

Shut up and calculate? Philosophy meets physics in de bovenbouw van het vwo

Auteurs:

S.I. Beijen 3568091

S. Verwer 3567338

M.J. van Vulpen 0442712

S.H.L. Welles 3567281

Abstract

***Physics meets philosophy* is een onderzoek naar het spannende grensvlak tussen natuurkunde en filosofie, twee schoolvakken die doorgaans - ten onrechte - ver bij elkaar uit de buurt blijven. Geïnspireerd door het vak *Theory of Knowledge* dat op internationale scholen wordt gegeven, hebben de auteurs van dit PGO onderzocht of een gecombineerde les over natuurkunde en wetenschapsfilosofie in de ogen van bovenbouw vwo leerlingen van meerwaarde zou zijn ten opzichte van het huidige curriculum. De resultaten zullen worden beschouwd in het licht van de doelstellingen van de Commissie Nieuwe Natuurkunde.**

INLEIDING

Een essentiële taak van het voorbereidend wetenschappelijk onderwijs is jonge mensen kennis laten maken met de fascinerende wereld van de wetenschap. Op de middelbare school zijn veel vakken uitvoerend ingericht. Bij het vak natuurkunde ligt de nadruk bijvoorbeeld op experimenten, practica en toepasbare kennis. De theoretische natuurkunde, de tak die zich richt op het formuleren van nieuwe theorieën, komt vrijwel niet voor in het curriculum. Dit onderwerp, het formuleren van wetenschappelijke theorieën, is even wel een van de hoofdonderdelen bij het vak filosofie. Hoewel filosofie zich vaker op een meta-niveau begeeft, is het theoretiseren als zodanig een kernactiviteit van beide vakken. Dit onderzoek is een poging om door middel van een gecombineerde les, filosofie en natuurkunde dichter bij elkaar te brengen, ten einde onder meer de wetenschappelijke houding van leerlingen te bevorderen. De hoofdvraag van het onderzoek is: *ervaren VWO-bovenbouw leerlingen een wetenschapsfilosofische benadering van de natuurkundestof als een verrijking van het lesprogramma?*

INSPIRATIE / CONCEPTUELE KADER

Binnen het Nederlandse voortgezet onderwijs liggen natuurkunde en filosofie ver uit elkaar. Het zijn voor leerlingen twee vakken met totaal verschillende inhouden die elkaar niet of nauwelijks raken. Dit is niet overal het geval.

De inspiratie voor ons onderzoek is onder meer afkomstig van het vak *Theory of Knowledge* dat op internationale middelbare scholen verzorgd wordt. De doelstelling van *TOK* wordt als volgt gedefinieerd:

Theory of Knowledge (TOK) offers students and their teachers the opportunity to reflect critically on diverse ways of knowing and on areas of knowledge and consider the role and nature of knowledge in their own culture, in the cultures of others and in the wider world. In addition, it prompts students to be aware of themselves as thinkers, encouraging them to become more acquainted with the complexity of knowledge and recognize the need to act responsibly in an increasingly interconnected but uncertain world. As a thoughtful and purposeful inquiry into different ways of knowing, and into different kinds of knowledge, TOK is composed almost entirely of questions. The most central of these is "How do we know?" It is a stated aim of TOK that students should become aware of the interpretative nature of knowledge, including personal ideological biases, regardless of whether, ultimately, these biases are retained, revised or rejected. TOK also has an important role to play in providing coherence for the student as it transcends and links academic subject areas, thus demonstrating the ways in which they can apply their knowledge with greater awareness and credibility.

Dit treffende citaat illustreert naar onze opvatting overtuigend wat de meerwaarde zou

kunnen zijn om een gecombineerde les filosofie en natuurkunde op te nemen in het Nederlandse curriculum. Het zou bovendien passen binnen de doelstellingen die de Commissie Nieuwe Natuurkunde zich heeft gesteld. Op www.nieuwenatuurkunde.nl heeft de commissie haar doelstellingen gedefinieerd, waarvan wij de drie relevantste citeren:

- De Commissie Vernieuwing Natuurkundeonderwijs plaatst deze concepten en vaardigheden in voor leerlingen aansprekende maatschappelijke, beroepsgerichte, experimentele en theoretische contexten;”
- De Commissie Vernieuwing Natuurkundeonderwijs werkt vanuit een visie op de plaats van het vak natuurkunde in het geheel van de natuurwetenschappen en de maatschappelijke toepassingen in de moderne samenleving;
- De commissie betreft daarbij de resultaten van didactisch onderzoek en relevante buitenlandse voorbeelden;

Het theoretische kader van ons onderzoek, enerzijds ingegeven door *TOK*, anderzijds door het voorgaande werk van Pessoa de Carvalho en Slowik, waarover later meer. Het kader is afgebakend door de doelstellingen van de nieuwe natuurkunde en biedt een gedegen basis voor een pilot studie naar de wenselijkheid van een vak op het grensvlak tussen filosofie en natuurkunde in Nederland. Bovendien bestaat er op universitair niveau er wel aandacht voor de combinatie van natuurkunde en filosofie, zoals bij het Instituut voor Geschiedenis en Grondslagen van de Natuurwetenschappen aan de Universiteit Utrecht maar voor de middelbare school is er - bij ons weten - nog nooit lesmateriaal ontwikkeld.

Een kritische kanttekening bij al deze woorden is dat we evenwel geen informatie hebben aangetroffen waarin de mening van de leerlingen over *TOK* terug te vinden was. Er zijn internationaal wel soortgelijke onderzoeken uitgevoerd waarin wetenschapsgeschiedenis en toegepaste wetenschapsfilosofie centraal stonden, met overigens ook wel de conclusie dat het beter niet als verplichte stof gegeven zou moeten worden.^{1: 2} De opvattingen van de leerlingen bleven hierbij echter buiten schot. De

opvattingen van leerlingen zijn waardevolle informatie om een de motivatie en het begrip met betrekking tot een nieuw, uitdagend onderwerp te testen. Daarom zijn wij in onze verkenning juist hierop gericht.

APRIORI VERSUS APOSTERIORI: WAT IS EEN VOORSPELLING WAARD?

De hoofdvraag die in ons onderzoek centraal stond was: *ervaren VWO-bovenbouw leerlingen een wetenschapsfilosofische benadering van de natuurkundestof als een verrijking van het lesprogramma?* Om deze vraag afdoende te kunnen beantwoorden hebben we hem onderverdeeld in drie deelvragen die zich richten op a) het begrip van de stof, b) de motivatie van de leerling en c) de ontwikkeling van een wetenschappelijke houding.

De methode die wij hebben gekozen was het vormgeven van een les die wij vervolgens alle vier zelf hebben gegeven in bovenbouw vwo klassen. Een nauwkeurige omschrijving van de les geven wij in de paragraaf methode.

Wat de variabelen betreft hebben wij getracht om onze doelen zo klein, helder en precies mogelijk te formuleren. Met begrip werd bedoeld het vermogen van leerlingen om leerstof tot zich te nemen, met de motivatie bedoelden wij de intrinsieke drijfveren van de leerlingen en met wetenschappelijke houding – vrij naar *TOK* – het bewustzijn dat elke soort kennis altijd geïnterpreteerd is, met alle consequenties van dien. Bovendien biedt deze wetenschappelijke houding de mogelijkheid om vakoverstijgend betekenis te geven aan de verschillende onderwerpen op school waardoor de reikwijdte en toepasbaarheid van de geleerde stof in de visie van de leerlingen wordt vergroot.

De hypothese die aan ons onderzoek ten grondslag lag was dat, mits op een voor leerlingen zeer toegankelijke wijze opgezet, een vak of lessenserie op het grensvlak van de natuurkunde en filosofie als een verrijking ervaren zal worden door de leerlingen. Als bedenkers van het idee waren wij ons reeds bewust van het gevaar van projectie van onze interesses op de leerlingen maar desondanks

meenden wij dat de leerlingen hierdoor geïnspireerd zouden kunnen worden.

METHODEN

RESPONDENTEN

Om de hoofdvraag en de deelvragen te beantwoorden hebben wij ervoor gekozen om een kwantitatief onderzoek onder vijf 4 VWO klassen en één 6 VWO klas uit te voeren. Het onderzoek is uitgevoerd bij twee 4 VWO filosofie lessen, drie 4 VWO natuurkunde lessen en één 6 VWO natuurkunde les van elk een uur. We hebben voor deze doelgroep gekozen, omdat deze leerlingen een goed beeld kunnen vormen over de invloed van een filosofische inslag op de natuurkunde stof. Het onderzoek is dus in totaal bij 6 verschillende klassen afgenomen. Daarnaast is bij het voorbereidend wetenschappelijk onderwijs de ontwikkeling van een wetenschappelijke houding belangrijk. Ook hebben de leerlingen bewust voor natuurkunde gekozen: motivatie en begripsontwikkeling zijn hiervoor essentieel voor de succesvolle afronding van het vak. Hiermee zijn deze leerlingen dus een representatieve doelgroep om dit onderzoek over de invloed van een filosofische inslag op de natuurkunde stof uit te kunnen voeren.

De leerlingen die meegewerkt hebben aan dit onderzoek komen van vier verschillende scholen. Aan het onderzoek hebben totaal 122 leerlingen meegedaan. In tabel 1 en tabel 2 onder “Resultaten” staan hoe de respondenten zijn verdeeld over de VWO klassen door middel van geslacht, profiel en het feit of ze ooit filosofielessen hebben gehad.

INSTRUMENTEN

Voor het onderzoek hebben wij een les ontworpen die de wet van behoud van energie behandelt vanuit een wetenschappelijk filosofisch perspectief. De leerlingen hebben vooraf aan de les een vragenlijst ingevuld (zie bijlage 1), waarbij hun voorkennis op het onderwerp (“begripsvragen”) en hun interesse in het onderwerp (“interessevragen”) onderzocht worden. Bij de les is tevens een hand-out uitgedeeld (zie bijlage 2). Hierop konden leerlingen vragen beantwoorden en aantekeningen maken. Deze hand-outs zijn aan het einde van de les ingenomen om meer inzicht te krijgen van de ervaring van de

leerlingen. Mede met deze hand-outs, hebben de docenten hun ervaringen beschreven. Deze ervaringen zijn opgenomen in bijlage 4. Aan het einde van de les (bij 3 klassen) of bij het begin van de volgende les (bij de 3 andere klassen) is opnieuw een vragenlijst afgenomen, om te onderzoeken wat er van de les is blijven hangen (zie bijlage 3).

Bij het ontwerpen van de les hebben we rekening gehouden met de verschillende onderzoeksdoeleinden. Hiervoor zijn verschillende wetenschappelijke bronnen aangehaald. Zo werd door Pessoa de Carvalho aanbevolen dat (groeps)discussies in hoge mate kunnen bijdragen aan het verkrijgen van een realistische kijk op wetenschap. Door de leerlingen vaak zelf te laten nadenken over vragen en deze vervolgens klassikaal na te bespreken is geprobeerd om hieraan invulling te geven¹. Dit is onder andere terug te vinden bij vraag 1b op de hand-out, “Vergelijk je antwoorden met je buurman – of buurvrouw. Zouden jullie het durven [wat Paul Hewitt deed]?”. Bij deze vraag worden leerlingen uitgedaagd zelf een beeld te vormen over de beweegredenen van Paul Hewitt om zijn tanden op het spel te zetten. Bij vraag 6, “Je hebt zojuist kennis gemaakt met twee wetenschapsfilosofische stromingen. Beide stromingen claimen beter en meer waar te zijn. Wat denk jij?”, worden leerlingen uitgedaagd de geleerde stof toe te passen en een mening te vormen.

Een andere aanbeveling uit de literatuur die we in het lesontwerp hebben meegenomen is het juiste gebruik van voorbeelden. Slowik *et al.* bevelen aan om relatief moeilijke onderwerpen te openen met eenvoudige voorbeelden die leerlingen kennen uit de dagelijkse praktijk. Op deze manier wordt het minder ‘beangstigend’ om de nieuwe stof tegemoet te treden. Dit hebben we proberen te integreren, door simpele voorbeelden te gebruiken.³ Dit komt terug in de lesopening, wat hierna besproken wordt.

In de door ons ontworpen les zijn we begonnen met een filmfragment uit *Conceptual Physics* van Paul Hewitt⁴ (zie afbeelding 1). Paul Hewitt heeft in dit fragment een bowlingbal aan een koord voor zijn tanden en vraagt de kijker of hij het zou durven zijn tanden te riskeren en de bowlingbal los te laten. Uit dit

fragment wordt duidelijk dat alle potentiële energie van een voorwerp kan worden omgezet in kinetische energie, maar dat er nooit energie bij kan komen. Met andere woorden, Paul kan de bowlingbal zo dicht bij zijn tanden houden als hij wil, de bal zal bij een slingerbeweging nooit hoger kunnen komen en zijn tanden kunnen raken (zie afbeelding 2). We sluiten dit onderdeel af met de vraag: “Hoe weet Paul Hewitt zo zeker dat zijn tanden niet uit zijn mond worden geslagen?”. De leerlingen beantwoorden vervolgens twee vragen op de hand-out. Paul Hewitt voert het experiment op een luchtige manier uit en sluit daarbij goed aan bij de belevingswereld van de leerlingen.



Afbeelding 1: *Conceptual Physics met Paul Hewitt.*



Afbeelding 2: *De demonstratie dat de bowlingbal nooit hoger kan komen dan zijn begin hoogte.*

Na dit fragment en de bijbehorende opdrachten volgde de uitleg van vier lesonderwerpen. Eerst werd ingegaan op wat een wetenschappelijk experiment precies is; hier werden de onderwerpen *reproduceerbaarheid* en *controleerbaarheid* behandeld. Na het

maken van de vragen die bij dit lesonderdeel hoorde ging de les door op het begrip van *falsifieerbaarheid*. Als derde werden de begrippen *a-priori* en *a-posteriori* behandeld. Tot slot werd ingegaan op de stromingen *empirisme*, *rationalisme* en *pragmatisme*. Na elke onderdeel werden de vragen op de hand-out gemaakt en aan het begin van het volgende onderdeel kort besproken. Er werd dus voortdurend gewisseld van een frontale benadering naar het maken van opgaven door leerlingen en weer terug.

Ook bij het ontwerpen van de vragen zijn verschillende wetenschappelijke bronnen aangehaald. Zo is Ebbens als basis gebruikt om vragen te formuleren die aanspraak maken op het begrip- en inzichtniveau van de leerlingen en vragen die kijken of leerlingen in staat zijn de opgedane kennis te integreren of creatief toe te passen⁵.

De leeropbrengst van de les is getest door de leerlingen een aantal vragen voorafgaand aan de les te stellen met betrekking tot de inhoud. Vervolgens zijn deze vragen na afloop van de les opnieuw gesteld. De leeropbrengst is geanalyseerd door het gemiddeld aantal gescoorde punten per leerling te berekenen. Voor het ontwerpen van de vragenlijst voor- en na de les zijn de lessen uit workshop 2 “Vragenlijsten” (17 mei 2010) gebruikt.

DATA-ANALYSE

De resultaten uit de gehouden enquêtes zijn ingevoerd in SPSS, versie 16.0. Omdat de resultaten van de interesse-vragen een ordinale dataset vormen (geordend, maar geen rekenkundige betekenis) wordt er op al dan niet significante verschuivingen getoetst met behulp van een Mann-Whitney test, waarbij gebruik wordt gemaakt van een significantieniveau van 5%. Er is gekozen om de datasets als niet-gepaard te behandelen, omdat de enquêtes anoniem zijn afgenomen en de response-rate de tweede keer lager was dan de eerste keer. De gemeten populatie is dus niet identiek en er is niet te achterhalen welke datapunten gepaard zouden moeten worden, dat wil zeggen: welke resultaten van dezelfde leerling afkomstig zijn.

Voor iedere leerling is de gemiddelde score op de interessevragen berekend. Vragen beantwoord met 'geen mening' hebben de waarde 2,5 toegekend gekregen.

De begripsvragen zijn geanalyseerd door het aantal juiste antwoorden te tellen.

RESULTATEN

In Tabel 1 en * *Wanneer verder in deze analyse wordt gesproken over klas 1 en klas 2 bij docenten 1 en 4, dan wordt er naar deze klassen verwezen.*

** *Niet alle leerlingen uit de klas waren tijdens de les aanwezig. De nulmeting is de les ervoor afgenomen.*

Tabel 2 zijn de verkregen data samengevat die de testpopulatie beschrijven.

INTERESSE-VRAGEN

In Tabel 3 zijn de resultaten weergegeven wanneer de interessevragen worden geanalyseerd. De resultaten zijn gemiddeld over alle leerlingen uit de testpopulatie. Uit deze gegevens blijkt dat geen enkele verschuiving significant is. Oftewel: de gezamenlijke mening van de leerlingen is niet veranderd na de les. De leerlingen zijn als groep licht negatief over het introduceren van een combinatie van natuurkunde en filosofie. Dit is te zien in de mediaan die voor alle gestelde vragen op 2 ligt, en de gemiddelde waarde van het antwoord die ook rond de 2 ligt. Het beeld is niet veranderd nadat ze ervaring hebben met hoe zo'n les eruit kan zien.

Wanneer we in meer detail naar de verdeling van positieve en negatieve leerlingen kijken, zien we dat voor en na de les er eenzelfde groepsgrootte is die het idee van natuurkunde en filosofie wel degelijk interessant, dat wil zeggen motiverend vindt: 29% van de leerlingen. Deze analyse is terug te vinden in Tabel 4 en 5.

Als we per klas naar de verandering van interesse kijken, is te zien dat in 4 van de 6 gevallen het aantal leerlingen met een positieve houding omlaag gaat. In 2 van de 6 klassen is er een toename in positieve houding te zien. Tegelijkertijd neemt de negatieve houding in 3 van de 6 klassen af, en eveneens in 3 van de 6 klassen toe.

BEGRIPS-VRAGEN

Voorafgaand aan de les wisten de leerlingen gemiddeld 1,1 van de 6 vragen goed te beantwoorden. Na afloop van de les werden gemiddeld 2,4 vragen door de leerlingen goed beantwoord. Hierin is dus een duidelijke toename te zien.

Tabel 1 - Samenvatting ontvangen data

	Klas		Aantal leerlingen les gevolgd	Response rate 0-meting (%)	Response rate evaluatie enquête (%)
	Nr*				
Docent 1	1	4VWO – Natuurkunde	27	100	100
	2	4VWO – Natuurkunde	26	112**	81
Docent 2		4VWO – Natuurkunde	9	89	89
Docent 3		6VWO – Natuurkunde	20	100	75
Docent 4	1	4VWO – Filosofie	24	100	100
	2	4GYM – Filosofie	28	100	100

* Wanneer verder in deze analyse wordt gesproken over klas 1 en klas 2 bij docenten 1 en 4, dan wordt er naar deze klassen verwezen.

** Niet alle leerlingen uit de klas waren tijdens de les aanwezig. De nulmeting is de les ervoor afgenomen.

Tabel 2 - Samenstellingen testpopulaties

	Aantal jongens	Aantal meiden	Profiel	Al eerder filosofieles gevolgd?
0-meting	58	78	NG: 50 NT: 36 NG/NT: 29 CM: 2 EM: 19	Ja: 112 Nee: 23
Evaluatie-enquête	56	65	NG: 41 NT: 31 NG/NT: 29 CM: 2 EM: 19	Ja: 101 Nee: 19

Tabel 3 - Resultaten voor test op significante veranderingen

	Gemiddelde waarde vooraf (mediaan)	Gemiddelde waarde naderhand (mediaan)	P-value (2-tailed)
Interesse-1	2,11 (2)	2,26 (2)	0,161
Interesse-2	2,13 (2)	2,00 (2)	0,307
Interesse-3	1,93 (2)	1,95 (2)	0,717
Interesse-4*	2,24 (2)	2,22 (2)	0,891

*Deze vraag is omgekeerd gesteld. De vermelde resultaten zijn gehercodeerd, zodat voor alle uitkomsten nu geldt: 1 – helemaal oneens; 4 – helemaal eens.

Tabel 4 - Analyse van het aantal leerlingen dat positief en negatief tegenover 'Physics meets Philosophy' staat

Klas	Aantal leerlingen positief		Aantal leerlingen negatief		Aantal leerlingen neutraal	
	Voor	Na	Voor	Na	Voor	Na
Alle leerlingen	39	35	84	73	13	14
Docent 1, klas 1	4	3	20	23	3	1
Docent 1, klas 2	8	5	21	12	0	3
Docent 2	0	2	7	6	1	0
Docent 3	9	5	8	8	3	2
Docent 4, klas 1	8	12	16	11	0	1
Docent 4, klas 2	10	8	12	13	6	7

Tabel 5 - Analyse van het percentage leerlingen dat positief en negatief tegenover 'Physics meets Philosophy' staat

Klas	Leerlingen positief (%)		Leerlingen negatief (%)		Leerlingen neutraal (%)	
	Voor	Na	Voor	Na	Voor	Na
Alle leerlingen	29	29	62	60	10	11
Docent 1, klas 1	15	11	74	85	11	4
Docent 1, klas 2	28	25	72	60	0	15
Docent 2	0	25	88	75	13	0
Docent 3	45	33	40	53	15	13
Docent 4, klas 1	33	50	67	46	0	4
Docent 4, klas 2	36	29	43	46	21	25

CONCLUSIES

We hebben onderzocht of VWO-bovenbouw leerlingen een wetenschapsfilosofische benadering van de natuurkundestof als een verrijking van het lesprogramma ervaren. De wetenschapsfilosofische benadering van de natuurkundestof is hierbij in een les behandeld, waarna de opbrengst met behulp van vragenlijsten gemeten is.

Uit de resultaten kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

1. Het gemiddelde begrip van de leerlingen over het onderwerp is door de les duidelijk toegenomen, van 1.1 uit 6 vragen goed naar 2.4 uit 6 vragen goed.

2. De les heeft geen significante verandering teweeggebracht in de interesse van leerlingen in de onderwerpen die zijn behandeld in deze les natuurkunde en filosofie.
3. Gemiddeld vindt 29% van de leerlingen het idee van een combinatie tussen natuurkunde en filosofie interessant, zowel voor als na de les.

Conclusie 1 heeft betrekking op deelvraag a) het begrip van de stof. Conclusies 2 en 3 hebben betrekking op deelvraag b) de motivatie van de leerling. Het begrip van de stof is toegenomen, maar blijft beperkt. Toch ervaart 29% van de leerlingen, zowel voor als na de les, een wetenschapsfilosofische

benadering van de natuurkunde als een verrijking van het lesprogramma.

Onze hypothese was dat een vak of lessenserie op het grensvlak van de natuurkunde en filosofie als een verrijking ervaren zal worden door de leerlingen. Dit geldt dus voor een significante minderheid van de leerlingen, maar niet voor de gemiddelde bovenbouw VWO leerling. De 6VWO leerlingen die in ons onderzoek betrokken waren, vertoonden voorafgaand aan de les met 45% duidelijk meer interesse in het onderwerp dan de 4VWO leerlingen.

In het algemeen kunnen we stellen dat er duidelijk interesse is vanuit een flinke groep leerlingen naar een wetenschapsfilosofische benadering van de natuurkunde (29%, zie tabel 5). Het betreft echter wel een minderheid van de leerlingen. Daarom adviseren we om eventuele toepassingen van dit onderwerp in het curriculum optioneel te houden voor leerlingen. Deze conclusie, die wij getrokken hebben door te kijken vanuit het perspectief van de leerling, komt overeen met de conclusies van *Bartholomew et al., 2008* en *Davson-Galle et al., 2008*.

DISCUSSIE

Een aantal aspecten uit ons onderzoek verdient verdere toelichting. Dit zijn zowel methodologische onderdelen van het onderzoek, als enkele didactische onderdelen die in onze les naar voren kwamen. Eerst zullen de methodologische kritiekpunten behandeld worden, daarna de didactische.

We hebben het onderzoek zo opgezet dat we “een wetenschapsfilosofische benadering van natuurkunde) in een enkele les hebben vormgegeven. Dit is erg kort voor een dergelijk groot onderwerp. Dit heeft wellicht ook geleid tot een beperkte gemeten opbrengst, waardoor we onder andere geen significant verschil zagen in de houding van de leerlingen ten opzichte van het onderwerp. Een

vervolgstudie met een hele lessenserie zou wellicht een duidelijkere uitkomst geven.

Dit is vooral het geval voor het ontwikkelen van de wetenschappelijke houding van leerlingen. Het oorspronkelijke doel was om dit ook te bereiken, maar hiervoor achtten we de invloed van een enkele les te beperkt en hebben we dit ook niet gemeten.

We hebben met behulp van vragenlijsten gepoogd te meten wat het begrip van en interesse van de leerlingen in het onderwerp waren, zowel voor als na de les. Het begrip hebben we getest door begripsvragen te stellen. Hiermee hebben we echter, naast het begrip van de stof die werd aangeboden zelf, ook gemeten hoe goed de leerlingen opgelet hebben en hoe goed ze alles onthouden hebben. We hebben niet onderzocht wat de invloed van deze factoren is op de toename van het begrip van de stof.

In bijlage 4 staan onze ervaringen als docenten van de les. Hierin hebben we de gegeven les kritisch bekeken op didactisch vlak. De meest opvallende resultaten hiervan worden hieronder beschreven.

We hebben gemerkt dat we de aandacht goed wisten te pakken met behulp van het filmpje aan het begin van de les. Deze aandacht ging echter bij elk van ons gaandeweg verloren, wat impliceert dat de les zelf niet erg aansprekend was voor de leerlingen. Om de les levendig te houden, wisselden we een kort klassikaal lesdeel een aantal keren af met het beantwoorden van een of twee vragen. Dit gebeurde waarschijnlijk te vaak (5x), waardoor er veel onrust werd gecreëerd. We raden aan om in het vervolg een meer activerende werkvorm in te zetten. Dit kan ook beter aansluiten bij het ontwikkelen van de wetenschappelijke houding van de leerlingen.

Verder valt bij de resultaten op dat de 6VWO klas erg geïnteresseerd was in het onderwerp voor aanvang van de les, maar dat dit na de les flink verminderd is (van 45% naar 33%, zie

tabel 5). Een reden hiervoor zou kunnen zijn dat de les beter aansluit bij het niveau van 4VWO leerlingen, waar de interesse ongeveer gelijk is gebleven.

Ten slotte, we hadden erg hoge verwachtingen van dit onderzoek en de aansprekendheid van een wetenschapsfilosofische benadering van de natuurkunde. Aan deze verwachting is deels voldaan. Een flink deel (29%) van de onderzochte leerlingen is en blijft geïnteresseerd in het onderwerp, waarvan we denken dat een verdere didactische uitwerking en toepassing ervan een bijdrage kan leveren aan het voorbereidend wetenschappelijk onderwijs.

¹ H. Bartholomew, J. Osborne, M. Ratcliffe, *Teaching students "ideas-about-science": Five dimensions of effective practice*, **88**, Issue 5, p. 655 – 682, 2004. & P. Davson-Galle, *Why compulsory science education should not include philosophy of science*, *Science & Education*, **17**, p 677-716, 2008

² P. Davson-Galle, *Why compulsory science education should not include philosophy of science*, *Science & Education*, **17**, p 677-716, 2008

³ E. Slowik, *Myth, Music and Science: Teaching the philosophy of science through the use of non-scientific examples*, *Science & Education*, **12**, 289-302, 2003

⁴ Paul Hewitt,
<http://www.youtube.com/watch?v=BVxEEn3w688>,
datum bezocht: 15 november

⁵ S. Ebbens, *Effectief Leren*, Noordhoff Uitgevers B.V., 2010