

MASTER

Authentiek natuurkundeondewijs in een klassiek curriculum een oriënterend onderzoek

Dupuis, G.M.P.

Award date:
2012

[Link to publication](#)

Disclaimer

This document contains a student thesis (bachelor's or master's), as authored by a student at Eindhoven University of Technology. Student theses are made available in the TU/e repository upon obtaining the required degree. The grade received is not published on the document as presented in the repository. The required complexity or quality of research of student theses may vary by program, and the required minimum study period may vary in duration.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain

Technische Universiteit Eindhoven
Eindhoven School of Education

**Authentiek natuurkundeonderwijs
in een klassiek curriculum**
Een oriënterend onderzoek

Auteur: Guido Dupuis

Begeleider: Michiel van Eijck

Eindhoven, 29 augustus 2012.

Inhoud

1. Inleiding.....	2
2. Theorie.....	5
2.1. Redenen voor motivatieproblemen bij leerlingen in het VO.....	6
2.1.1. Dubbelzinnige leerdoelen.....	6
2.1.2. Overladen curriculum.....	7
2.1.3. Onsamenhangend curriculum.....	7
2.1.4. Beperkte transfer.....	8
2.1.5. Irrelevantie.....	8
2.2. Authentiek onderwijs.....	9
2.3. Authentiek onderwijs in relatie tot de huidige vraag naar kennis vanuit vervolgopleidingen en het bedrijfsleven.....	12
3. Plan van aanpak.....	14
3.1. Het opgezette project in het kort.....	15
3.2. Project in relatie tot de kenmerken van authentiek onderwijs.....	16
3.3. Dataverzameling.....	23
4. Resultaten.....	26
4.1. Resultaten bij onderzoeksvraag 1, deelvraag 1c (bereikte doelen van authentiek onderwijs).....	27
4.2. Resultaten bij onderzoeksvraag 2 (motivatie).....	30
4.3. Resultaten bij onderzoeksvraag 3 (inhoudelijke vakkennis).....	32
4.4. Resultaten bij onderzoeksvraag 4 (extra kennis).....	35
5. Conclusie en discussie.....	41
6. Bronvermeldingen.....	44
Appendix A.....	46
Projectoverzicht van docent voor de leerlingen.....	46
Appendix B.....	52
Kennistoets (inclusief correctiemodel) bij onderzoeksvraag 3.....	52

1. Inleiding.

In dit afstudeeronderzoek wordt oriënterend een nieuw ontworpen methode getest op basis waarvan natuurkunde meer authentiek onderwezen kan worden binnen het klassieke curriculum op een school in het voortgezet onderwijs (VO).

Aanleiding van dit onderzoek is dat er een groot tekort dreigt te ontstaan aan technisch opgeleiden. Er is een grotere uitstroom van werknemers met technische beroepen in vergelijking met (nieuwe) studenten aan technische opleidingen en studenten die vervolgens ook daadwerkelijk kiezen voor een technisch beroep. Vandaar ook dat er al sinds 2008 vanuit de overheid de doelstelling bestaat jaarlijks 15% meer jongeren in het VO te laten kiezen voor een technische vervolgopleiding (Universumprogramma, 2012; Oberon, 2008). Dit vraagt er dus om ook meer leerlingen voor een N-profiel te laten kiezen of minstens de leerlingen die een N-profiel gekozen hebben ook te motiveren een technische vervolgopleiding te kiezen. Er vinden dan ook zeer veel inspanningen plaats, bijvoorbeeld door het *Platform Bèta Techniek* in o.a. de vorm van het *Universumprogramma* en het *Jet-Net project*, om leerlingen meer voor techniek te interesseren en te motiveren. Dit legt natuurlijk ook weer meer druk bij VO-scholen en het onderwijs door de betrokken docenten. Enerzijds voelen docenten druk door de verwachting dat ze het onderwijs zodanig vormgeven dat het ook leerlingen aanzet tot het kiezen van een technisch profiel en vervolgstudie in de techniek. Anderzijds, wanneer een school ook daadwerkelijk universumschool is, zijn er allerlei activiteiten waaraan je als school eigenlijk moet deelnemen. Dit vraagt daarom ook weer voor extra planning van lessen en planning van het rooster.

Echter uit eigen praktijkervaring, ondersteund door eerder wetenschappelijk onderzoek (Roth & Lee, 2002), is er juist een steeds geringere motivatie en interesse bij leerlingen in het VO waar te nemen voor de bètavakken, waaronder dus ook voor natuurkunde. Deze twee gegevens staan volledig tegenover elkaar en dit interesseprobleem lijkt dus vanuit het onderwijs zelf te komen.

Daarom ligt de uitdaging er dan ook in om het aangeboden bètaonderwijs, in dit geval natuurkundeonderwijs, dusdanig motiverend te maken dat de “twijfelaars” over de streep worden getrokken en om uiteindelijk een grotere uitstroom te krijgen naar de vereiste technische vervolgopleidingen. Daarnaast moet wel ook voldoende diepgang in lesstof gewaarborgd blijven en leerlingen goed worden uitgerust met kennis die beter aansluit op de huidige vraag naar kennis en vaardigheden vanuit vervolgopleidingen en het bedrijfsleven zodat op bekwame mensen kan worden gerekend.

Authentiek onderwijs lijkt een manier waarop aan bovengenoemde uitdaging kan worden voldaan. In dit type onderwijs maken leerlingen enerzijds kennis met zaken uit en kenmerken van de bètawetenschappelijke beroepspraktijk en leren leerlingen vakinhoud en vaardigheden. Anderzijds maken ze ook kennis met socioculturele

aspecten en kenmerken. Te denken valt aan het leren ontwikkelen van een kritische houding in relatie tot bètawetenschap in de eigen leefwereld en maatschappij. Ook is een typisch kenmerk dat er wordt geleerd door communicatie in de gemeenschap waarbinnen leerlingen hun onderzoek doen. Daarnaast hebben leerlingen eigen invloed op het onderzoeksonderwerp. Onderzoek laat zien dat dit zeer motiverend werkt (Roth & Lee, 2002; Roth, van Eijck, Reis & Hsu, 2008). In paragraaf 2.2 wordt hier echter dieper op ingegaan.

Door het opzetten en onderzoeken van een nieuwe authentieke onderwijsvorm, wordt getracht antwoord te vinden op onderstaande onderzoeksvragen:

1. Hoe is authentiek onderwijs in een klassiek curriculum te implementeren?

Deze vraag zal worden beantwoord door antwoord te geven op onderstaande deelvragen:

- a. Wat zijn de kenmerken van authentiek onderwijs?
 - b. Welke kenmerken van authentiek onderwijs kunnen in een klassiek curriculum worden geïmplementeerd?
 - c. Welke doelen van authentiek onderwijs kunnen bereikt worden?
2. Is authentiek onderwijs, geïmplementeerd in een klassiek curriculum, motiverend voor leerlingen?
 3. Creëert authentiek onderwijs, geïmplementeerd in een klassiek curriculum, voldoende inhoudelijke vakkennis zoals voorgeschreven volgens leerdoelen gebaseerd op de vakstructuur?
 4. Creëert authentiek onderwijs, geïmplementeerd in een klassiek curriculum, extra kennis die aansluit bij de huidige vraag naar kennis en vaardigheden vanuit vervolgopleidingen en het bedrijfsleven?

Het onderzoek, en dus ook het opgezette onderwijs, is uitgevoerd en getest op SG Groenewald te Stein; een school met de niveaus vmbo-t en vmbo-kb, havo, atheneum en gymnasium. Echter vanwege de omvang van dit onderzoek, wordt beperkt tot het atheneum niveau.

In de laatste periode van schooljaar 2011-2012 is de authentieke lesmethode op atheneum 2 (A2) ingevoerd en is gedurende deze tijd geobserveerd. Het gaat hier om een periode van 6 weken met 2 uur aansluitend les per week. Zo is in leerjaar 2 een eerste project opgezet dat zal doorlopen in leerjaar 3 waarbinnen leerlingen indirect leren over thema energie, dit echter op een nieuwe (niet klassikale) authentieke manier waar ook veel nadruk wordt gelegd op andere leerdoelen en vaardigheden dan puur vakinhoudelijke kennis die later in de beroepspraktijk van een technisch wetenschappelijk opgeleide aan de orde kunnen zijn. Naast vooraf opgestelde leerdoelen met betrekking tot thema energie, zullen inhoudelijke eindpunten ook deels onbekend zijn en zich dus ontwikkelen gedurende het project. Dit sluit aan bij de visie op authentiek onderwijs. Dit alles zal verder worden uitgelegd

in hoofdstuk 3. Door invoering van dit onderwijs op A2 is er in dit onderzoek, naast de gestelde onderzoeksvragen, nog geen mogelijkheid antwoord te geven op de vraag of uiteindelijk ook meer leerlingen hierdoor voor een N-profiel kiezen of nog later ook daadwerkelijk een technische vervolgopleiding gaan doen.

Hoewel in dit onderzoek uitsluitend wordt ingegaan op het aanbieden van meer authentiek natuurkundeonderwijs, moet wel worden opgemerkt dat hiernaast noodzakelijkerwijs ook veel inspanningen zijn geleverd op het gebied van een betere afstemming van de lesstof binnen de onderbouw (OB) en op lesstof in de OB op lesstof in de bovenbouw (BB) (een doorlopende leerlijn). Tevens is meer diepgang in lesstof per leerjaar aangebracht. Dit laatste was onder meer mogelijk vanwege tijdswinst die werd geboekt door de vooraf genoemde betere afstemming en de doorlopende leerlijn. Dit alles valt echter buiten het kader van dit onderzoek.

In dit verslag zal daarom in de *Theorie* in hoofdstuk 2 worden ingegaan op authentiek onderwijs en op het inzicht in de bestaande redenen voor motivatieproblemen en beperkte keuze voor meer technische profielen en vervolgopleidingen bij leerlingen in het VO. Tevens wordt hier kort ingegaan op authentiek onderwijs in relatie tot de inzichten in de kennis en vaardigheden vanuit vervolgopleidingen en het bedrijfsleven die tegenwoordig gevraagd worden van leerlingen afkomstig uit het VO.

In *Plan van aanpak* in hoofdstuk 3 zal de structuur en authentieke onderwijsmethode worden beschreven die in dit onderzoek wordt opgezet en onderzocht en zal deze opzet worden gekoppeld aan de theorie zoals beschreven in hoofdstuk 2.

In *Resultaten* in hoofdstuk 4 wordt uitgelegd met welke middelen deze methode wordt geëvalueerd en zullen de resultaten worden besproken die tot op dit moment kunnen worden of zijn waargenomen.

In *Conclusie en discussie* in hoofdstuk 5 zullen de conclusies volgen die kunnen worden getrokken uit de observatie van de nieuw gehanteerde methode gedurende schooljaar 2011-2012. Ook zullen de methode en resultaten grondig worden bediscussieerd en aanbevelingen worden gedaan voor deze methode in de toekomst.

In *Bronvermeldingen* in hoofdstuk 6 volgt tenslotte een overzicht van alle gebruikte bronnen; literatuur en websites.

2. Theorie.

In hoofdstuk 1 is al kort aangehaald dat het huidige onderwijs zelf debet is aan de geringe motivatie van leerlingen in het VO voor bètawetenschap waaronder natuurkunde. Het gevolg is dat steeds minder leerlingen een bètawetenschappelijke vervolgopleiding en een beroep in de techniek kiezen waar juist steeds meer behoefte aan is. De redenen voor de geringe motivatie die in literatuur worden beschreven (van Eijck, Bruin-Muurling, Huizing, Quant & Taconis, 2011), zijn in het kort:

- Dubbelzinnige leerdoelen.
- Overladen curriculum.
- Onsamenvattend curriculum.
- Beperkte transfer.
- Irrelevantie.

Bovenstaande redenen en de consequenties zullen verder worden besproken in paragraaf 2.1. Ook wordt vanaf nu meer naar het vak natuurkunde gekeken en in sommige gevallen als synoniem voor bètawetenschappen in het algemeen gebruikt.

Willen we leerlingen juist gemotiveerd krijgen, dan moet het onderwijs zelf een hele andere vorm gaan aannemen, rekening houdend met bovengenoemde redenen. Authentiek onderwijs lijkt een oplossing voor dit probleem te zijn, maar is tot nu toe nog niet grootschalig als nieuw curriculum ingevoerd. De oprichting van Technasia is in Nederland één van de eerste grotere aanpassingen in die richting. Technasia zijn scholen die het vak *Onderzoek & Ontwerpen* (O&O) als examenvak hebben ingevoerd waarin projectmatig wordt gewerkt met als belangrijke vaardigheden planmatig werken, samenwerken, doorzetten, inventiviteit en theorie binden aan praktijk (Stichting Technasium (2), 2012). Dit vraagt er om dat een school natuurlijk ook daadwerkelijk het complete onderwijsprogramma afstemt rondom O&O zoals terug te vinden op Stichting Technasium (1) (2012).

Er zijn redenen waarom een school geen technasium wil worden. Zo is de school waar dit onderzoek heeft plaatsgevonden van mening dat op veel meer gebieden dan uitsluitend techniek zeer goed onderwijs wordt aangeboden. Profileren als technasium zou daarom aan het goede onderwijs en alle inspanningen van andere secties voorbij gaan. Desondanks wordt al langere tijd nagedacht over mogelijkheden tot herziening van bijvoorbeeld natuurkundeonderwijs. Vandaar ook dat in dit onderzoek een vorm van authentiek natuurkundeonderwijs is ontwikkeld en wordt onderzocht binnen een klassieke VO-school. In paragraaf 2.2 wordt daarom verder ingegaan op authentiek onderwijs en de kenmerken.

Authentiek onderwijs zelf lijkt ook veel meer in te spelen op een ander type kennis en vaardigheden dan puur vakinhoudelijke kennis en vaardigheden zoals tot nu toe vooral wordt onderwezen en getoetst. Dit type kennis en vaardigheden is waar

vervolgopleidingen en het bedrijfsleven tegenwoordig juist ook om vraagt. Daarom wordt tot slot in paragraaf 2.3 hier verder op ingegaan.

2.1. Redenen voor motivatieproblemen bij leerlingen in het VO.

De genoemde redenen voor de geringe motivatie van VO-leerlingen voor natuurkunde vormen direct aanleiding het onderwijs anders vorm te geven en zullen hier verder worden uitgediept. Vooraf dient opgemerkt te worden dat er in veel gevallen sterke samenhang bestaat tussen de redenen voor motivatieproblemen. Hier wordt waar mogelijk op gewezen.

2.1.1. Dubbelzinnige leerdoelen.

Als eerste oorzaak kunnen de dubbelzinnige leerdoelen genoemd worden. In van Eijck et al. (2011) wordt aangegeven dat deze oorzaak eigenlijk kan worden opgedeeld in aan de ene kant de natuurkunde vakstructuur met zijn begrippen en vaardigheden die centraal staan, maar die geen houvast bieden voor het stellen van leerdoelen. Echter voor dit onderzoek is een tweede dubbelzinnigheid in leerdoelen veel relevanter, te weten “bètawetenschappelijke geletterdheid”. Vrij vertaald uit Roth et al. (2008) werd traditioneel dit begrip in verband gebracht met de kennis en wetenschap van wetenschappers. Onderwijs hield dan ook in dat de docent informatie overbracht, uit boeken werd geleerd en aan saaie routinematige practica werd gedaan. Tegenwoordig is echter een gangbare definitie:

“Het geheel aan kennis en vaardigheden dat vereist is om in alledaagse leefwereldsituaties of beroepssituaties in gesprek te kunnen gaan met bètawetenschappelijke professionals en beslissingen te kunnen nemen waarin bètawetenschappelijke kennis een rol speelt” (van Eijck et al., 2011).

Concreet houdt dit in dat een aanzienlijk deel leerlingen gemotiveerd kan raken voor een bètawetenschap zoals natuurkunde en eventueel een beroep in die richting, indien ze merken dat opgedane kennis en vaardigheden van nut zijn in hun alledaagse leefwereld en de maatschappij. Vandaar dat tegenwoordig in curricula steeds meer nadruk komt te liggen op deze definitie van bètawetenschappelijke geletterdheid en dus de toepasbaarheid van kennis en vaardigheden uit natuurkunde in het dagelijks leven en ter verbetering van de gemeenschap. Hoewel meer rekening wordt gehouden met bètawetenschappelijke geletterdheid wordt toch nog grotendeels klassiek onderwezen en de tijd die wordt besteed aan andere dingen gaat ten koste van de vakinhoud van natuurkunde en professionals. Daarnaast wordt in huidige curricula nog steeds gefocussed op kennis en vaardigheden die elke leerling uiteindelijk moet bezitten in tegenstelling tot individuele competenties van afzonderlijke leerlingen wanneer ze functioneren in de gemeenschap waarbinnen ze zich begeven (Roth et al., 2008). Dit laatste blijkt een heel belangrijk aspect te zijn op basis waarvan leerlingen wel gemotiveerd raken voor natuurkunde en kennis opdoen (zie ook paragraaf 2.2).

2.1.2. Overladen curriculum.

Zowel het huidige curriculum als ook het curriculum bij Nieuwe Natuurkunde (NiNa) dat vanaf schooljaar 2013-2014 ingevoerd zal worden, wordt als overladen betiteld. Zowel docenten als leerlingen hebben deze mening. Die overladenheid betreft zowel de examenprogramma's als de syllabi (Kuiper, Folmer, Ottevanger & Bruning, 2011). Ondanks de inspanningen om in NiNa contexten aan te bieden die beter aansluiten bij de leefwereld van leerlingen, blijkt dat leerlingen echter nog steeds vinden dat contexten niet aansluiten bij de leefwereld naast of buiten school. Wel zagen leerlingen dat NiNa gaat over onderwerpen in het nieuws en in de krant (Kuiper et al., 2011).

De overladenheid in zowel het huidige curriculum als in NiNa wordt veroorzaakt door aan de ene kant de dubbelzinnige leerdoelen. Aangezien tot nu toe nog altijd de vakstructuur maatstaf is voor de inhoud van het curriculum, wordt er erg veel nadruk gelegd op details over begrippen, principes en procedures en dat over alle thema's waarbinnen de natuurkunde klassiek is ingedeeld (denk bijvoorbeeld aan beweging, krachten, elektriciteit etc.).

Daarnaast zijn er de afgelopen 100 jaar zoveel nieuwe en interessante ontwikkelingen geweest, ontwikkelingen die tevens goed aansluiten bij de interesses van de huidige leerling zoals beschreven in paragraaf 2.1.1, dat eveneens deze nieuwe lesstof onderwezen moet worden. Echter ook hier wordt weer vooral nadruk gelegd op bovengenoemde gedetailleerde vakinhoud zonder een vergelijkbaar deel andere (oudere) onderwerpen af te laten vallen.

Concluderend wordt het huidige curriculum als erg zwaar ervaren vanwege de te kennen gedetailleerde vakinhoud en sluit het nog steeds niet aan bij de leefwereld van de leerling (Kuiper et al., 2011). Door alle details is er daardoor per onderwerp te weinig tijd om lesstof op duurzame wijze te onderwijzen (van Eijck et al., 2011). Ook dit alles zorgt voor geringe motivatie bij leerlingen.

2.1.3. Onsamenvattend curriculum.

Aangezien het curriculum nog steeds grotendeels vanuit vakstructuur wordt opgesteld en, zoals beschreven in paragraaf 2.1.2, we te maken hebben met overladen curricula, moeten leerlingen dus zeer veel details en feiten kennen. Leerlingen zien echter niet vanzelf samenhang tussen al deze details en feiten, iets wat professionals wel doen. Daarbij wordt feitenkennis ook weer erg snel door leerlingen vergeten (van Eijck et al., 2011).

In het artikel van Abbenhuis et al. (2008) is bijvoorbeeld ook te lezen dat scholen de opdracht krijgen vanuit de maatschappij en/of de politiek om aandacht te besteden aan een toenemend aantal uiteenlopende onderwerpen. Deze opeenstapeling van onderwerpen waaraan aandacht moet worden besteed, leidt veelal tot versnippering

van aandacht en middelen. Een overladen en versnipperd leerplan is over het algemeen ook een onsamenhangend leerplan.

Daarentegen wordt het aanbrengen van samenhang vanuit leerpsychologisch perspectief en vanuit de motivatietheorie juist van belang geacht. Door begrippen vanuit verschillende disciplines te belichten vergroot het inzicht in de betekenis en de toepassingsmogelijkheden van begrippen en vaardigheden. Het creëren van meer eenheid in het leerplan biedt leerlingen een beter beeld van het 'wat' en 'hoe' en 'waarom' van het leren (Abbenhuis et al., 2008). Dit zou weer juist de motivatie vergroten.

2.1.4. Beperkte transfer.

Transfer wil zeggen het gebruik van eerder geleerde kennis en vaardigheden in nieuwe, min of meer afwijkende leer- en toepassingssituaties (Simons & Verschaffel, 1992). Helaas blijkt transfer slechts zeer beperkt voor leerlingen in het VO.

Uit zowel (Simons et al., 1992) als uit (van Eijck et al., 2011) komen, misschien in andere woorden, eigenlijk dezelfde oorzaken naar voren van deze beperkte transfer. Deze oorzaken liggen in de dubbelzinnige leerdoelen, het overladen curriculum en het onsamenhangende curriculum zoals beschreven in paragraaf 2.1.1 t/m 2.1.3.

Waarom en wat leren leerlingen eigenlijk en hoe is het in hun dagelijks leven toepasbaar? Door het overladen curriculum is er gewoonweg tijdgebrek om dieper in te gaan op het nut van het geleerde in de dagelijkse praktijk, de leefwereld naast school. Dit alles wordt versterkt door een onsamenhangend curriculum.

Dit alles zorgt er voor dat transfer grotendeels uitblijft, geleerde kennis en vaardigheden meer lijken op "trucs" dan op algemeen toepasbare principes en daardoor ook geen motivatie ontstaat voor leerlingen om zich verder te verdiepen en te ontwikkelen in natuurkunde en bètawetenschappen in het algemeen.

2.1.5. Irrelevantie.

De voornaamste reden dat te weinig leerlingen een N-profiel kiezen en daarna een technische vervolgopleiding gaan doen, komt doordat leerlingen van mening zijn dat de bètavakken grotendeels irrelevant zijn en weinig van doen hebben met praktisch toepasbare kennis en kennis die een rol speelt in het dagelijks leven. N-profielen worden vooral gekozen omdat dit van belang is voor een vervolgstudie, zoals geneeskunde, of omdat men zich er mee kan onderscheiden, maar niet vanuit intrinsieke motivatie (van Eijck et al., 2011).

De overtuiging dat de bètavakken grotendeels irrelevant zijn, hangt dus wederom samen met de redenen die zijn genoemd in paragraaf 2.1.1 t/m 2.1.4, te weten

dubbelzinnige leerdoelen, een overladen curriculum, een onsamenhangend curriculum en beperkte transfer.

Kort gezegd leidt het aanleren van teveel vakinhoud tot te veel detailkennis, veel feiten die ook nog eens onsamenhangend overkomen of worden overgebracht. Daardoor ontstaat slechts beperkte transfer, waardoor het voor leerlingen totaal irrelevant schijnt zich met natuurkunde bezig te houden: het draagt niets bij tot toepasbare kennis in hun dagelijkse leefwereld. Gevolg is dat ze niet gemotiveerd zijn voor bètavakken zoals natuurkunde.

Het leerlingen laten zien waarom natuurkunde relevant is in het dagelijks leven, vraagt om ander onderwijs dan hoe het huidige onderwijs grotendeels is ingericht. Onderwijs moet vooraf al duidelijk maken waarom natuurkunde relevant is, voordat op vakinhoud wordt ingegaan. Authentiek onderwijs kan uitkomst bieden en daar wordt daarom in de volgende paragraaf 2.2 verder op ingegaan.

2.2. Authentiek onderwijs.

De afgelopen jaren heeft veel onderzoek plaatsgevonden naar authentiek onderwijs. Dit type onderwijs lijkt er voor te zorgen dat leerlingen veel meer gemotiveerd raken voor bètawetenschappen. Volgens Buxton (2006) zijn er drie perspectieven van authentiek onderwijs te onderscheiden, ook min of meer qua ontstaansvolgorde.

Het eerste perspectief is canoniek authentiek onderwijs en wordt vooral gekenmerkt door activiteiten van leerlingen die lijken op activiteiten die wetenschappers ook uitvoeren. Te denken valt daarbij aan het gebruiken van verschillende bronnen, observeren, kritisch data analyseren en planmatig werken. Ook komt naar voren dat onderzoek niet altijd vlekkeloos verloopt en hoeft te verlopen, er meetfouten en onnauwkeurigheden kunnen zijn. Opdrachten worden vooraf bepaald zonder invloed van leerlingen of docenten. Zoals beschreven door Roth et al. (2008) bij zijn steeds verdere ontwikkeling van authentiek onderwijs, was er de fase waarin leerlingen wel hun eigen experimenten bedachten en uitvoerden en de resultaten presenteerden aan klasgenoten (zie bijvoorbeeld Roth, 1995). Soms ontwierpen leerlingen ook hun eigen materialen, instrumenten en prototypes voor hun onderzoek. Leerlingen waren zeer gemotiveerd en verloren zich vaak in hun project en vergaten de tijd. Zeer positief aan dit perspectief op authentiek onderwijs is in ieder geval dat leerlingen zelf bezig zijn, zelf iets doen, iets maken. Dit werkt zeer motiverend, zoals ook beschreven door Kuiper et al. (2011) m.b.t. activiteiten binnen NiNa waar bijvoorbeeld een leerling aangeeft: "We doen minder zelf practicum dan vorig jaar. De leuke activiteiten zitten niet in het lesmateriaal, maar komen van de docent". Ook bleek hier uit schoolbezoeken dat leerlingen actieve opdrachten het leukst vinden. Ze noemen technisch ontwerpen, komeetbanen tekenen en berekenen en het zelf bouwen van domotica-schakelingen als voorbeelden van leuke opdrachten.

Er ligt bij dit perspectief echter nog steeds nadruk op de klassieke vakinhoud die uiteindelijk bepaalt of een leerling bevorderd wordt indien een voldoende eindpunt wordt behaald, in tegenstelling tot kennis die voor leerlingen ook buiten school relevant is en aansluit bij de eigen leefwereld. Deze vorm van onderwijs laat dan uiteindelijk toch nog steeds de genoemde motivatieproblemen zien, veroorzaakt door irrelevantie, het gebrek aan transfer en een onsamenhangend curriculum. Dit geldt zeker voor bepaalde groepen leerlingen zoals meisjes/vrouwen of leerlingen met een andere culturele achtergrond. Belangrijk is dus ook dat leerlingen vooral niet als homogene groep worden gezien maar juist als heterogene groep (Roth & Lee, 2002).

Het tweede perspectief op authentiek onderwijs, het leerlinggericht perspectief, is dan eigenlijk ook ontstaan als kritiek op het eerste perspectief. Leerlinggericht authentiek onderwijs moet dan ook aansluiten bij de leefwereld van de leerling buiten school. Bij dit type onderwijs wordt wetenschap daarom gebruikt voor doelen van leerlingen zelf en wordt sterk rekening gehouden met de cultuur en omgeving van leerlingen. Leerlingen moeten kunnen ervaren hoe het is om bètawetenschappelijke professional te zijn en met behulp van kennis of onderzoeksmethoden op een of andere manier een verschil te maken in zijn of haar leefwereld. Ook moet de leerling kunnen begrijpen waaraan precies hij of zij kan bijdragen door het aanwenden van bètawetenschappelijke kennis en bètawetenschappelijke onderzoeksmethoden (van Eijck et al., 2011). Of zoals beschreven door Roth et al. (2008) moet een curriculum worden opgezet waar hetgeen leerlingen gedurende het onderwijs produceren echt van nut is voor hun leefwereld of de maatschappij in het algemeen. Bij het leerlinggerichte perspectief wordt er dan ook van uitgegaan dat leerlingen zelf hun opdrachten ontwikkelen. Bij vooraf uitgedachte opdrachten wordt uitgegaan van de interesses, ideeën en behoeften van de leerlingen. Een typisch kenmerk van leerlinggericht authentiek onderwijs is dan ook dat vooraf geen begrippen of vaardigheden worden vastgesteld die leerlingen uiteindelijk moeten kennen. Ook kent het onderwijs geen precieze inhoudelijke eindpunten meer. Om in te spelen op ieders behoeften, door in te gaan op problemen uit de leefwereld en dagelijks leven, moet het onderwijs naar buiten de school worden verlegd. Nog beter zou dan ook zijn het onderwijs ook daadwerkelijk buiten het klaslokaal te laten plaatsvinden zoals wordt beschreven in het onderzoek van Roth et al. (2008). In ieder geval moet iedere leerling afzonderlijk zijn of haar expertise kunnen tonen en kunnen leren over dingen waarin hij of zij geïnteresseerd is. Het leren zal uiteindelijk concreet plaatsvinden door communicatie tussen verschillende deelnemers aan het onderzoek; bijvoorbeeld leerlingen, docenten, wetenschappers, overheid etc. maar ook ouders waren bij dit onderzoek betrokken. Samenwerken is dus erg belangrijk. Het onderzoek zoals beschreven door Roth & Lee (2002) laat bijvoorbeeld duidelijk zien dat gedurende het onderwijs leerlingen interacties met anderen aangaan, aangezien communicatie direct samengaat met bètawetenschappelijke geletterdheid en motiverend werkt (zie paragraaf 2.1.1). De bètawetenschappen worden dan als bron gezien op basis waarvan beslissingen genomen kunnen worden in het alledaagse leven. Tot slot zullen leerlingen pas leren en gemotiveerd raken indien ze deelnemen aan

activiteiten die het algemene doel, de gemeenschap in totaliteit dienen. Door te focussen op collectieve activiteiten, hoeft dus ook niet meer elke leerling dezelfde detailkennis (zoals in huidige curricula) te kennen. Als de kennis maar in de groep als collectief aanwezig is. Een zeer belangrijk onderdeel bij het opzetten van dit type onderwijs is dan ook het mogelijk maken van communicatie, dialogen, discussies tussen deelnemers aan de collectieve activiteit. Uit het onderzoek zoals beschreven door Roth et al. (2008) blijkt dan ook dat het leren zoals in deze vorm van onderwijs ontstaat, duidelijk veel motiverender is voor leerlingen. Daarbij komen de activiteiten van leerlingen ook veel meer overeen de beroepspraktijk en het functioneren van technisch opgeleiden in de huidige maatschappij (zie ook paragraaf 2.3). Belangrijk in dit onderwijs maar ook door dit onderwijs is dan ook dat leerlingen een kritische houding ontwikkelen ten aanzien van hun eigen leefwereld. Er wordt hier dan ook gesproken over “een leven lang leren” (*Life long learning*) in tegenstelling tot het leren van feiten, concepten en theorieën zoals ontstaat in het huidige curriculum, opgelegd door overheden, waar vakinhoud leidend is.

Als consequentie zijn dus typische kenmerken van leerlinggericht authentiek onderwijs:

- Vakstructuur, vakinhoud heeft geen leidende rol meer.
- Er zijn geen begrippen of vaardigheden die leerlingen bij voorbaat moeten leren.
- Het onderwijs kent geen precieze inhoudelijke eindpunten meer, zoals ook in een wetenschappelijke beroepspraktijk eindpunten vaak onbekend zijn.
- Het onderwijs en onderwerp sluit aan bij de leefwereld van de leerlingen.
- Leerlingen kiezen zelf (grotendeels) het te onderzoeken onderwerp, de onderzoeksmethode en hoe het onderzoek verloopt.
- Het onderwijs vindt (bij voorkeur) buiten het klaslokaal plaats.
- Het onderzoeksonderwerp wordt in een maatschappelijke context geplaatst.
- Leren vindt plaats door communicatie tussen de verschillende deelnemers aan het onderzoek.

Het derde perspectief, het contextueel perspectief, bestaat uit een combinatie van het canonieke perspectief en het leerlinggerichte perspectief. Het kennis laten maken met zaken uit en kenmerken van de bètawetenschappelijke beroepspraktijk en de vakinhoud en vaardigheden vanuit het canonieke perspectief wordt hier gecombineerd met de socioculturele aspecten en kenmerken vanuit het leerlinggerichte perspectief zoals het leren ontwikkelen van een kritische houding in relatie tot bètawetenschap in de eigen leefwereld en maatschappij, het leren door communicatie in de gemeenschap waarbinnen leerlingen hun onderzoek doen en de eigen invloed van leerlingen op het onderzoeksonderwerp.

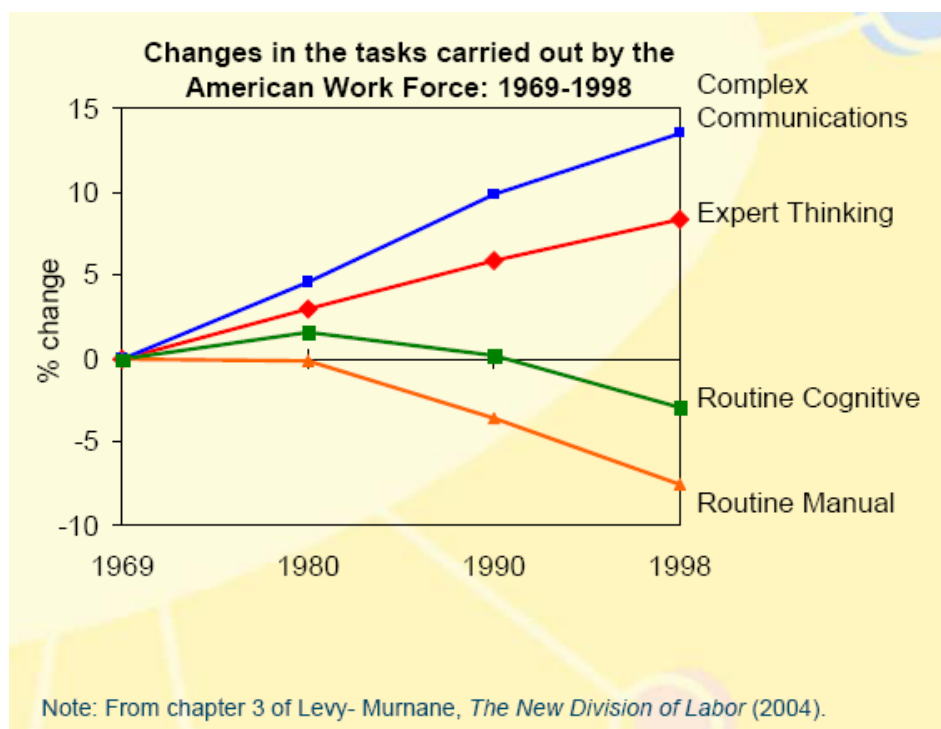
De combinatie van al het goede uit de twee eerste perspectieven maakt het mogelijk deze vorm van authentiek onderwijs iets eenvoudiger in te voeren in het huidige curriculum waar vakinhoud nog steeds bepalend is voor de eindtermen maar

daarnaast dringend de motivatieproblemen bij leerlingen moeten worden aangepakt. Vandaar ook dat tegenwoordig meer wordt ingezet op het contextueel authentieke onderwijs, zo ook in dit onderzoek.

2.3. Authentiek onderwijs in relatie tot de huidige vraag naar kennis vanuit vervolgopleidingen en het bedrijfsleven.

Zoals in de voorgaande paragrafen beschreven, leidt het huidige onderwijs ertoe dat leerlingen niet gemotiveerd zijn voor vakken als natuurkunde en daardoor geen technisch profiel kiezen in het VO en al helemaal niet kiezen voor een technische vervolgopleiding. De vraag naar technisch opgeleiden neemt echter alleen maar toe. Aan de ene kant vanwege het bovengenoemde maar aan de andere kant speelt een zeer voorname rol dat er juist sinds het begin van 1990 in West Europa en de Verenigde Staten een gigantische polarisatie van banen gaande is waarmee een disproportionele toename van hoog betaalde en laag betaalde banen wordt bedoeld. Dit wordt veroorzaakt doordat technologieën steeds meer gebruik maken van niet-routine taken ten koste van routine taken (Goos, Manning & Salomons, 2009). Deze taken concentreren zich in hoogbetaalde service banen, genaamd “lovely jobs”, en laagbetaalde service banen “lousy jobs” (Goos & Manning, 2007).

Volgens Levy & Murnane (2004) worden taken die kunnen worden opgesplitst in routines overgedragen aan computers of uitbesteed aan lagelonenlanden. Veel banen zijn al verdwenen, zoals bijvoorbeeld in de maakindustrie, administratief werk en programmeren. Dat in de loop van de tijd taken zijn veranderd, blijkt ook duidelijk uit grafiek 1 van de Amerikaanse beroepsbevolking tussen 1969 en 1998.



Grafiek 1: Verandering van taken van de Amerikaanse beroepsbevolking tussen 1969 en 1998.

De overblijvende banen hebben het specifieke karakter van de zogenaamde bètacultuur, met benodigde kenmerken als nieuwsgierigheid, sociale vaardigheden, flexibiliteit, creativiteit en een blijvend leren. Dit alles naast werken met computers of gecomputeriseerde apparatuur. Deze kenmerken zouden daarom dus ook een basisvaardigheid van leerlingen moeten worden. Volgens Simon (1995) vraagt dit echter om een andere klassencultuur dan die momenteel heerst en daarom zal het zogenaamde “didactisch contract” volgens Gravemeijer (1995) dan ook moeten worden aangepast. Het “didactisch contract” is de verwachting die heerst tussen leerkracht en de leerlingen. Als regel worden de interacties tussen leerkracht en leerlingen in het onderwijsleerproces gedragen door impliciete “afspraken” over de wijze waarop de communicatie verloopt. Oftewel, er is sprake van ingeslepen patronen, die de verwachtingen en verplichtingen over en weer bepalen. Kenmerken van het gangbare didactisch contract zijn: de docent legt uit, leerlingen reproduceren, een vraag-antwoordevaluatiepatroon.

Echter in de gewenste klassencultuur leggen leerlingen uit en onderbouwen, proberen anderen te begrijpen, vragen verheldering en stellen zaken ter discussie waarmee ze het niet eens zijn. Leerlingen moeten daarom taken krijgen en projecten uitvoeren waarbij ze gestimuleerd worden vragen te stellen, een probleem te schetsen en doelen te stellen. In het zogenaamde “Hypothetisch leertraject” moeten leerlingen volgens Simon (1995) hun kennis ontwikkelen door onderzoek in plaats van kennisoverdracht door de docent. Om dit te bereiken, moeten docenten een structuur aanbieden waardoor leerlingen geleid worden bij hun onderzoek en navraag. De leerling doet wel zelf het denkwerk en de docent past, indien nodig, het denkpatroon aan (Simon, 1995).

Authentiek onderwijs zoals beschreven in paragraaf 2.2 gaat naast vakinhoud juist ook zeer op deze kenmerken van hedendaagse hoogbetaalde banen van de West-Europese en Amerikaanse beroepsbevolking in. Daarnaast biedt het ook de mogelijkheid het gewenste “didactisch contract” te bereiken, en is het een onderwijsvorm die motiverend is voor de huidige leerlingen in het VO.

3. Plan van aanpak.

In deze studie is er voor gekozen een ontwikkelingsonderzoek te doen omdat dat dicht bij de beroepspraktijk van de onderzoeker staat. Motivatieproblemen voor natuurkunde bij leerlingen zijn elke dag weer aan de orde. Het zelf onderzoeken van een potentiële onderwijsherziening ter verhoging van de motivatie van leerlingen is dan ook een grote uitdaging.

In het artikel van Cobb et al. (2003) worden enkele kenmerken genoemd waaraan elk ontwikkelingsonderzoek voldoet. Zo zal ontwikkelingsonderzoek ingaan op het leerproces van leerlingen en de middelen waarmee dit leerproces ondersteund worden. De beschreven theorie in paragraaf 2.2 geeft duidelijke ingrediënten voor een onderwijsvorm voor natuurkunde die motiverend werkt voor leerlingen. Als middel wordt in dit onderzoek voor contextueel authentiek onderwijs gekozen. Daarnaast komt ook duidelijk naar voren dat een dergelijk onderzoek vaak grote impact heeft op het bestaande onderwijs en de school als organisatie. Zoals eveneens te zien in paragraaf 2.2 is invoering van authentiek onderwijs inderdaad zeer ingrijpend en zeker wanneer het wordt geïmplementeerd in een klassiek curriculum. Een voorbeeld hierbij is dat het onderwijs deels buiten het klaslokaal zou kunnen plaatsvinden. Ook zal een docent veel meer een sturende rol moeten gaan aannemen in plaats van de rol van het overbrengen van “kennis uit het boek”. Dit vraagt om een hele andere organisatie binnen de school, bijvoorbeeld van het gebruik van klaslokalen, maar ook van de les door de docent. De onderzoeker is echter van mening dat dit aspect het onderzoek mede interessant maakt omdat het juist inzicht geeft in de mogelijkheid van het al dan niet doorvoeren van deze onderwijsherziening. Hier wordt in paragraaf 3.2 verder op ingegaan. Tenslotte is een kenmerk van ontwikkelingsonderzoek dat het zich richt op specifieke doelgroepen en moet leiden tot iets dat toepasbaar is in de praktijk. Zoals al bleek uit de eerste alinea is dit een belangrijke drijfveer van de onderzoeker als zijnde docent. Zo wordt eventueel zelf een praktisch toepasbare bijdrage geleverd aan onderwijs dat motiverend is voor leerlingen.

In dit hoofdstuk zal in paragraaf 3.1 het opgezette project in het kort worden uitgelegd. Opgemerkt dient te worden dat het hier ontworpen project uniek is en tot nu toe geen vergelijkbare projecten in de literatuur zijn gevonden! Tot nu toe, zoals bijvoorbeeld ook aan technasia, hebben leerlingen vooral gewerkt aan opdrachten die werden aangeboden door derden zoals het bedrijfsleven. In dit project werken de leerlingen echter zelf in de vorm van een bedrijf, ingedeeld in een veelvoorkomende bedrijfsstructuur, aan een eigen opdracht die aansluit bij een belangrijk thema uit onze hedendaagse maatschappij en die eventueel toepasbaar is in de directe leefomgeving van de betrokken leerlingen!

De precieze details en voordelen van deze vorm van onderwijs zullen in dit hoofdstuk verder worden besproken. In paragraaf 3.2 zullen de ingrediënten van contextueel

authentiek (zie paragraaf 2.2) puntsgewijs worden genoemd, om vervolgens de ontwikkeling van het nieuwe onderwijsproject in dit onderzoek daaraan te koppelen.

Naast de A2 klas die authentiek onderwijs heeft gevolgd, waren er twee parallelklassen die op de klassieke manier les hebben gekregen. Zoals in hoofdstuk 2 al beschreven, is klassieke vakinhoud echter nog steeds leidend. Het deel van de derde periode waarin het onderzoek heeft plaatsgevonden, was thema energie verplichte lesstof. Dit thema was dan ook een belangrijk onderdeel van de afsluitende toets in leerjaar 2011-2012 die voor alle drie de klassen gelijk was en identiek gecorrigeerd werd. Thema energie is daarom ook aan bod gekomen bij het authentieke onderwijsproject.

3.1. Het opgezette project in het kort.

Het duurzaam of “groen” opwekken van energie is een steeds belangrijker wordend thema in de huidige maatschappij. In de buurt van SG Groenewald ligt een groot en drukbezocht recreatiepark Steinerbos, met de nodige mogelijkheden zoals een speeltuin, zwembad, roeivijver en horecagelegenheid. Dit park is bij iedereen uit de regio bekend en wordt druk bezocht. Vandaar dat het interessant is na te denken over mogelijkheden om in recreatieparken zoals Steinerbos energie groen op te wekken.

Als eerste optie wordt daarom onderzocht hoe met een wip energie kan worden opgewekt en hoeveel energie of vermogen dit zou kunnen opleveren. Aangezien dit project in eerste instantie verder op school wordt uitgewerkt, is het tevens interessant te kijken of er mogelijkheden zijn met een wip voldoende energie op te wekken en om te zetten in elektrische energie om bijvoorbeeld de docentenkamer of een klaslokaal te verlichten.

In dit project zal de klas de structuur gaan aannemen van een bedrijf, bestaande uit de afdelingen “Research & Development”, “Marketing & Communicatie” en de “Inkooporganisatie”. Leerlingen kiezen vooraf zelf tot welke afdeling ze willen behoren. Vervolgens stellen de afdelingen hun eigen doelen op, die elke les weer worden bijgesteld. De docent neemt de rol van de projectleider aan.

3.2. Project in relatie tot de kenmerken van authentiek onderwijs.

De kenmerken voor contextueel authentiek onderwijs (zie paragraaf 2.2) zullen in deze paragraaf puntsgewijs worden aangegeven. Per kenmerk of per groep kenmerken zal worden beschreven hoe het project op die kenmerken ingaat.

- Vakstructuur, vakinhoud heeft geen leidende rol meer.
- Er zijn geen begrippen of vaardigheden die leerlingen bij voorbaat moeten leren.
- Het onderwijs kent geen precieze inhoudelijke eindpunten meer, zoals ook in een wetenschappelijke beroepspraktijk eindpunten vaak onbekend zijn.

Omdat het onderzoek in een klassiek curriculum heeft plaatsgevonden waarin de twee parallelklassen ook daadwerkelijk klassiek les hebben gehad, zal toch moeten worden voldaan aan bepaalde vooraf gestelde leerdoelen. Deze zullen ook nog eens door middel van een traditioneel proefwerk worden getoetst. De gestelde leerdoelen waren dat leerlingen het concept *energie* en *vermogen* moeten kennen, evenals de symbolen en bijbehorende eenheden. Ook moet het verband tussen energie en vermogen bekend zijn en moet hiermee kunnen worden gerekend. Daarbij geldt dat leerlingen de formule voor vermogen moeten kennen:

$P = \frac{E}{t}$, met energie E in Joule (J) en vermogen P in Joule/seconde (J/s) of Watt (W).

Ook moet energie in J kunnen worden omgerekend naar kWh en moet bekend zijn waar de eenheid kWh vandaan komt. Tot slot moet het concept *rendement* η bekend zijn en moet ook met de bijbehorende formule kunnen worden gerekend:

$$\eta = \frac{\text{Nuttige energie}}{\text{Totaal toegevoerde energie}} \times 100\% \quad \text{of} \quad \eta = \frac{\text{Nuttig vermogen}}{\text{Totaal toegevoerd vermogen}} \times 100\%.$$

In dit geval zijn vooraf dus wel bovengenoemde leerdoelen gesteld waardoor niet volledig aan het tweede kenmerk van authentiek onderwijs kan worden voldaan. Dit is echter inherent aan het huidige curriculum zoals dat in Nederland gangbaar is.

Gedurende het project vraagt de docent op passende momenten even de aandacht van de hele klas met als doel lesstof bij de vooraf gestelde leerdoelen uit te leggen. Op deze wijze wordt in ieder geval veilig gesteld dat de lesstof met betrekking tot de afsluitende toets aan bod is geweest. Hetgeen geleerd is, zal daarna direct in het project aan bod komen en dus worden gebruikt om de opgedane kennis te verankeren. Deze uitleg gebeurt altijd op een moment dat past bij de fase waarin het project zich bevindt. Hierdoor moet de uitleg ook niet lijken op klassikale les maar op informatieverstrekking door de projectleider waardoor het project probleemloos door kan lopen. Als voorbeeld waren op een bepaald moment de leerlingen bekend met de concepten energie en vermogen en kenden de formule $P = \frac{E}{t}$. Er ontstond echter de vraag hoe nu eigenlijk de opgewekte elektrische energie berekend kon worden.

De onderzoeker heeft op dat moment de aandacht van de hele klas gevraagd en is op concepten *spanning* en *stroomsterkte* ingegaan die bij elektriciteit een rol spelen. Te denken valt hierbij aan gestelde vragen als: “Als jullie denken aan elektriciteit, welke grootheden komen dan in jullie op?” en “Wat betekent stroomsterkte eigenlijk?”, “Wat stroomt er eigenlijk?”. Aan de hand van een korte uitleg over wat spanning en stroomsterkte eigenlijk betekenen, is uitgelegd en duidelijk gemaakt hoe daaruit het elektrisch vermogen te berekenen is. Aangezien leerlingen op dit moment twee formules voor het vermogen hadden, werd met een rekenopgave duidelijk gemaakt hoe één en ander in elkaar om te rekenen is.

Het voorbeeld laat ook zien dat deze leerlingen dingen leren die ook qua vakinhoud verder gaan dan de vooraf afgesproken leerdoelen. Aan het eerste en derde kenmerk van authentiek onderwijs wordt daarom voldaan: het is totaal onbekend welke concepten en activiteiten, zowel natuurkundige als ook niet-natuurkundige, uiteindelijk allemaal aan bod komen. Leerlingen krijgen dan ook alle vrijheid en in principe kan en mag al het nodige aan bod komen indien dit directe samenhang met het project heeft (dit is ook duidelijk gebeurd zoals te zien in hoofdstuk 4 bij Resultaten).

- Het onderzoeksonderwerp wordt in een maatschappelijke context geplaatst.
- Het onderwijs en onderwerp sluit aan bij de leefwereld van de leerlingen.

Het thema duurzame energie is duidelijk een maatschappelijk relevante context. Leerlingen weten ook direct, zonder verdere uitleg, waarover het gaat. Ze hebben al allerlei informatie uit de krant of van televisie. Als voorbeeld geven velen het feit dat veel huishoudens tegenwoordig investeren in zonnepanelen, wat natuurlijk in de directe omgeving zeer vaak zichtbaar is. Leerlingen voelen zich dus ook direct betrokken bij dit thema.

Daarnaast is voor deze leerlingen Steinerbos een begrip en een plek waar velen naartoe gaan en zich vaker treffen. Hoewel de leerlingen van deze leeftijd zich steeds volwassener gaan voelen en gedragen, vinden zij het nog steeds leuk naar een speeltuin te gaan of zelf sportief bezig te zijn. Dit laatste blijkt ook omdat eerder het jaar bij thema *Beweging* leerlingen het geweldig vonden zelf te gaan rennen en zo bijvoorbeeld hun gemiddelde en maximale snelheid te gaan bepalen. Ze gaven duidelijk aan dit ook vaker te willen: zelf bezig zijn, buiten zijn en vervolgens koppelen aan hetgeen geleerd moet worden. Dit biedt dus direct de mogelijkheid een locatie als een recreatiepark aan te grijpen als iets dat bij hun leefwereld past. Enerzijds vanwege de mogelijke activiteiten maar ook steeds meer als zijnde een sociaal trefpunt.

Eerst legt de docent als projectleider kort de bedoeling van dit project uit. Het doel is dus te onderzoeken hoe “groen” uit beweging elektrische energie op te wekken is en of het realiseerbaar is dit toe te passen in recreatieparken maar bijvoorbeeld ook op school. Ook wordt kort uitgelegd wat energie eigenlijk is of hoe dit concept gezien moet worden. Er wordt uitgelegd dat er meerdere vormen van energie zijn en hoe die

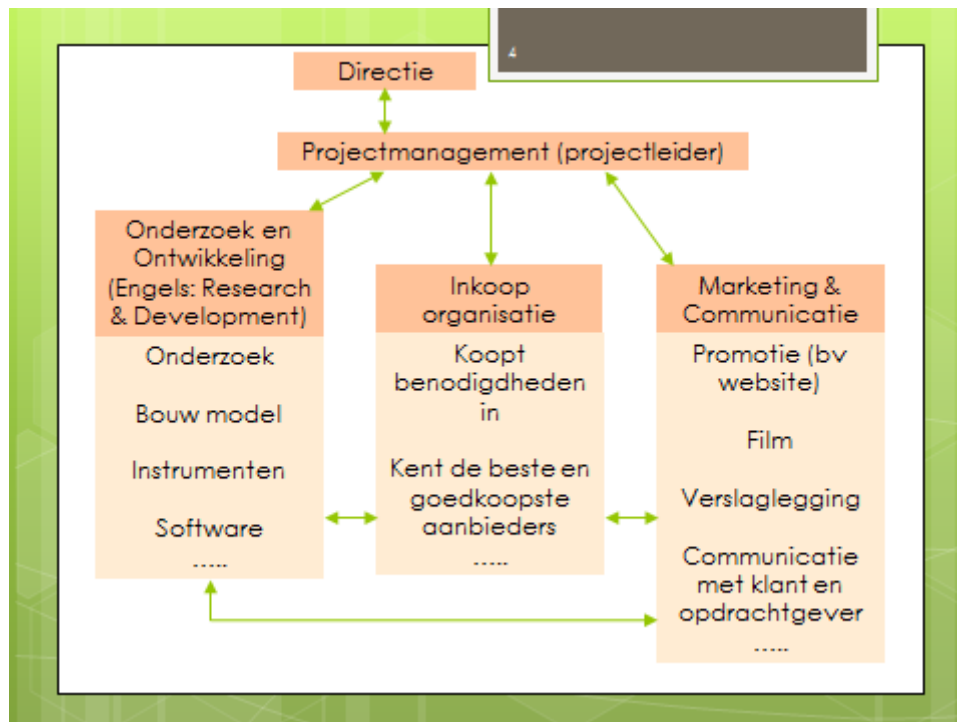
zich manifesteren (zie hiervoor de PowerPoint-file in appendix A). Hiermee is de basis gelegd voor vooraf afgesproken leerdoelen en ook kunnen leerlingen nu aan de slag met het uitzoeken welke energievormen in een recreatiepark aan de orde zouden kunnen zijn en op welke wijze deze vormen kunnen worden omgezet in elektrische energie.

- **Belangrijk element in dit onderzoek:** leerlingen vormen een heterogene groep. Iedereen voert taken uit die hem/haar interesseren en hij/zij expertise in heeft. Door het project wordt de expertise vergroot.

Voordat leerlingen gaan nadenken over de mogelijkheden om in een recreatiepark elektrische energie op te wekken, wordt echter aangegeven dat dit project uniek is: er zal als bedrijf aan dit project worden gewerkt. Vooraf wordt aan de klas uitgelegd uit welke afdelingen bedrijven vaak zijn opgebouwd. Het slagen van projecten ligt er in dat de afdelingen expert zijn op een bepaald gebied en dat alleen door samenwerking van de afdelingen een optimaal resultaat bereikt kan worden. Elke afdeling moet de andere afdelingen dus blindelings vertrouwen. Er moet uitsluitend gebruik worden gemaakt van het werk van die andere afdelingen zonder zich met andermans werk inhoudelijk te bemoeien. Deze uitleg heeft als doel duidelijk te maken dat samenwerking een sleutelrol speelt in het slagen van projecten en dat dit dus ook in de beroepspraktijk van technici een belangrijke rol speelt.

Het uitvoeren van het project in bedrijfsvorm heeft twee belangrijke doelen. Ten eerste wordt aangenomen dat deze werkwijze op zich al motiverend werkt voor leerlingen, daar het om iets unieks gaat. Ten tweede biedt deze aanpak, het werken met “afdelingen”, de mogelijkheid in te gaan op het belangrijke bovengenoemde element van authentiek onderwijs dat leerlingen een heterogene groep vormen. Daarom voeren ze binnen dit project dus vooral taken uit die hem of haar ook werkelijk interesseren en motiveren. De taken hangen uiteraard direct samen met het project en thema energie. Hiermee wordt tevens getoond dat je met techniek (het project valt nog steeds onder het vak natuurkunde) in allerlei beroepen terecht kunt komen. Naast de vooraf gestelde leerdoelen zullen leerlingen gedurende het project vooral op hun interessegebied meer kennis opsteken.

De klas wordt verdeeld in de volgende afdelingen met bijbehorende taken:



Afbeelding 1: Schema bij de uitleg over de bedrijfsstructuur (afdelingen met taken).

De directie bestaat in dit project uit de schooldirectie die toestemming zal moeten geven voor bepaalde aankopen. De docent neemt de rol van projectleider aan en voert taken uit die in deze paragraaf worden beschreven. Verder zijn er de afdelingen “Research & Development” (R&D), “Marketing & Communicatie” (M&C) en de “Inkooporganisatie” en er wordt verder ingegaan (soms aan de hand van voorbeelden) op genoemde taken van de betreffende afdelingen die zoal aan de orde zouden kunnen zijn. De laatste stap is dan ook dat leerlingen de keuze kunnen gaan maken bij welke afdeling ze willen werken.

- Leerlingen kiezen zelf (grotendeels) het te onderzoeken onderwerp, de onderzoeksmethode en hoe het onderzoek verloopt.

Nu de afdelingen gevormd zijn, wordt onder leiding van de projectleider de discussie gevoerd over de wijze waarop elektrische energie in een recreatiepark kan worden opgewekt. De onderzoeker vindt het belangrijk dat leerlingen zich bezig houden met een omzetting van bewegingsenergie in elektrische energie. Door naar deze omzetting te kijken, zal hoogstwaarschijnlijk ook het concept *inductie* aan bod komen. Inductie is een veel voorkomend natuurkundig verschijnsel en is daardoor ook in andere leerjaren meermaals aan de orde. Dit geeft daarom een goede voorbereiding met het oog op een doorlopende leerlijn. Wetende welke mogelijkheden het park biedt, kan de projectleider natuurlijk enigszins sturen indien nodig. Zo heeft het park een zwembad waar uit beweging van water energie kan worden opgewekt. Daarnaast is er de speeltuin waar veel bewegingsvormen aanwezig zijn. Te denken valt aan de beweging van een schommel of een wip. De uiteindelijke keuze beïnvloedt direct het verdere verloop van het project. Als voorbeeld (zoals in dit

project) zal de inkooporganisatie zich op een wip moeten concentreren en R&D krijgt te maken met de typische beweging van de wip waaruit elektrische energie moet worden opgewekt. Hier moet de docent natuurlijk op inspelen, wat in principe op verschillende manieren kan gebeuren.

Tot slot geven tijdens deze fase in het project de verschillende afdelingen aan waar ze aan willen gaan werken. De docent noteert gemaakte afspraken en verwerkt die in een projectoverzicht (zie afbeelding 2 en appendix A). Dit projectoverzicht zal samen met andere uitleg en informatie aan de leerlingen wordt gemaaild. Hierdoor staan afspraken “zwart op wit” en hebben leerlingen ook een naslagwerk bij het project met bijvoorbeeld ook informatie over energie.

Zoals bij het vorige kenmerk al besproken en weergegeven in afbeelding 1, stuurt de docent de leerlingen deels aan door aan te geven wat zoal taken van de verschillende afdelingen zijn. Desondanks blijft het de keuze van leerlingen zelf waaraan gewerkt gaat worden, mits het directe samenhang heeft met het project en thema energie. Deze fase is dus erg belangrijk omdat leerlingen, in aansluiting op het vorige kenmerk, zelf belangrijke keuzes maken en kunnen gaan werken aan taken waar vooral hun interesse ligt.

De precieze opdracht

- o **Inkooporganisatie:** gaat op zoek naar een wip en verdere benodigdheden; maakt een presentatie om de directie te overtuigen deze wip te kopen; overtuigt directie.
- o **R&D:** vormt sub-groepjes die werken aan
 - * hoe haal je energie uit de beweging van een wip/wat zijn de benodigdheden?
 - * bouwen van een model.
 - * maken van berekeningen op basis van het model (welk vermogen wordt behaald? Hoeveel energie kan in een bepaalde periode worden opgewekt?)
 - * buiten bouwen van de echte wip waarmee energie wordt opgewekt en waaraan echt wordt gemeten.
- o **Marketing & Communicatie:** vormt sub-groepjes die tijdens het hele project zorgen voor: foto/film; verslaglegging en maken van presentatie /website om interesse te wekken voor deze manier van energie opwekken op Groenewald.

DOEL:
Een werkende energieopwekkende wip waar iedereen gebruik van maakt. Ook kan worden gemeten hoeveel energie iedereen samen kan opwekken met onze wip!

Afbeelding 2: Gemaakte afspraken m.b.t. taken van de verschillende afdelingen in het project.

Zoals te zien in afbeelding 2 zal afdeling R&D zich vanaf dit moment gaan bezighouden met de vraag hoe vanuit beweging elektriciteit is op te wekken en hoe de elektriciteit kan worden opgeslagen en metingen aan energie kunnen worden gedaan. De leerlingen bij R&D kunnen zich dus vooral bezighouden met typisch bètawetenschappelijke taken als “onderzoeken, berekenen, bouwen”. Hierbij kan telkens van de computer gebruik worden gemaakt.

Afdeling M&C zal zich richten op de ontwikkeling van een website waarmee dit project gepromoot kan gaan worden. Ook houdt de afdeling zich bezig met het maken van een filmpje over de wijze waarop dit project heeft plaatsgevonden, eveneens als promotie. De leerlingen bij M&C kunnen zich dus vooral bezighouden met meer creatieve taken, hoewel technisch georiënteerd. Computer- en softwaregebruik speelt hier een belangrijke rol.

Aangezien verslaglegging een belangrijk aspect van bètawetenschappelijk onderwijs is, heeft de docent er op aangestuurd dat M&C zich hier ook mee bezig gaat houden. Met het verslag wordt ook beschreven hoe dit project zich van keer tot keer ontwikkeld heeft en wie welke taken heeft uitgevoerd.

De inkooporganisatie gaat zich bezighouden met het vinden van alle benodigdheden voor dit project. Belangrijk is daarom dat de inkooporganisatie constant in contact blijft met de andere afdelingen, met name R&D. Belangrijke taak van deze afdeling is ook een korte presentatie te maken waarmee de directeur van de school (oftewel de directeur van het bedrijf) overtuigd moet worden dat bepaalde benodigdheden moeten worden aangeschaft. De directie is natuurlijk op de hoogte gesteld maar zal officieel, eerlijk en serieus ingaan op de vraag van de inkooporganisatie. De leerlingen bij de inkooporganisatie kunnen zich dus vooral bezighouden met communicatieve taken zoals presenteren en overleggen. Ook speelt computergebruik hier een belangrijke rol in de zin van zoeken op internet en presenteren met PowerPoint.

- Er wordt gewerkt op wetenschappelijke wijze: kritisch data analyseren, observeren, gebruik van bronnen en planmatig werken en leerlingen moeten eventueel kunnen ervaren dat onderzoek doen gepaard gaat met meetfouten en onnauwkeurigheden.

Dit alles naast werken met computers of gecomputeriseerde apparatuur.

Het werken met computers gedurende het project is van toepassing op elke afdeling en elke leerling heeft indien gewenst de beschikking over een laptop. Voorbeelden van computergebruik door afdelingen zijn al genoemd bij het vorige kenmerk.

Vooraf R&D zal worden begeleid in het kritisch data analyseren en nauwkeurig observeren. Er moet echter rekening worden gehouden met de leeftijd van de leerlingen die tussen 13 en 14 jaar ligt.

Het planmatig werken vormt ook een zeer belangrijk onderdeel binnen dit project. De docent wijst er dan ook continue op dat voordat de afdelingen weer beginnen eerst een plan wordt opgesteld wat die dag gedaan gaat worden en welk doel men wil bereiken.

- Leren vindt plaats door communicatie tussen de verschillende deelnemers aan het onderzoek.

Aan dit punt wordt in dit onderzoek direct gekoppeld dat leerlingen dingen uitleggen en onderbouwen, anderen proberen te begrijpen, verheldering vragen en zaken ter discussie stellen waarmee ze het niet eens zijn, aangezien hier sterk het specifieke karakter naar voren komt van de genoemde bètacultuur die gekweekt moet worden bij leerlingen (zie paragraaf 2.3), met benodigde kenmerken als nieuwsgierigheid, sociale vaardigheden, flexibiliteit, creativiteit en een blijvend leren.

Een zeer belangrijk onderdeel is dat elke les de afdelingen kort aan elkaar presenteren wat men tot nu bereikt heeft en wat verdere stappen in het project zullen zijn. Hierdoor blijft iedereen op de hoogte wat anderen doen en dit leidt tevens tot interessante discussies. Dit wordt aangestuurd door de docent zodat alle belangrijke aspecten aan bod komen. Als voorbeeld werd door R&D tijdens een presentatie geen verdere uitleg gegeven bij de werking van de gelijkrichter. De gelijkrichter is nodig om van opgewekte wisselspanning gelijkspanning te maken waarmee bijvoorbeeld een batterij kan worden opgeladen. De docent breekt dan in de presentatie in en zorgt ervoor dat R&D meer uitleg geeft of geeft zelf meer informatie. Ook vindt contact plaats met personen van buiten school, maar daarover meer bij de resultaten in hoofdstuk 4.

- Het onderwijs vindt (bij voorkeur) buiten het klaslokaal plaats.

Het gereserveerde klaslokaal dient als verzamelpunt en werkplek van alle leerlingen. De afdelingen zitten bij elkaar en tafels en stoelen staan niet meer in rijen opgesteld maar groepsgewijs. Tevens lopen leerlingen door elkaar en overleggen onderling. Anderzijds zijn leerlingen van afdeling R&D vrij om bijvoorbeeld naar het technieklokaal of natuurkunde kabinet te gaan om daar bepaalde benodigdheden te halen of te werken aan modellen. Ook maakt de inkooporganisatie gebruik van een kamertje in de buurt van het lokaal waar een telefoon ter beschikking is om bijvoorbeeld met leveranciers te bellen. Tevens lopen leerlingen van M&C door en om school rond om foto's te maken voor de website en maken ook gebruik van vrije ruimtes om leerlingen van verschillende afdelingen in rust te kunnen interviewen en filmen. Deze werkwijze benadert meer de werkwijze binnen bedrijven, geeft leerlingen meer handelings- en bewegingsvrijheid. Daarnaast wordt aangenomen dat leerlingen toch leren zonder het project als les te ervaren.

Samenvattend bestaat de rol van de docent als zijnde projectleider uit de volgende punten:

- Hij maakt een projectoverzicht van informatie die aan bod is geweest en afspraken die zijn gemaakt. Dit geeft hij aan de leerlingen als naslagwerk. Het overzicht bestaat uit de volgende informatie:
 - Opdrachtspecificatie.
 - Uitleg over de werkwijze (bedrijfsvorm en afdelingen met specifieke taken).
 - Gegeven uitleg over energie en vermogen.

- Hij stuurt de leerlingen aan en roept de hele klas bij elkaar indien gemeenschappelijk informatie, zoals bijvoorbeeld vooraf afgesproken lesstof, aan de orde moet komen. Dit echter uitsluitend op momenten dat de tijd daar rijp voor is.
- Hij leidt de discussies die ontstaan nadat afdelingen hun werk gepresenteerd hebben.
- Ondersteuning bij metingen en rekenwerk van R&D.
- Ondersteuning bij de modelbouw van R&D.
- Ondersteuning bij webdesign door M&C.
- Het coördineren van de beschikbaarheid van ruimtes en het inlichten van collega's zodat leerlingen bijvoorbeeld het technieklokaal mogen gebruiken terwijl daar ook lessen gaande zijn.

3.3. Dataverzameling.

De eerste onderzoeksvraag is hoe authentiek onderwijs te implementeren is in een klassiek curriculum. Deze vraag wordt beantwoord met behulp van de eerste twee deelvragen 1a en 1b: wat zijn kenmerken van authentiek onderwijs en welke kenmerken zijn vervolgens in het klassieke curriculum te implementeren? Het antwoord op deze deelvragen volgt uit het literatuuronderzoek dat in paragraaf 2.2 beschreven is en leidt tot het ontwikkelde project zoals beschreven in paragraaf 3.2. Dit project bevat tevens elementen die zijn ontstaan uit de inzichten in de huidige vraag naar kennis vanuit vervolgopleidingen en het bedrijfsleven zoals beschreven in paragraaf 2.3.

De laatste deelvraag 1c naar welke doelen van authentiek onderwijs vervolgens bereikt kunnen worden, wordt beantwoord door in het algemeen een beschrijving te geven van de zichtbare motivatie bij leerlingen. Zo waren er uiteenlopende signalen die aangaven dat leerlingen gemotiveerd waren. Dit wordt aan de hand van voorbeelden beschreven. Daarnaast wordt een beschrijving gegeven van de al dan niet gerealiseerde projectdoelen van de verschillende afdelingen en de behaalde resultaten die aansluiten bij de kenmerken van authentiek onderwijs (zie beschrijving in het plan van aanpak in paragraaf 3.2). Als voorbeeld wordt beschreven in hoeverre het project tot samenwerking heeft geleid en waar dat uit bleek. De resultaten bij deze deelvraag volgen in hoofdstuk 4, paragraaf 4.1.

Om antwoord te kunnen geven op de drie overige onderzoeksvragen (zie ook hoofdstuk 1), hebben gedurende de laatste les de leerlingen op een blad papier antwoord gegeven op de volgende vragen:

1. Vond je dit project leuk en leerzaam en kun je uitleggen waarom?
2. Vond je dit project interessant en motiverend en kun je uitleggen waarom?
3. Kun je aangeven wat je in dit project zoal geleerd hebt?

Ook zijn vier leerlingen geïnterviewd. Dit is met een camera opgenomen. In het interview is eveneens ingegaan op bovenstaande vragen. Daarnaast is ook de volgende vraag gesteld:

4. Zou je vaker op deze wijze les willen hebben, dus ook bij andere natuurkundeonderwerpen die we gehad hebben of nog aan bod komen?

Tijdens de interviews kon af en toe op antwoorden verder worden doorgevraagd zodat meer gedetailleerde informatie naar voren kwam. Daarnaast konden altijd per leerling individuele vragen ontstaan.

De tweede onderzoeksvraag, of de opgezette authentieke onderwijsvorm in een klassiek curriculum motiverend is voor leerlingen, wordt beantwoord door achteraf de antwoorden van alle leerlingen op de genoemde vragen 1 en 2 te analyseren. De onderzoeker gaat er van uit dat leerlingen van deze leeftijd nog niet weten of kunnen beoordelen of ze later voor een N-profiel gaan kiezen of een technische vervolgopleiding gaan doen. Op dit moment is daarom het voornaamste om te bereiken dat leerlingen technische projecten leuk, leerzaam en interessant vinden en ze persoonlijk gemotiveerd worden aan een dergelijk project te werken. Hieraan gekoppeld worden de antwoorden die volgen uit de interviews op vragen 1, 2 en 4. De gevonden resultaten zijn beschreven in hoofdstuk 4, paragraaf 4.2.

De derde onderzoeksvraag wordt beantwoord door te kijken of de opgezette authentieke onderwijsvorm in een klassiek curriculum voldoende inhoudelijke vakkennis creëert zoals voorgeschreven volgens leerdoelen gebaseerd op de vakstructuur. Hiertoe wordt onderzocht in hoeverre de vooraf gestelde leerdoelen zijn bereikt. Dit wordt gemeten met behulp van een kennistoets waarbij enerzijds wordt gekeken hoe de klas heeft gepresteerd in vergelijking met eerder gemaakte werken waarbij klassiek onderwezen werd. Anderzijds wordt vergeleken met de prestatie van de twee parallelklassen als controlegroep die een klassiek curriculum hebben doorlopen. De resultaten en data-analyse bij deze onderzoeksvraag volgen in hoofdstuk 4, paragraaf 4.3.

Bij de laatste onderzoeksvraag wordt bekeken of de opgezette authentieke onderwijsvorm in een klassiek curriculum extra kennis creëert die aansluit bij de huidige vraag naar kennis en vaardigheden vanuit vervolgopleidingen en het bedrijfsleven. De extra kennis waarom het hier gaat, is in paragraaf 2.3 uitgelegd en is tevens kennis waar authentiek onderwijs ook op ingaat (zie paragraaf 2.2). Samengevat gaat het in dit onderzoek om de volgende vormen van kennis en vaardigheden:

- Computergebruik, computervaardigheden.
- Sociale vaardigheden: samenwerken, presenteren en op nette wijze communiceren.

En de laatste twee vormen die horen bij “leren door communicatie van de deelnemers aan het project”:

- Uitleggen en onderbouwen.
- Verheldering vragen en zaken ter discussie stellen.

Deels wordt de vraag al beantwoord door de resultaten bij deelvraag 1c door eigen observatie van de onderzoeker gedurende het project. Ook hier kan als voorbeeld worden genoemd in hoeverre waarneembaar is dat leerlingen gedurende het project constructief samenwerken en waar dat uit gebleken is. Daarnaast wordt gekeken naar de antwoorden van leerlingen op vraag 3 over wat ze zoal geleerd hebben, zowel op papier als tijdens de interviews. Zo is te zien in hoeverre leerlingen zelf zaken noemen die ze geleerd hebben en die overeenkomen met de bedoelde kennis bij deze onderzoeksvraag. Er wordt vanuit gegaan dat indien die kennis zelfs benoemd wordt, leerlingen die kennis ook werkelijk ervaren als andere of extra opgedane kennis. Ook kwamen uit sommige antwoorden op individuele vragen gedurende de interviews kenmerken naar voren van extra kennis en vaardigheden die gewenst zijn bij technische vervolgopleidingen en beroepen. Daarom zal hier ook nog deels op worden ingegaan.

Bij deze onderzoeksvraag zal tot slot ook een overzicht worden gegeven van tot nu toe gerealiseerde projectdoelen per afdeling. Per genoemd punt komen specifieke gewenste eigenschappen van leerlingen naar voren voor een toekomstige technische vervolgopleiding en een baan in de techniek zoals genoemd in paragraaf 2.3. Te denken valt aan eigenschappen als creativiteit en flexibiliteit naast de hierboven al genoemde kennis en vaardigheden. De resultaten bij deze onderzoeksvraag en het overzicht van gerealiseerde projectdoelen volgen in hoofdstuk 4, paragraaf 4.4.

4. Resultaten.

Hieronder worden nogmaals de onderzoeksvragen gegeven waarbij in dit hoofdstuk de resultaten zullen volgen. Bij elke onderzoeksvraag worden tussen haakjes trefwoorden genoemd waarnaar ter herinnering in de paragraaftitels wordt verwezen:

1. Hoe is authentiek onderwijs in een klassiek curriculum te implementeren?

En er volgen resultaten bij deelvraag 1c:

- c. Welke doelen van authentiek onderwijs kunnen bereikt worden?
(*bereikte doelen van authentiek onderwijs*)
2. Is authentiek onderwijs, geïmplementeerd in een klassiek curriculum, motiverend voor leerlingen? (*motivatie*)
3. Creëert authentiek onderwijs, geïmplementeerd in een klassiek curriculum, voldoende inhoudelijke vakkennis zoals voorgeschreven volgens leerdoelen gebaseerd op de vakstructuur? (*inhoudelijke vakkennis*)
4. Creëert authentiek onderwijs, geïmplementeerd in een klassiek curriculum, extra kennis die aansluit bij de huidige vraag naar kennis en vaardigheden vanuit vervolgopleidingen en het bedrijfsleven? (*extra kennis*)

De resultaten volgen uit de dataverzameling zoals besproken in voorgaande paragraaf 3.3.

In paragraaf 4.1 wordt ingegaan op behaalde resultaten bij onderzoeksvraag 1, deelvraag 1c.

Belangrijk: Op dit moment moet al opgemerkt worden dat zowel leerlingen, collega-docenten als directie zeer tevreden zijn over het project waardoor dit in schooljaar 2012-2013 in bepaalde vorm verder zal gaan. Dit heeft er wel toe geleid dat niet alle projectdoelen volledig zijn afgerond, omdat leerlingen graag bepaalde taken willen verbeteren en er nieuwe en andere ideeën zijn ontstaan. Hier zal verder aan worden gewerkt. Dit past natuurlijk uitstekend bij belangrijke kenmerken van authentiek onderwijs: einddoelen zijn onbekend en het onderwijs is motiverend!

Verder zal in paragrafen 4.2, 4,3 en 4.4 worden ingegaan op behaalde resultaten bij onderzoeksvragen 2, 3 en 4.

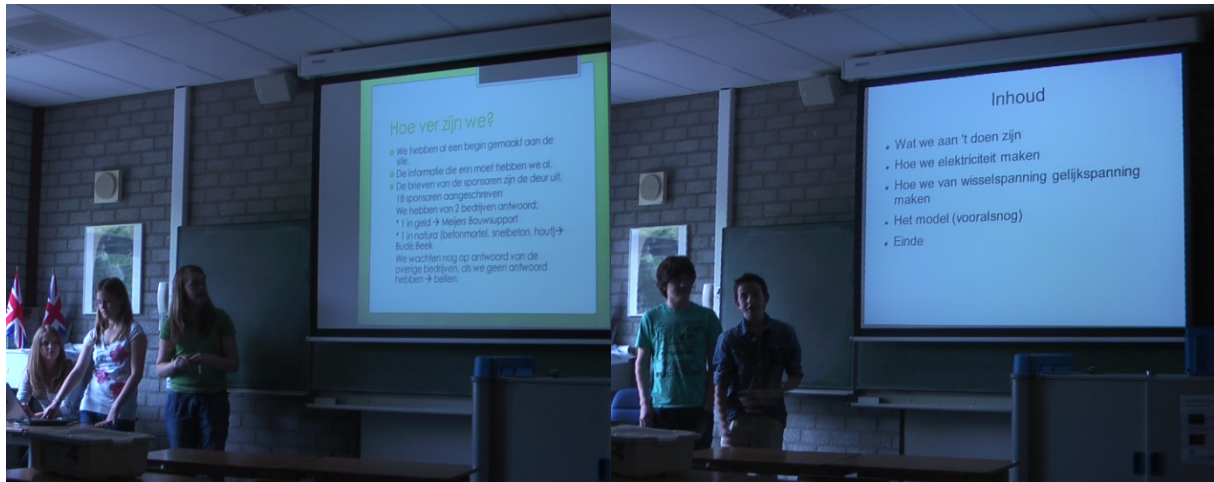
4.1. Resultaten bij onderzoeksvraag 1, deelvraag 1c (bereikte doelen van authentiek onderwijs).

Van begin tot het voorlopige einde van het project was direct duidelijk dat leerlingen zeer gemotiveerd waren. Als voorbeeld hebben leerlingen bij het werken aan dit project meermaals de tijd uit het oog verloren en moest bij het horen van de schoolbel nog alles worden opgeruimd. Daarnaast waren de leerlingen eigenlijk altijd vrolijk en vlijtig aan het werk met lachende gezichten.

Bij het horen dat ze “een bedrijf” gingen vormen, waren ze erg trots. Met een stralend gezicht vragen stellen als: “Cool...Zijn we dan echt een bedrijf?”, waren een duidelijk teken van motivatie van de leerlingen voor het project waaraan ze gingen werken. Opgemerkt dient te worden dat dit soort vragen direct zijn toegelicht door uit te leggen wat daar verder bij komt kijken, zoals aanmelding bij de Kamer van Koophandel en verplichtingen ten aanzien van de belastingdienst. Echter er is duidelijk gemaakt dat de manier van werken absoluut overeen komt met de werkwijze binnen bedrijven en dat de kracht van het slagen van een project vooral zit in de samenwerking. Of misschien wel de gemeente, bedrijven en recreatiepark Steinerbos interesse hebben en waar dit project dus verder overal toe leiden kan, dat was nog even niet bekend. Ook dit maakte leerlingen extra gemotiveerd. Dit bleek duidelijk uit de ideeën die leerlingen hadden over waartoe dit alles kon leiden, zoals een artikel in de krant of zelfs de koop van het idee door recreatiepark Steinerbos.

Wat tevens voor de onderzoeker een signaal was van motivatie bij de leerlingen, was dat bij het formeren van de afdelingen er nauwelijks groepjes werden gevormd door vrienden en vriendinnen. De leerlingen kozen echt op basis van hun eigen persoonlijke interesse voor een bepaalde afdeling. Er was één leerling die klassikaal aangaf nog niet zo te weten waar vooral de interesse naar uitging. Zij koos daarom voor afdeling R&D omdat ze dacht daar nog extra van te kunnen leren. Ook dit geeft aan dat deze leerling iets wil leren, wat een teken van motivatie kan zijn. Opgemerkt kan worden dat het hier gaat om een leerling met voor alle vakken zeer hoge punten.

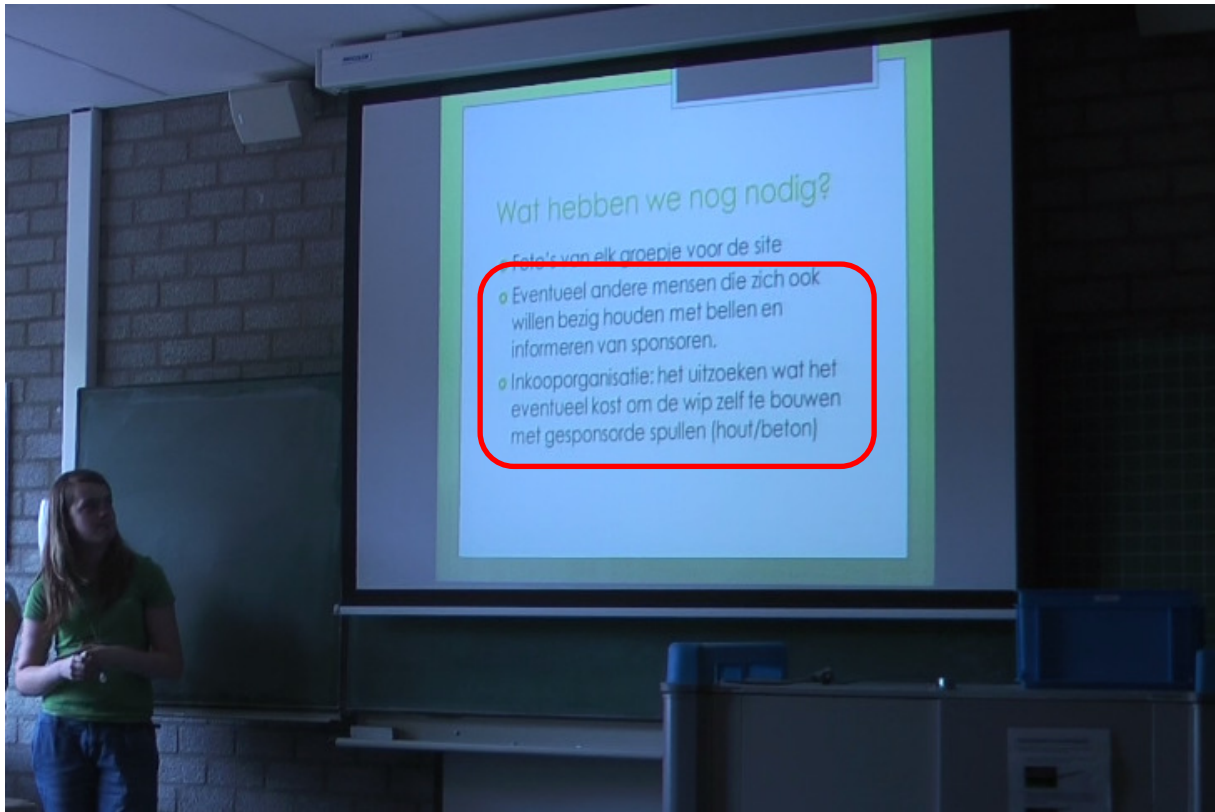
Elke afdeling heeft meermaals de resultaten en nieuw gestelde doelen gepresenteerd. Leerlingen luisterden zeer geconcentreerd toe en achteraf werden geregeld vragen gesteld of kwamen discussies op gang (zie afbeelding 3a t/m 3d).



Afbeelding 3a: Presentaties van afdelingen M&C, R&D en de inkooporganisatie.



Afbeelding 3b: Afdeling Marketing & Communicatie presenteert hun verdere stappen.



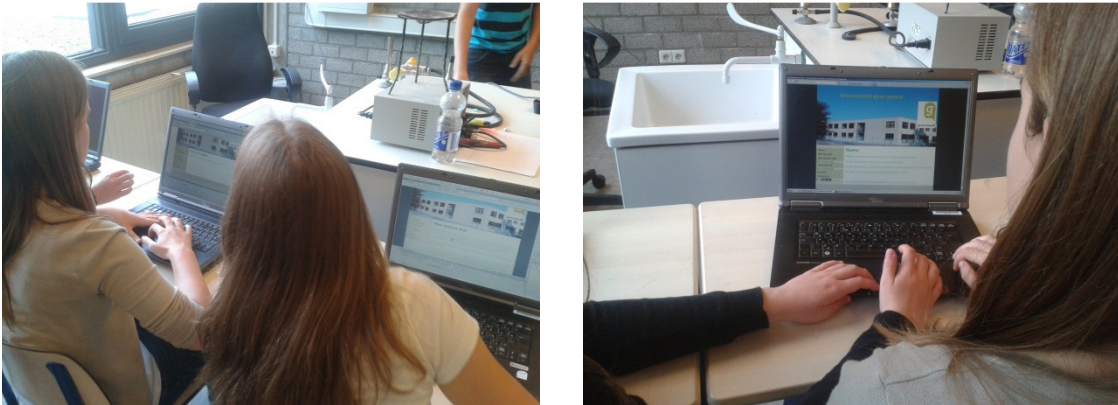
Afbeelding 3c: Afdeling Marketing & Communicatie presenteert wat verder nodig is.

Zoals uit deze afbeelding blijkt (zie binnen kader), wordt hier heel sterk op samenwerking ingegaan. Enerzijds vragen ze om hulp van medeleerlingen bij het contacteren van eventuele sponsors. Anderzijds besteden ze taken uit aan de inkooporganisatie met betrekking tot een kostenberekening indien leerlingen volledig zelf een wip bouwen in plaats van kopen. De inkooporganisatie vraagt vervolgens direct om verdere uitleg.



Afbeelding 3d: N.a.v. de opdracht van M&C aan de inkooporganisatie vraagt de inkooporganisatie om verdere uitleg.

Ook was goede effectieve samenwerking binnen afdelingen te zien. Als voorbeeld was er het groepje dat zich bezighield met de website en waar men in eerste instantie gezamenlijk had besloten wat op de website moest komen te staan en hoe hij uit moest zien. Maar vervolgens was ook elk lid een eigen pagina aan het ontwerpen, gebaseerd op de gemaakte afspraken. Zo was er bijvoorbeeld één leerling die zich bezighield met de homepage, terwijl een ander de pagina maakte waarop werd uitgelegd welke afdelingen er waren en van welke afdeling de leerlingen deel uit maakten. Dit alles gebeurde onder constante samenspraak. Dit is bijvoorbeeld te zien in onderstaande afbeelding 4.



Afbeelding 4: Voorbeeld van samenwerking van leerlingen.

4.2. Resultaten bij onderzoeksvraag 2 (motivatie).

In deze paragraaf volgen de antwoorden van leerlingen op de volgende vragen (zie ook paragraaf 3.3):

- Vond je dit project leuk en leerzaam en kun je uitleggen waarom?
- Vond je dit project interessant en motiverend en kun je uitleggen waarom?

Daarnaast worden de antwoorden weergegeven van de geïnterviewde leerlingen op deze vragen, naast de vraag of ze vaker op deze wijze les zouden willen hebben. Op deze manier is een indruk te krijgen van de motivatie van leerlingen voor natuurkunde ten gevolge van het project en authentiek onderwijs in het algemeen.

Bij alle antwoorden die zijn gegeven, was er slechts één leerling die zei: “het project was redelijk interessant. Sommige lessen waren wat minder”. Alle andere leerlingen waren erg enthousiast en gaven min of meer gelijke antwoorden. Samengevat heeft dit tot de volgende (vrijwel identieke) antwoorden geleid:

“Erg leuk project”, “Interessant project”, “Interessant project en hoop echt volgend jaar ermee verder te kunnen gaan” en “Leuk en interessant project”.

Met samengevat de volgende uitleg wat het project zo leuk en interessant maakte:

- Het samenwerken.
- Met andere mensen te maken hebben.
- Zelf dingen kunnen regelen.
- Verantwoordelijkheid hebben.
- In plaats van in de banken zitten, zelf dingen kunnen **doen**.

Op dit moment is nog geen leerling ingegaan op de vraag of ze het een leerzaam project vonden. Echter uit de opsomming van wat de leerlingen allemaal geleerd hebben (zie paragraaf 4.4) en hun prestatie op de kennistoets (zie paragraaf 4.3), blijkt wellicht dat het erg leerzaam voor ze was.

Uit de interviews komt duidelijk naar voren dat leerlingen het project leuk, leerzaam, interessant en motiverend vonden. Eén leerling geeft gewoon als antwoord: “Ja”, en bij doorvragen blijkt duidelijk dat op alle aspecten het project gewoonweg leuk, leerzaam, interessant en motiverend gevonden wordt en dat dit niet verder om uitleg vraagt. Een tweede leerling geeft duidelijk te kennen dat eigenlijk ook andere klassen zo les zouden moeten hebben en hij wil graag het project verder afmaken. Dit laatste is zeker een teken dat de leerling gemotiveerd is geraakt. Een derde leerling vindt deze manier van les krijgen veel leuker en noemt als duidelijk kenmerk waarom het leuker is dat er veel kan worden samengewerkt en je zelf op onderzoek uit kan gaan. De laatste leerling gaat uitgebreid op de vraag in en geeft als antwoord dat het project zeker erg leuk was: je kunt zelf iets doen en zit niet in de bank en moet zitten luisteren naar wat iemand zegt. Het is niet eentonig en kunt iedere week weer iets anders doen. Motiverend was het ook want er was iedere week weer een andere motivatie voor een ander eindpunt, een ander streven waar je naartoe wilt. Dus het project is zeker voor herhaling vatbaar.

Op de vraag of leerlingen vaker op deze wijze les zouden willen hebben, volgen unaniem antwoorden als “Ja! Ik zou dit zelf veel vaker willen” of “Veel leuker dan gewoon les”. De argumenten waren: “Je bent zelfstandig aan de slag: niet luisteren maar zelf iets doen. Je steekt de nodige informatie op en gebruikt het direct, past het direct toe”.

Eén leerling zegt echter: “Ja ik vind het leuk, het is leuk voor erbij, maar voor theorie is standaard les sneller om iets eigen te maken”. Hiermee bedoelt hij dat les op de klassieke manier sneller leidt tot het gewenste resultaat op toetsen. In relatie tot dit zelfde punt, zegt een andere leerling dat klassikaal meer geleerd wordt, dat je dingen dan makkelijker begrijpt dan wanneer je zelf alles moet uitzoeken. Hiermee wordt hetzelfde bedoeld, dat het sneller tot een goede prestatie op een toets leidt. Dezelfde leerling zegt echter ook direct dat er in dit project veel geleerd wordt en er volgt een hele reeks voorbeelden van wat geleerd is (werken met energie, websites maken, wat een gelijkrichter is, wat een dynamo is en hoe die werkt, wat gelijkspanning en wisselspanning is en waarom de gelijkrichter dus nodig is).

Hieruit blijkt duidelijk dat er in ieder geval leerlingen zijn die eigenlijk ook denken aan de toets die zal volgen en hoe ze zich daar zo effectief mogelijk op kunnen voorbereiden. De klassieke les bereidt goed voor op wat docenten, de school en maatschappij van leerlingen verwacht: goede prestaties op het reproduceren van vakinhoudelijke kennis. Tegelijkertijd wordt toch unaniem gezegd dat de theorie met betrekking tot energie binnen het project voldoende is voor de komende toets; het voldoende inzicht geeft voor zowel het project als ook de toets. Sommige leerlingen voelen zich dus blijkbaar onzeker voor een toets wanneer ze zelf veel kennis geconstrueerd hebben. Dit zegt inderdaad iets over het heersende didactisch contract (zie paragraaf 2.3). Er zal daarom extra energie gestoken moeten worden in het veranderen van het didactisch contract waardoor ook leerlingen wennen aan het idee dat ze zelf in staat zijn kennis te ontwikkelen door bijvoorbeeld het zelf doen van onderzoek of het leren van anderen tijdens samenwerking binnen authentiek onderwijs. Dat leerlingen hiertoe in staat zijn, blijkt ook uit de prestaties voor de kennistoets die einde van het schooljaar heeft plaatsgevonden (zie paragraaf 4.3). De leerlingen die bovengenoemde opmerking maakten, hebben boven hun gemiddelde gescoord en de klas in totaliteit heeft vrijwel gelijk gescoord aan het gemiddelde vooraf aan de toets (zie paragraaf 4.3).

Al met al blijkt duidelijk dat leerlingen dit project en daarmee het authentieke onderwijs erg leuk, leerzaam, interessant en motiverend vinden. Dit wordt vooral veroorzaakt door het feit dat ze zelf iets kunnen doen, niet hoeven zitten luisteren en kunnen samenwerken. Leerlingen gaan dan ook graag met het project verder, wat een duidelijk teken van motivatie is.

4.3. Resultaten bij onderzoeksvraag 3 (inhoudelijke vakkennis).

Om te onderzoeken of leerlingen door het project voldoende inhoudelijke kennis hebben opgedaan, wordt onderzocht in hoeverre de vooraf gestelde leerdoelen (zie paragraaf 3.2) zijn bereikt. Dit wordt gemeten met behulp van een kennistoets die bestond uit opgaven over thema beweging dat in alle klassen klassiek aan de orde is geweest en opgaven over thema energie aansluitend bij de gestelde leerdoelen. Hierbij wordt enerzijds gekeken hoe de klassen op deze kennistoets hebben gepresteerd in vergelijking met eerder gemaakte werken waarbij elke klas klassiek onderwezen werd. Toetsresultaten kunnen bijvoorbeeld afhangen van niveauverschillen tussen klassen en van de invloed van de docent op de prestaties van leerlingen (enthousiasme van de docent werkt motiverend). Door de resultaten van de klassen vooraf aan de toets te vergelijken met de toetsresultaten waar in de projectklas authentiek les is gegeven, worden deze invloeden buiten beschouwing gelaten.

Anderzijds wordt vergeleken met de prestatie van de twee parallelklassen als controlegroep die een klassiek curriculum hebben doorlopen. Ook worden de scores

per leerling per deelvraag voor de laatste toets met betrekking tot thema energie vergeleken.

Helaas moet worden opgemerkt dat de docent van één klas niet bereid was de behaalde punten van zijn leerlingen gedurende het jaar en voor de toets over thema energie te delen. Wel is er mondeling contact geweest waaruit het klassengemiddelde blijkt en waaruit naar voren komt op welk gebied de betreffende leerlingen naar aanleiding van de toets nog inhoudelijke problemen blijken te hebben. Deze informatie zal dan alsnog in deze paragraaf worden gebruikt.

Om te beginnen, staan in onderstaande tabel de relevante cijfers genoteerd van de projectklas en de klas die klassiek onderwijs heeft gehad. Het gaat hier om de cijfers vooraf aan de kennistoets, de cijfers behaald voor de kennistoets en de cijfers voor toetsonderdeel energie.

Tabel 1: Gemiddelde cijfers A2 parallelklassen.

	Gemiddeld cijfer vooraf aan toets	Gemiddeld cijfer toets	Gemiddeld cijfer onderdeel energie	Spreiding cijfer onderdeel energie
Projectklas (17 leerlingen)	8,0	8,2	7,5	Laagste: 3,5 Hoogste: 9,4
Klassieke klas (23 leerlingen)	7,1	6,2	4,7	Laagste: 1,2 Hoogste: 8,2

Uit deze gegevens blijkt duidelijk dat leerlingen uit de projectklas veel consequenter scoren en dat zij gemiddeld ook hoog scoren op thema energie. De laagste score van 3,5 betrof één leerling die wegens ziekte ook pas later aan het project is gaan deelnemen. Vandaar dat deze score slechts deels als realistisch gezien kan worden.

Gelet op de gemaakte toets (zie appendix B) is zichtbaar dat gemiddeld de meeste leerlingen het slechts scoren op deelvraag b en e. Dit geldt voor beide A2 klassen maar ook hier is te zien dat de projectklas per deelvraag beter scoort. Voor de gemiddelde scores per deelvraag zie tabel 2.

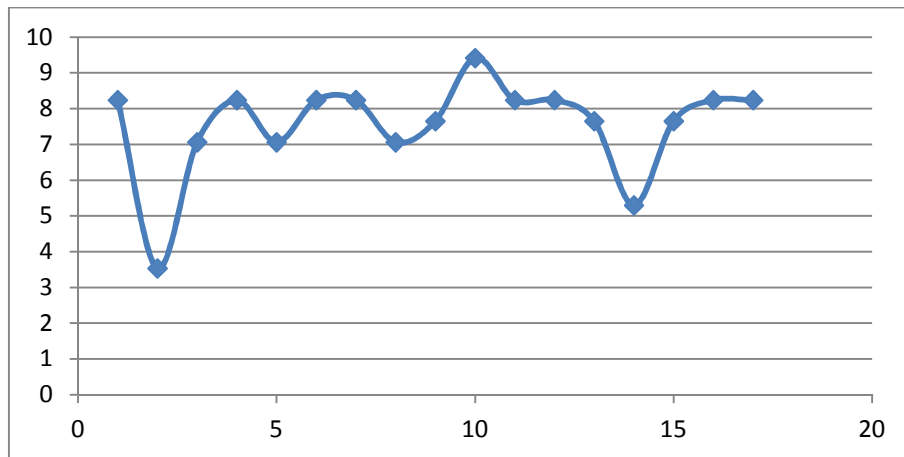
Tabel 2: Gemiddeld behaalde score per deelvraag.

	vraag a Max 3 pt.	vraag b Max 3 pt.	vraag c Max 1 pt.	vraag d Max 3 pt.	vraag e Max 4 pt.	vraag f Max 3 pt.	
Projectklas	2,8	1,3	1	2,8	2,6	2,3	
Klassieke klas	2,0	0,4	0,8	2,0	1,3	1,5	

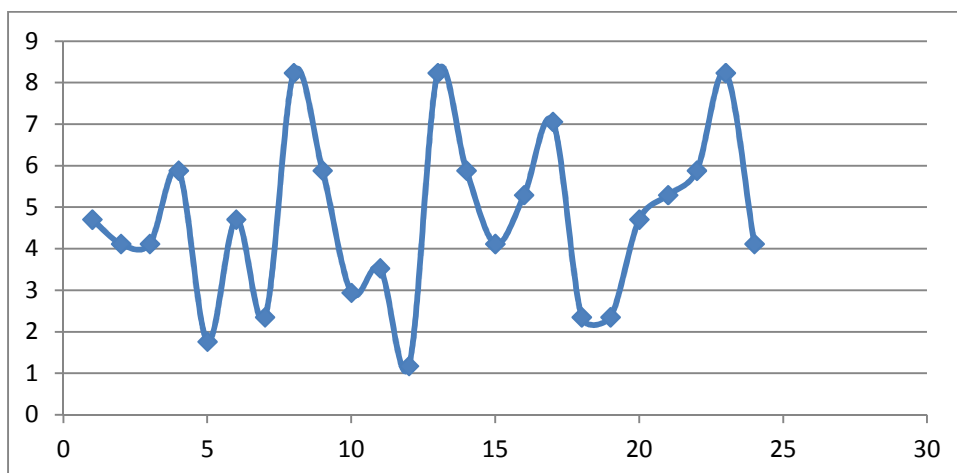
Deelvraag b had betrekking op concept *rendement* en wordt dus slechts deels correct gebruikt, hoewel in de projectklas veel beter dan in de parallelklas. Verder was de moeilijkheid bij deelvraag e dat er in eerste instantie opnieuw het rendement verrekend moest worden en vervolgens twee energieën opgeteld moesten worden.

Ook hier veroorzaakte het rendement weer het grootste probleem, hoewel met gemiddeld 2,6 punten in de projectklas de rest van de vraag vrijwel correct beantwoord werd, dit in tegenstelling tot slechts 1,3 punten in de parallelklas wat dus moet betekenen dat daar veel meer stappen gemist werden.

De spreiding in de punten voor onderdeel energie is tevens te zien in onderstaande grafieken.



Grafiek 2a: Spreiding cijfers van de **projectklas** (onderdeel energie) t.o.v. het gemiddelde van 7,5.



Grafiek 2b: Spreiding cijfers van de **klassieke klas** (onderdeel energie) t.o.v. het gemiddelde van 4,7.

Uit deze grafieken blijkt ook duidelijk dat de spreiding in de cijfers veel groter is bij leerlingen die op de klassieke manier les hebben gehad dan de spreiding in de cijfers van leerlingen in de projectklas. Dit zou er eventueel op kunnen duiden dat leerlingen uit de projectklas uniform meer begrip voor thema energie hebben ontwikkeld, wat eventueel is terug te voeren op de wijze waarop het onderwijs heeft plaatsgevonden. Om hier verdere uitspraken over te kunnen doen, is echter meer onderzoek nodig.

Uit mondelinge informatie van de docent van de derde A2 klas, bleek dat de klas gemiddeld op andere toetsen 0,5 lager scoort dan de projectklas, wat gemiddeld een

7,5 zou inhouden. Daarnaast was het klassengemiddelde voor de toets in die klas een 6,6.

Bij thema energie hadden leerlingen nog erg veel moeite en de docent zei dan ook: “De toets is redelijk gemaakt. Gemiddeld een 6,6. Bij de opgave over energie raken toch nog een aantal leerlingen 'de weg kwijt'. Ze raken blijkbaar iets in paniek doordat ze met vorige gegevens door moeten rekenen of omdat ze eerdere gegevens (bijv. de tijd van 8 s) moeten gebruiken”.

Uitgaande van deze informatie lag het behaalde gemiddelde voor de toets dus 0,9 punt onder het gemiddelde, dit in vergelijking met de gemiddelde 8,2 voor de toets ten opzichte van 8,0 gemiddeld vooraf aan de toets in de projectklas.

Hoewel uit deze informatie geen concrete uitspraak kan worden gedaan over het cijfer dat leerlingen hebben behaald voor thema energie, is wel te verwachten in de lijn van zowel de andere A2 klas als de projectklas dat het gemiddelde op dit onderdeel onder 6,6 ligt. Echter wanneer toch wordt uitgegaan van gemiddeld 6,6 op thema energie, dan ligt in deze klas het gemiddelde 0,9 (en wellicht dus meer) lager dan het gemiddelde vooraf aan de toets. In de projectklas ligt thema energie slechts 0,5 lager dan het gemiddelde vooraf aan de toets.

Al met al lijkt het er op dat het authentieke onderwijs in het project een voldoende tot zelfs hoog niveau aan vakinhoudelijke kennis heeft opgeleverd, zeker gelet op de scores in de parallelklassen. Er moet echter nog aandacht worden besteed aan het concept *rendement*.

De opmerking van de collega-docent met betrekking tot “het in paniek raken van leerlingen doordat ze met vorige gegevens door moeten rekenen of omdat ze eerdere gegevens moeten gebruiken”, kan er eventueel op duiden dat de leerlingen uit de projectklas beter in staat zijn overzicht in de opgave te creëren en inzicht in de materie te ontwikkelen. Deze leerlingen hebben met deze aspecten gedurende het project al meermaals te maken gehad en waar ze gedurende de toets eventueel profijt van hadden. Dit kan hier echter niet als bewezen worden gezien en vraagt uiteraard om verder onderzoek.

4.4. Resultaten bij onderzoeksvraag 4 (extra kennis).

In deze paragraaf worden de resultaten besproken bij de al dan niet ontstane extra of andere kennis en vaardigheden die leerlingen gedurende het project hebben opgedaan. Hiertoe wordt ingegaan op de gegeven antwoorden van leerlingen op de vraag wat ze zoal gedurende het project geleerd hebben. Ook worden antwoorden van leerlingen op individuele vragen gedurende de interviews besproken met betrekking tot dit aspect van authentiek onderwijs. Tot slot volgt een overzicht van gerealiseerde projectdoelen dat, vanwege de enorme omvang van gerealiseerde doelen maar ook ideeën voor de toekomst, er op wijst dat leerlingen gemotiveerd moeten zijn geweest.

Leerlingen geven individuele antwoorden over kennis die ze gedurende het project hebben opgedaan, zoals bijvoorbeeld “solderen” of “wat een dynamo doet”.

Daarnaast komen echter duidelijk, naast de vakinhoudelijke kennis, andere gemeenschappelijke zaken naar voren die leerlingen naar eigen zeggen geleerd hebben. Hier beneden volgt een overzicht van de genoemde extra kennis en

vaardigheden die aansluiten bij de gewenste kennis en vaardigheden met het oog op een technische vervolgopleiding en beroep in de toekomst:

- Samenwerken.
- Zelf onderzoek doen en een plan opzetten.
- Het benaderen van en communiceren met leveranciers/mensen.
- Snel zoeken op internet.
- Ontwikkelen van een website.
- Filmpjes maken en videobewerking.

Deze door leerlingen genoemde kennis en vaardigheden sluit volledig aan bij de samenvatting van extra kennis in paragraaf 3.3 met betrekking tot computergebruik, computervaardigheden en sociale vaardigheden als samenwerken, presenteren en op nette wijze communiceren.

Hiernaast moet nogmaals worden genoemd, in analogie met de resultaten in paragraaf 4.1, dat dit tevens wordt bevestigd door eigen observatie van de onderzoeker gedurende het project: leerlingen hebben zelf hun onderzoek opgezet en methodes gekozen en bedacht. Er zijn presentaties gehouden, waardoor discussies op gang kwamen en kritische vragen werden gesteld en er is zeer veel samengewerkt. Vooral dit laatste werd ook telkens weer opnieuw als zeer leuk en motiverend ervaren.

Leerlingen hebben duidelijk vakinhoudelijke kennis opgedaan zoals te zien in paragraaf 4.3. Ook uit de vragen, zowel op papier als tijdens de interviews, zeggen leerlingen ook letterlijk dat ze geleerd hebben over energie en hebben leren rekenen met bijvoorbeeld de formule $P = \frac{E}{t}$, wat dus in de kennistoets aan bod kwam. Maar vrijwel alle leerlingen noemen tevens als extra geleerde vakinhoudelijke kennis:

- Inductiespanning en inductiestroom opwekken met behulp van een magneet en een spoel en/of een dynamo.
- De werking, bouw en functie van een gelijkrichter.

Hoewel het slechts twee punten lijkt te betreffen en om vakinhoudelijke kennis gaat in plaats van extra of andere kennis, gaat het hier wel om belangrijke en omvangrijke, veelgebruikte en veelvoorkomende natuurkundige principes en concepten. Ook gelet op een doorlopende leerlijn is het zeer nuttig dat de leerlingen op atheneum 2 al met deze principes en concepten kennis hebben gemaakt.

Zonder dat leerlingen dit zelf noemen, hebben ze wel kennis gemaakt met de manier van werken zoals dat in technische bedrijven gangbaar is: de samenwerking van verschillende afdelingen met ieder eigen taken en expertise. Om toch een indruk te krijgen over hoe leerlingen hier over denken, is tijdens de interviews met een leerling hier over gesproken. De vraag die gesteld werd, was of de leerling door het project een indruk gekregen heeft van de manier van werken van technische bedrijven. Ook werd gevraagd of dit eventueel een goede voorbereiding is voor een technisch

beroep later. Het antwoord van de leerling was dat hij nu in ieder geval een voorstelling heeft van hoe het werken in dergelijke bedrijven later zal gaan. Gecombineerd met het antwoord van de leerlingen dat ze hebben leren samenwerken en ook duidelijk was dat ze dit samenwerken erg leuk en motiverend vonden, is door deze opgedane kennis misschien een basis gelegd voor interesse in een technische carrière.

In paragraaf 2.3 zijn ook gewenste eigenschappen van leerlingen voor een toekomstige technische vervolgopleiding en een baan in de techniek genoemd. Te denken valt aan eigenschappen als creativiteit en flexibiliteit naast de hierboven al besproken kennis en vaardigheden. Deze eigenschappen zijn niet te leren maar als wordt gekeken naar creativiteit, dan heeft iedereen van nature creativiteit en kan wel worden geleerd creatieve vaardigheden beter te benutten (Leren.nl, 2012). In deze bron wordt psychologisch onderzoek beschreven dat vier manieren heeft opgeleverd om dit te bereiken. Deze vier manieren zijn:

1. Onthoud ideeën die je te binnen schieten.
2. Daag jezelf uit.
3. Verbreed je kennis en vaardigheden.
4. Omgeef jezelf met gevarieerde prikkels.

Zoals te zien in paragrafen 4.1 t/m 4.3 en in het begin van deze paragraaf, was dit project zeker uitdagend voor leerlingen. Ze zeiden zelf dat ze het project leuk, interessant en motiverend vonden. Kennis en vaardigheden van leerlingen zijn ook verbreed omdat naast voldoende vakinhoudelijke kennis volgens gestelde leerdoelen, er ook extra en andere kennis en vaardigheden zijn opgedaan. Voor de vierde manier geldt dat creativiteit bevorderd kan worden door leerlingen met verschillende prikkels te omgeven en minstens zo belangrijk is dat die prikkels ook regelmatig moeten veranderen (Leren.nl, 2012). Het werken met afdelingen en het moeten samenwerken door de afdelingen heeft er zeker voor gezorgd dat aan dit laatste punt voldaan is. Zoals eveneens in paragraaf 4.3 beschreven, heeft één geïnterviewde leerling zelfs gezegd over het project: "Het is niet eentonig en je kunt iedere week weer iets anders doen. Motiverend was het ook want er was iedere week weer een andere motivatie voor een ander eindpunt, een ander streven waar je naartoe wilt". Dit antwoord laat duidelijk zien dat er veel verschillende prikkels waren en elke week ook weer andere prikkels.

Uit het bovenstaande komt duidelijk naar voren dat het project voor een klimaat heeft gezorgd waarin het beter benutten van creativiteit mogelijk was. Uiteindelijk zijn in dit project dan ook meerdere zeer voorname activiteiten van leerlingen te noemen die duidelijk duiden op benutte creativiteit en flexibiliteit. Als voorbeeld vindt de onderzoeker het opmerkelijk te noemen dat A2 leerlingen op het idee komen dat voor het opladen van een accu of batterij gelijkspanning vereist is en dit met een gelijkrichter kan worden gerealiseerd. Leerlingen hebben vervolgens een simpele gelijkrichter ontwikkeld, bestaande uit een paar diodes die op een houten plankje met wat spijkers en stroomdraad zijn gesoldeerd. Daarnaast bleek met een wip

met de aanwezige magneten en spoelen geen meetbare inductiespanning en inductiestroom te kunnen worden opgewekt. Het getuigt van flexibiliteit maar ook creativiteit dat leerlingen direct overstappen op een ander idee met een dynamo, de inkooporganisatie ook direct de opdracht geven een fiets met dynamo te organiseren, om tenslotte hiermee aan de slag te gaan.

Tenslotte waren leerlingen zo enthousiast en gemotiveerd dat men van mening was dat meer geld nodig was om projectdoelen te bereiken. Leerlingen waren niet op de hoogte van de hoogte van het budget voor dit project. Afdeling M&C kwam vervolgens met het idee sponsors te gaan zoeken. Ze hebben nette brieven opgesteld en hebben tevens hulp gevraagd bij een docent Nederlands. Dit heeft uiteindelijk ertoe geleid dat meerdere bedrijven financieel maar ook in natura hebben gesponsord. Daarnaast hebben leerlingen momenteel nog contact met de gemeente Stein om een jaarlijks terugkerende sponsoring te regelen zodat bijvoorbeeld een abonnement bij een officiële webhost kan worden aangeschaft. Dit geeft het project maar ook de school de mogelijkheid in de toekomst verder te gaan maar ook nieuwe activiteiten zoals webdesign op te zetten.

Alles dat hierboven beschreven is, laat zien dat authentiek onderwijs in de vorm van het hier opgezette project in een klassiek curriculum aan zeer veel kennisontwikkeling heeft bijgedragen. Het gaat hier ook juist om die kennis, vaardigheden en eigenschappen van leerlingen die noodzakelijk is voor toekomstige bètawetenschappers.

Tot slot volgt nog een overzicht per afdeling van wat de leerlingen tot nu toe allemaal al gerealiseerd hebben en waar in schooljaar 2012-2013 nog mee verder wordt gegaan. De onderzoeker is van mening dat dit een omvangrijk project was waar veel verschillende taken zijn uitgevoerd en veel natuurkundige concepten aan bod zijn gekomen naast de vooraf afgesproken leerdoelen. Dit in slechts 6 weken tijd met 2 uur les per week. Het volgende overzicht is interessant te melden omdat ervan wordt uitgegaan dat dit alles alleen mogelijk is indien de leerlingen ook gemotiveerd waren. Daarnaast laten sommige punten duidelijk zien dat leerlingen ook de gewenste eigenschappen vertonen met het oog op technische vervolgopleidingen en banen in de toekomst.

Per afdeling zal daar nog kort op worden ingegaan. Weer kan gezegd worden dat dit alles dus met authentiek onderwijs bereikt kan worden in een klassiek curriculum.

Inkooporganisatie:

- De wip en benodigde autobanden zijn door de inkooporganisatie gevonden op internet door met verschillende leveranciers per mail en telefonisch contact te zoeken.
- De uitgekozen wip en het projectdoel zijn gepresenteerd aan de directie, waarna de wip is gekocht.

- Er is gezocht naar een fiets en dynamo waarvan delen zullen worden gebruikt voor de energieopwekking. De fiets is ook direct geleverd.

Leerlingen van de inkooporganisatie zijn duidelijk bezig geweest met communicatie en presentatie en hebben met andere afdelingen samengewerkt. Ook is continue gebruik gemaakt van de computer.

Marketing & Communicatie:

- De website is grotendeels af. Bepaalde koppelingen tussen pagina's zijn nog niet correct waardoor nog aan de website wordt gewerkt. Tevens zullen uitbreidingen plaatsvinden.
- Er is een filmpje gemaakt over het verloop van het project. Dit is ook gemonteerd en te bekijken in het bewerkingsprogramma. Vanwege het bestandsformaat en gebruikte muziek is op dit moment het filmpje nog niet standalone te bekijken. Daar wordt komende tijd aan gewerkt.
- Er zijn foto's gemaakt voor het projectverslag. Met het verslag is pas een eerste begin gemaakt en daar zal dus verder aan gewerkt worden.
- Leerlingen van M&C hebben zich zeer succesvol bezig gehouden met het benaderen van sponsors, zowel schriftelijk als telefonisch.

Leerlingen van M&C hebben intensief gebruik gemaakt van de computer en computerprogramma's. Daarnaast zijn de leerlingen duidelijk bezig geweest met communicatie.

Research & Development:

- De wip is in beton gezet (zie afbeelding 5 op de volgende pagina). Leerlingen hebben geleerd wat beton is, hoe je het aanmaakt en hebben op basis van de plaatsingsinstructies berekend hoeveel beton er nodig is.



Afbeelding 5: De wip is in beton geplaatst.

- Er is een model gemaakt van een wip op basis waarvan leerlingen wilden gaan rekenen aan het op te wekken elektrische vermogen. Al snel was duidelijk dat het op dit moment onmogelijk was een inductiestroom en inductiespanning met het model te meten door gebruik making van aanwezige losse magneten en spoelen. Daarom zijn leerlingen direct gaan meten aan de fietsdynamo.
- Leerlingen kwamen er achter dat inductiestromen en inductiespanningen wisselstroom en wisselspanningen zijn. Om een batterij of accu op te kunnen laden is echter een gelijkstroom/spanning nodig. Daarom is op internet gezocht naar een oplossing, wat een gelijkrichter opleverde. Deze is vervolgens ook door leerlingen zelf gebouwd en goed functionerend ingebouwd in de schakling waaraan gemeten is.
- Het meten van opgewekte stroom en spanning was slechts beperkt mogelijk omdat uitsluitend een ampèremeter en voltmeter beschikbaar waren. Leerlingen zouden het liefste de stromen en spanningen op de computer zichtbaar maken in de vorm van grafieken en daarmee verder rekenen. Om dit mogelijk te maken zijn door de docent als zijnde projectleider via de sectie natuurkunde de benodigde sensoren gekocht voor het aanwezige programma Coach 6 van CMA. Deze metingen zullen schooljaar 2012-2013 nog volgen.

Leerlingen van R&D zijn naast vooraf gestelde leerdoelen duidelijk extra vakinhoudelijk bezig geweest, waarbij veel creativiteit zichtbaar was. Door de vele taken en activiteiten binnen deze afdeling was er veel sprake van samenwerking.

5. Conclusie en discussie.

Dit onderzoek laat zien dat het mogelijk is en hoe het mogelijk is contextueel authentiek natuurkundeonderwijs in een klassiek curriculum te implementeren. Het onderwijs is daardoor leerlinggericht maar gaat daarnaast ook in op vooraf gestelde vakinhoudelijke leerdoelen.

Uniek is dat leerlingen in dit onderwijsproject als bedrijf gewerkt hebben en elke leerling de keuze heeft kunnen maken bij welke afdeling hij/zij wilde horen. Elke afdeling voerde verschillende taken uit wat ervoor heeft gezorgd dat leerlingen binnen hun interessegebied hebben kunnen werken. Daarnaast is ook op geschikte momenten, passend bij de fase waarin het project zich op dat moment bevond, gewenste vakinhoud aan bod gekomen.

Het doel van dit type onderwijs is bereikt; leerlingen te motiveren voor natuurkunde. Hiermee is een goede stap in de richting gezet dat leerlingen ook in de bovenbouw van het VO voor een N-profiel gaan kiezen en vervolgens voor een technische vervolgopleiding en een beroep in de techniek. De resultaten bij de onderzoeksvragen laten in ieder geval duidelijk zien dat leerlingen dit project en daarmee dus authentiek onderwijs in een klassiek curriculum, leuk, leerzaam, interessant en motiverend vinden. Ook is getracht met dit onderwijs kennis en vaardigheden bij te brengen en leerlingen tot eigenschappen als creativiteit en flexibiliteit aan te zetten. Dit alles is gewenst voor technische vervolgopleidingen en later een technisch beroep. Door de manier van werken, hebben leerlingen moeten samenwerken, presenteren en communiceren. Door deze activiteiten zijn discussies op gang gekomen en hebben de leerlingen kritisch naar allerlei zaken moeten kijken. En juist ook deze activiteiten, vooral het samenwerken, heeft extra motiverend gewerkt. Uiteindelijk heeft dit alles aangezet tot de gewenste creativiteit, wat bijvoorbeeld heeft geleid tot extra en een hoger niveau van vakinhoudelijke kennis. Zo is het concept gelijkrichting aan bod geweest en is zeer creatief een gelijkrichter gebouwd. De creativiteit van leerlingen heeft ook geleid tot ondersteuning van het project door sponsors.

Het onderzoek heet ook aangetoond dat het mogelijk is met dit onderwijs voldoende, en dus zelfs meer, vakinhoudelijke kennis te ontwikkelen. Resultaten laten dan ook zien dat het kennisniveau dat bereikt kan worden minimaal het niveau is zoals te bereiken wanneer klassiek wordt onderwezen. Uit de parallelstudie lijkt het er echter op dat met authentiek onderwijs het ook mogelijk kan zijn een hoger vakinhoudelijk kennisniveau te bereiken.

Vanwege de totaal nieuwe vorm van onderwijs voor leerlingen moet wel met een aantal zaken rekening worden gehouden. Zo was er één leerling die het project leuk en interessant vond, maar wel het idee had dat de rol die zij met haar groepje vervuld had (het filmpje en verslag maken) niet veel aan het project heeft toegevoegd. Helaas liep het schooljaar ten einde en daarmee op dat moment ook het project. Het

filmpje en verslag lijken voor leerlingen daardoor geen functie te hebben, hoewel dat schooljaar 2012-2013 absoluut wel het geval zal zijn. Zo zijn er een aantal momenten dit jaar waar bijvoorbeeld het filmpje vertoond kan gaan worden als promotie maar ook om aan te tonen waartoe leerlingen allemaal in staat zijn. Te denken valt aan de open dag en informatieavonden voor nieuwe leerlingen. Het neemt niet weg dat in de toekomst meer aandacht besteed moet gaan worden aan de uitleg van het nut van alle taken binnen een project. Als leerlingen het nut van hun taak niet inzien, dan zal alsnog hun motivatie verdwijnen.

Eveneens geldt dat er leerlingen zijn die toch ook denken aan de toets die zal volgen en hoe ze zich daar zo effectief mogelijk op kunnen voorbereiden. Sommige leerlingen denken dat de klassieke les effectiever voorbereidt op wat docenten, de school en maatschappij van leerlingen verwacht: goede prestaties op het reproduceren van vakinhoudelijke kennis. Hoewel unaniem werd gezegd dat de theorie met betrekking tot energie binnen het project voldoende was voor de toets die ging volgen, voelen enkele leerlingen zich dus blijkbaar onzeker voor een toets wanneer ze zelf de kennis geconstrueerd hebben. Dit zegt iets over het heersende didactisch contract (zie paragraaf 2.3). Daarom zal extra energie gestoken moeten worden in het veranderen van het didactisch contract waardoor ook leerlingen wennen aan het idee dat ze zelf in staat zijn kennis te ontwikkelen door bijvoorbeeld het zelf doen van onderzoek of het leren van anderen tijdens samenwerking binnen authentiek onderwijs.

Het implementeren van authentiek natuurkundeonderwijs in een klassiek curriculum vraagt echter extra en andere dingen van een school en van de docenten. Dit zal hier beneden verder worden uitgelegd.

Leerlingen hebben tijdens de les een klaslokaal nodig als verzamelpunt maar zullen zich daarnaast ook door en om het schoolgebouw bewegen. Dit wijkt af van klassiek onderwijs en daar moet dus rekening mee worden gehouden. Zo zullen schoolregels moeten worden aangepast die dit bijvoorbeeld toestaan gedurende lessen die authentiek zijn ingericht.

Omdat leerlingen ook buiten het klaslokaal bezig zullen zijn en meer met anderen gaan samenwerken, moeten andere docenten er rekening mee houden dat het mogelijk is dat leerlingen om hulp vragen. Als voorbeeld hebben leerlingen contact gezocht met een docent Nederlands die heeft geholpen bij het netjes en correct opstellen van een brief naar potentiële sponsors. Ook hebben leerlingen gebruik gemaakt van het technieklokaal om hun model van een wip te bouwen. Docenten moeten er mee om kunnen gaan dat tijdens hun eigen les, leerlingen uit een andere les van het lokaal en materialen gebruik maken.

Afhankelijk van de inhoud van het project en de grootte van de klas, moet de school en daarmee ook de roostermaker de mogelijkheid hebben het juiste klaslokaal in te plannen. Misschien zijn voor sommige projecten zelfs meer lokalen nodig. Niet elke

school zal altijd deze mogelijkheid hebben. Daar moet bij het opzetten van dergelijke projecten vooraf rekening mee worden gehouden.

Het niet mogen eten en drinken in de klas is wellicht een belangrijke schoolregel op de meeste scholen in het VO. Hoewel dus totaal afwijkend, heeft de onderzoeker dit wel toegestaan tijdens het werken onder het motto van “in bedrijven eet en drinkt men ook tijdens het werk omdat iedereen brandstof nodig heeft”. Dit laatste was voor leerlingen erg motiverend, daar dit totaal afwijkt van wat zij gewend zijn. Om terug te koppelen naar de theorie in paragraaf 2.3, is dit eigenlijk ook een vorm van een nieuw didactisch contract: het is niet de docent die verbiedt te eten en drinken in de klas, het is juist de docent die dit toestaat. Tevens sluit dit aan bij het vierde genoemde punt in paragraaf 4.4 dat leerlingen creativiteit beter benutten wanneer ze zich omgeven met extra prikkels. Zo werd dat in Leren.nl (2012) ook bedoeld, dat leerlingen bijvoorbeeld eens andere muziek moesten luisteren of wat anders op hun bureau moesten zetten. De onderzoeker is er daarom ook vanuit gegaan dat het toestaan van eten en drinken als extra prikkel alleen maar positief zou werken met het oog op creativiteit en motivatie. Opvallend, maar als gevolg ook verwacht, was dan ook dat altijd op het einde van het werk iedereen zonder iets te zeggen netjes het afval in de prullenbak gooide. Gezegd moet worden dat de schoolleiding op een bepaald moment het project heeft bezocht omdat ze zagen dat leerlingen gedurende de les wat te eten of drinken kochten. Alleen al door te zeggen dat de onderzoeker dit had toegestaan, werd dit geaccepteerd. Dit is natuurlijk wel iets wat wellicht niet elke schooldirectie accepteert. In dit onderzoek is dit echter gedaan, maar het is geen verplichting voor andere projecten of voor authentiek onderwijs op andere scholen.

Tot slot wordt van de vakdocent bij authentiek natuurkundeonderwijs veel meer verwacht, ook andere capaciteiten, dan bij klassieke lessen. Uiteraard zal ook dan elke les moeten worden voorbereid maar aangezien eindpunten niet altijd duidelijk zijn, is ook veel improvisatie nodig. Ervan uitgaande dat qua vakinhoud de docent vakbekwaam is, worden nu echter ook veel andere capaciteiten gevraagd. Te denken valt aan andere kennis, bijvoorbeeld webdesign. Maar de docent zal ook gelijktijdig veel leerlingen met meer verschillende taken moeten aansturen en begeleiden. Voor sommige taken en bepaalde kennis zal dus ook af en toe de hulp van derden moeten worden ingeroepen. Ook dit vraagt om extra organisatie en misschien in sommige gevallen om extra financiële middelen. Docenten en scholen moeten zich in ieder geval ervan bewust zijn dat deze aspecten een rol kunnen spelen bij authentiek onderwijs. Niet elke docent is hiertoe in staat of vindt dit een uitdaging. En niet elke school heeft misschien extra financiële middelen.

Al met al kan geconcludeerd worden dat authentiek natuurkundeonderwijs in een klassiek curriculum te implementeren is en erg motiverend werkt. Ook voor scholen en docenten zelf zal dit heel interessant zijn, spannend om te doen en een hele grote maar stimulerende uitdaging. De onderzoeker kan het alleen maar aanbevelen.

6. Bronvermeldingen.

- Abbenhuis, R., Klein Tank, M., Van Lanschot, V., Van Mossel, G., Nieveen, N., Oosterloo, A., Paus, H., & Roozen, I. (2008). *Curriculair leiderschap: Over curriculaire samenhang, samenwerking en leiderschap in het onderwijs*. Enschede: SLO (Nationaal Expertisecentrum Leerplanontwikkeling).
- Buxton, C.A. (2006). Creating Contextually Authentic Science in a “Low-Performing” Urban Elementary School. *Journal of Research in Science Teaching*, 43 (7), 695-721.
- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R. & Schauble, L. (2003). *Design Experiments in Educational Research*. Educational Researcher, Vol. 32, No. 1, pp. 9-13.
- Goos, M. & Manning, A. (2007). *Lousy and Lovely Jobs: The Rising Polarization of Work in Britain*. Review of Economics and Statistics, Vol. 89, No. 1, pp.118-133.
- Goos, M., Manning, A. & Salomons, A. (2009). *Job Polarization in Europe*. Review of Economics and Statistics, Vol. 99, No. 2, pp.58-63.
- Gravemeijer, K. (-). *Het belang van social norms en socio-math norms voor realistisch reken-wiskundeonderwijs*. Tijdschrift voor nascholing en onderzoek van het reken-wiskundeonderwijs, Panamapost, 14(2). p.p.17-23.
- Kuiper, W., Folmer, E., Ottevanger, W., & Bruning, L. (2011). *Curriculumevaluatie bètaonderwijs tweede fase: Examenpilot Nieuwe Natuurkunde havo/vwo 2007-2010*. Enschede: SLO (Nationaal Expertisecentrum Leerplanontwikkeling).
- Leren.nl. Verkregen op 23 augustus, 2012, van <http://www.leren.nl/artikelen/2005/creatiever-worden.html>.
- Levy, F. & Murnane, R.J. (2004). *The new division of labor: How Computers Are Creating the Next Job Market*. Princeton University Press.
- Oberon (2008). *Initiatie en implementatie van het Technasium*. Paper ORD Eindhoven, Oberon.
- Roth, W.-M. (1995). *Authentic school science: Knowing and learning in open-inquiry science laboratories*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Roth, W.-M., van Eijck, M., Reis, G., & Hsu, P.-L. (2008), *Authentic science revisited: In praise of diversity, heterogeneity, hybridity*. Rotterdam: Sense publishers (pp. 1-12).
- Roth, W.-M., Lee, S. (2002), *Scientific literacy as collective praxis*. Public Understand. Sci. 11 (pp. 33-56).

Simon, M. A. (1995). *Reconstructing Mathematics Pedagogy from a Constructivist Perspective*. Journal for Research in Mathematics Education, Vol. 26, No. 2, pp. 114-145.

Simons, P.R.J., & Verschaffel, L. (1992). *Transfer: Onderzoek en onderwijs*, Tijdschrift voor onderwijsresearch, 17, nr.1 (pp. 3-16).

Stichting Technasium (1). Verkregen op 10 juli, 2012, van <http://www.technasium.nl>

Stichting Technasium (2). Verkregen op 10 juli, 2012, van <http://www.technasium.nl/deformule.aspx>.

Universumprogramma verkregen op 15 mei, 2012, van <http://www.universumprogramma.nl/>

Van Eijck, M., Bruin-Muurling, G., Huizing, K., Quant, E., & Taconis, R. (2011), *Bètadidactiek: Inleiding in het ontwerpen van onderwijs in de bètavakken*, Syllabus voor het vak Bètadidactiek van de Master of Science Education and Communication van de Technische Universiteit Eindhoven. Versie 1.01.

Appendix A

Projectoverzicht van docent voor de leerlingen

In het projectoverzicht heeft de docent als zijnde projectleider gemaakte afspraken genoteerd samen met andere uitleg en informatie. Dit overzicht wordt aan de leerlingen gemaild. Hierdoor staan afspraken “zwart op wit” en hebben leerlingen ook een naslagwerk bij het project met bijvoorbeeld informatie over energie, bijvoorbeeld met het oog op de kennistoets die ze moeten maken.

De pagina's in dit projectoverzicht zijn gedurende het project in deze volgorde aan bod gekomen op passende tijdstippen (zie paragraaf 3.2).



2

Opdracht:

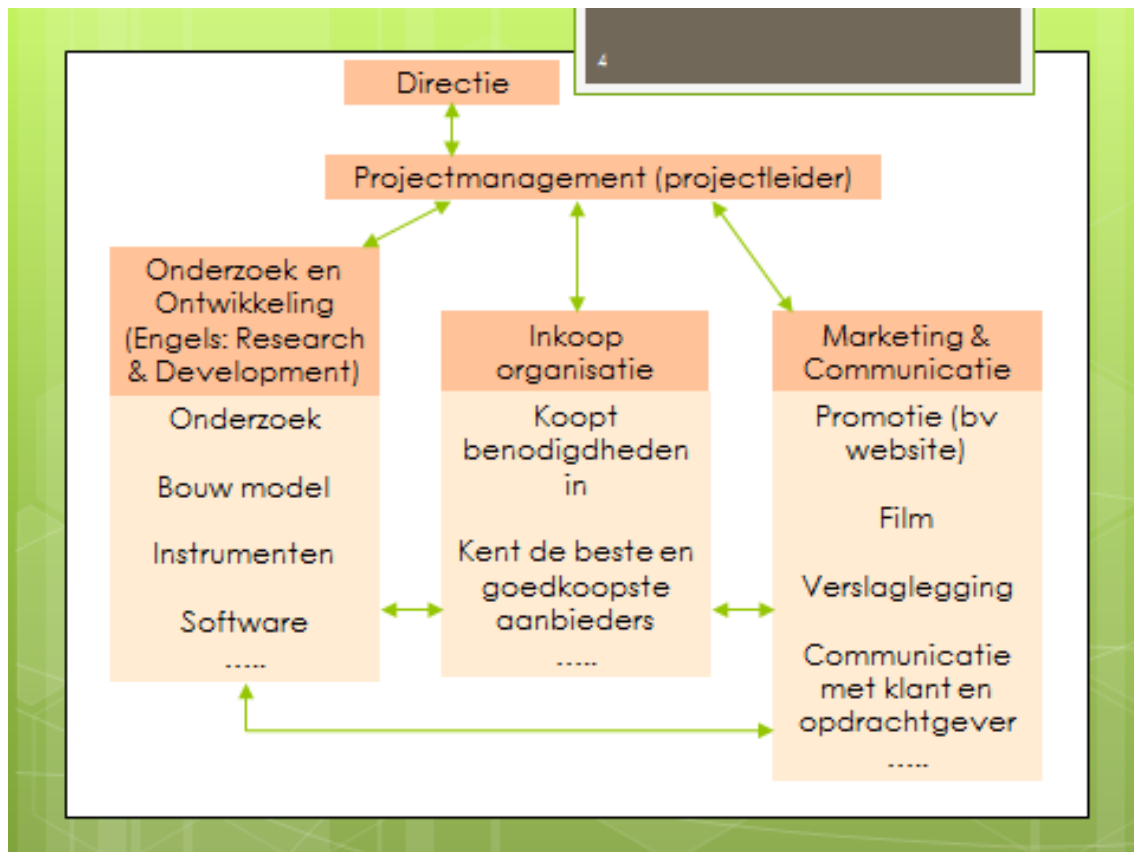
- Hoe kan in een recreatiepark of op Groenewald energie "groen" worden opgewekt uit beweging?

(Denk hierbij dus bv. ook aan Steinerbos)

3

Werkwijze:

- We gaan aan het werk zoals veel technische bedrijven ook werken:
 - We maken groepen.
 - Elke groep werkt aan een eigen taak en is daarin specialist!
 - Elke groep vertrouwd dat de andere groepen hun werk goed doen.
 - Elke groep presenteert geregeld hun voortgang zodat iedereen van het hele project op de hoogte is.



5

Wat is energie eigenlijk? (1)

- o "Energie is het vermogen/de mogelijkheid om arbeid te verrichten of iets te laten gebeuren"
- o Symbool: **E** Eenheid: **J** (Joule)
Vb: de energie die je lichaam haalt uit een volkoren boterham is 318.000 J.
 Hiermee kun je vervolgens je werk doen.
- o Soorten energie:
 Ee= elektrische energie
 Eb= bewegings energie (ook wel kinetische energie genoemd)
 Ec= chemische energie (E uit een brandstof zoals de boterham, of benzine)
 Maar ook licht, warmte en nog meer vormen

6

Wat is energie eigenlijk? (2)

- o Energie kan van de ene vorm overgaan in een andere vorm:

Vb: Ee → licht (lamp)

Ec (benzine) → Eb (beweging) + warmte

.....

7

De precieze opdracht

- o **Inkooporganisatie:** gaat op zoek naar een wip en verdere behoeften; maakt een presentatie om de directie te overtuigen deze wip te kopen; overtuigt directie.
- o **R&D:** vormt sub-groepjes die werken aan
 - * hoe haal je energie uit de beweging van een wip/wat zijn de behoeften?
 - * bouwen van een model.
 - * maken van berekeningen op basis van het model (welk vermogen wordt behaald? Hoeveel energie kan in een bepaalde periode worden opgewekt?)
 - * buiten bouwen van de echte wip waarmee energie wordt opgewekt en waaraan echt wordt gemeten.
- o **Marketing & Communicatie:** vormt sub-groepjes die tijdens het hele project zorgen voor: foto/film; verslaglegging en maken van presentatie /website om interesse te wekken voor deze manier van energie opwekken op Groenewald.

DOEL:

Een werkende energieopwekkende wip waar iedereen gebruik van maakt. Ook kan worden gemeten hoeveel energie iedereen samen kan opwekken met onze wip!

8

Wat is energie eigenlijk? (3)

- o "Wet van behoud van energie"
Energie gaat nooit verloren maar gaat hooguit over in een vorm die je niet wilt (zoals de warmte die ontstaat als de motor van de auto draait: je wilt dit niet maar toch ontstaat hij).
- o Hoe langer je een apparaat gebruikt, hoe meer energie dit kost !
Bv.: staat je tv 2u aan, dan kost dat 3240000 J energie.
Staat je tv echter 4u aan dan kost dat 2x zoveel: 6480000 J.
- o Omdat fabrikanten van apparaten natuurlijk niet weten hoelang jij hem gaat gebruiken, kunnen ze niet zeggen hoeveel energie jij gaat gebruiken !
Daarom geven fabrikanten altijd een andere grootheid: **het vermogen P in W (Watt)**; de energie die je per seconde gebruikt !

9

Wat is energie eigenlijk? (4)

- o "Vermogen": **P in W (Watt)**
- o "Energie": **E in J (Joule)**
- o "Tijd": **t in s (seconde)**

$$P = E / t$$

(tv gebruikt 3240000 J energie in 2u. Dan is het vermogen $P = 3240000 \text{ J} / 7200 \text{ s} = 450 \text{ W}$)

$$E = P \cdot t$$

(een gloeilamp met vermogen P van 60 W gebruikt in 2u een energie: $E = 60 \text{ W} \cdot 7200 \text{ s} = 432000 \text{ J}$)

$$t = E / P$$

(een koffiezetapparaat met $P = 1200 \text{ W}$ gebruikt 360000 J energie.
Hij heeft dus $t = 360000 \text{ J} / 1200 \text{ W} = 300 \text{ s}$ (5min.) aan gestaan)

Wat is energie eigenlijk? (5)

We weten nu dus: $P = E / t$

Maar als we te maken hebben met elektriciteit en we kennen het spanningsverschil en de stroomsterkte, dan geldt ook:

$$P = U \cdot I$$

- "Vermogen": P in **W** (Watt)
- "Spanningsverschil": U in **V** (Volt)
- "Stroomsterkte": I in **A** (Ampère)

(Een tv is aangesloten op het stopcontact waardoor $U = 230$ V. De stroomsterkte wordt gemeten en is $I = 1,5$ A. Dan is het vermogen van de tv: $P = 230$ V \cdot $1,5$ A = 345 W)

Dus:

Als U en I bekend, dan is gebruikt/opgewekt vermogen $P=U \cdot I$.
Daarna is ook te berekenen hoeveel energie E wordt gebruikt/opgewekt in een bepaalde tijd t : $E=P \cdot t$

Appendix B

Kennistoets (inclusief correctiemodel) bij onderzoeksvraag 3.

In de kennistoets werden de vooraf vastgestelde leerdoelen met betrekking tot thema *energie* getoetst in opgave 5. Deze opgave is in deze appendix weergegeven.

5. Jan ziet op de kermis in Deurne de attractie die afgebeeld is in de figuur: een hoge mast met een zweefmolen.

Nadat de passagiers in de stoeltjes hebben plaatsgenomen, beweegt de zweefmolen eerst zonder te draaien in 30 meter langs de mast omhoog.

Om energie te besparen, is de zweefmolen via een katrol met een contragewicht boven in de mast verbonden: als het contragewicht omlaag gaat, gaat de **lege** zweefmolen dus omhoog.

Als er ook passagiers in de molen zitten, wordt voor de verplaatsing omhoog van de passagiers een elektromotor gebruikt. Het omhoog brengen van 22 passagiers kost 390.000 J energie en duurt 8,0 s.



- a. Bereken het elektrisch vermogen van deze elektromotor.

(3) $P=E/t$ $P=390.000/8,0=48.750 \text{ W}$

(formule / getallen correct / completeren).....

.....

In werkelijkheid blijkt de motor een rendement van 90% te hebben.

b. Bereken het werkelijke totale vermogen van deze elektromotor.

$$(3) \eta = P_{\text{nut}} / P_{\text{tot}} \times 100\% \text{ (inzicht in formule)}$$

$$90 = 48.750 / P_{\text{tot}} \times 100 \text{ (getallen op juiste plaats).....}$$

$$P_{\text{tot}} = 100/90 \times 48.750 = 54.167 \text{ W.....}$$

c. Welke energievorm zal er ook nog ontstaan?

(1) Warmte.....

Als de zweefmolen met passagiers boven is, zorgt een 2^e elektromotor ervoor dat de molen gaat ronddraaien. Deze motor heeft een vermogen van 35.000 W. Bij een ritje met deze zweefmolen draai je 4 minuten rond.

d. Bereken hoeveel energie dit ronddraaien kost.

$$(3) E=P \times t \quad t=4 \times 60 = 240 \text{ s} \quad E=35.000 \times 240 = 8.400.000 \text{ J...}$$

.....

.....

Als het ritje is afgelopen, worden de motoren uitgeschakeld en zakt de zweefmolen langzaam omlaag via een speciaal remsysteem. Dit kost geen extra elektrische energie.

e. Bereken hoeveel kWh aan energie dit ritje in totaal heeft gekost (van het omhoog gaan t/m het draaien).

(Als je bij opgave d geen antwoord hebt gevonden, neem je als antwoord voor die vraag: E = 9.500.000 J).

$$(4) E_{\text{omhoog}} = 390.000 \times 100/90 = 433.333,33 \text{ J (of via } E=P.t) \text{.....}$$

$$E_{\text{tot}} = 433.333,33 + 8.400.000 = 8.833.333,33 \text{ J.....}$$

$$E_{\text{tot}} = 8.833.333,33 / 3.600.000 = 2,45 \text{ kWh}$$

(stap 1: 1pt / stap 2: 1 pt / stap 3: 1 pt / completeren 1 pt)

De energieprij is €0,18 per kWh.

- f. Hoeveel ritten moet met deze zweefmolen worden gemaakt om in totaal €22,- aan elektrische energie kwijt te zijn? **(rond af op een geheel aantal).**

(3) prijs 1 rit = $2,45 \times 0,18 = € 0,44$

Aantal ritten = $22 / 0,44 = 50$ ritten.....

(prijs 1 rit / delen voor aantal ritten / completeren).....