om dat te doen. Om de doodsimpele reden dat ze op die manier eh, veel beter zich inderdaad kunnen richten naar, inderdaad, dat is die eerste stap naar persoonlijke aandacht voor leerlingen. Luister eerst eens

naar wat ze willen, en biedt aan. **Ja, heel goed, ja, ehm, welke ervaring heeft u met het gebruik van een 3D printer binnen en buiten de school?** Ehm, hehe, uitermate weinig, ik heb het ding zien staan, ik heb eh een paar printjes gemaakt, ik heb gezien dat ze in staat zijn om de letters Murmellius Gymnasium te printen. Ik heb gezien dat ze ook het logo mooi in 3D uit te printen is. Nou, dat is allemaal hartstikke leuk, ehm, eh, daar beperkt ongeveer mijn ervaring zich. **Ja, helder. Eh wat zijn volgens u kansen voor het gebruik van een 3D printer in uw lessen in de onderbouw?** Ehm, nou, op dit moment helemaal niet zo groot. A, zie ik nog niet zo goed waar ik ze kan inpassen, en als je in algemene termen gaat praten van wat heeft een 3D printer wat andere dingen niet hebben, eh, nou ja, eh het woord 3D zegt het eigenlijk al. Je kunt iets ruimtelijk weergeven wat je anders misschien niet ruimtelijk zou kunnen weergeven, he, ik teken kubussen op een bord, maar een bord is 2D, dus wat doe je, je gaat een soort diepte erin brengen. Er zijn leerlingen die geen diepte kunnen zien, die heb ik gehad, eh, dat is heel grappig, eh, je moet daar dus een eh, aparte trucs toepassen, eh, om zo'n 2D presentatie op een 1 of andere manier eh 3D te maken met schaduwen en eh lijntjes dikker en dunner en iets wat voor en achter zit. Eh soms zelfs perspectiefisch kun je nog aan de slag, ehm, maar tot nu toe heb ik niet heel duidelijk een gemis gevoeld, bij leerlingen, verdorie, hadden we dat nou maar in 3D, dan konden we dat veel beter zien. Wat ik wel leuk vind, wat bijvoorbeeld heel goed zou kunnen is een, je hebt een eh, een aantal eh, diagrammen bijvoorbeeld in gaswetten, he, je hebt dus PT diagrammen, en eh VT diagrammen. Dat is volume, druk en temperatuurafhankelijkheid van elkaar. Nou de beroemde gaswet is  $PV = NRT$ . Je hebt dus 3 parameters, als je die variabelen maakt, krijg je 3D grafieken. Nou, 3D vlakken in zo'n grafiek kun je natuurlijk best leuk weergeven met een 3D printer met een 3puntstemperatuur en alle mogelijke meuk erin. Dus dat zijn wel dingen van nou, daar sta ik wel eindeloos te hannesen als ik dat soort dingen zou moeten tekenen 3D op een bord. Dus daar zie ik wel iets, grafische mogelijkheden wellicht, hoewel, eh, je dan het liefst dat ook in kleur zou doen, dus dat je verschillende kleuren tegelijkertijd kan printen. Dat, ik weet niet of dat echt heel erg mogelijk is, kan geloof ik wel. Dus dat je bepaalde gebieden gas, eh, vast, nou precies. Dus gas, vast, vloeibaar zou je in 3 kleuren kunnen doen en dan zit je alweer een stuk. He, nou dan heb je al wel iets moois gemaakt, ehm, bovendien kun je dan aan de zijkant dan ook die diagrammen alsnog in die kleuren zien. He, dus dat is, dat vind ik wel een leuk idee. Verder zie ik in constructiezaken, dus in eh driehoeksconstructies kun je wel volgens mij ook wel zien dat dingen sterker zijn als je dat op die manier bouwt. Dus die kun je wel al op die manier laten zien. Maar je kunt dat natuurlijk ook gewoon prima laten zien en dat is een beetje het probleem. Heel veel van die dingen waarvan je 3D inzicht nodig is, hebben ze al 2D, maar dan beweeglijk. He, dus je kunt een 2D beeld gewoon direct alle kanten op draaien waardoor je kunt zien hoe bijvoorbeeld een doorsnee in een pyramide. **Zo'n filmpje bedoel je, of.** Nou, je kunt gewoon door met de muis een bepaalde beweging te maken, kun je zo'n heel beeld gewoon roteren, je kunt m van de andere kant zien, maar juist door de beweging zie je precies waar he, waar, **in de computer?** Ja in de computer. Waar zo'n vlak zit, 2D computer programma kun je heel goed een 3D presentatie eh alsnog laten zien, en dat werkt eigenlijk feilloos, hartstikke goed, bovendien is het heel makkelijk op te roepen en als ik dat zou moeten uitprinten, dan is dat ding daar een half uur mee bezig voordat je... **Ja, daar kom je meteen op de nadelen. Wat zijn de nadelen?** Ja, de nadelen, ik denk niet goedkoop, een ander nadeel is denk ik dat eh, voor demonstratie doeleinden heb je een eh heb je al gauw vrij grote dingen nodig, eh, als ik, laat maar zeggen een constructie van een hijskraanarm wil laten zien, dan zou toch een meter de hijskraanarm al aardig zijn, en dat betekent dat je met een loeier van een 3D printer aan de slag moet, en ik eh, moetje zeggen, dat eh, dat eh, is nog veel duurder. En verder, ja, als ik dat op een bord kan laten zien, of in een 3D constructie 1 of ander CAD CAM constructie kan laten zien, dan werkt dat eigenlijk net zo goed en vaak kun je die dingen dan ook nog testen door er druk op te zetten, die programma's zijn er ook waardoor je doorbuiging kunt zien, of zelfs trillings effecten. Nou, dat kan volgens mij beter inderdaad. Het kan op computersimulatie beter dan dan op dit moment een 3D printer dat kan. Eh, ik denk voor artistieke doeleinden dat het wel echt leuk kan zijn, zeker als je met heel veel verschillende kleuren zou kunnen werken. En zelfs nog mengkleuren, dan kun je zelfs beelden zelf printen, he. Dus als je echt eh, al die plastics, eh, of die die die die die stof die er voor nodig is, als je die kan mengen, als je alleen maar de 3 basiskleuren gebruikt, rood, blauw en groen,

dan zou je daar ook al aardig wat mee kunnen. Hoewel die stoffen die kleuren doven elkaar uit, dat kun je misschien beter niet doen. Dan moet je magenta, geel en cyaan gebruiken denk ik, dan gaat het beter. Maar daar zou je best aardige dingen mee kunnen maken, ik denk dat je zelfs litho's, of in ieder geval, litho's natuurlijk niet, maar aquarellen of zo op heel plat vlak, wat natuurlijk dan weer niet 3D is, ..hier en daar wat dingen uitkomen. Dus daar zie ik wel mogelijkheden op wat meer artistiek gebied.

**Wat voor verwachting zou je hebben van het vakoverstijgend werken met een 3D printer? Als je dat zo zou inzetten.**

Nou op dit moment eigenlijk vrij weinig. Eh, dus ik ik denk, eh. **Eigenlijk gaat het meer over van wat zijn het dan , wat zou het voor meerwaarde moeten hebben?** De meerwaarde die het moet hebben is natuurlijk dat het eh nu iets laat zien wat je eerder niet kon laten zien. **Nee precies.** Nou, en dat, en dat, ik heb het niet gemist nog. **Nee.** Misschien, wat ik al zei, is zo'n PVT eh grafiek, dus, in grafische 3D grafieken, zou het nog niet zo heel gek zijn. Dat, daar zie ik wel , als dat een keer heel in het groot zou worden uitgeprint, dat je echt zo'n heel vlak kunt doorlopen, van stel ik laat nu de druk zakken, ik ga nu de, de temperatuur verhogen, wat gebeurt er dan, wanneer kom ik eh bij een 1 of andere stabiliteitsgrens, dat is hartstikke leuk. Ik denk dat je daar nog een heel end mee kunt komen. **En zie je daar ook overlap met andere vakken, of waarvan je denkt, als ik hier een stukje zou doen, dan kan er ook in een ander vak wat mee gebeuren? Dus zou het een aanzet geven voor een vakoverstijgend project?** Ik snap wat je bedoelt, maar, kijk, je zou nog kunnen proberen misschien door hele flinterdunne verbindingen te maken tussen laten we zeggen deeltjes moleculen, eh, dus gewoon bolletjes uitprinten met daartussen flinterdunne eh verbindingen tussen, eh, dat je misschien kunt laten zien hoe met krachtenleer hoe je vervormingen kunt maken bij vaste stoffen en dat heeft misschien bij scheikunde ook eh nog een eh een eh een nut. Ik zie dan meer inderdaad moleculen en en verbindingen daartussen. eh, eh nou is dat meer natuurkunde. Je zou ook kunnen denken aan verbindingen bij scheikunde he, dus mogelijke bindingen tussen atomen of of bionen, maar verder, ik eh, zo op het eerste gezicht, eh, ja, wat natuurlijk hartstikke leuk is, als je leuke mobielen aan het, al is dat alleen maar voor versiering of voor ruimtelijke eh, eh, **en in combinatie met een kunstvak bijvoorbeeld?** Ja, nou, daar, dat zie ik, nou daar wou ik eigenlijk, wat natuurlijk heel leuk is, als je alle gekke vormen van spiralen, eh, eh, als je daar, het is natuurlijk wel zo dat, dat de beelden, de verbeelding, eh, groter is als je ehm , nou, al neem je maar het DNA molecuul, he, als je dat als helix, dubbele helix kunt laten zien, ehm, maar ook allerlei andere spiraalkunstvormen of als zo'n spiraal draait, dat je dan ziet dat het net lijkt alsof ie stilstaat maar dat dat dat ie langzaam vanuit zichzelf naar beneden gaat of omhoog gaat. Propellor achtige bewegingen, eh, dat zijn leuke dingen omdat het ook iets is wat, eh, eh, waar je je bewuster van wordt hoe je dingen ziet. Niet alles wat je ziet, is ook zo zoals je het ziet. **Nee.** En dat is wel heel grappig. Je hebt altijd allerlei mooie vormen dat als je van een bepaalde richting kijkt, dat het net lijkt alsof het een kubus is, maar als je opzij staat, dat het iets heel anders is, en **ja** , daar is in de kunst natuurlijk veel mee gedaan, eh, eh mobius, nou noem maar op, allerlei vreemde 3 dimensionale vormen, dat is leuk, als je daar iets mee doet. Alleen, wiskundig gezien, op een middelbare school zijn dat eigenlijk stappen te ver, maar het blijft leuk om die dingen gewoon in de klas te hebben. Al is het alleen maar dat als een kind de klas binnenkomt, dat ie denkt, he, dat is apart en als ik er zo naar kijk, dan zie ik dat, en als ik er zo naar kijk...het maakt dat je toch, dat dat je 3D denken gestimuleerd wordt. **Ja.** Dat denk ik wel. En maar, maar, en dat is op zich al vakoverstijgend. Ja. want of je 3D in biologie kan denken of 3D in in scheikunde, of in eh ja 3D in Nederlands is een beetje raar maar, haha. **En en fractals, doen jullie daar wat mee? Want ik weet, of met natuurkunde wordt daar niks mee gedaan?** Eh, het is natuurlijk chaostheorie, dat is wiskunde, eh **het is wiskunde, ok.** Ja, het is de ehm maar veel in de natuur voorkomende zaken zijn ..chaotisch, **ja**, en ook in chaos zit weer orde, **logica, ja.** En en dat is natuurlijk het grappige, dat dat dat als je fractals laat zien dat dat je heel duidelijk ziet, nou, er zitten patronen in. Wij kunnen die herkennen. Mathematisch is dat een drama om die dingen te maken en te herkennen, ehm, terwijl het eigenlijk oorspronkelijk vaak uit hele simpele algoritmes eh, eh tevoorschijn komt. En dat dat is natuurlijk, dat is eigenlijk meer ja, een soort leuk kunstje. Het is een soort goocheltruc, waar je naar staat te kijken,

en dat je denkt, wow, er komt iets moois uit, maar daar verdiep je je begrip niet echt mee. **Nee, het niet een theorie waar je wat aan hebt zeg maar waar je in het vakgebied nog iets mee gaat doen.** Ik vergelijk het soms een beetje met psychiatrie, eh, je ziet dat het menselijk brein kan zulke rare bizarre eheh werelden voor mensen scheppen of bizarre gevoelens van binnen creeren die zo bijna raadselachtig zijn, dat een psychiater daar wellicht patronen in herkent, maar het oorspronkelijke, laten we zeggen algoritme dat eh 1 of 2 van die neuroon verbindingen die misschien een beetje raar zijn, of niet meer bestaan of of ...ofnet verkeerd verbonden zijn of, dat die zulke vreemde dingen maken, eigenlijk is dat ook een soort chaos creeren binnen een hoofd, ehm, ja je kunt naar de patronen kijken maar de behandeling ja, je kunt alleen met grof geschut, eh, **het niet echt alleen altijd op pure wiskunde gebaseerd, nee.** Nee, op zich eigenlijk wel, want het zijn natuurlijk ook een soort fractal bewegingen binnen het brain, zeg maar. Maar, ja, behandel het maar eens, wat heb je er praktisch aan, bovendien, is het zo verschrikkelijk complex, chaos, dat je, nou, het woord zegt het al, dat je er eigenlijk, je kunt daar, het is leuk dat je met fractals er grip op kunt krijgen, doordat je patronen ziet, maar prachtig voor tegeltjes, of eh, he, dus een soort Escher achtige dingen, maar voor laten we zeggen dieper begrip van eh de materie in het algemeen, nee. **Nee.** Gewoon niet. Ja, **helder.** **Ok. Nou hadden we het gister nog wel heel even over, toen had je wel een paar voorbeelden van dingen waar je wat mee zou kunnen, maar dat ben ik even kwijt. Ik weet niet of het jou nog te binnen schiet?** Nou ja, wat ik zei, is is, sterkte leer eh constructies, eh, zo'n hijskraan, **ja**, een opengewerkte hijskraan, daar kun je wel aan zien dat je hele lichte constructies kan maken met met met bepaalde verbindingen. Vaak zijn dat vierkants of driehoeksconstructies. **En daar zou je weer wel wat mee, daar doe je weer wel wat mee in natuurkunde.** Niet echt, maar, als je aan leerlingen vraagt, van teken nou eens een fiets, dat is heel grappig, wat je dan ziet is, dat daar bizarre dingen uit komen, gewoon, een herenfiets, dat ze toch eigenlijk niet goed kijken naar hoe dat in elkaar zit. Ehm, dat dat gebaseerd is op een dubbel driehoeksframe, ehm, dat ontgaat bijna iedereen. Het feit, als je dus weet, is dat dingen sterker worden door er driehoeksframes van te maken, eh, dan wordt misschien ook de herkenning makkelijker. Eh, dus in die zin, ik zou er niet direct, niet direct eruit zijn van hoe je dat dan zou moeten doen, eh, maar ja, je kunt natuurlijk zien dat een fiets die ziet er een beetje zo uit, he, dat is een beetje twee, dit is eigenlijk een driehoek, (tijdens het gesprek tekent meneer de Ruyter een fiets op een blaadjes vanuit een driehoeksconstructie) en dit is ook een driehoek, en hier zit een wiel, en hier zit uiteindelijk een wiel. He, dus dit is eigenlijk vrij simpel, twee van die driehoeken aan elkaar. En op die manier kun je ook dingen makkelijker onthouden als je weet, dat dat een bepaalde constructie, vorm, eh, bestaat om dingen sterker te maken, dat je dan ook kunt verwachten dat je dat ook terug kunt vinden in je ontwerpen. **Ja.** Hoe je dat, hoe je daar die 3D printer in zou moeten ehm dat zie ik nog niet zo. **Nee.** Maar het wordt wel steeds leuker, kijk eens, zo'n fiets, is eigenlijk nog een soort 2D driehoeks ehm constructie. 3D driehoeksconstructies zijn wat complexer en daarom misschien ook interessanter om om met zo'n printer in ieder geval te demonstreren hoe ze eruit zien, eh maar ook daar kun je natuurlijk gewoon met een cad cam programma ehm, waar je ontwerpen kunt roteren kun je precies zien hoe ze in elkaar zitten, en in die zin weet ik het ook niet. Ik zou me ook nog kunnen voorstellen dat voor organisatie van elektriciteitsmoederboarden dan wel wat je veel ziet bernice als je bijvoorbeeld alle maal leidingen door elkaar hebt lopen van a naar b, eh, van die tank naar die distillatie stations, daar lopen soms 5000 leidingen door elkaar heen, dat eh in dat soort situaties waar in allemaal verbindingen bestaan, dat ook een 3D printer uitkomst zou kunnen geven als je zo'n systeem zou uitprinten. Dat je gewoon zo'n lijn gewoon kunt volgen 3D en weet waar die uitkomt. Ook daar staan weer, zijn er weer programma's voor eh zelfs allerlei spelletjes waarbij je allerlei buizen aan elkaar zet en en waar je door elkaar heen en over elkaar heen, vaak ook met kleuren, zodat je dat ook kunt volgen, met een buis zelfs in zijn geheel kleuren. **Ja, want merk je dat bij dit type leerling dat ze, want het wordt natuurlijk vaak ingezet eh he, op bepaalde niveau's om toch beter begrip te krijgen van eh, als je iets ziet, of tastbaar maakt, dat beter, dat mensen beter begrijpen. Merk je dat mensen van het Murmellius daar minder moeite mee hebben, of is dat gewoon heel divers?** Nou, wat ik wel kan zeggen is dat over het algemeen leerlingen van het Murmellius veel minder moeite hebben met bijna alles. **Ja, dat begrijp ik.** Dat is echt zo, en we hebben leerlingen tussen zitten, waar ik stinkjaloers op

ben, die kunnen echt topsport bedrijven en tegelijkertijd toch muziek maken, ze halen overal tiener voor, ze hoeven er geen zak voor te doen, ze spreken vijf talen eh en hebben dan ook nog een hobby sanskriet, of zo, ehm, dus in die zin, ehm, ja, eh, **ze hebben minder nodig om hetzelfde begrip te...** Ja, ja en aangezien ik slechts een blauwe maandag heb gewerkt in Hoorn, op een vmbo school, hoe lang het duurde voordat ik de stelling van pythagoras erin had, en dat zelfs daar leraren zeiden: de stelling van pythagoras, heb je dat gedaan, man dat ze het hebben begrepen, dat is echt een wonder, eh, dat geeft al aan hoe groot het verschil is met deze school en andere, zonder meer. **Ja.** en dat als ik een 3D presentatie via een computer op het bord roteer, en ik laat ze zien, dan is dat voor de meesten gesneden koek. **Ja. dus waarschijnlijk is het voor demonstratie nog niet eens een verhaal, omdat ze het zo ook al begrijpen, dat zou de meerwaarde in dit geval helemaal niet zijn, eh, als je het al over een meerwaarde zou hebben dan dan gaat het over de toegevoegde waarde, waarschijnlijk buiten de examentermen om. ja. in eh conceptueel denken, ontwikkeling van buiten gebaande paden, dat soort zaken. Ja, klopt, basis dat dat kunnen ze wel. En dat buiten gebaande paden, dat is denk ik iets wat hier wat minder gebeurt? In de zin van, alles is natuurlijk op logica gebaseerd, ehm, en juist waar we het net over hadden, die chaostheorie, en die psychologie ja. zij zouden dat misschien wel aankunnen. Niet in de zin van leren, maar in de zin van eh weten dat dat er ook is, en hoe kan je daarmee omgaan. Kun je daar wat mee, een stukje creativiteit, of hoe je het ook wil...**Ja, nou ja, je zit zelf bij de afdeling tekenen, dus je ziet wel wat die kinderen daar doen, ik denk dat als je gaat kijken naar filosofische gedachten of of eh dan zou je bij klassieke talen kunnen gaan kijken, en daar worden ook wondertjes verricht, **ja**, dus ik denk dat ook daar die leerlingen eh ik denk dat ze hier een verschrikkelijke allround opleiding krijgen uiteindelijk, ehm, ja, beter kun je je eigenlijk niet voorstellen denk ik. **Nee hartstikke goed**, en waar je je aan, het enige wat je zou kunnen zeggen is, we hebben ook hier nog weer talenten rondlopen die laten we zeggen die je nog een schooltype hierboven zou wensen, met boven bedoel ik niet beter, maar waar ze nog meer tot hun recht komen, met nog meer links naar buiten, met nog meer eh extra curriculaire stof die je naar binnen trekt, eh, dat doen we hier al veel. Gewoon om.. **Ja?** ja tuurlijk, om de dood.., je zegt, nou hier is het minder, nou dat is niet zo, ik sta erom bekend dat allerlei dingen die helemaal niet in de examenstof staan. **Leuk.** Gewoon, omdat het leuk is om te weten, en eh, **nou, en omdat deze leerlingen dat ook interessant vinden.** Nou, niet iedereen hoor, er zijn er ook bij...en en zeur niet, en en ik kan die vraag ..en ga je dat dan ook op het examen vragen, nou zo, dat wil ik helemaal niet weten. Nou, die heb je er ook bij. En dan zeg je, joh, pak een boek, ga ga eh, weet ik veel, ga ga een eh meidenroman lezen of zo, **haha**, zoek het uit. He, of ga lekker op de gang staan beppen als je dat leuk vind, **ja** dat dat dat kan ook. Ik heb hier wat tijdschriften liggen, dus ze kunnen op gegeven moment ook, als ze zich helemaal de tyfus vervelen kunnen ze daarin gaan bladeren, **ja**, ook best, **haha**, dat vind ik geen probleem. Dus eh, nee, maar ik denk wel, dat we hier meer dan de examenstof doen en breed hier opleiden, en dat ook een plicht vinden om kinderen die daar nieuwsgierig naar zijn dat ook, ja, **ja**, je hebt ze hier zitten, **ja, tuurlijk**, meteen volstoppen met allerlei haha onzinnige kennis haha, **helemaal leuk, dankjewel.** O.k. **voor dit interview.** Ja, nou, ik vond het leuk.

## BIJLAGE 6f

ROOD = interviewer

ZWART= docent

### **Interview met docent scheikunde Lovina Hofmeijer (opname13), Murmellius gymnasium, Alkmaar 15-3-2016 9:24**

Dit interview is een interview op 15 maart met Lovina Hofmeijer, eh, scheikunde docent op het Murmellius Gymnasium en ehm ik vraag als eerste wat zijn volgens u de kansen van vakoverstijging met een 3D printer?

Nou de kansen van vakoverstijging in het algemeen eh denk ik dat eh grotere doelen gehaald kunnen worden als het gaat om eh begrip en om eh uitwerking van bepaalde eh concepten. Binnen, binnen mijn vakgebied maar ook binnen andere vakgebieden. En logischerwijs is scheikunde heel vaak eh vakoverstijgend met natuurkunde of eh met eh biologie, dan praten we over biochemie, en dan praat ik over eiwitten op de chemische manier, bij biologie op de biologische manier, en ik eh, en daarom zijn, is er veel overlap. En eigenlijk zouden we dat heel goed in één project kunnen vatten. Dat gebeurt op dit moment nog niet, dus ik vind dat heel erg spijtig. En bij natuurkunde komt er natuurlijk heel veel krachten, atoombouw, allemaal dat soort dingen en daar zijn we langzaam mee bezig om dat samen te voegen.

Oké, en als project eerst of ook echt dat je samen, of eh, dat je echt verschillende dingen van 1 kanten belicht zeg maar. Nou, ja, in eerste instantie is het nu heel belangrijk om eh, om de stof te inventariseren. Welke concepten worden er behandeld in klas, bijvoorbeeld klas 3. Mijn vak begint in klas 3, natuurkunde begint in klas 2. En sommige vakken kun je dan heel goed eh, of concepten kun je dan misschien wel gaan streamen, eh stroomlijnen.

Ja, dat je het tegelijk geeft, of achter elkaar. Het kan ook een overkill zijn. Ja, dat is het gevaar, maar ik heb wel de ervaring op andere scholen dat bijvoorbeeld bij het concept inhoud dat ik eh, daar moet ik best wel veel mee werken en dat heb ik samen gedaan met techniek en toen gingen we samen, toen gingen ze bij techniek een kubus maken met een bepaalde inhoud. Bij mij gingen ze dat doen en bij wiskunde gingen ze dat ook weer uitleggen. En wij gingen dan dus in op concentratie. Hoeveel knikkers passen er in of eh in ons geval moleculen. En op die manier zien die kinderen een inhoud niet alleen een kubusje maken bij techniek maar dan ook waarom. Wil je weten hoeveel er iets in een kubusje past Dus dat is wel iets wat wij eh wat ik in het verleden regelmatig heb gezocht

En zie je dan ook echte terug bij die kinderen dat eh het meer oplevert? Ja, dat levert zeker meer op want eh sommige kinderen zijn beelddenkers, sommige kinderen zijn juist heel erg abstract, en dan hebben ze het concept op verschillende manieren gehad en dan ergens bij een van die zaken land het, ja, sommigen vinden het heel prettig om een combi te hebben, ja, dus ik heb daar hele goede ervaringen mee. Oke,

Wat zijn de nadelen van vakoverstijging? Nou, dat eh, de nadelen zijn dat je je eigen vak een klein beetje uit het oog verliest, dus eh, niet diep genoeg gaat, en eh hier op het Murmellius zijn ze daar extreem bang voor, ja, want stel je voor dat we niet diep genoeg gaan op de stof. Maar, eh, ik denk dat je als je een goeie docent bent, dat je je eigen concepten wel heel goed kan bewaken en dat je de vakoverstijging juist moet zien als een toevoeging en niet als iets waardoor je eigen vak afbreekt. Nee, ok, ehm, met welke andere vakken zie je vanuit jouw vak mogelijkheden tot vakoverstijging? Nou, ik ben een tussenvak en ik kan eigenlijk met heeel veel vakken vakoverstijgend werken, ik eh, nou, techniek heb ik al genoemd, dat is een vak waar je dus eh, niet alleen eh, bijvoorbeeld elektronentransport kan laten zien, maar

ook eh, bij natuurkunde natuurlijk. Maar ook biologie. Maar ook eh tekenen als je gaat over ruimtes, over eh opstellingen maar wij moeten altijd eh opstellingen bouwen, daar komt heel veel ruimtelijk inzicht in eh in terug. Nou, dat soort dingen komen bij tekenen en eh creatieve vakken hardsstikke tot uiting, maar ook eh, bij, we hebben een heel groot overlap met aardrijkskunde, want we hebben natuurlijk al die aardwetenschappen. Dat zijn allemaal mineralen, mineralen behandelen wij ook, we hebben grondstoffen, we hebben reacties, eh ik ga nu naar Rome, en daar ga ik een heel stuk eh uitypen over bouwstoffen, over grondstoffen die ze halen uit de grond daar, aardrijkskunde, die ze dan toepassen, maar die ze dan eigenlijk daar chemische bewerkingen daarmee hebben gedaan in de tijd van Caesar, en die zijn eh dus nu kunnen we die verklaren, waarom ze dat hebben gedaan. **Oke.** Nou, dat vind ik wel heel leuk om te vertellen, dus eh dan heb ik ook weer iets met eh klassieke oudheid. **Ja, klassieke oudheid, wat leuk. Ehm, wat bedoel je met tussenvak?** Nou, eh, omdat wij dus eh zoveel aspecten eh van de samenleving, ehm ehm, in ons vakgebied terugvinden, **ja**, in eh is er altijd wel iets te vinden om samen iets te doen. **En geldt dat niet voor veel vakken, eigenlijk?** Ik praat nu even voor mijn eigen vak, maar natuurlijk, want dan zou aardrijkskunde ook met scheikunde kunnen samenwerken en **ja**, he, dan zou klassieke talen ook, eh, ik heb ook profielwerkstukken met Grieks, eh met Latijn en Grieks, met klassieke talen, en toen eh, dat meisje wilde weten uit de geschriften, dus dat is die vertaling vanuit haar vakgebied, maar dat ging over make-up, en eh, nou, ze gebruikten ook make-up in de klassieke oudheid, alleen die mensen gingen dood aan kanker en waarom dan? Nou ze gebruikten daar hele, ja, lood en zo om op hun gezicht te smeren en daar kwam zij achter door eh, door die geschriften te lezen en toen kwam ze bij mij en toen heb ik, hebben we de chemie daarachter uitgewerkt. **Wat leuk.** En dan heb je een eeh, dat is een heel mooi voorbeeld ja, vooral voor die profielwerkstukken kan je natuurlijk heel mooi vakoverstijgend werken. **Ja, en eh, op Murellius is het zo, is een profielwerkstuk iets dat op veel scholen gebeurt?** Alle scholen. Het is een verplicht onderdeel, het staat ook op je eindlijst, wordt apart benoemd **ok** en ook een apart cijfer. Dus dat is een verplicht onderdeel voor alle havo vwo scholen. **In jaar 5, 6?** 6, ja voor havo dan 5 en **ja, o, het is echt een eindexamen onderdeel.** Ja, het moet ook afgerond worden voor maart, wij doen het dan in oktober, **ja maar dat nakijken is natuurlijk veel werk,** Nee, nee, dat niet, want wij hebben ook, wij hebben een systeem hier op school waarin we dus heel intensief, dus dat vind ik dan weer mooi van zo'n project, heel intensief drie weken achter elkaar integraal door de week heen hebben ze al 30 uur eraan gewerkt. **Ok.** En dan hebben ze de herfstvakantie nog en de reisweek om eh de boel af te ronden. **En is dat profielwerkstuk altijd gekoppeld aan ehm de wetenschappelijke vakken?** Nee. **Maakt niet uit?** Nee, je kan alle vakken kiezen, maar het is ook PROFIELWERKSTUK alleen **ja** en daar wordt vaak aan voorbijgegaan en als we het dan toch over vakoverstijging hebben, **ja precies**, dan moet je iets kiezen dat in je totaal profiel past. Dus ik heb ook wel eens met aardrijkskunde samen eh, dan hebben ze bijvoorbeeld, zijn ze ingedeeld bij aardrijkskunde en dan gaan ze het over fosfaten hebben en eh hoe ze dat winnen en eh hoe ze dat uit de grond halen of eh uit de zee of wat dan ook. Ja, dan komt er een heel stuk chemie bij. En die chemie komen ze dan weer bij ons halen. **ja, ik begrijp het. Ehm, wat voor ervaringen heeft u met het gebruik van een 3D printer binnen en buiten de school?** Nou, buiten de school eigenlijk niks, alleen maar uit literatuur. En omdat het eh zo vaak voorkomt hebben we besloten om eh een 3D printer aan te schaffen. En eh die is aangeschaft ook vakoverstijgend met de sectie wiskunde. Omdat in de wiskunde heel vaak dwarsdoorsnedes zijn, die je niet kan tekenen, die je je niet zo goed kan voorstellen, en die je wel kan printen. En eh die dwarsdoorsnedes kan je dan heel mooi laten zien, dan eh, is dat niet zozeer het 3D printen an sich wat voor wiskunde interessant is, maar de techniek is voor ons wel weer heel interessant omdat wij eh het heel vaak over materialen hebben en eigenschappen van materialen. En eh we gebruiken voor de 3D printer hier, die wij hebben aangeschaft, kunnen we met 3 verschillende materialen gebruiken, waarin bijvoorbeeld de hardheid een grote rol speelt, en ook eh, de duurzaamheid en afbreekbaarheid, die, dan kunnen wij van, want dat is een nieuw examenonderdeel dit jaar, van macro, dus hoe ziet dat er dan, dat eh, dus, eh ja, de stof, hoe ziet het gebruikvoorwerp eruit. En welke eigenschappen heeft dat ontwerp. En eh, hoe zijn dan op

mocroniveau die moleculen met elkaar verbonden? En dat is een eh , ja wordt in de toekomst een heel belangrijk onderdeel, als wij heel slim materialen gaan ontwikkelen, eh, dan , als ik dat die kinderen al mee kan geven, vanaf eh, eigenlijk vanaf de middelbare school, eh, ja dan hebben ze al plus naar de toekomst toe. **Ja, want je ziet al dat dat in het bedrijfsleven ook al veel gevraagd wordt.** Ja, want er wordt eh, iets wat aan de universiteiten veel gebeurt, is omgekeerd ontwerpen, want we hebben al zoveel ontworpen de afgelopen 100 jaar, maar we willen dingen verbeteren. Dus, wat ga je dan doen, dan ga je kijken naar eigenschappen van materialen. Kijken naar vorm, dat is heel belangrijk, en je gaat kijken naar toepasbaarheid binnen andere, andere sectoren. **Ja**, en eh dan praat je niet alleen over kunststoffen maar dan praat je ook over lampen en dan praat je ook over industrieel ontwerpen en dan praat je over heel veel factoren van de samenleving die daarmee gemoeid zijn op dit moment. **Ja, want de vernieuwing zit m voornamelijk in het opnieuw toepassen van materialen, en op een andere manier dan we tot nu toe weten?** Ja, precies. **Ja. Nou, heel erg interessant. Ehm, en op welke manier betrek je de leerlingen daar dan bij? Bij zo'n , ja bij het gebruik van zo'n 3D printer?** Nou, in eerste instantie eh, hebben we dit jaar, omdat we m net hebben, hebben we het laten zien in klas 6, in het hoofdstuk polymeren, waar we die grondstoffen behandelen. En dan eh konden we ook laten zien, als je dan dit materiaal neemt, dan kunnen we dat doorbuigen, ..dat materiaal is keihard, nou dan uiteraard gekoppeld aan toepassingen, dus bijvoorbeeld een kunstknie of eh hechtdraad, of nou, eigenlijk alles dat je kan bedenken, en vervolgens eh, ben ik nu bezig met een project te ontwikkelen voor klas 3. En dan eh, zoom ik ook een stukje in op materialen, eigenlijk alleen maar over melkzuur, want het is eigenlijk in een project zuren en basen. En eh, dat wordt eigenlijk niet behandeld in het boek, maar dat heb ik dan als project erbij, maar daaraan vastgekoppeld zit dus een stukje polymelkzuur, ja en dat is weer PLA en dat is dus weer een eh kunststof die veel gebruikt wordt bij een 3D printer. Nou, en dat kunnen we dus gelijk laten zien. **Duidelijk. Maar je laat het zien, of moeten ze er zelf ook nog wat mee doen?** Ja, ik wil ze zelf, want dat vind ik dan, je kan het wel laten zien, maar dan blijft het ook niet hangen, dus ik wil ze zelf eh laten designen, dus ik wil ze een ontwerp laten maken in 3D, en dat ga ik dit jaar nog eh facultatief doen. We hebben best wel veel talenten hier op school, die ...en die dat ook heel gemakkelijk zo'n vertaalslag naar zo'n 3D programma kunnen eh doen. En die wil ik hier laten bovendrijven ...Maar ze vinden het dan weer wel leuk en dan kunnen zij, want dat zijn de toekomstige ...en dat zijn de toekomstige designers, en die kunnen dan eh al kennismaken met dat ding en die moeten dan ga ik er 1 of 2 uitkiezen, laat ik de klas uitkiezen, want dat vind ik dan eigenlijk leuker, om dus eh, hun design te printen. En dat ga ik dan laten doen voor de klas. Ja, oh leuk. En dan hebben we eigenlijk alle facetten van het 3D printen wel behandeld. **Ja, dus je laat een aantal leerlingen eh of laat je alle leerlingen designen,** In eerste instantie wil ik eh omdat het een trial is, wil ik ze het eerst facultatief laten doen. **Ok en dat betekent dat je een paar** Dan mogen ze zichzelf aanmelden. **O, zo.** En dan eh, gaan zij gewoon eh een competitie aan, want ze zijn hier dol op competities. **Dat is waar. Ja, leuk. Ehm, nou ja, eh we hebben het er eigenlijk al een beetje over gehad hoor, wat zijn de kansen voor het gebruik van een 3D printer in jouw lessen in de onderbouw .** Dus eh, dat ga ik zo, op deze manier proberen. **Ja .** Ik denk dat dat een eh kijk. **Dit is natuurlijk bovenbouw, dus je spreekt ...**Ja, wij spreken vanaf jaar 3 eigenlijk, ook wel, het is niet zo makkelijk apparaat, dus het is wel handig als we een beter aantal hebben als ze al een klein beetje idee hebben van ...je kan het op de basisschool ook al doen. Maar dat schiet het doel voorbij van wat ik er eigenlijk mee wil. **Ja, je wil de diepte in m.b.t. scheikunde .** Ja, precies en eh voor mijn vak is dat, maar misschien in de brugklas kunnen ze bij wiskunde wel eerder starten. **Nou, ja het is inderdaad even nadenken omdat, als je dat ding in wilt zetten wanneer je daarmee begint, en of het ene voortgaat op het andere.** Ja, maar dat is dus mooi als je vakoverstijgend gaat, want dan kan je iets introduceren. Ik doe dat , natuukunde doet ook altijd atoommodel, en, maar dan komt het op een ander moment komt het terug en dan ook, dat zie je, dan is de nieuwsgierigheid gewekt en dan **ja.** En het wekken van nieuwsgierigheid dat is best wel belangrijk. En eh, als eh, in de onderbouw zou ik er zelfs wel voor willen pleiten dat ze er al mee kunnen werken want dan kan je daarna veel gemakkelijker overstappen van ok, maar wat wil je ermee maken. Wil je er iets keihards mee maken of wil



je er iets mee maken wat een beetje veerkracht heeft. En dan kan je, is het bruggetje naar naar materialen is natuurlijk heel fijn. **Ja, dan heb je niet meer zozeer over het technische onderdeel van de 3D printer, een, meer over, dan kun je de diepte in als je de basis hebt.** Dan heb je die basis al, dan is het designen al, eh, **ja** eigen, ja, en dan eh zie je ook op een bepaald vaardigheid te leren dat ze ook heel snel geprikkeld worden, en ze pakken het razendsnel op denk ik. Want die programma's zijn niet eens zo heel erg ingewikkeld. **Nee zeker niet.** Rustige designs, en dan krijg je vanzelf kinderen die zeggen, die er wel iets mee doen. **Ja.** Ben ik ervan overtuigd dat de, dat de, ook projecten komen voordat ze de school verlaten. **Ja.** Zeker onder de creatieve leerlingen die bijvoorbeeld naar de Rietveld willen. **Ja.** Want ik weet dat die leerlingen er zijn. **Ja.** Maar naar de kunstacademie gaan, of de Rietveldacademie of zoiets dan hebben ze daar al hartstikke veel feeling mee. **Jazeker.** **Ehm. Nou ja, eigenlijk hebben we het daar ook al een beetje over gehad, wat voor verwachtingen zou je hebben van het vakoverstijgend werken met een 3D printer in de onderbouw?** Nou eigenlijk dat ze al kunnen designen, en dat die leerlingen die al geprikkeld zijn, daardoor ook eh misschien wel de beta richting kiezen, terwijl dat misschien niet voor de hand ligt, maar dat ze dan denken, ja, maar als ik weet hoe materialen zich gedragen, daar heb ik wel wat aan als ik industrieel ontwerper ga worden als ik eh naar een kunstacademie ga. En eh ja, dan dan denk ik dat je nog wel mensen kan stimuleren om eh gedreven mijn vak te beoefenen. **Nou ja, het is vaak....** Ik zit hier een beetje voor eigen parochie te preken, **Nou nee, dat is ook logisch, en vind ik ook wel interessant juist want ik ben zo benieuwd naar, is het zo dat je inderdaad merkt dat er twee kampen zijn, in de zin van als je creativiteit en creatieve vakken kiest dat je dan minder snel juist die technische kant opzoekt?** Ja, dat zie je wel, maar dat is ook wel een beetje logisch omdat ze niet zozeer weten wat ze moeten met die vakken en eh, het is wel zo dat als je industrieel ontwerper wil worden moet je volgens mij wel een beta kant kiezen, i.v.m. die materialen. **Ja, zeker, ja.** Maar eh, er zijn best wel wat eh mogelijkheden ook. **En die combinatie zie je niet vaak, of is dat er ook gewoon?** Ja. **Een combinatie van techniek en de andere kant.** Ja, maar dat, we hebben hier geen kunstvak in de bovenbouw. **Nee, dat is ook zo.** En dat vind ik ook heel spijtig. Dat is nog steeds heel jammer, ik hoorde een andere docent die invalt, en die geeft gewoon muziek in de bovenbouw. **Ja.** We zitten hier met een ongelooflijk getalenteerd groepje leerlingen. **Onwijs.** Die ook weer tweede zijn geworden met het Orkestival. Die in allerlei eh Noordhollandse orkesten spelen en ik weet het allemaal niet, maar eh, er gaan er altijd, misschien wel acht of zo, naar het conservatorium. **Ja, kun je nagaan.** En we hebben geeneens muziek in de bovenbouw. **Nee.** Dus dat vind ik jammer. **Ja.** En dat geldt ook, dat geldt zeker ook voor eh tekenen en voor kunstgeschiedenis. **Ja.** Ik vind het onderbelicht. **Ja.** Zeker voor mensen in een Alpha richting, het is gewoon jammer. **Ja.** Want je kan zoveel meer als alleen maar eh we zijn wel echt een beta school, blijkbaar of zo. **Ja, qua profiel.** En als je kijkt op andere gymnasia, dan zie je toch dat er veel meer aandacht wordt besteed aan eh, ja, kunst. **Ja,** in zijn algemeenheid, **ja.**

**Ehm. Welke meerwaarde of doelstelling zou het vakoverstijgend werken moeten hebben?** Nou, eh, dat alle kinderen aan hun trekken komen, dat, dat is mijn eigenlijke doelstelling. Dat alle kinderen, eh, sommige kinderen kiezen mijn vak, maar omdat het kennelijk heel gewoon is om dat te doen, maar vinden het niet zo leuk. En als het geen doel dient, het vak, dan wordt het heel, dan wordt het sleuren. Maar als er op gegeven moment een lichtpuntje van, ok, maar als ik dat weet, kan ik dat doen! Als er, ik probeer zoveel mogelijk al eh, dat neemt mijn vak ook wel een beetje mee, naar buiten te treden met voorbeelden en contexten en we zijn een heel contextrijk vak. Maar dat probeer ik ook wel, maar voor heel veel kinderen is het nog steeds een beetje, eh, abstract. En als je het weer meer naar leerlingen toe trekt, dan wordt het ook, eh, meer kinderen ook duidelijk, he, het gaat wel ergens op door, ik hoef niet in een laboratorium te staan om scheikunde te doen, want dat denken ze. **Ja.** Maar dat is helemaal niet zo. Eigenlijk zal misschien twintig procent van de beroepen waarin je scheikunde doet, in een lab terecht komen, maar, dan heb ik het misschien nog ruim. De rest zit in totaal andere disciplines. **Ja, ja.** En dat eh maar dat heeft ook te maken met het analytisch denken dat je meeneemt, dat wat je creëert omdat mijn vak ook heel complex is

en heel veel verschillende facetten heeft, dan moet je heel analytisch zijn. **Ja**. En die vaardigheid die zie je terug in de mensen die aan het werk zijn daarna. Dat die wel heel erg gewenst zijn. **Ja, ja, vanwege dat vermogen, ja, ja. Super. En welke eh mogelijkheden zie je voor, eh ook daar hebben we het natuurlijk een beetje al over gehad, voor het vakoverstijgend gebruik van een 3D printer vanuit jouw vak en vanuit jouw lessen. Ik wil eigenlijk al door naar de vorige vraag, want je hebt hier al antwoord op gegeven.**

**Welke ideeën heb je om aanzet te geven voor een vakoverstijgend project met gebruik van een 3D printer?** Ja, ik heb dus een project, eh, eh, in klas 3, bij mij, via de SLO hebben we allemaal modules geschreven afgelopen jaren, daar zijn we nu 10 jaar mee bezig, 2004, 12 jaar mee bezig. 2004 begonnen, en eh dat noemden ze nieuwe scheikunde. En toen hebben ze besloten bij eh scheikunde van nou, docenten die gaan het onderwijs schrijven. En eh, toen zijn er dus in het hele land eh allemaal netwerken gestart en ik was daar ook een onderdeel van een van die netwerken, en hebben ze dus op verschillende universiteiten hebben ze al die netwerken een keer samen laten komen, didacticus en coach en hebben ze in plaats van boeken hebben ze allemaal modules geschreven en sommige scholen zijn volledig overgegaan op modules, en leerlijnen. We hebben een Delftste leerlijn die heel erg ingaat op eh techniek, bepaalde technieken, groene chemie en wat met name heel erg naar voren komt in die leerlijn. Maar binnen die leerlijn worden alle concepten voor het eindexamen behandeld. Alleen dan met een, met een... **Andere invalshoek**. Met een interactie met op groene chemie bijvoorbeeld. **Ja**. Nou, dan heb je de Bonte leerlijn, noemen ze het, Groningen. En die hebben dus ook hele andere invalshoeken maar ook nog steeds dezelfde concepten. Zo zijn er in het hele land eh, verschillende leerlijnen ontstaan, met allemaal modules. En die zijn vrij verkrijgbaar. **Ja**. En dan kan je dus gewoon een module eruit vissen, als je zegt, nou, ik wil nu zuren en basen doen, die niet behandeld wordt in mijn boek zoals ik het zou willen, dan heb ik dus nu een module erbij gepakt, en daarin staan de experimenten, en ze zijn wel ruim uitgetest allemaal. Want we hebben allemaal pilot scholen gehad. **O, wat goed**. En eh die zijn weer geredigeerd en nog een keer bekeken en eh heel veel bijeenkomsten zijn erover geweest en workshops en alles. En eh, nu heb ik er eentje uitgekozen van melkzuur tot kunstnie en dan gaan ze dus eh uiteindelijk heb ik zelf dat stukje 3D printen eraan willen toevoegen omdat eh, omdat het er niet instaat. En het wel helemaal tot het poliummelkzuur eh beschreven. **Ja**. Ja, dan is heb bruggetje naar de 3D, dat projectje is heel klein. Dus die ga ik toevoegen, en andere dingen haal ik er uit, want ik bedoel, je bent vrij om je modules zelf in te richten. Ik weet wat ik wil behandelen, en eh, zo zijn al die modules ook een beetje opgebouwd. Dat je er een andere invulling aan kan geven. Dus dat ga ik eh, in klas 3 doen, aan het eind. Mede omdat we een lang jaar hebben, heb ik tijd om een beetje te spelen. **Ja. Want pas je dan, eh, eigenlijk wordt dit dan een soort pilot**. Ja, dit is een pilot. **Om eh met jou eh 3D print plan eraan gekoppeld, en voeg je dat dan weer toe aan de lesmodule? Is het zo'n soort open source ding?** Ja dat ga ik wel doen ja. Ik ga wel eh, ik kan dat wel eh ook toevoegen wat ik schrijf. **Ja**. Eh, en terugsturen, en dan wordt het waarschijnlijk wel toegevoegd. **Ja, want zijn er al, heb je daarnaar gekeken, zijn er lesmodules in scheikunde waar al eh een 3D printer wordt ingezet?** Nou, ze hebben het natuurlijk wel, het heet ook, tot kunstnie, **Ja ja**. Dus het wordt wel verteld. **Het zit er wel in**. Alleen het daadwerkelijk doen, niet. **Nee**. En kijk, eh, ontwerpen of modelleren en dat soort dingen wordt helemaal niet behandeld, in geeneen boek. En dat zijn wel dingen die in de toekomst heel belangrijk gaan worden. Mede doordat je dingen opnieuw gaat..., **in de zin van programmeren bedoel je?** Programmeren, **ja ja**, modelleren, eh, ja, en software gebruiken eigenlijk. **Ja**. En dat staat nergens, en dat daar worden die kinderen totaal niet in opgeleid, en dat vind ik ontzettend zonde. **Ja**. Ja, dus ook daarin eh ga ik wel eh harder werken. En dat zal wel weer vakoverstijgend zijn met een bijvoorbeeld wiskunde of een natuurkunde, om daar dus ook een beetje ja, smoel aan te geven dat die kinderen gewoon leren programmeren. Ik heb nou heel veel verslagen teruggekregen van klas 3, en eh subscript en een superscript wordt gewoon niet eens gebruikt. **O**, dat wist ik niet. **Want leg eens uit?** Nou, H<sub>2</sub>O, maar als jij zegt H<sub>2</sub>O, dan schrijf je een tweetje klein beneden. Nou ik krijg gewoon alles met dezelfde rechtdoor. **O ja**. Nou dat stoort mij geweldig als je in de

derde zit, vind ik wel dat je dat moet kunnen. Maar als je, ik zeg altijd, als je het niet hebt aangeleerd, dan weet je het niet. **Nee**. Nou deze kinderen hebben dat niet aangeleerd, **ja**, dus weten ze het niet. Ja, dat moet eigenlijk wel beter. En dan denk ik dat programmeren, als je iets moet leren aan die kinderen, is het niet alleen maar een eh gewoon word en excell, hoewel excell wel heel belangrijk is, maar eh, ook programmeren hoort daarbij. **Ja**. En er is niets wat zo'n voordeel is, als je dat beheerst voor de toekomst, voor hierna. **Ja**. Zeker voor deze leerlingen die eh, eigenlijk heel veel dingen zelf gaan uitzoeken, en uitvinden, is het wel heel handig als je een eh logische taal van ja, beheerst, **ja, qua programmeren bedoel je, het is tuurlijk, want hoe zie jij de 3D printer daarin, of het programmeren?** Nou, als je begrijpt hoe zo'n taal in elkaar zit. **Ja**. En je leert dat in de onderbouw, dan begrijp je ook hoe je de software kan verwerken. **Ja**. En als je dan een, creatiever wordt en je gaat denken van oh, maar ik wil het eigenlijk zo, dan kan je het zelf aanpassen. **Ja, precies**. En en deze leerlingen zijn daar zeker toe in staat. **Dat denk ik ook, ja**. En dan denk ik dus dat eh, dat je de plank gewoon mis slaat als je dat helemaal weglaat. **Ja, ok, nou, heel erg bedankt voor dit interview!** Hartstikke goed.

eigenlijk toevoegen sturen en dat zijn wel dingen die vind ik wel heel veel Randweg-zuid H2 zoals jij zegt H2O dat schrijft hij het weet je klein beneden Nou ik krijg gewoon alles met dezelfde letter echt oranje en naar het stort maar geweldig als iedereen is dit vind ik wel dat je dat moet kunnen als ik zeg altijd als je het niet op aangeleerd dan weet je het niet maar deze kinderen hebben niet alleen Dus weet het niet en dan denk ik dat toch meer als je iets moet leren aan kinderen is niet alleen maar gewoon voordeel is als je dat goed voor deze dingen die je eigenlijk heel veel dingen zelf gaan uitzoeken en uitvinden heel handig logisch want als je begrijpt al in de onderbouw dan begrijp je ook wil het eigenlijk zo zelfverzekerd Ik ga terug lezen dat heb ik ook zitten zoeken maar niet gewoon heel Filmpje misschien model En 3D kan werken dus dan kan je bijvoorbeeld als met schoolkinderen begint hier sprake van een vertaalslag snel gewoon hartstikke misschien helemaal goed

## **BIJLAGE 6g**

**ROOD = interviewer**

**ZWART= docent**

**Interview met docent wiskunde Kim Kaspers (opname 19),  
Murmellius gymnasium, Alkmaar 7-4-2016 11:33**

**Eh, Dit is een interview op 7 april met Kim Kaspers van wiskunde, op het Murmellius gymnasium. En eh mijn eerste vraag is: Wat zijn volgens u de kansen van vakoverstijging in het algemeen?** Kansen van vakoverstijging in het algemeen, ehm, ja, tet eh, in de toekomst, of in een carrière na school werk je natuurlijk samen met mensen, werk niet op je eigen eilandje enneh, ..werk je ook, ja dit is wiskunde dus doe je alleen wiskunde sommen .maar je werkt Je moet dingen combineren, vakoverstijgende projecten kun je al met de integratie van kennis..kennismaken. **Ja. En gebeurt, gebeurt dat eh op het Murmellius ook al wel, of zijn daar echt de vakken heel erg los van elkaar?** Ze zijn heel erg los van elkaar. **ok**. T gebeurt een enkele keer. 't gebeurt heel weinig. Ik heb trouwens ooit met tekeneneh samengewerkt . Het was anamorfose we werkten dan een rooster en met tekenen moeten ze dan verder werken, moeten ze het mooi maken. **En kun je daar wat meer over vertellen hoe dat dan in elkaar zat, met die opdracht bijvoorbeeld?** Eh, de leerlingen kregen een halve dag eh als ik me niet vergis ehm, **dus het was een project eigenlijk**, het was een project.klopt.**Ok**. Eh, halve dag, en wij legden dus uit hoe amorfosen in elkaar zaten met eh, verschillende soorten projecties, eh, waar ze, de meeste leerlingen zijn uiteindelijk voor...een cilindervormige tekening gekozen, dus een cilindervormige spiegel, wordt dan uiteindelijk op de tekening nogmaals eh teruggevormt, en ehm, ja om dat te bewerkstelligen eh, moet je met een soort assenstelsel eh cirkellijnen tekenen, en een assenstelsel het was een eerste klasproject eh,

hoort duidelijk bij de leerstof van wiskunde. Daar wat moois van maken en nadenken over wat je , wat je wil gaan maken eh, ja, dat hoort natuurlijk meer bij tekenen. **Ja, en wat is daar , wat was daar het voordeel van, want wat is eh nou het goeie van zo'n vakoverstijgend project?** Dat de resultaten mooier worden, **Ja**, klopt van mij uit gezien dan. **Ok. Ja precies, eh en voor de leerling? wat is daar het voordeel voor?** Meer plezier denk ik. **Plezier. Ehm, heeft het ook meer verdieping of ofmeer ehm,** Dat denk ik in dit geval niet. **Nee, ok. Dat was een vraag, ok. Wat zijn de nadelen van vakoverstijging?** Met meer mensen dingen afspreken ja, dat is natuurlijk lastig. **Ja. vooral praktisch . ok.** En , ja ook praktisch, lestijd, eh, wil je ...ik heb bijvoorbeeld ooit een project radioactiviteit met natuurkunde gehad, dat was heel leuk, ja, hoeveel lessen kost het daar, hoeveel lessen kost het hier, wat heb jij besproken, o, ik hoef , dat hebben we helemaal niet gehad.! Ja, Dat soort dingen. **Ja, en maak je dan samen een les, zeg maar? Maak je een lesopzet, of doe je het allemaal apart, en.** Eh, ja we hebben natuurlijk wel een lesopzet ja, juist als je samenwerkt dan is dat nodig. **Ja, ja, ok. Ehm, nou, nou je noemt al heel veel, en mijn vraag is met, met welke andere vakken zie je mogelijkheden tot vakoverstijging?** Met alle vakken. **Met alle vakken, ja, ik wou al zeggen, want ik hoor al tekenen, natuurkunde,** Grieks lijkt me heel leuk, ..Ecylydes, daarvan uit verder denken. **Ja... , ja,** Ja talen, de andere talen zie ik iets minder moet ik zeggen, dus ik zeg wel alle, **ja, ja,** maar toch **toch weer specifiek.** ..Kun je meer dan genoeg doen. Eh aardrijks..ja, alles. Grafiek, dat stuk van de wiskunde zit natuurlijk in bijna alle vakken. **Ja.** Geschiedenis. Geschiedenis van de wiskunde zelf, ook hoe je met tijd omgaat. Ik ken ook een project van mijn vorige school waarbij naar kalenderrekenen gekeken werd. Kalender...dat was ook een samenwerkingsproject met geschiedenis. **Ja, leuk.** En latijn. **Dus drie?** Ja drie. **Ehm, welke ervaring heeft u met het gebruik van een 3D printer binnen en buiten de school?** eh, ja, ik print gewoon regelmatig dingen. **Ja want jullie, jij hebt samen met eh eh de scheikunde docente mevrouw hofmeijer een 3D printer aangeschaft op het Murmellius, Eindelijk. Eindelijk, ja, hebben jullie daar al lang eh, zijn jullie daar lang mee bezig?** Ehm , nou eigenlijk, ehm niet eens zo lang. Ik wilde dit, maar ik had altijd het idee dat ik de enige was die dit wilde. En toen kwam mevrouw Hofmeijer. Ja, toen wilden we het allebei, **ja,** dat scheelt. **En waar kwam het idee vandaan? Had je het ergens anders gezien?** Ik denk van mevrouw Hofmeijer, ik heb daar in een introductiestukje dat ik voor het mededelingenblad schreef , heb ik al een 3D printer genoemd. Dat is wel grappig, maar ehm, ja, we zijn nu 3, 4 jaar later en we hebben m. En waar, eh, eh, waar kwam het idee vandaan, dat je een 3d printer op school wilde? Tenminste, hoe ontstond het plan? Kijk, je hebt natuurlijk steeds meer nieuwsartikelen , nou dat heb je eigenlijk al jaren, over de 3D printer. Het zit nu ook sterk in het scheikunde examenprogramma. Ehm, dus dat was de aanleiding. Ik wilde het al heel lang, omdat ik vind dat je er leuke dingen mee kunt doen. **Ja.** aanschouwelijk maken, ruimtelijk inzicht, ruimtelijk denken. Ehm, ja, dat was de aanleiding. **En eh want dat heb ik niet gehoord, ehm, op welke manier zit het in het scheikunde eindexamenprogramma?** Ehm, de stof, **ok** welke stoffen zijn geschikt voor de 3D printer en waarom? Thermoharders, themoplasten, nou ja, daar kan mevrouw Hofmeijer meer over vertellen maar **Ja, ok. Ik wist niet dat het in het eindexamenprogramma was, Ik begrijp het.** Ehm, wat, wat zijn volgens u de kansen voor het gebruik van een 3D printer in uw lessen in de onderbouw? Ik denk dat het bij wiskunde niet vaak gebruikt zal worden, maar in het stuk ruimtelijk denken waar ruimtelijk inzicht, ruimtelijk dingen weergeven ..zelfs bijna geen onderdeel van het examen..maar wel van het lesprogramma van het onderbouwprogramma zeg maar .maar maar het hoort bij de wiskunde Ja, het ruimtelijk denken, hoe kun je dingen ..ehm alleen al het assenstelsel 3D gezien, ja, dat hoort bij wiskunde. **Ja. ehm. Ik had het net erover, over wat uw ervaring is met het gebruik van een 3D printer, en ik weet, ehm , uit voorgaande gesprekken dat u meer ervaring heeft met 3D printers. Eh, kunt u daar wat meer over vertellen?** Ik heb op mijn vorige school en hier trouwens...projecten gedaan waarbij leerlingen iets moesten gaan ontwerpen ehm, ja, dat was altijd erg leuk. **En met groep 8 leerlingen van , die dan hier kwamen kijken?** We hebben hier een masterclass gehad waarbij uit de regio scholen verschillende scholen bezoeken en dan 1 middagje, ja, langskomen, middagje latijn, klassieke talen zeg maar ...en een middagje hadden ze bij mij. **Ok. En ehm, heeft u daar ehm, hoe heeft u dat opgezet bijvoorbeeld? Waar eh tegen welke problemen liep u aan? Wat waren de voordelen ervan?** Nou, als je maar een middagje hebt, is in ieder geval 1 praktisch probleem. Dus in 1 middagje 2 uur,

heb ik ze wat wiskunde raadsels vertelt, ja, ze zien die 3D printer, eh, ja, dat willen ze gewoon het liefst. Dus ik heb eh, wat dingen van het programma sketch up dat ik dan gebruik laten zien. Ik had het computerlokaal gereserveerd, en ze mochten aan de slag. Eh, en dan was het probleem dat je het heel simpel kunt houden, maar ze willen graag mooie dingen maken. En daar heb je meer tijd voor nodig, eh, het programma heb je zo onder de knie, eh, maar om er meer van te maken iets uit te lijnen op schaal, eh, , mooie ronding dit, hoe plak je dat of dat vast, heb je meer tijd nodig. Dus het praktische probleem was, dat ik eh in mijn eentje rondloop met weet ik veel hoeveel kinderen...hoe moet dit, hoe moet dat. Ah, dat ging verder prima, ik had ze ook daarvoor gewaarschuwd, ik weet dat het zo loopt. Dat je elkaar moet helpen, het is best wel druk, ...en heb met voorgaande projecten vaak een soort jury gedaan waarbij alleen de mooiste ontwerpen ...maar ik vond dat je dat voor zo'n masterclass voor 8 kinderen die dat maken, ja sorry, die printen we wel, die printen we niet. Dan moet je ze allemaal printen. En juist, omdat ze er maar 2 uur aan gewerkt, of, 1 uur eraan gewerkt hebben, zitten er best wel veel fouten in die modellen. Dat moet ik dan op gaan lossen, ja, dus dat kost eigenlijk veel te veel tijd. Ja.dus , zo zou ik normale onderwijsmodellen ook niet vormgeven. Ehm maar ja. **Wat zou je hiermee doen? Als je het zeg maar, ehm, die 3D printer is nu op school, eh, hoe zou je het hier inzetten.Bij welk vak hoort het , zou het vakoverstijgend zijn, of juist niet? En wat hoort bij wat? Hoe zou je dat opzetten waar je, met de kennis die je nu hebt?** Ehm, nou eerder zoals ik op mijn vorige school heb, o, dus, een deel uitbesteden, ik kan niet alles in mijn eentje, eh, zorgen dat er meer docenten weten hoe de spullen werken, daar was het thema architectuur, dus, dat is vakoverstijgend dus dat werd behandeld door docenten van andere vakken. Nou, mochten de kinderen gaan ontwerpen.eh. **Maar bij welke andere vakken?, deden allemaal mee?** Nou dat was , ehm, nou je had een project week ook, dus, ok. Dat maakt het al een stuk makkelijker. Je had daar een soort quest, zo noemen ze het, ehm, waarbij je, zo, ja, elke week had je zo een quest daar werden ale docenten op ingeschakeld , ja, **En dan werkten ze aan hun project en daar ehm, werd steeds iemand anders op ingezet. Dus dat kan heel wisselend zijn.** Klopt. Maar de meesten hebben...gekregen, maar evengoed, eh, er werden dingen door anderen gedaan, maar met name dat stuk instructie en het gebruik van het computerprogramma dat kwam vaak toch wel op mij neer. Ja. Maar daar gingen we niet alles printen. Daar had je meer lessen om iets te bekijken, en nog eens opnieuw. Bekijken, dan konden ze thuis verder werken. Ja, zo moet je het natuurlijk doen. Ja. je kan niet verwachten dat dit in een uurtje eh, de bedoeling is dat de leerlingen zelf een model corrigeren, niet ik. Nee , dat gaat normaal goed. Ik zou hier denken als we een inloopuur hebben op de vrijdagmiddag, iedereen die ermee aan de slag wil, kan dat. Ja. dat is mijn idee eigenlijk. Ja, dan. dat moet ook nog opgezet worden. **Nee, maar goed, dit is ook puur op het idee gebaseerd hoe kan je het op het murmellius natuurlijk eh.** En ik zou eerst ook weer zo'n eerste klas project opzetten. Dat deden we meestal rond pasen. Amorfosen begint, ja, dat is me dus nog niet gelukt. Eh, waarbij dus alle leerlingen uit klas 1 eh een halve dag aan de slag ...willen voorstellen. Ja. **Want dat was een project wat eh meerdere weken speelde, of hoe was dat?** Nee, eigenlijk 1 per dag. **Ok.en dat was echt....** Maar dat zou ik 2 middagen van willen maken, of ochtenden. ..lesuren of iets dergelijks. Ja, dan dat je zeg maar met eh 1 klas, nee, met alle eerste klassen **maar dat moet dan bij verschillende.** Ja, praktisch, **precies. Ja, ok.** Dus dan zit je in een week, zit je, ja, eh projectweken zijn ook heel geschikt . dus we zouden ook kunnen kijken of het in de reisweek van dit jaar zouden gaan doen. Ja, ja, precies, en dat je dan een deel bij de ene leerkracht en bij de andere leerkracht iets afmaakt. **Ok, eh, nou, dit is al een beetje een antwoord. Wat voor verwachting zou je hebben van vakoverstijgend werken met een 3D printer in de onderbouw? Het is een beetje dezelfde soort vraag als wat voor meerwaarde zou dat vakoverstijgend werken moeten hebben.** Ja. meerwaarde is altijd lastig. **Met de 3D printer.** Nou ik denk, dat het gaat om, vanuit het stuk dat ik wil, kijk eh mevrouw Hofmeijer is natuurlijk bezig met de materiaalkennis en dat is heel leuk dat je dingen ook in de praktijk ziet. Ik, van mijn kant uit vind ik het leuk om eh, om te zien hoe dat ruimtelijk denken zich ontwikkelt eh ontwikkelt. Ja. je merkt dat ze plat ontwerpen en dan langzaam aan steeds ruimtelijker bedenken. Ik vind het ook leuk om dat ze zien hoe de doorsnedes werken. Je hebt natuurlijk allemaal doorsnedes die horizontaal zijn . Bij de 3D printer bouw je dat laagje voor laagje op, tenminste bij dit soort 3D printer. Eh, maar dat maakt dat je ziet wat er gebeurt. je begrijpt iets meer van ja, hoe dingen in de

ruimte in elkaar zitten. Ja. ehm. Ik denk niet dat ze betere wiskunde cijfers halen. Nee. Precies, maar je verwacht wel dat hun , hun denken daarin versterkt, en ehm, zijn er nog meer voordelen die met betrekking tot ..enthousiasme ja, precies, motivatie van de leerlingen. Ja. ja, dat begrijp ik. En bij andere vakken dus, nou, scheikunde is duidelijk ehm, bij andere vakken kun je ook eigenlijk vooral de resultaten van 3d printen inzetten. Een bekend voorbeeld is eh de hoogtekaart van Nederland 3D printen, water erin gieten en laten zien dat het inderdaad tot daar overloopt. Eh biologie modelletjes, eh hoe zitten gewrichten in elkaar. Maar bedoel je dan meer dat het een soort demonstratiemodellen worden? Demonstratiemodellen inderdaad. Dus dan zou je dat... Maar bij die kaart van Nederland, normaal gesproken heb je eh, animatie, die op het scherm of iets dergelijks. Al zou je 1 modelletje, je zou ook elke leerling een model kunnen geven eventueel. Maar evengoed het feit dat je zo'n model hebt, dat heb je normaal ook op internet. Nee. Dus je kunt dingen makkelijker ehm je kunt makkelijk, ja, je kunt tempels, 3D tempels printen bij eh bijvoorbeeld de klassieke talen. Je kunt dus de materialen bedenken die voor andere vakken interessant zijn. Ja, maar dan meer als demonstratie of ook echt om de leerlingen zelf aan de slag te laten gaan met die printer. Nee, dat zou ik niet . Nee, want dat zijn natuurlijk, dat zei je net al , want de nadelen zijn tijd, he met printen en vooral hoe je het klassikaal aanpakt. Ja. Ja, je kunt natuurlijk wel leerlingen die handig zijn, ehm, elke leerling kiest bij al die inlevervakken , werkstukken en dergelijke, kiest een eigen vak. Dat leerlingen voortaan zeggen, ik wil in plaats van een maquette, zoiets inleveren, zou ik dat ook prima vinden. Ok, ja. Als je zeg maar zoals wij ook eh, kopieermachines ..zou ik het leuk vinden als het ook ingeleverd kan worden op zo'n manier. Ja. Het daadwerkelijk printen kost tijd, dus daar zitten we mee. Ja, maar dat eh maar dat hulp in de zin als ze het niet hebben gehad. Eh, want er niet een vak als ICT of zo op deze school. Klopt. En ehm ehm dus dan eigenlijk als je wil dat ze met daarmee met dat eh ontwerpen aan de slag gaan, dan zou dat ergens natuurlijk ingezet moeten worden. Ja. Dus dan. Kijk, ik wil daar best leestijd voor vrijmaken in mijn programma eh, maar eigenlijk moeten we dat vanuit de sectie alles eens gaan bekijken. Ja. van wat willen we ermee. Of ..invoeren, vind ik ook prima. Ja, want dat is inderdaad van welke ideeën heeft u om een aanzet te geven voor vakoverstijgende projecten met gebruik van een 3D printer en wat hangt daar allemaal aan vast? Ja, nou ik zou inderdaad klein beginnen met zo'n eerste klas project. Ja. waarbij ik zou zeggen, nou dat doen we dus grotendeels zelf, ja, eh en vandaaruit verder uitwerken. ja, precies. En dan inderdaad kijken of je, of dat genoeg geeft om te zeggen, nou we willen digitalisering meer inzetten of we willen dat alle eerste klassen daar een paar lessen in hebben en dan kijken bij welk vak dat thuishoort. En andersom. Eh, of andersom, eh zou ik ook leuk vinden, maar ja, maar tijd is op dit moment eh echt een probleempje . ja. ehm, mevrouw Hofmeijer is ook heel enthousiast. Ja . Daarmee zou ik ook verder gaan. Ja. Nou ja, je zoekt inderdaad dan eerst de samenwerking met mensen die er net zo enthousiast over zijn. Ja. Als je dat los zou laten, eh, zie je in principe mogelijkheden met bijna alle vakken samenwerking en vakoverstijging . Maar je ziet wel die 3D printer als vakoverstijgend middel of zie je het als eh sec vanuit je vak eh waar kan ik de connecties leggen? Wat kan ik met die 3D printer, eh ga ik constant samenwerking aan met anderen, of ga ik gewoon even kijken. Nou, niet constant. Nee. Ja, eh, ja, ik zie alle kanten eigenlijk. Ja. Ik zou niet 1 ding willen kiezen. Allereerst denk ik vanuit mijn vak en niet eens perse vanuit een vak maar ook vanuit een stuk enthousiasme. Ja, precies. Dat je ook terugziet bij die kinderen, daar moeten we gewoon wat mee. Ja. dat zeg je, dat is je doelstelling dus in principe gaat het om die motivatie en dat is eigenlijk de leidraad voor het uitzetten van projecten . Ja. Ok. En eigenlijk om de ontwikkeling van het ruimtelijk denken. Ja, precies. Dank je wel, hij is helder.

## BIJLAGE 7a - Analyse interviews deskundigen

*Vraag: Welke software heeft een leerling nodig om een 3D printer te kunnen gebruiken?*

Jeroen Mussert:

**3D doodler**, simpel programmaatje, hiermee kun je op een Ipad of laptop met je vinger iets tekenen, dat kan je omzetten naar '3D' en dan kun je het printen. Geschikt voor basisonderwijs en onderbouw VO

**Tinkercad** van het grote autocad, daar kun je meer mee doen, maar heb je ook meer vaardigheden voor nodig. Hiermee ben je echt met vormen bezig een ontwerp op te bouwen

Bovenstaande is freeware, open source. Dat betekent dat het gratis is, en dat er via internet al voorbeelden van ontwerpen te vinden zijn die je zo uit kunt printen.

Andre van Rijswijk:

3D printer is altijd gekoppeld aan een programma die eigenlijk bij de printer hoort, die de tekening in plakjes verdeelt. Het ontwerp moet je maken in een tekenprogramma, daar heb je er veel van, van open source (gratis) tot heel duur.

**Sketch Up** is voor scholen niet het meest geschikte programma, op scholen liever een professioneel programma met licentie Solid Works. Hier op FAB LAB hebben we een versie van **fusion 360**.

Je kunt ook **doodelen op een Ipad**, dat zijn hele snelle prints, een soort 3D versie van een 2D tekening.

Remco Liefing:

grote firma's, zoals autodesk (maakt ook autocad), maken elke maand nieuwe software programma's, veel kick starters voor doelgroep onder de 16 jr.

**Tinkercad** is de meest bekende, webbased, gratis account met hele community erachter. Het werkt door het combineren van geometrische vormen, werkt als een soort blokkendoos waarmee je kunt bouwen. Omdat leerlingen allemaal minecraft kennen, is het heel toegankelijk. Deze modellen zijn makkelijk te printen.

*Vraag: Welke vaardigheden heeft een leerling nodig om een 3D printer te kunnen gebruiken?*

Jeroen Mussert:

Eigenlijk hoef je kinderen alleen maar te vertrouwen en motiveren om het gewoon te doen, dan gaat het allemaal vanzelf.

Andre van Rijswijk:

er zijn twee kampen: Kamp 1 een school die een 3D printer heeft die in de kast staat bij een docent of assistent en die alleen gebruikt mag worden onder hun gezag. Kamp 2 een school die een 3D printer in de klas heeft waarbij bepaalde leerlingen ambassadeur worden van de machine, en die m onderhouden. De klas mag m zelf gebruiken of zelfs zelf bouwen. Bij dat laatste ontstaan ook samenwerkingsvaardigheden.

Remco Liefing:

Leerling moet iets willen en kunnen ontwerpen, iets 3D willen maken en weten hoe ze kunnen slicen. (in plakjes kunnen denken). Ze moeten ook snappen dat een 3D printer net iets anders kan dan een zaag, lijmpistool of hamer. Waar je misschien meer vaardigheden nodig hebt voor beeldhouwen of zagen, kun je misschien hetzelfde maken met minder vaardigheden met een 3D printer. Mindset daar begint het mee, ze laten experimenteren en ontdekken, zodat ze wild kunnen gaan. Vaardigheid om zelf de 3D printer te kunnen bedienen gaat verder dan alleen op een knop drukken, door de reis van het bouwen mee te maken, kunnen ze ook zelf calibreren, een printerkop schoonmaken, oftewel zelf het probleem oplossen als iets het niet doet.

*Vraag: Wat zijn uw ervaringen met het gebruik van de 3D printer in het VO? Mogelijkheden en valkuilen? Toegevoegde waarde van de 3D printer?*

Jeroen Mussert:

*Mogelijkheden* : Door lessen op school te starten, doen de leerlingen er thuis ook wat mee. Tinkercad snappen ze binnen 30 minuten, maar je moet ze wel de mogelijkheden laten zien.

*Motivatie*: door uitdagende opdrachten met de 3D printer worden // nog meer geprikkeld om hun eigen ideeën te maken (door naar oplossingen toe te werken)

*Valkuil*: Ze hebben nog niet de kennis dat ze vormen kunnen onderverdelen. Bijvoorbeeld: dat een huisje eigenlijk een vierkant is met een driehoek erop. *Valkuil*: je hebt voldoende laptops nodig om op te kunnen werken, door in duo's te werken heb je nog maar de helft nodig aan laptops

*meerwaarde 3D printer*: is gewoon een dom apparaat, net als een 2D printer. Het wordt vaak verheven tot hoofdzaak, maar eigenlijk is het bijzaak. Het gaat om wat je erin stopt, wat je ermee creëert.

Andre van Rijswijk:

*Mogelijkheid*: om kinderen die enthousiast zijn, eigenaarschap, verantwoording te geven over de 3D printer, zich betrokken te laten voelen door ze een opleiding te geven. Dingen die mislukken is geen nadeel, maar onderdeel van het leerproces.

*Valkuil*: is capaciteitstekort omdat altijd mensen aan het eind lopen te wachten. Oplossing: Fablab, waar je als school van gebruik kan maken als een soort externe techniekruimte. (net als je een gymzaal inhuurt ivm capaciteitstekort)

*meerwaarde 3D printer*: je moet ervoor zorgen dat een 3D printer niet een soort overschatte hype wordt, het is gewoon een gebruiksvoorwerp net als een kwast

Remco Liefing:

*Mogelijkheden*: voor de leerling is dat de fun in het proces moet zitten, dat kinderen ook weer leren ontdekken. Het gaat om de beleving eromheen, kinderen gaan ontdekken dat je opeens iets kan downloaden, leerkrachten groeien daar dan in mee.

*Motivatie*: Omdat het aantrekkelijk is en nieuw, gaan de kinderen ervoor. Dat motiveert, inspireert en stimuleert, tegelijk ben je bezig met een stukje techniek.

*Grootste valkuil*: dat de dingen die ze nu al deden en goed werkten (huis ontwerpen en van klei maken), gaan vervangen door een 3D printer.

*Meerwaarde 3D printer*: de 3D printer doet iets speciaals, het kan functionaliteit meeprinten, dan heeft de printer zijn rol (een brug die open kan met een scharnier, dat kan meeontworpen en meegeprint worden. Het zorgt ervoor dat bepaalde creativiteit niet eindigt op een stukje papier of in een computerscherm, maar dat je het kunt doorontwikkelen en in een object kunt omzetten waar het met een andere techniek (hout o.i.d.) meer vaardigheden, tijd of moeite vereist.

Het downloaden van dingen waar je eerst geen toegang toe had is leuk en toevoeging. Het printen an sich heeft niet zoveel waarde in het leerproces, maar het **maak**aspect van een 3D printer is veel belangrijker. Kunst, techniek en de 3d printer horen bij elkaar (Jos van Tubbingen, Groninger museum) Alles dat visueel is, kan je tot een bepaalde hoogte fysiek maken door middel van een 3D printer.

Overall waar kennisoverdracht plaatsvindt, kan een 3D printer een rol hebben.

Ik vind beelden net zo belangrijk als woorden. Een 3D printer heeft dus net zoveel waarde als een 2D printer, omdat het objecten maakt, ipv platte dingen. Verder is het gewoon een ding.

*Vraag: wat zijn succesvolle en minder succesvolle lesopzetten geweest in het aanbieden van 3D printer in het VO onderwijs?*

Jeroen Mussert:

1 Een head designer (hoofdontwerper) van een 3D ontwerp bureau geeft een les voor de klas waarbij



ze laat zien wat ze allemaal gemaakt heeft, ze vertelt daarbij de achtergronden van verschillende materialen en dan gaat ze met de kinderen op de laptops aan de slag.

2 ik kan me voorstellen dat je hele uitdagende opdrachten kan maken om via hele mooie tekeningen echt naar oplossingen toe te werken. Bijvoorbeeld twee blokken hout, met nog een plankje met afstand ertussen dat een brug wordt waar een kopje koffie op kan schuiven, en let maar op: dan gaat iedereen een platte plank printen, dat zetten ze erop. Die stort dan in, en dan gaan ze snappen dat ze spanten en dwarsverbanden moeten gaan maken.

Brug verzinnen die open kan, op welke manier dan ook. Die uitprinten en kijken of het werkt.

#### Andre van Rijswijk:

Je kunt kinderen landen laten tekenen, en die kan je in elkaar zetten, in een middag hard werken heb je een heel Europa bij elkaar geprint

#### Remco Liefing:

3Dkanjer experience: bouw pakket 3D printer met de hele klas maken. Liever met elkaar een reis in, in de zin van 4 workshops door het jaar heen. Er is vanuit 3D kanjers allemaal lesmateriaal, en inspiratiekaarten. De ongeveer 450 leden op dit moment uit BO en VO zitten in een community waar ze allemaal lesmateriaal van elkaar kan gebruiken en elkaar van reactie kunnen voorzien, leren van elkaar. Geen leermiddelen in de vorm van 100 pagina's 3D printen, je kan het in 4 pagina's uitleggen.

Wij zien kinderen die thuis het hele huis hebben nagetekend, een eigen huis ervan hebben gemaakt, met een printontwerp op school komen, die een printer bedienen. Als die verstopt is, maken ze m weer goed, draaien de schroefjes aan omdat ze m zelf hebben gebouwd, en maken een printje.

#### *Thema's:*

Ballonwagen,

Hoe ziet een hart of lever of een gebit of kies ervan binnen uit?

fractals

hoogteverschillen van Nederland

## Samenvatting

De meest duidelijke lesopzet tot nu toe is de 3Dkanjer experience. Omdat dit al op meer dan 200 scholen is gedaan, kan men wel spreken van een succesvolle lesopzet. In deze experience krijgt de klas een bouw pakket van een 3D printer die ze met elkaar moeten gaan maken. Ze gaan met de klas op ontdekkingsreis, en krijgen liefst verspreid over het jaar 4 workshops waarin 3D kanjers ze weer wat motivatie en leven inblaast. Zo heeft een klas de tijd om eerst samen tegen problemen aan te lopen en proberen dit op te lossen, de leerkracht is begeleidend, niet leidend. De leerlingen moeten zelf de Engelse gebruiksaanwijzing lezen, kijken wie er technisch het meest geduldig is, en wie er het meeste inzicht heeft. Leren samenwerken. Tegen verstoppingsprobleem aanlopen, de 3D printer zelf calibreren, schroefjes aandraaien, probleem herkennen en oplossen als er iets fout gaat. Er is vanuit 3D kanjers allemaal lesmateriaal, en inspiratiekaarten. De ongeveer 450 leden op dit moment uit BO en VO zitten in een community waar ze allemaal lesmateriaal van elkaar kan gebruiken en elkaar van reactie kunnen voorzien, leren van elkaar.

**Losse ideeën** vooral gedacht vanuit een technisch element (probleem) om eventueel lessen van te maken waarin een 3D printer een rol krijgt, zoals bijvoorbeeld de constructie van een brug die open en dicht moet kunnen, een bril met scharnier ontwerpen, een ballonwagen,

**Demonstratiemodellen** die ook van binnen levensecht zijn:

Hart, lever, gebit, kies van binnen

Hoogteverschillen in Nederland (water erin om te zien wat zou overstromen)

## Losse thema's

### Fractals

Topografie: ieder kind een land laten tekenen als een puzzel, samen heel Europa uitprinten  
Eigen kamer/ huis natekenen en uitprinten van binnen en buiten

*Is een 3D printer inhoudelijk vakoverstijgend inzetbaar? Zo ja, bij welke vakken?*

*Nadelen?*

Jeroen Mussert:

Engels omdat de gebruiksaanwijzing in het Engels is  
Tekenen en handvaardigheid i.v.m. benodigde ruimtelijk inzicht  
Mechanica op een technische school, dat kun je ontwerpen en printen

Andre van Rijswijk:

wereldoriëntatie/aardrijkskunde  
topografie  
wiskunde

alles in principe vakoverstijgend

Bij een technasium, een vrijere school met jongere docenten waarbij gepast onderwijs wordt aangeboden, gaat vakoverstijging van nature: zje koppelt lessen aan echte problemen uit het bedrijfsleven, dus moet je een telefoongesprek voeren in goed NEDERLANDS, je moet TECHNISCHE oplossingen kunnen verzinnen, moeten een project ook presenteren daar vraag je de THEATERDOCENT bij, etc alles in principe vakoverstijgend

Remco Liefing:

In elk vak heb je te maken met dingen, overal waar kennisoverdracht plaatsvind kan een 3D printer een rol hebben:

Engels i.v.m. de Engelse gebruiksaanwijzing van de 3D printer en engelse website

Rekenen om tekeningen te kunnen maken en oplossingen te kunnen verzinnen

Scheikunde kun je moleculen printen ipv kopen bij een bedrijf, of zelf moleculen tekenen en maken  
Geschiedenis objecten uit de geschiedenis (simuleren)

Biologie, een echt gescand hart model uit een ziekenhuis voor 3 euro, ipv 80 euro. Ook van binnen net echt, alle adertjes en hartvaten zitten erin, je kunt m ook openmaken om m van binnen te bekijken.

Wiskunde waarin je bepaalde modellen kunt visualiseren

Handvaardigheid doordat je objecten kunt maken die in klei bijvoorbeeld te moeilijk zijn, kunst en techniek

*Voor welk type onderwijs is een 3D printer het meest geschikt?:*

Jeroen Mussert:

Goede ervaringen als project in het basisonderwijs

Andre van Rijswijk:

Op een technasium past het heel goed, het heeft een werkplaats, een atelier, presentatieruimte. Je moet het meer zien als een bedrijf met verschillende plekken waar je aan het werk gaat. Als je een idee in een fysiek product wil uitwerken, de uitkomst van een opdracht of een probleem, kun je daar de 3D printer voor gebruiken. Je gaat niet meer heel erg lopen knutselen als een machine dat ook kan.

Remco Liefing:

Heel geschikt voor vakoverstijgende projecten, vooral in het basisonderwijs en sommige scholen (nieuwe scholen worden romdom dat principe ontworpen) zoals VMBO groen, een technasium, zoals in Amersfoort waarin de hele leervisie, hele didactiek in processen en projecten is georganiseerd: project waarin Nederlands, Engels, geschiedenis zit. Of biologie, natuur en wiskunde.

## **BIJLAGE 7b - Analyse interviews docenten**

*Wat zijn volgens u de kansen van vakoverstijging in het algemeen?*

Biologie (Remco Verhagen):

Leerlingen zien dat alles met elkaar verband heeft, en dat veel dingen terugkomen bij andere vakken. Het geeft een beter inzicht in hoe een toch wel abstract vak in de maatschappij een rol krijgt, dat wetenschap overlap heeft in diverse vakken.

Natuurkunde (Bas de Ruyter van Stevenink)

Kansen voor vakoverstijging bij het ontstaan van nieuwe vakken die op het raakvlak liggen van bestaande vakken in nieuw, meer geïntegreerd onderwijs. Op het Murmellius is het nog zeer verzuimd, erg moeilijk om daaruit te stappen. Voordeel is dat raakvlakken tussen vakken met andere nadruk en vanuit verschillende invalshoeken belicht worden, de overlap in stof is op zich al vakoverstijgend.

Scheikunde (Lovina Hofmeijer):

Kansen zijn dat er grotere doelen behaald kunnen worden als het gaat om begrip en uitwerking van bepaalde concepten binnen het eigen vakgebied.

Belangrijk om stof, opbouw en concepten te inventariseren. Scheikunde begint in klas 3, natuurkunde begint in klas 2, sommige vakken en concepten kun je misschien wel heel goed gaan stroomlijnen, dat je het tegelijk geeft of achter elkaar.

Dat meerdere leerlingen aan hun trekken komen doordat ze een concept op verschillende manieren krijgen, zo bedien je zowel beelddenkers als abstracte denkers, sommige leerlingen vinden het prettig om een combi te hebben. Het maakt het vak ook leuker.

Sommige docenten zijn bang voor verlies van verdieping, maar ik vind dat als je een goeie docent bent je je eigen concepten wel heel goed kan bewaken. Ik vind dat je vakoverstijging moet zien als een toevoeging en niet als iets dat je vak afbreekt.

Wiskunde (Kim Kaspers):

In de toekomst, na je schoolcarrière werk je natuurlijk met mensen samen en niet op je eigen eilandje. In vakoverstijgende projecten kun je al met de integratie van kennis zoals in het beroepenveld kennismaken. Voordeel van vakoverstijgende projecten is dat resultaten mooier worden en meer plezier voor de leerling

*Wat zijn volgens u de nadelen van vakoverstijging in het algemeen?*

Biologie (Remco Verhagen):

Vakken worden op het Murmellius heel erg uit elkaar gedoceerd, Je moet een onderwerp vinden waarbij beide vakken voldoende raakvlak hebben.

Natuurkunde (Bas de Ruyter van Stevenink)

Op het Murmellius is het nog zeer verzuimd, erg moeilijk om daaruit te stappen.

De examens zijn bepalend voor het onderwijs, zijn een opgelegde structuur van boven. de eindexamentermen sturen de hele boel. Pas als leerlingen worden opgeleid in een soort algemene natuurwetenschappen, zijn er veranderingen mogelijk in curriculum en vakoverstijging. Veel leraren op het Murmellius zeggen eerder: he, je bent mijn stof aan het doceren, dan dat ze blij zijn met de overlap. Nadeel is dus dat er afspraken gemaakt moeten worden over de overlap. Ik denk dat het niet erg is als leerlingen twee keer iets horen vanuit een andere invalshoek.

Nadeel is dat er verdieping en daardoor kwaliteit verloren gaat doordat leerkrachten breder en minder gespecialiseerd worden opgeleid

Scheikunde (Lovina Hofmeijer):

Gevaar is overkill aan stof als je het niet goed op elkaar afstemt.

### Wiskunde (Kim Kaspers):

Nadeel is dat je met meer mensen dingen moet afspreken over wie welke lesstof behandelt en hoe de opbouw zal zijn.

*Met welke andere vakken ziet u mogelijkheden tot vakoverstijging?*

### Biologie (Remco Verhagen):

Biologie-scheikunde: heel veel raakvlakken

Biologie-natuurkunde: krachten zoals ademhaling, luchtverplaatsing

Biologie-wiskunde: berekeningen met zuurstofopname, practicum. Wiskunde kan overal bij in de wetenschap

Kleinere raakvlakken met aardrijkskunde, talen i.v.m. verslagen schrijven, kunst door fantasiedieren te laten tekenen of strips (op eigen houtje, niet i.s.m. vaksectie tekenen op het Murmellius)

### Natuurkunde (Bas de Ruyter van Stevenink)

Vakoverstijging op dit moment ligt eerder persoonlijk, met collega's die op dezelfde manier denken en werken, dan stofinhoudelijk.

Natuurkunde-Klassieke talen: excursie Friesland Franeker (planetarium-natuurkunde en oude originele stad-historie) en Leeuwarden (Romeinse overblijfselen en contacten tussen Friezen en Romeinen-klassieke talen), wetenschapsfilosofie: geo centraal tot helio centraal, goden/natuurkrachten. Nadeel: komt niet voor in eindexamentermen, dus NIET nodig.

Natuurkunde-scheikunde: atoombouw (overlap in stof)

Natuurkunde-sterrenkunde: (nadeel: staat niet in het curriculum) valt voor een groot deel onder natuurkunde, filosofische achtergrond over hoe weet je dat er leven is op andere planeten, hoe zouden wezens daar wonen en denken? Hier vanuit lijnen uitzetten naar andere vakken die hier ook op aan kunnen sluiten.

Natuurkunde-kunsteducatie: 3D vormen vertalen in mobiele, bijvoorbeeld van spiraalvormen, helix, mobius, propellorachtige bewegingen, kubus dat van andere kant geen kubus is, bindingen tussen atomen of bionen, verbindingen tussen deeltjes moleculen,

Natuurkunde, scheikunde,- 3D printer: hoe je vervormingen kunt maken bij vaste stoffen, moleculen en verbindingen daartussen

Natuurkunde – 3D printer: als je weet dat een bepaalde constructie/vorm dingen sterker maakt, kun je dat toepassen in ontwerpen. Hoe je daar de 3d printer op in moet zetten, weet ik nog niet zo. lichte constructies, sterkteleer, vierkants- en driehoekconstructies: opengewerkte hijskraan (nadeel:het is heel groot en schoolprinter kan niet zo groot printen)

Wiskunde – 3D printer: chaostheorie, fractals, simpele algoritmes Nadeel: kunstje, je verdiept een begrip daar niet echt mee.

Vakoverstijgend begrip in veel vakken: ruimtelijk denken, 3D denken wordt wel gestimuleerd

### Scheikunde (Lovina Hofmeijer):

Profielwerkstuk (verplicht eindexamenonderdeel in Havo, VWO) zijn uitstekende vakoverstijgende projecten

Scheikunde is een tussenvak, een complex vak met veel verschillende facetten. Dan moet je heel analytisch zijn, een vaardigheid die in de toekomst heel belangrijk en gewenst is voor zeer diverse vakgebieden. Ons vakgebied is in zoveel aspecten van de samenleving terug te vinden, dat er altijd wel iets te vinden is om samen met andere vakken iets te doen.

Scheikunde-biologie: biochemie, overlap stof: eiwitten op de chemische manier en op de biologische manier. Zou heel goed in 1 project kunnen, spijtig dat dat op dit moment nog niet gebeurt.

Scheikunde-natuurkunde krachtenleer, atoombouw. We zijn langzaam bezig om dat samen te voegen.

Scheikunde-techniek: begrip INHOUD: kubus maken met bepaalde inhoud bij techniek, waarbij scheikunde inging op de concentratie (hoeveel knikkers/moleculen passen erin). Zo zien kinderen het belang in van een abstract begrip als inhoud.

Scheikunde-natuurkunde: Elektronentransport, moleculen, atoommodel

Scheikunde- biologie

Scheikunde-tekenen: ruimtelijk inzicht, opstellingen

Scheikunde-aardrijkskunde: aardwetenschappen, mineralen, grondstoffen, reacties, bouwstoffen, fosfaten

Scheikunde-klassieke oudheid: chemische bewerkingen in de tijd van Caesar (make-up van toen)

Scheikunde-3D printer: materialen en eigenschappen zoals duurzaamheid en afbreekbaarheid van materialen. In onze 3D printer kun je 3 verschillende materialen gebruiken waarin bijvoorbeeld hardheid een grote rol speelt. De 3D printer is een nieuw examenonderdeel dit jaar van macro (hoe ziet een gebruiksvoorwerp eruit van een bepaalde stof, en welke eigenschappen heeft dat ontwerp, hoe zijn op macroniveau de moleculen dan met elkaar verbonden?)

Wiskunde-3d printer: dwarsdoorsnedes die je niet kan tekenen toch laten zien in 3D

#### Wiskunde (Kim Kaspers):

Met alle vakken.

Wiskunde-natuurkunde: project radioactiviteit

Wiskunde-grieks: Vanuit Euclides verder denken

Wiskunde-geschiedenis: geschiedenis van de wiskunde zelf, hoe je met de tijd omgaat

Wiskunde-geschiedenis-latijn: kalender rekenen

Wiskunde-aardrijkskunde: grafiek, maar dat stuk van wiskunde zit in bijna alle vakken

3D printer – scheikunde: inhoudelijk inzetbaar op materiaaleigenschappen.

3D printer - wiskunde: inhoudelijk inzetbaar op ruimtelijk inzicht.

Bij andere vakken kun je eigenlijk vooral de resultaten van 3D printen inzetten, demonstratiemodellen:

3D printer-aardrijkskunde: demonstratiemodel bij aardrijkskunde-hoogtekaart van Nederland 3D printen, water erin gieten en laten zien dat het inderdaad op bepaalde plekken overloopt

3D printer-biologie: modelletjes, hoe zitten gewrichten in elkaar

3D printer-klassieke talen/geschiedenis: 3D tempels/kastelen/ruïnes printen op waar nu alleen nog de overblijfselen zijn

*Welke ervaring heeft u met het gebruik van een 3D printer binnen en buiten de school?*

#### Biologie (Remco Verhagen):

Alleen buiten de school in het prille ontstaan van 3D printers heb ik er 1 gebouwd met mijn zwager. Ik wilde een keer iets maken (3D printen) dat moeilijk te vervangen was.

#### Natuurkunde (Bas de Ruyter van Stevenink)

Weinig, ik heb de printer op school gezien, ik weet wat ie kan en ik heb een paar printjes gemaakt.

#### Scheikunde (Lovina Hofmeijer):

Buiten de school alleen ervaring met literatuur over de 3D printer. Maar sectie scheikunde en sectie wiskunde hebben samen handen ineen geslagen om vakoverstijgend een 3D printer voor de school

aan te schaffen. Omdat in wiskunde heel vaak dwarsdoorsnedes zijn die je niet kan tekenen en je niet goed kan voorstellen, en die je wel kan printen. Voor scheikunde is de 3D printer interessant omdat het heel vaak over eigenschappen van materialen gaat, vandaar de aanschaf van een 3D printer die met 3 verschillende materialen kan printen waarin hardheid, duurzaamheid en afbreekbaarheid een grote rol speelt.

Wiskunde (Kim Kaspers):

Op mijn vorige school projecten met de 3D printer waarbij leerlingen iets moesten gaan ontwerpen met het thema architectuur, het stuk instructie en gebruik van het computerprogramma kwam vaak op mij neer. Daar gingen we niet alles printen. En hier op het Murmellius masterclass middagje voor groep 8 leerlingen.

*Wat zijn volgens u de kansen voor het gebruik van een 3D printer in uw lessen in de onderbouw?*

Biologie (Remco Verhagen):

Ik sta overall voor open, maar momenteel zie ik alleen mogelijkheden voor demonstratiemodellen, maar die kun je net zo goed gewoon kopen.

Natuurkunde (Bas de Ruyter van Stevenink):

Ik zie nog niet zo goed waar ik ze op dit moment kan inpassen. Om iets ruimtelijk weer te geven, teken ik iets ruimtelijk op het bord, of gebruik ik een 4D presentatie via het digibord waarin bijvoorbeeld een rotatie duidelijk wordt. Dat werkt erg goed, dus ik voel geen noodzaak voor 3D geprinte demonstratie modellen. Hooguit mobielen van ruimtelijke vormen ter versiering van het lokaal.

Scheikunde (Lovina Hofmeijer):

Vooraf het leren ontwerpen en programmeren naast het leren werken met Excel in de onderbouw vind ik belangrijk. Het leren zelf dingen uitzoeken en uitvinden, begrip hoe je software kan verwerken, creatiever kan worden omdat je zelf dingen kan aanpassen aan hoe jij het wil. Dat kun je leren door ontwerpen voor projecten met de 3D printer

Wiskunde (Kim Kaspers):

Wiskunde lesprogramma van de onderbouw-voor ruimtelijk inzicht, ruimtelijk dingen weergeven, het assenstelsel 3D gezien

Maar meer ook het zelf leren corrigeren van fouten in een computerontwerp, daar heb je meer lessen voor nodig, om iets te bekijken, en thuis aan verder te werken. Bijvoorbeeld op de vrijdagmiddag een inloop uur waarin iedereen die dat wil, ermee aan de slag kan.

Ook in de eerste klas een project opzetten bijvoorbeeld in de projectweek (zoals Anamorfosen) waarbij 2 middagen aan een ontwerp wordt gewerkt, en een deel bij de ene leerkracht en een ander deel bij een andere leerkracht wordt afgemaakt.

Nog een kans is dat een leerling zelf een manier kiest om een werkstuk in te leveren. Misschien i.p.v. een plattegrond 2D in te leveren, ook een maquette mag inleveren (3D geprint)

*Wat zijn volgens u nadelen voor het gebruik van een 3D printer in uw lessen in de onderbouw?*

Biologie (Remco Verhagen):

Het lijkt me moeilijk de 3D printer een leerdoel te geven in de lessen, het gevaar van alleen een simpele leuke gimmick dat inhoudelijk weinig toevoegt. : dat je er teveel tijd aan gaat besteden en dat het relatief weinig oplevert.

Natuurkunde (Bas de Ruyter van Stevenink):

Nadeel is denk ik dat het niet goedkoop is, en dat je voor demonstratiedoeleinden grotere modellen nodig hebt, die in de school printer niet te printen zijn. Er is ook geen noodzaak voor een 3D model als ik het nog gegeven nog beter via computersimulatie kan laten zien (zoals trilling effecten of doorbuiging van constructies)

Scheikunde (Lovina Hofmeijer):

Mijn vak begint pas in de derde. Ik ben dus afhankelijk van wat andere vakken voor mij doen met de 3D printer. Ik zou graag zien dat ze bijvoorbeeld in de eerste 2 jaar al iets hebben geleerd qua

programmeren en ontwerpen, bij wiskunde bijvoorbeeld, of bij vakoverstijgende projecten. Dan kan ik vanaf de derde meer de diepte in m.b.t. scheikunde en daarbij de 3D printer betrekken.

Wiskunde (Kim Kaspers):

Klassikale aanpak is moeilijk; tijdsprobleem om fouten in ontwerp op te lossen en printtijd, je kunt niet alles uitprinten dus moet bijvoorbeeld in wedstrijdvorm.

*Welke meerwaarde (verwachting) zou het vakoverstijgend werken met een 3D printer volgens u moeten hebben?*

Biologie (Remco Verhagen):

Het moet meer zijn dan een gimmick, het moet echt inhoudelijk wat toevoegen aan de lesstof. Er zijn ontwikkelingen met 3D printers in de biologie, maar dat zie ik hier op school niet zo snel gebeuren.

Misschien hooguit in motivatie, dat je een leerling daardoor kunt interesseren voor iets dat ze normaal niet zou interesseren.

Natuurkunde (Bas de Ruyter van Stevenink):

Het moet het 3D denken stimuleren, liefst op een andere manier dan nu al lukt via computeranimatie (4D). Het moet iets laten zien wat je eerder niet kon laten zien.

Scheikunde (Lovina Hofmeijer):

Het moet zowel beelddenkende leerlingen als abstract denkende leerlingen bedienen, het creatief en oplossend denken moet gestimuleerd worden. Het gaat nu en in de toekomst om 'omgekeerd ontwerpen', verbetering en vernieuwing van oudere uitvindingen d.m.v. nieuwe toepassingen van bijvoorbeeld materialen.

Digitalisering is daarbij heel belangrijk, zeker met het oog op de toekomst. Ook programmeren hoort daarbij, leerlingen lopen echt achter als ze niet eens subscriptie kunnen toepassen. Ze moeten leren ontwerpen en modelleren, software leren gebruiken. Dat wordt in geen enkel boek behandeld en dat zijn wel dingen die in de toekomst heel belangrijk gaan worden.

Wiskunde (Kim Kaspers):

Het moet de ontwikkeling van het ruimtelijk denken stimuleren: het denken in doorsnedes en in laagjes. Het gaat niet om hogere wiskundecijfers.

*Welke mogelijkheden ziet u voor het (vakoverstijgend) gebruik van een 3D printer vanuit uw vak en lessen?*

Scheikunde (Lovina Hofmeijer):

Ik heb m in klas 6 gebruikt bij het hoofdstuk polymeren, waar we die grondstoffen van een 3D printer behandelen, daarmee kon ik de verschillende eigenschappen van het materiaal laten zien: keihard, doorbuigen etc., m.b.t. de toepassingen bijvoorbeeld een kunstnie of hecht draad.

*Welke ideeën heeft u om een aanzet te geven voor een vakoverstijgend project met gebruik van een 3D printer?*

Biologie (Remco Verhagen):

Geen, ik sta wel open voor ideeën.

Natuurkunde (Bas de Ruyter van Stevenink):

1-Diagrammen in gaswetten omzetten in 3D in verschillende kleuren-

PT diagrammen en VT diagrammen, (volume, druk en temperatuurafhankelijkheid van elkaar) 3 parameters variabel maken in 3D grafieken.

3D vlakken in zo'n grafiek kun je misschien goed weergeven met een 3D printer, waarbij ik eindeloos sta te hannesen om zulke dingen 3D op een bord te tekenen. Bovendien kun je dan aan de zijkant die diagrammen ook in die kleuren zien.

2-constructies- bijvoorbeeld driehoek constructies waar je kunt laten zien dat dingen sterker worden als je ze op die manier bouwt.

3- etc., zie vraag vakoverstijging vakken

#### Scheikunde (Lovina Hofmeijer):

ik ben aangesloten bij een SLO scheikunde netwerk, waarbij vanaf 2004 modules zijn geschreven voor het nieuwe scheikunde. Deze modules zijn al uitgetest en geredigeerd. Sommige scholen zijn volledig overgegaan op deze modules en leerlijnen i.p.v. de boeken. In elke leerlijn worden alle concepten voor het eindexamen behandeld, maar vanuit diverse invalshoeken. Bijvoorbeeld de Delftse leerlijn die volledig ingaat op technieken en groene chemie. De Bonte leerlijn uit Groningen met dezelfde concepten maar andere invalshoeken, etc. zo zijn er in het hele land verschillende leerlijnen ontstaan met allemaal modules, die vrij verkrijgbaar zijn.

Ik ben bezig een project voor klas 3 te ontwikkelen waarbij ik op materiaal polymelkzuur (PLA, dat gebruikt wordt in 3D printers) inzoom binnen het project zuren en basen (onderdeel van een module, en wordt niet behandeld in het boek op het Murmellius). Ik vind dat ze zelf er een ontwerp bij moeten maken zodat de stof beter blijft hangen. Ik wil als trial dit jaar een facultatief project aanbieden waarbij leerlingen een ontwerp maken in 3D, daarvoor moeten ze naar mijn mening ook een vertaalslag van 2D naar 3D kunnen maken, en ik wil graag dat ze dat bij kunsteducatie leren. Daarna moeten ze bedenken of ze hun ontwerp keihard moet zijn of een beetje veerkracht moet hebben, alvorens ze kiezen van welk materiaal het geprint moet worden.

#### Wiskunde (Kim Kaspers):

Een eerste klas project, waarbij we digitalisering inzetten. Eerst de samenwerking zoeken met mensen die net zo enthousiast zijn, want ik zie mogelijkheden tot samenwerking met alle vakken. Dan of we het project bij alle eerste klassen willen inzetten en dan kijken bij welk vak dat thuishoort.

Vakoverstijgend project zonder 3Dprinter:

Misschien een vakoverstijgend met tekenen: project Anamorfosen (op vorige school wel eens gedaan), waarbij wiskunde sectie een halve dag uitlegden hoe anamorfosen in elkaar zaten met verschillende soorten projecties, waarbij de meeste II uiteindelijk voor de cilindervormige tekening kozen om via een assenstelsel zo'n anamorfose te tekenen. Bij het vak tekenen werd dan vooral nagedacht over wat je wilde gaan maken en hoe je daar iets moois van wilde maken.

#### *MURMELLIUS lessen en niveau leerlingen:*

#### Scheikunde (Lovina Hofmeijer):

Murmellius is een echte bèta school met hele getalenteerde leerlingen op veel gebieden. De kunstvakken en vooral tekenen en kunstgeschiedenis worden hier zeer onderbelicht. Dat is jammer, tekenen heb je ook nodig als je industrieel ontwerper wilt worden, waarvoor je daarnaast ook een bèta kant moet kiezen. Als je kijkt op andere gymnasia, zie je toch dat er in zijn algemeenheid in het lesaanbod veel meer aandacht wordt besteed aan kunst.



## BIJLAGE 8a- Samenvatting analyse deskundigen

*Vraag: Welke software heeft een leerling nodig om een 3D printer te kunnen gebruiken?*

**Samenvatting** meest gebruikte software:

**3D doodler**, eenvoudig te bedienen tekenprogramma, geschikt voor basisonderwijs, en eventueel brugklas. Meer een soort 3D versie van een 2D tekening

**Tinkercad**, genoemd door Techniektoppers en 3D kanjers, is volgens hen de meest bekende software, open source. Dat betekent dat het gratis is, en dat er via internet al voorbeelden van ontwerpen te vinden zijn die je zo uit kunt printen. Meer vaardigheden nodig dan met 3D doodler, maar wel echt 3D. Het werkt door het combineren van geometrische vormen, werkt als een soort blokkendoos waarmee je kunt bouwen. Omdat leerlingen allemaal minecraft kennen, is het heel toegankelijk. Deze modellen zijn makkelijk te printen.

FABLAB noemt vooral onderstaande programma's:

**Sketch Up** is bruikbaar, maar voor scholen volgens FABLAB niet het meest geschikte programma.

**Solid Works** professioneel programma met licentie werken ze volgens FABLAB op scholen liever mee.

**Fusion 360** professioneel programma waar ze op FAB LAB mee werken

*Vraag: Welke vaardigheden heeft een leerling nodig om een 3D printer te kunnen gebruiken?*

**Samenvatting** benodigde vaardigheden van de leerling:

Alle drie de deskundigen zeggen min of meer hetzelfde: Leerlingen hebben in basis geen specifieke vaardigheden nodig. Door te werken met de 3D printer, gaan ze juist bepaalde vaardigheden (21st century skills) ontwikkelen.

*Vraag: Wat zijn uw ervaringen met het gebruik van de 3D printer in het VO? Mogelijkheden en (technische) problemen?*

**Samenvatting** leermogelijkheden met het gebruik van de 3D printer:

**MINDSET**

Door de (groep) leerlingen vooral te motiveren en vertrouwen te geven om zelf te laten experimenteren en ontdekken, fun moet in het proces zitten van zelf de 3D printer te bouwen en/of zelfstandig te gaan gebruiken, door ze bijvoorbeeld ambassadeurschap te geven van zo'n machine, ontstaan eigenlijk de zogenaamde 21st century skills ondernemerschap, probleem oplossend vermogen, samenwerkingsvaardigheden. Dingen die mislukken is geen nadeel, maar onderdeel van het leerproces.

**CREATIVITEIT/MOTIVATIE?**

3D Kanjers en Techniektoppers: Door uitdagende opdrachten met de 3D printer worden II nog meer geprikkeld om hun eigen ideeën te maken (door naar oplossingen toe te werken) Omdat het aantrekkelijk is en nieuw, gaan de kinderen ervoor. Dat motiveert, inspireert en stimuleert, tegelijk ben je bezig met een stukje techniek.

**TECHNISCHE PROBLEMEN** bij het gebruik van de 3D printer op school:

1. genoeg laptops om met hele groep tegelijk te laten werken, Oplossing: kinderen in groepjes aan 1 ontwerp laten werken.

2. capaciteitstekort aan printers omdat altijd pas aan het eind van het traject geprint moet worden. Daardoor lopen mensen aan het eind te wachten. Oplossing: Fablab, waar je als school van gebruik kan maken als een soort externe techniekruimte.

**Samenvatting** Valkuilen en toegevoegde waarde van de 3D printer?

*Valkuil in de gedachte en gebruik van de 3D printer:*

Je moet ervoor zorgen dat een 3D printer niet een soort overschatte hype wordt, het wordt vaak verheven tot hoofdzaak, maar eigenlijk is het bijzaak. Het is gewoon een dom apparaat, net als een 2D printer, een gebruiksvoorwerp net als een kwast. Het gaat om wat je erin stopt, wat je ermee

creëert. In het leerproces is het **maak**aspect van een 3D printer is veel belangrijker dan het printen op zich. Kunst, techniek en de 3d printer horen bij elkaar (Jos van Tubbingen, Groninger museum)

*Meerwaarde 3D printer:*

-De 3D printer kan functionaliteit meeprinten, dan heeft de printer zijn rol (een brug die open kan met een scharnier, dat kan meeontworpen en meegeprint worden. )

-Het zorgt ervoor dat bepaalde creativiteit niet eindigt in een tekening maar dat je het kunt door ontwikkelen en in een object omzetten waar het met een andere techniek (hout o.i.d.) meer vaardigheden, tijd of moeite vereist. **Je gaat niet meer heel erg lopen knutselen als een machine dat ook kan.**

-Het downloaden van dingen waar je eerst geen toegang toe had is een toevoeging. -Alles dat visueel is, kan je tot een bepaalde hoogte fysiek maken door middel van een 3D printer.

*Vraag: wat zijn succesvolle en minder succesvolle lesopzetten geweest in het aanbieden van 3D printer in het VO onderwijs?*

### **Samenvatting** succesvolle lesopzetten

Aangezien de 3D printer nog een vrij nieuw middel is, zeker in het onderwijs, zijn er nog niet veel lesopzetten bekend of uitgetoet. Daarom zijn er dan ook nog geen minder succesvolle lesopzetten bekend, en zijn de lesopzetten tot nu toe nog niet zo concreet.

De meest duidelijke lesopzet tot nu toe is de 3Dkanjer experience. Omdat dit al op meer dan 200 scholen is gedaan, kan men wel spreken van een succesvolle lesopzet. In deze experience krijgt de klas een bouw pakket van een 3D printer die ze met elkaar moeten gaan maken. Ze gaan met de klas op ontdekkingsreis, en krijgen liefst verspreid over het jaar 4 workshops waarin 3D kanjers ze weer wat motivatie en leven inblaast. Zo heeft een klas de tijd om eerst samen tegen problemen aan te lopen en proberen dit op te lossen, de leerkracht is begeleidend, niet leidend. De leerlingen moeten zelf de Engelse gebruiksaanwijzing lezen, kijken wie er technisch het meest geduldig is, en wie er het meeste inzicht heeft. Leren samenwerken. Tegen verstoppingsprobleem aanlopen, de 3D printer zelf calibreren, schroefjes aandraaien, probleem herkennen en oplossen als er iets fout gaat. Er is vanuit 3D kanjers allemaal lesmateriaal, en inspiratiekaarten. De ongeveer 450 leden op dit moment uit BO en VO zitten in een community waar ze allemaal lesmateriaal van elkaar kan gebruiken en elkaar van reactie kunnen voorzien, leren van elkaar.

*Uit de gesprekken kwamen wel wat toepassing ideeën voor de 3D printer naar voren voor in het VO:*

**Losse ideeën** vooral gedacht vanuit een technisch element (probleem) om eventueel lessen van te maken waarin een 3D printer een rol krijgt, zoals bijvoorbeeld de constructie van een brug die open en dicht moet kunnen, een bril met scharnier ontwerpen, een ballonwagen,

**Demonstratiemodellen** die ook van binnen levensecht zijn:

Hart, lever, gebit, kies van binnen

Hoogteverschillen in Nederland (water erin om te zien wat zou overstromen)

**Losse thema's**

Fractals

Topografie: ieder kind een land laten tekenen als een puzzel, samen heel Europa uitprinten

Eigen kamer/ huis natekenen en uitprinten van binnen en buiten

*Vraag: Is een 3D printer inhoudelijk vakoverstijgend inzetbaar? Zo ja, bij welke vakken?*

### **Samenvatting** 3D printer inhoudelijk vakoverstijgend?

Volgens de deskundigen is het gebruik van een 3D printer op zich al vakoverstijgend met Engels, omdat de gebruiksaanwijzing in het Engels is, met tekenen en handvaardigheid i.v.m. benodigde ruimtelijk inzicht, rekenen om tekeningen te kunnen maken en oplossingen te kunnen verzinnen.

Daarnaast vinden (de meeste) twee van de drie deskundigen dat het eigenlijk met alle vakken inhoudelijk vakoverstijgend inzetbaar is. Vakken die worden genoemd:

Engels

Tekenen

Handvaardigheid

Mechanica

Aardrijkskunde/ wereldoriëntatie

Wiskunde

Scheikunde

Biologie

*Vraag: In welk type onderwijs kan een 3D printer het meest toevoegen/hoort een 3D printer het meest thuis?*

## Samenvatting

Alle drie de deskundigen geven vooral aan dat mindset (onderzoek, experiment en proces ) belangrijk is in het werken met de 3D printer. Dit sluit volgens hen het meest aan bij projectmatig onderwijs, in losse incidentele schoolprojecten en scholen waarbij de didactiek en onderwijsvisie rondom project- en procesmatig werken is georganiseerd. Daarbij worden specifiek het basisonderwijs, technasia en VMBO groen genoemd.

## **BIJLAGE 8b - Samenvatting analyse docenten**

*Wat zijn volgens u de kansen van vakoverstijging in het algemeen?*

*Voordeel:*

Verbanden en overlap tussen vakken worden voor de ll duidelijk,

Vergroting van (abstract) begrip doordat hetzelfde onderwerp wordt vanuit verschillende invalshoeken belicht wordt

Het vak wordt leuker door combinatie van expertise en diverse invalshoeken

Sluit meer aan bij het beroepsveld, door samenwerking en integratie van kennis.

*Kansen (toekomst):*

Ontstaan van nieuwe vakken in meer geïntegreerd onderwijs (bijvoorbeeld soort algemene natuurwetenschappen)

Er kunnen grotere doelen behaald worden m.b.t. begrip en uitwerking van bepaalde concepten

Meer ll worden bediend, zowel beelddenkers als abstracte denkers door een concept op verschillende manieren aangeboden te krijgen

Een toevoeging, niet iets dat je vak afbreekt

*Wat zijn volgens u de nadelen van vakoverstijging in het algemeen?*

Op het Murrellius nog veel verzuiling van vakken, vakken heel erg uit elkaar gedoceed, moeilijk daaruit te stappen, angst voor doceren van 'mijn' stof.

Angst voor **verlies van verdieping**,

**kwaliteitsverlies** door breed geschoolde i.p.v. gespecialiseerde docenten

vakoverstijging en curriculumwijziging pas mogelijk als examentermen aangepast worden, deze zijn sturend hierin.

Er moeten **meer afspraken** worden gemaakt over raakvlak/invalshoeken van vakken, overlap van stof, over lesinhoud en opbouw

**Overkill** aan stof als het niet goed op elkaar is afgestemd

*Met welke andere vakken ziet u mogelijkheden tot vakoverstijging?*

Volgens alle docenten is vooral het vak wiskunde van nature met alle wetenschappelijke vakken vakoverstijgend. De docent wiskunde en scheikunde vind dat hun vak met alle vakken een verbinding aan kan gaan. Docent natuurkunde vind dat vakoverstijging op het Murmellius momenteel eerder op persoonlijk vlak van collegialiteit ligt, dan op inhoudelijk vlak. Zowel docent biologie als docent natuurkunde zien geen mogelijkheden tot toepassing van vakoverstijging als het niet van bovenaf wordt ingevoerd, als vaardigheden niet terugkomen in eindexamens, waardoor het nut van vakoverstijging wordt bewezen. Op dit moment is alles nog verzuild, opgedeeld in hokjes, dat is waar je (cijfermatig) op wordt afgerekend. Scheikundedocent ziet op dit moment op het Murmellius vooral veel vakoverstijgende mogelijkheden in het profielwerkstuk (verplicht eindexamenonderdeel in Havo, VWO)

Inhoudelijke combinaties van vakoverstijging richten zich vooral op de wetenschappelijke vakken onderling, wat niet verwonderlijk is op basis van stofinhoud. Mogelijkheden tot vakoverstijging met 'niet wetenschappelijke' vakken richten zich vooral op filosofie, klassieke talen, geschiedenis en aardrijkskunde, op Nederlands alleen vanwege het taalaspect in werkstukken etc. wat ik minder interessant vind om te noemen qua vakoverstijging omdat het zo vanzelfsprekend is.

*Conclusie: Wiskunde en Scheikunde zijn vakken die van nature veel raakvlakken met andere vakken hebben. Het is daarom niet verwonderlijk dat deze docenten veel meer nut en mogelijkheden zien tot vakoverstijging dan de vakken Biologie en Natuurkunde. Deze laatste twee zien hun vak als wat meer specialistisch, waarbij het nut van vakoverstijging er pas is, als het van bovenaf wordt ingevoerd en terugkomt in exameneisen.*

*Eigen conclusie: Het is wonderlijk dat de vakoverstijgende mogelijkheden met kunsteducatie nauwelijks worden genoemd, alleen bij extra vragen (Misschien omdat kunst op deze school vooral op ambachtelijke en technische wijze is gedoceerd, en niet zozeer op kunst inhoudelijke kwaliteiten. En omdat het kunstvak zo minimaal gedoceerd wordt, heeft het binnen het Murmellius weinig statuur) terwijl er wel binnen het eigen vak regelmatig iets met 'kunst' wordt gedaan, zoals bijvoorbeeld de fantasiedieren en strips die bij Biologie worden gemaakt.*

Specifiek mogelijke inhoudelijke combinaties voor vakoverstijging:

**scheikunde-biologie:** biochemie, overlap stof: eiwitten op de chemische manier en op de biologische manier. Zou heel goed in 1 project kunnen, spijtig dat dat op dit moment nog niet gebeurt. Verder nog heel veel raakvlakken.

**scheikunde-natuurkunde:** atoombouw (overlap in stof), krachtenleer, elektronentransport, moleculen. Scheikunde is bezig dit langzaam samen te voegen.

**scheikunde-aardrijkskunde:** aardwetenschappen, mineralen, grondstoffen, reacties, bouwstoffen, fosfaten

**scheikunde-klassieke talen:** chemische bewerkingen in de tijd van Caesar (make-up van toen)

**scheikunde-tekenen:** ruimtelijk inzicht, opstellingen

**wiskunde-aardrijkskunde:** grafiek, maar dat stuk van wiskunde zit in bijna alle vakken

**wiskunde-klassieke talen:** Vanuit Euclides verder denken, kalenderrekenen

**wiskunde-geschiedenis:** geschiedenis van de wiskunde zelf, hoe je met de tijd omgaat

**wiskunde-natuurkunde:** project radioactiviteit

**natuurkunde-kunsteducatie:** 3D vormen vertalen in mobiele

**natuurkunde-klassieke talen:** wetenschapsfilosofie, geo centraal tot helio centraal, goden/natuurkrachten.

**natuurkunde-sterrenkunde-filosofie-kunsteducatie:** filosofische achtergrond over hoe weet je dat er leven is op andere planeten, hoe zouden wezens daar wonen en denken? Hier vanuit lijnen uitzetten

naar andere vakken die hier ook op aan kunnen sluiten.

**biologie-natuurkunde:** krachten zoals ademhaling, luchtverplaatsing

**biologie-wiskunde:** berekeningen met zuurstofopname, practicum.

**biologie-aardrijkskunde:** inhoudelijk kleine raakvlakken

*Welke ervaring heeft u met het gebruik van een 3D printer binnen en buiten de school?*

De wiskunde docent heeft het meest ervaring met het 3D printen en het werken met de tekenprogramma's zowel voor eigen gebruik als op instructie niveau. De andere docenten hebben geen of weinig ervaring met het gebruik van de 3D printer.

*Wat zijn volgens u de kansen voor het gebruik van een 3D printer in uw lessen in de onderbouw?*

Docenten Biologie en Natuurkunde zien inhoudelijk geen kansen of noodzaak voor het gebruik van de 3D printer in onderbouwlessen, alle stof kan al op een andere (betere) manier worden uitgelegd.

De 3D printer voegt volgens hen inhoudelijk niets toe, en is duur in het gebruik.

Docenten scheikunde en wiskunde zien veel kansen voor het inhoudelijk gebruik van de 3D printer in hun lessen, deze kansen richten zich op de volgende vaardigheden voor de leerling: leren programmeren, digitalisering en ruimtelijk inzicht. Daarbij ook het stimuleren van 21st century skills : ontwerp, onderzoek, experiment, creativiteit, ondernemen.

*Wat zijn volgens u nadelen voor het gebruik van een 3D printer in uw lessen in de onderbouw?*

-Gevaar van een gimmick dat inhoudelijk weinig toevoegt

-Relatief duur in het gebruik

-Alleen geschikt om kleine dingen uit te printen, niet voor grote dingen

-Computersimulatie werkt net zo goed of beter om bepaalde dingen uit te leggen of te demonstreren

-Om inhoudelijk met de 3D printer bij scheikunde te kunnen werken (vanaf het 3<sup>e</sup> jaar), moeten ll al eerder ervaring hebben opgedaan met tekenprogramma's en 3D ontwerpen.

-Klassikale aanpak is moeilijk; tijdsprobleem om fouten in ontwerp op te lossen en printtijd, je kunt niet alles uitprinten dus moet bijvoorbeeld in wedstrijdvorm, maar 1 of twee ontwerpen uitprinten

*Welke meerwaarde (verwachting) zou het vakoverstijgend werken met een 3D printer volgens u moeten hebben*

-De 3D printer moet inhoudelijk wat toevoegen aan de lesstof,

-De 3D printer moet iets doen wat op een andere manier niet kan

-De 3D printer brengt digitalisering in de school met zich mee.

-De 3D printer kan en moet het ruimtelijk denken, creativiteit, oplossend denken stimuleren

-ll zouden hiermee moeten leren programmeren, ontwerpen en modelleren. Leren 'Omgekeerd ontwerpen'. Dit wordt in geen enkel boek behandeld en wordt in de toekomst heel belangrijk.

*Welke ideeën heeft u om een aanzet te geven voor een vakoverstijgend project met gebruik van een 3D printer?*

*Er ontstaat verwarring over de term vakoverstijging. Docenten zien de 3D printer op zich al als vakoverstijging, en niet noodzakelijkerwijs als middel om met andere vakken samen te werken. Enkele mogelijkheden genoemd voor het gebruik van de 3D printer in eigen lessen:*

**Natuurkunde – 3D printer:** Diagrammen (volume, druk en temperatuur) omzetten in 3D grafieken, deze omzetten in 3D print met 3 kleuren.

Constructies en vorm, hoe maakt een constructie een vorm sterker? Dat kun je toepassen in ontwerpen. lichte constructies, sterkteleer, vierkants- en driehoekconstructies, bijvoorbeeld een opengewerkte hijskraan.

**Wiskunde – 3D printer:** inhoudelijk inzetbaar op ruimtelijk inzicht. Dwarsdoorsnedes die je niet kan tekenen toch laten zien in 3D. Chaostheorie, fractals, simpele algoritmes Nadeel: kunstje, je verdiept een begrip daar niet echt mee.

**Scheikunde-3D printer:** inhoudelijk inzetbaar op materiaaleigenschappen, zoals duurzaamheid en afbreekbaarheid. Belangrijk in veel toepassingen, zoals een kunstnie of hecht draad. Ik heb m toegepast bij het hoofdstuk polymeren in klas 6, waar we de grondstoffen van een 3D printer behandelen. In onze 3D printer kun je 3 verschillende materialen gebruiken waarin bijvoorbeeld hardheid en veerkracht een grote rol speelt. De 3D printer is een nieuw examenonderdeel dit jaar van macro (hoe ziet een gebruiksvoorwerp eruit van een bepaalde stof, en welke eigenschappen heeft dat ontwerp, hoe zijn op macroniveau de moleculen dan met elkaar verbonden?)

*Bij andere vakken kun je eigenlijk vooral de resultaten van 3D printen inzetten, demonstratiemodellen:*

**3D printer-aardrijkskunde:** demonstratiemodel bij aardrijkskunde-hoogtekaart van Nederland 3D printen, water erin gieten en laten zien dat het inderdaad op bepaalde plekken overloopt

**3D printer-biologie:** modelletjes, hoe zitten gewrichten in elkaar

**3D printer-klassieke talen/geschiedenis:** 3D tempels/kastelen/ruïnes printen op basis van wetenschappelijke gegevens van de overblijfselen zijn, om te zien hoe iets er in werkelijkheid uit moet hebben gezien. In 3D wordt de schaal vaak pas duidelijk zichtbaar.

*De docenten staan open voor ideeën, maar zien niet allemaal hoe en of de 3D printer vakoverstijgend met een ander vak ingezet zou kunnen of moeten worden. Hieronder een aantal ideeën waarbij de 3D printer op meerdere vakken tegelijk ingezet zou kunnen worden.*

**natuurkunde-scheikunde:** Hoe je vervormingen kunt maken bij vaste stoffen, moleculen en verbindingen daartussen

**natuurkunde-handvaardigheid:** driehoeksconstructies, krachtverdeling, hoe wordt een vorm sterker

**scheikunde-tekenen/handvaardigheid:** Facultatief project (trial) voor klas 3 waarbij II een ontwerp maken in 3D. Vertaalslag van 2D naar 3D is nodig in een module over zuren en basen. Ze moeten bij dit ontwerp bedenken of dit keihard moet zijn of een beetje veerkracht moet hebben (i.v.m. de gebruikseigenschappen), alvorens ze kiezen in welk materiaal het geprint moet worden.

*Conclusie: al bovenstaande ideeën (niet alleen de laatste drie) kunnen aanzet geven tot een vakoverstijgend project met meerdere vakken, simpelweg door per idee de raakvlakken met andere vakken te onderzoeken. Door dit te lezen, komen docenten van andere vakken wellicht tot ideeën waar zij zelf met hun lesstof aansluiting kunnen vinden, en kan dit leiden tot een mooi vakoverstijgende lesmodule die ingezet kan worden op het Mummellius Gymnasium.*

*Het zou een mooi uitgangspunt kunnen vormen voor een nieuw curriculum voor kunsteducatie op het Mummellius.*

## **BIJLAGE 9 - Antwoord op onderzoeksvragen middels interviews**

*§1.4 Vraagstelling Op welke manier kan een 3D printer vakoverstijgend ingezet worden bij kunsteducatieve en bèta vakken wiskunde, scheikunde, natuurkunde en biologie in de onderbouw van het Murmellius gymnasium?*

### *§1.4 .1 Literatuurvragen*

*1-Wat is er in de literatuur bekend over de toepassing van een 3D printer in het onderwijs?*

*In ...is een pilot met 3D printer in de school lessen uitgeprobeerd. Vol enthousiasme hebben leerkrachten lessen gevolgd bij FABLAB om de 3D printer te leren kennen en ermee om te gaan. Zij hebben lessen gemaakt voor onderbouw BO en bovenbouw BO. Zoveel lessen x zoveel uur. Er zat een opbouw in de lessen, zowel in de onderbouw: makey makey. in de onderbouw circuitvorm bleek goed te werken, veel opdrachten waren nog te conservatief en te gestuurd, waardoor het oplossend vermogen en creativiteit, analytisch en kritisch denken (leerdoelen) niet gestimuleerd werd. Bepaalde doelen werden wel behaald, andere leerdoelen niet. Voordelen van de apparatuur en de lessen, nadelen. Wat moet een 3D printerles hebben om succesvol te zijn? Aantal lessen bleken te moeilijk voor BO, misschien dan wel voor onderbouw VO geschikt?*

*2-Wat is er bekend over vakoverstijging tussen andere vakken en kunsteducatie in het voortgezet onderwijs d.m.v. een technologisch medium?*

### *§1.4.2 Veldonderzoeksvragen*

*1-Op welke manier (en bij welke vakken) is een 3D printer inhoudelijk vakoverstijgend inzetbaar volgens 3D printer-deskundigen?*

## **Samenvatting 3D printer inhoudelijk vakoverstijgend**

Volgens de deskundigen is het gebruik van een 3D printer op zich al vakoverstijgend met Engels, omdat de gebruiksaanwijzing in het Engels is, met tekenen en handvaardigheid i.v.m. benodigde ruimtelijk inzicht, rekenen om tekeningen te kunnen maken en oplossingen te kunnen verzinnen. Daarnaast vinden (de meeste) twee van de drie geïnterviewde deskundigen dat het eigenlijk met alle vakken inhoudelijk vakoverstijgend inzetbaar is. Vakken die worden genoemd zijn: engels, tekenen, handvaardigheid, mechanica, aardrijkskunde/ wereldoriëntatie, wiskunde, scheikunde en biologie

## **Samenvatting succesvolle lesopzetten**

Aangezien de 3D printer nog een vrij nieuw gereedschap is in het onderwijs, zijn er nog niet veel lesopzetten bekend of uitgeprobeerd. Daarom zijn er dan ook nog geen minder succesvolle lesopzetten bekend, en zijn de lesopzetten tot nu toe nog niet zo concreet.

De meest duidelijke lesopzet tot nu toe is de 3Dkanjer experience. Omdat dit al op meer dan 200 scholen is gedaan, kan men wel spreken van een succesvolle lesopzet. In deze experience krijgt de klas een bouw pakket van een 3D printer die ze met elkaar moeten gaan maken. Ze gaan met de klas op ontdekkingsreis, en krijgen liefst verspreid over het jaar 4 workshops waarin 3D kanjers ze weer wat motivatie en leven inblaast. Zo heeft een klas de tijd om eerst samen tegen problemen aan te lopen en proberen dit op te lossen, de leerkracht is begeleidend, niet leidend. De leerlingen moeten zelf de Engelse gebruiksaanwijzing lezen, kijken wie er technisch het meest geduldig is, en wie er het meeste inzicht heeft. Leren samenwerken. Tegen een verstoppingsprobleem aanlopen, de 3D printer zelf kalibreren, schroefjes aandraaien, probleem herkennen en oplossen als er iets fout gaat. Er is vanuit 3D kanjers allemaal lesmateriaal, en inspiratiekaarten. De ongeveer 450 leden op dit moment uit BO en VO zitten in een community waar ze allemaal lesmateriaal van elkaar kan gebruiken en elkaar van reactie kunnen voorzien, leren van elkaar.

*Uit de gesprekken kwamen wel wat toepassing ideeën voor de 3D printer naar voren voor in het VO: **Losse ideeën** vooral gedacht vanuit een technisch element (probleem) om eventueel lessen van te maken waarin een 3D printer een rol krijgt, zoals bijvoorbeeld de constructie van een brug die open en dicht moet kunnen, een bril met scharnier ontwerpen, een ballonwagen.*

**Demonstratiemodel** van een hart, lever, gebit, kies die ook van binnen levensecht zijn.

Demonstratiemodel van de hoogteverschillen in Nederland (water erin om te zien wat zou overstromen)

**Losse thema's** als fractals, topografie (ieder kind een land laten tekenen als een puzzel, samen heel Europa uitprinten), eigen kamer of huis natekenen en uitprinten van binnen en buiten

**Samenvatting** *In welk type onderwijs past een 3D printer het best?*

Alle drie de deskundigen geven vooral aan dat mindset (onderzoek, experiment en proces ) belangrijk is in het werken met de 3D printer. Dit sluit volgens hen het meest aan bij projectmatig onderwijs, in losse incidentele schoolprojecten en scholen waarbij de didactiek en onderwijsvisie rondom project- en procesmatig werken is georganiseerd. Daarbij worden specifiek het basisonderwijs, technasia en VMBO groen genoemd.

*2-Hoe staan de docenten kunsteducatie, wiskunde, scheikunde, natuurkunde en biologie tegenover vakoverstijgend werken en het gebruik van de 3D printer in hun lessen? (kansen, valkuilen)*

*Wat zijn volgens u de kansen van vakoverstijging in het algemeen? TABEL? Verschil tussen voordelen en kansen? Volgens docenten:*

*Voordeel:*

Verbanden en overlap tussen vakken worden voor de II duidelijk,

Vergroting van (abstract) begrip doordat hetzelfde onderwerp wordt vanuit verschillende invalshoeken belicht wordt

Het vak wordt leuker door combinatie van expertise en diverse invalshoeken

Sluit meer aan bij het beroepsveld, door samenwerking en integratie van kennis.

*Kansen (toekomst):*

Ontstaan van nieuwe vakken in meer geïntegreerd onderwijs (bijvoorbeeld soort algemene natuurwetenschappen)

Er kunnen grotere doelen behaald worden m.b.t. begrip en uitwerking van bepaalde concepten

Meer II worden bediend, zowel beelddenkers als abstracte denkers door een concept op verschillende manieren aangeboden te krijgen

Een toevoeging, niet iets dat je vak afbreekt

*Wat zijn volgens u de nadelen van vakoverstijging in het algemeen?*

Op het Mummellius nog veel verzuiling van vakken, vakken heel erg uit elkaar gedoceerd, moeilijk daaruit te stappen, angst voor doceren van 'mijn' stof.

Angst voor **verlies van verdieping**,

**kwaliteitsverlies** door breed geschoolde i.p.v. gespecialiseerde docenten

vakoverstijging en curriculumwijziging pas mogelijk als examentermen aangepast worden, deze zijn sturend hierin.

Er moeten **meer afspraken** worden gemaakt over raakvlak/invalshoeken van vakken, overlap van stof, over lesinhoud en opbouw

**Overkill** aan stof als het niet goed op elkaar is afgestemd

*Met welke andere vakken ziet u mogelijkheden tot vakoverstijging?*

Volgens alle geïnterviewde docenten is vooral het vak wiskunde van nature met alle

wetenschappelijke vakken vakoverstijgend. De docent wiskunde en scheikunde vind dat hun vak met

alle vakken een verbinding aan kan gaan. Docent natuurkunde vind dat vakoverstijging op het

Mummellius momenteel eerder op persoonlijk vlak van collegialiteit ligt, dan op inhoudelijk vlak.



Zowel docent biologie als docent natuurkunde zien geen mogelijkheden tot toepassing van vakoverstijging als het niet van bovenaf wordt ingevoerd, als vaardigheden niet terugkomen in eindexamens, waardoor het nut van vakoverstijging wordt bewezen. Op dit moment is alles nog verzuild, opgedeeld in hokjes, dat is waar je (cijfermatig) op wordt afgerekend. Scheikundedocent ziet op dit moment op het Mummellius vooral veel vakoverstijgende mogelijkheden in het profielwerkstuk (verplicht eindexamenonderdeel in Havo, VWO)

Inhoudelijke combinaties van vakoverstijging richten zich vooral op de wetenschappelijke vakken onderling, wat niet verwonderlijk is op basis van stofinhoud. Mogelijkheden tot vakoverstijging met 'niet wetenschappelijke' vakken richten zich vooral op filosofie, klassieke talen, geschiedenis en aardrijkskunde, op Nederlands alleen vanwege het taalaspect in werkstukken etc. wat ik minder interessant vind om te noemen qua vakoverstijging omdat het zo vanzelfsprekend is.

*Conclusie: Wiskunde en Scheikunde zijn vakken die van nature veel raakvlakken met andere vakken hebben. Het is daarom niet verwonderlijk dat deze docenten veel meer nut en mogelijkheden zien tot vakoverstijging dan de vakken Biologie en Natuurkunde. Deze laatste twee zien hun vak als wat meer specialistisch, waarbij het nut van vakoverstijging er pas is, als het van bovenaf wordt ingevoerd en terugkomt in exameneisen.*

*Eigen conclusie: Het is wonderlijk dat de vakoverstijgende mogelijkheden met kunsteducatie nauwelijks worden genoemd, alleen bij extra vragen (Misschien omdat kunst op deze school vooral op ambachtelijke en technische wijze is gedoceerd, en niet zozeer op kunst inhoudelijke kwaliteiten. En omdat het kunstvak zo minimaal gedoceerd wordt, heeft het binnen het Mummellius weinig statuur) terwijl er wel binnen het eigen vak regelmatig iets met 'kunst' wordt gedaan, zoals bijvoorbeeld de fantasiedieren en strips die bij Biologie worden gemaakt.*

Specifiek mogelijke inhoudelijke combinaties voor vakoverstijging:

**scheikunde-biologie:** biochemie, overlap stof: eiwitten op de chemische manier en op de biologische manier. Zou heel goed in 1 project kunnen, spijtig dat dat op dit moment nog niet gebeurt. Verder nog heel veel raakvlakken.

**scheikunde-natuurkunde:** atoombouw (overlap in stof), krachtenleer, elektronentransport, moleculen. Scheikunde is bezig dit langzaam samen te voegen.

**scheikunde-aardrijkskunde:** aardwetenschappen, mineralen, grondstoffen, reacties, bouwstoffen, fosfaten

**scheikunde-klassieke talen:** chemische bewerkingen in de tijd van Caesar (make-up van toen)

**scheikunde-tekenen:** ruimtelijk inzicht, opstellingen

**wiskunde-aardrijkskunde:** grafiek, maar dat stuk van wiskunde zit in bijna alle vakken

**wiskunde-klassieke talen:** Vanuit Euclides verder denken, kalenderrekenen

**wiskunde-geschiedenis:** geschiedenis van de wiskunde zelf, hoe je met de tijd omgaat

**wiskunde-natuurkunde:** project radioactiviteit

**natuurkunde-kunsteducatie:** 3D vormen vertalen in mobiele

**natuurkunde-klassieke talen:** wetenschapsfilosofie, geo centraal tot helio centraal, goden/natuurkrachten.

**natuurkunde-sterrenkunde-filosofie-kunsteducatie:** filosofische achtergrond over hoe weet je dat er leven is op andere planeten, hoe zouden wezens daar wonen en denken? Hier vanuit lijnen uitzetten naar andere vakken die hier ook op aan kunnen sluiten.

**biologie-natuurkunde:** krachten zoals ademhaling, luchtverplaatsing

**biologie-wiskunde:** berekeningen met zuurstofopname, practicum.

**biologie-aardrijkskunde:** inhoudelijk kleine raakvlakken

Deze vraag blijkt niets toe te voegen, is ook te ingewikkeld, en komt via andere vragen of tussendoor wel aan bod. 3-Wat zijn overeenkomsten en verschillen in leerdoelen en denkwijzen

tussen het gebruik van de 3D printer en de vakken kunsteducatie, wiskunde, scheikunde, natuurkunde en biologie in de onderbouw?

4-Wat zijn de mogelijkheden en beperkingen van de 3D printer binnen (kunst)educatie in de onderbouw m.b.t. benodigde techniek, software en vaardigheden van de leerling?

Deskundigen:

**Samenvatting meest gebruikte benodigde software volgens deskundigen: (TABEL?)**

**3D doodler**, eenvoudig te bedienen tekenprogramma, geschikt voor basisonderwijs, en eventueel brugklas. Meer een soort 3D versie van een 2D tekening

**Tinkercad**, genoemd door Techniektoppers en 3D kanjers, is volgens hen de meest bekende software, open source. Dat betekent dat het gratis is, en dat er via internet al voorbeelden van ontwerpen te vinden zijn die je zo uit kunt printen. Meer vaardigheden nodig dan met 3D doodler, maar wel echt 3D. Het werkt door het combineren van geometrische vormen, werkt als een soort blokkendoos waarmee je kunt bouwen. Omdat leerlingen allemaal minecraft kennen, is het heel toegankelijk. Deze modellen zijn makkelijk te printen.

FABLAB noemt vooral onderstaande programma's:

**Sketch Up** is bruikbaar, maar voor scholen volgens FABLAB niet het meest geschikte programma.

**Solid Works** professioneel programma met licentie werken ze volgens FABLAB op scholen liever mee.

**Fusion 360** professioneel programma waar ze op FAB LAB mee werken

**Samenvatting benodigde vaardigheden van de leerling volgens deskundigen:**

Alle drie de deskundigen zeggen min of meer hetzelfde: Leerlingen hebben in basis geen specifieke vaardigheden nodig. Door te werken met de 3D printer, gaan ze juist bepaalde vaardigheden (21st century skills) ontwikkelen.

*Vraag: Wat zijn uw ervaringen met het gebruik van de 3D printer in het VO? Mogelijkheden en (technische) problemen?*

**Samenvatting leermogelijkheden met het gebruik van de 3D printer volgens deskundigen: mindset, creativiteit en motivatie**

Door de (groep) leerlingen vooral te motiveren en vertrouwen te geven om zelf te laten experimenteren en ontdekken, fun moet in het proces zitten van zelf de 3D printer te bouwen en/of zelfstandig te gaan gebruiken, door ze bijvoorbeeld ambassadeurschap te geven van zo'n machine, ontstaan eigenlijk de zogenaamde 21st century skills ondernemerschap, probleem oplossend vermogen, samenwerkingsvaardigheden. Dingen die mislukken is geen nadeel, maar onderdeel van het leerproces.

**CREATIVITEIT/MOTIVATIE?**

3D Kanjers en Techniektoppers: Door uitdagende opdrachten met de 3D printer worden II nog meer geprikkeld om hun eigen ideeën te maken (door naar oplossingen toe te werken) Omdat het aantrekkelijk is en nieuw, gaan de kinderen ervoor. Dat motiveert, inspireert en stimuleert, tegelijk ben je bezig met een stukje techniek. In het leerproces is het **maak**aspect (het ontwerpdeel) van een 3D printer veel belangrijker dan het printen op zich. Daar zit de creativiteit. Kunst, techniek en de 3d printer horen bij elkaar (Jos van Tubbingen, Groninger museum)

*SAMENVATTING kansen 3D printer in de onderbouw volgens docenten?*

Docenten Biologie en Natuurkunde zien inhoudelijk geen kansen of noodzaak voor het gebruik van de 3D printer in onderbouwlessen, alle stof kan al op een andere (betere) manier worden uitgelegd. De 3D printer voegt volgens hen inhoudelijk niets toe, en is duur in het gebruik.

Docenten scheikunde en wiskunde zien veel kansen voor het inhoudelijk gebruik van de 3D printer in hun lessen, deze kansen richten zich op de volgende vaardigheden voor de leerling: leren programmeren, digitalisering en ruimtelijk inzicht. Daarbij ook het stimuleren van 21st century skills : ontwerp, onderzoek, experiment, creativiteit, ondernemen.

### *nadelen voor het gebruik van een 3D printer op school volgens docenten:*

- Gevaar van een gimmick dat inhoudelijk weinig toevoegt
- Relatief duur in het gebruik
- Alleen geschikt om kleine dingen uit te printen, niet voor grote dingen
- Computersimulatie werkt net zo goed of beter om bepaalde dingen uit te leggen of te demonstreren
- Om inhoudelijk met de 3D printer bij scheikunde te kunnen werken (vanaf het 3<sup>e</sup> jaar), moeten II al eerder ervaring hebben opgedaan met tekenprogramma's en 3D ontwerpen.
- Klassikale aanpak is moeilijk; tijdsprobleem om fouten in ontwerp op te lossen en printtijd, je kunt niet alles uitprinten dus moet bijvoorbeeld in wedstrijdvorm, maar 1 of twee ontwerpen uitprinten

### *nadelen voor het gebruik van de 3D printer op school volgens deskundigen:*

- genoeg laptops om met hele groep tegelijk te laten werken, Oplossing: kinderen in groepjes aan 1 ontwerp laten werken.
- capaciteitstekort aan printers omdat altijd pas aan het eind van het traject geprint moet worden. Daardoor lopen mensen aan het eind te wachten. Oplossing: Fablab, waar je als school van gebruik kan maken als een soort externe techniekruimte.
- Je moet ervoor zorgen dat een 3D printer niet een soort overschatte hype wordt, het wordt vaak verheven tot hoofdzaak, maar eigenlijk is het bijzaak. Het is gewoon een dom apparaat, net als een 2D printer, een gebruiksvoorwerp net als een kwast. Het gaat om wat je erin stopt, wat je ermee creëert.

### *Samenvatting meerwaarde van de 3D printer volgens deskundigen?*

- De 3D printer kan functionaliteit meeprinten, dan heeft de printer zijn rol (een brug die open kan met een scharnier, dat kan meeontworpen en meegeprint worden. )
- Het zorgt ervoor dat bepaalde creativiteit niet eindigt in een tekening maar dat je het kunt door ontwikkelen en in een object omzetten waar het met een andere techniek (hout o.i.d.) meer vaardigheden, tijd of moeite vereist. Je gaat niet meer heel erg lopen knutselen als een machine dat ook kan.
- Het downloaden van dingen waar je eerst geen toegang toe had is een toevoeging.
- Alles dat visueel is, kan je tot een bepaalde hoogte fysiek maken door middel van een 3D printer.

### *Meerwaarde 3D printer volgens docenten:*

- De 3D printer moet inhoudelijk wat toevoegen aan de lesstof,
- De 3D printer moet iets doen wat op een andere manier niet kan
- De 3D printer brengt digitalisering in de school met zich mee.
- De 3D printer kan en moet het ruimtelijk denken, creativiteit, oplossend denken stimuleren
- II zouden hiermee moeten leren programmeren, ontwerpen en modelleren. Leren 'Omgekeerd ontwerpen'. Dit wordt in geen enkel boek behandeld en wordt in de toekomst heel belangrijk.

Docenten:

### *Welke ervaring heeft u met het gebruik van een 3D printer binnen en buiten de school? VRAAG*

*ERUIT??* De wiskunde docent heeft het meest ervaring met het 3D printen en het werken met de tekenprogramma's zowel voor eigen gebruik als op instructie niveau. De andere docenten hebben geen of weinig ervaring met het gebruik van de 3D printer.

### *Welke ideeën heeft u om een aanzet te geven voor een vakoverstijgend project met gebruik van een 3D printer?*

*Er ontstaat verwarring over de term vakoverstijging. Docenten zien de 3D printer op zich al als vakoverstijging, en niet noodzakelijkerwijs als middel om met andere vakken samen te werken. Enkele mogelijkheden genoemd voor het gebruik van de 3D printer in eigen lessen:*

**Natuurkunde – 3D printer:** Diagrammen (volume, druk en temperatuur) omzetten in 3D grafieken, deze omzetten in 3D print met 3 kleuren.

Constructies en vorm, hoe maakt een constructie een vorm sterker? Dat kun je toepassen in ontwerpen. lichte constructies, sterkteleer, vierkants- en driehoekconstructies, bijvoorbeeld een opengewerkte hijskraan.

**Wiskunde – 3D printer:** inhoudelijk inzetbaar op ruimtelijk inzicht. Dwarsdoorsnedes die je niet kan tekenen toch laten zien in 3D. Chaostheorie, fractals, simpele algoritmes Nadeel: kunstje, je verdiept een begrip daar niet echt mee.

**Scheikunde-3D printer:** inhoudelijk inzetbaar op materiaaleigenschappen, zoals duurzaamheid en afbreekbaarheid. Belangrijk in veel toepassingen, zoals een kunstnie of hecht draad. Ik heb m toegepast bij het hoofdstuk polymeren in klas 6, waar we de grondstoffen van een 3D printer behandelen. In onze 3D printer kun je 3 verschillende materialen gebruiken waarin bijvoorbeeld hardheid en veerkracht een grote rol speelt. De 3D printer is een nieuw examenonderdeel dit jaar van macro (hoe ziet een gebruiksvoorwerp eruit van een bepaalde stof, en welke eigenschappen heeft dat ontwerp, hoe zijn op macroniveau de moleculen dan met elkaar verbonden?)

*Bij andere vakken kun je eigenlijk vooral de resultaten van 3D printen inzetten, demonstratiemodellen:*

**3D printer-aardrijkskunde:** demonstratiemodel bij aardrijkskunde-hoogtekaart van Nederland 3D printen, water erin gieten en laten zien dat het inderdaad op bepaalde plekken overloopt

**3D printer-biologie:** modelletjes, hoe zitten gewrichten in elkaar

**3D printer-klassieke talen/geschiedenis:** 3D tempels/kastelen/ruïnes printen op basis van wetenschappelijke gegevens van de overblijfselen zijn, om te zien hoe iets er in werkelijkheid uit moet hebben gezien. In 3D wordt de schaal vaak pas duidelijk zichtbaar.

*De docenten staan open voor ideeën, maar zien niet allemaal hoe en of de 3D printer vakoverstijgend met een ander vak ingezet zou kunnen of moeten worden. Hieronder een aantal ideeën waarbij de 3D printer op meerdere vakken tegelijk ingezet zou kunnen worden.*

**natuurkunde-scheikunde:** Hoe je vervormingen kunt maken bij vaste stoffen, moleculen en verbindingen daartussen

**natuurkunde-handvaardigheid:** driehoeksconstructies, krachtverdeling, hoe wordt een vorm sterker

**scheikunde-tekenen/handvaardigheid:** Facultatief project (trial) voor klas 3 waarbij II een ontwerp maken in 3D. Vertaalslag van 2D naar 3D is nodig in een module over zuren en basen. Ze moeten bij dit ontwerp bedenken of dit keihard moet zijn of een beetje veerkracht moet hebben (i.v.m. de gebruikseigenschappen), alvorens ze kiezen in welk materiaal het geprint moet worden.

*Conclusie: al bovenstaande ideeën (niet alleen de laatste drie) kunnen aanzet geven tot een vakoverstijgend project met meerdere vakken, simpelweg door per idee de raakvlakken met andere vakken te onderzoeken. Door dit te lezen, komen docenten van andere vakken wellicht tot ideeën waar zij zelf met hun lesstof aansluiting kunnen vinden, en kan dit leiden tot een mooi vakoverstijgende lesmodule die ingezet kan worden op het Mummellius Gymnasium.*

*Het zou een mooi uitgangspunt kunnen vormen voor een nieuw curriculum voor kunsteducatie op het Mummellius.*

## BIJLAGE 9 – Tabel met les ideeën

### VAKOVERSTIJGENDE LESIDEEËN MURMELLIUS DOCENTEN

|             |                 | geïnterviewden  |  |   |   |  |
|-------------|-----------------|---|--|---|---|--|
| onderwerpen |                 | 3D printer  | wiskunde   | scheikunde  | natuurkunde   | biologie   |
|             | 3D printer      |   | Ruimtelijk inzicht, dwarsdoorsnedes, fractals, algoritmes    | Materiaaleigenschappen, zoals duurzaamheid en afbreekbaarheid, hardheid en veerkracht                 | Diagrammen (volume, druk en temperatuur) omzetten in 3D grafieken in 3D print met 3 kleuren.                                    | Modelletjes, Gewrichten, hoe zitten deze in elkaar |
|             | kunsteducatie   |   | Anamorfofen  | Ruimtelijk inzicht, Opstellingen<br>2D naar 3D denken in een module over zuren en basen. (3D printer) | 3D vorm mobiel<br>Leven op andere planeten, hoe zouden wezens daar wonen en denken?<br>Driehoeks-constructies, krachtverdeling. | Fantasiedieren<br>Strips                           |
|             | wiskunde        |   |  | Grafiek, maar dat stuk van wiskunde zit in bijna alle vakken  | Grafiek, maar dat stuk van wiskunde zit in bijna alle vakken  | Berekeningen met zuurstofopname, Practicums.       |
|             | scheikunde      |   | Grafiek, maar dat stuk van wiskunde zit in bijna alle vakken |   | Atoombouw (overlap in stof), krachtenleer, elektronen-transport, moleculen.   |  |
|             | natuurkunde     |   | Grafiek, maar dat stuk van wiskunde zit in bijna alle vakken | Vervormingen vaste stoffen, moleculen en verbindingen   |   |  |
|             | biologie        |   | Grafiek, maar dat stuk van wiskunde zit in bijna alle vakken | Biochemie   | Krachten zoals ademhaling, luchtverplaatsing  |  |
|             | aardrijkskunde  | Aardrijkskunde-hoogtekaart van Nederland 3D                                   | Grafiek, maar dat stuk van wiskunde zit in bijna alle vakken | Aardwetenschappen, Mineralen, grondstoffen, reacties, bouwstoffen, fosfaten                           |   | Inhoudelijk kleine raakvlakken                     |
|             | Klassieke talen | 3D tempels, kastelen, ruïnes printen op basis van gegevens van overblijfselen | Vanuit Euclides verder denken, Kalenderrekenen               | Chemische bewerkingen in de tijd van Caesar (make-up van toen)  | Wetenschapsfilosofie, geo-centraal tot helio-centraal, goden versus natuurkrachten  |  |

## **BIJLAGE 11 - Concrete lesplannen**

**Regenmeter** (Liefthing en Kok, 2015, p.71):

“Zoek uit op welke manieren neerslag gemeten kan worden. Ontwerp een eigen neerslagmeter met een 3D tekenprogramma. Maak een verbinding van de regenmeter naar de computer m.b.v. Makey Makey. Programmeer in Scratch een programma dat laat zien hoeveel regen is gevallen. Test de regenmeter.”

**LittleBits Robot** (Liefthing en Kok, 2015, p.71):

“Bedenk wat de robot moet kunnen en maak een schets van een robot op papier. Bedenk hoe met de modules van LittleBits het e.e.a. kan worden aangestuurd. Tip: begin met iets kleins, bijvoorbeeld een lantaarn. Zoek op Thingiverse handige hulpstukken voor LittleBits die in het 3D-ontwerp kunnen worden gebruikt. Download de .stl bestanden en importeer deze in het 3D-tekenprogramma (bijvoorbeeld in Tinkercad) en combineer ze met het ontwerp. 3D-print het ontwerp uit. Waarschijnlijk zal alles niet in 1 keer passen, dus werk het model bij met een vijl of een ‘dremel’.”

**Draagbare Plant** (Liefthing en Kok, 2015, p.71):

“Diamanten zijn zo vorige eeuw. Deze ring kan een plant dragen en je kan het maken met de 3D printer. De uitdaging: ontwerp een ring waarin een klein plantje kan groeien en bloeien. Maak eerst met een groep een ontwerp op papier. Maak een aantal schetsen met de volgende vragen in je achterhoofd: hoe groot mag de ring zijn? Waar mag het plantje komen? Hoe zorgen we er voor dat de aarde in de ring blijft? Vertaal de schets in een ontwerp met behulp van Tinkercad. Maak een 3D-print van de ring en bekijk of deze aan de verwachtingen voldoet. Waarschijnlijk zijn er wel een aantal aanpassingen mogelijk. Voer deze door en maak nogmaals een 3D print.”

**3D printer in de brugklas** (wiskunde docent Murmellius gymnasium, Kim Kaspers, bijlage 6g):

“Een eerste klas project, waarbij we digitalisering inzetten. Eerst de samenwerking zoeken met mensen die net zo enthousiast zijn, want ik zie mogelijkheden tot samenwerking met alle vakken. Dan of we het project bij alle eerste klassen willen inzetten en dan kijken bij welk vak dat thuishoort.”

**Anamorfosen** (wiskundedocent Murmellius gymnasium, Kim Kaspers, bijlage 6g):

“Misschien een vakoverstijgend met tekenen: project Anamorfosen (op vorige school wel eens gedaan), waarbij wiskunde sectie een halve dag uitlegden hoe anamorfosen in elkaar zaten met verschillende soorten projecties, waarbij de meeste II uiteindelijk voor de cilindervormige tekening kozen om via een assenstelsel zo'n anamorfose te tekenen. Bij het vak tekenen werd dan vooral nagedacht over wat je wilde gaan maken en hoe je daar iets moois van wilde maken.”

**Les scheikunde-tekenen** (scheikundedocent Murmellius gymnasium Lovina Hofmeijer, bijlage 6f):

“Ik ben aangesloten bij een SLO scheikunde netwerk, waarbij vanaf 2004 modules zijn geschreven voor het nieuwe scheikunde. Deze modules zijn al uitgetest en geredigeerd. Sommige scholen zijn volledig overgegaan op deze modules en leerlijnen i.p.v. de boeken. In elke leerlijn worden alle concepten voor het eindexamen behandeld, maar vanuit diverse invalshoeken. Bijvoorbeeld de Delftse leerlijn die volledig ingaat op technieken en groene chemie. De Bonte leerlijn uit Groningen met dezelfde concepten maar andere invalshoeken, etc. zo zijn er in het hele land verschillende leerlijnen ontstaan met allemaal modules, die vrij verkrijgbaar zijn...ik ben bezig een project voor klas 3 te ontwikkelen waarbij ik op materiaal polymelkzuur (PLA, dat gebruikt wordt in 3D printers) inzoom binnen het project zuren en basen (onderdeel van een module, en wordt niet behandeld in het boek op het Murmellius). Ik vind dat ze zelf er een ontwerp bij moeten maken zodat de stof beter blijft hangen. Ik wil als trial dit jaar een facultatief project aanbieden waarbij leerlingen een ontwerp maken in 3D, daarvoor moeten ze naar mijn mening ook een vertaalslag van 2D naar 3D kunnen maken, en ik wil graag dat ze dat bij kunsteducatie leren. Daarna moeten ze bedenken of ze hun ontwerp keihard moet zijn of een beetje veerkracht moet hebben, alvorens ze kiezen van welk materiaal het geprint moet worden.”

## **5 Kritische reflectie**

Het onderzoek begon met een gesprek met de rector van het Murmellius gymnasium (bijlage 2). De rector gaf aan achter dit onderzoek te staan en noemde een aantal docenten, die ik in verband met persoonlijke omstandigheden beter niet kon benaderen. De gevraagde deskundigen (bijlage 3) antwoordden allemaal snel en enthousiast, deze heb ik dan ook als eerste geïnterviewd. De meeste docenten reageerden trager of niet (bijlage 4). Na twee emailrondes heb ik docenten die nog niet hadden gereageerd de uitgeprinte email in hun postvakje gelegd met de vraag het ingevuld te retourneren. De drie docenten die dit niet hebben gedaan, heb ik niet meer benaderd, omdat hieruit bleek dat er bij deze docenten te weinig animo en tijd was.

Bij de vaksectie biologie waren in verband met uitval, maar twee docenten beschikbaar die beiden ook een te volle agenda hadden. Na persoonlijke benadering was meneer Verhagen bereid om tijd voor een interview vrij te maken. Een ander probleem was de plotselinge langdurige uitval van de enige kunstvakdocent op het Murmellius. Omdat ik dit onderzoek benader vanuit kunsteducatie perspectief, heb ik besloten geen beeldend docent van een andere school te benaderen voor dit onderzoek. Vanuit de interviews blijft het kunstvak door deze keuze wel wat onderbelicht. Ik meen dit enigszins te hebben opgevangen met het literatuuronderzoek.

De gekozen interviewmethode met behulp van een topiclijst hielp bij het samenvatten en categoriseren van de interviews, en was tegelijk open genoeg om ook losse ideeën aan de orde te laten komen. De tijdsplanning bleek waardevol als uitgangspunt. Lopende het onderzoek is de planning en uitvoer van het onderzoek soms iets aangepast aan onverwachte omstandigheden. Literatuuronderzoek en veldonderzoek hebben daardoor meer gelijktijdig plaatsgevonden, dit bleek in verband met de tijdsdruk een goede zet. Door het voeren van dit onderzoek heb ik mijn interpersoonlijke competenties, zoals organisatietalent, planning, het minder wollig schrijven en praten verder kunnen ontwikkelen.

Mijn omgevingsgerichte competenties heb ik verder ontwikkeld doordat ik als kunstenaar en docent de hybride manier van werken uit de kunstpraktijk op betekenisvolle wijze heb proberen te verbinden met nieuwe technologie ten behoeve van gevraagde vernieuwing in het onderwijs.

Met dit onderzoek heb ik mijn eigen fascinatie vanuit het hybride werken als kunstenaar proberen te vertalen naar het onderwijs, en heb daarbij de belangen van leerlingen, innovatie en educatie voorop gesteld. Daardoor heb ik mijn artistieke competenties uitgebreid en verbonden met mijn pedagogisch-didactische competenties.

Op kritisch-reflectief vlak heeft het onderzoek mij meer kennis en inzicht gegeven in de nieuwste ontwikkelingen in technologie en vakoverstijging en de toepassing daarvan in het onderwijs. Het heeft me handvatten gegeven om mijn onderwijsvisie op te baseren en eventueel een nieuw kunsteducatie curriculum te ontwikkelen op het Murmellius gymnasium.

Dit onderzoek is geslaagd, omdat het naast veel les ideeën, alvast één concreet plan heeft opgeleverd voor een vakoverstijgende lesmodule met gebruik van de 3D printer. Het is volledig vanuit mijn eigen fascinatie en initiatief ontstaan, op enthousiasme en ondernemingszin uitgevoerd en door volharding naar tevredenheid afgerond.