

Actieonderzoek LiO-stage

Henk-Jan groote Beverborg s1015019

2013



WANNEER GAAT ER BIJ LEERLINGEN EEN LAMPJE BRANDEN?

<i>Naam student:</i>	Henk-Jan groote Beverborg
<i>Studentnummer:</i>	s1015019
<i>Opleiding:</i>	Tweedegraads Lerarenopleiding Natuurkunde
<i>Onderwijsinstelling:</i>	Christelijke Hogeschool Windesheim
<i>Leerjaar:</i>	6 (Herziene datum: Mei 2013)
<i>LiO-stage:</i>	Het Erasmus Havo/VWO (Schooljaar '10-'11)
<i>LiO-begeleider:</i>	Sietze van der Vinne
<i>Vakdocent:</i>	Machiel Stolk

Voorwoord

De LiO-stage uit het vierde leerjaar van de lerarenopleiding bestaat uit de stage zelf plus het zogenaamde actieonderzoek. Mijn LiO heb ik enige tijd geleden met goed gevolg afgelegd, wat betekent, dat mijn actieonderzoek nog overblijft. Het bleek echter dat dit bijzonder lastig was te combineren met een deeltijdbaan van een behoorlijke omvang, vandaar dat dit verslag enige tijd “op de plank heeft gelegen”.

Het heeft me vanwege allerlei schoolwerkzaamheden na mijn LiO dan ook moeite gekost om er eens goed voor te gaan zitten, wat echter absoluut niet betekent, dat ik een onderwerp heb gekozen dat mij nauwelijks boeit. In tegendeel: het is juist een onderwerp waar ik erg enthousiast over word en mij graag in heb verdiept en dit altijd zal blijven doen. Ik ben namelijk van mening dat het practicum een essentieel onderdeel is van het vak natuurkunde en dat de leerlingen hier veel baat bij hebben bij het leren van de lesstof.

Tijdens mijn lessen probeer ik altijd een duidelijke link te leggen met de belevingswereld van de leerlingen. Hierbij maak ik veelvuldig gebruik van in groten getale aanwezige digitale hulpmiddelen, maar ik prefereer de verschillende proefjes die naar mijn idee de lesstof verduidelijken. Maar hoe weet ik zeker of de proefjes ook daadwerkelijk verduidelikend werken? Heeft het wel zin om proefjes uit te laten voeren of zorgt het alleen maar voor afleiding en eventuele onrust?

Ik probeer met verschillende bronnen en antwoorden op een aantal door leerlingen uitgevoerde proeven erachter te komen of de practica inderdaad als effectief worden ervaren en of ik deze wellicht effectiever kan maken. Gaandeweg heb ik gemerkt dat dit verrassende resultaten geeft en ik ben van mening, dat de practica voor mij als docent een experimenteel onderdeel van mijn docentschap zullen blijven.

Henk-Jan groote Beverborg

Mei 2013

Inhoudsopgave

Voorwoord.....	2
Inleiding.....	4
<i>Wat?</i>	4
<i>Waarom?</i>	4
Onderzoeksgroep	5
Context	5
Het Erasmus.....	5
Lesmethode	5
Leerdoelen natuurkunde klas 3.....	7
Hypothese	7
Theoretisch kader	8
Gegevensverzameling.....	10
Aanpak van het onderzoek.....	10
Verloop van het onderzoek	11
Meetresultaten.....	12
Enquête	12
Proefevaluatie	14
Analyse	15
Beschouwing	16
Conclusie	17
Aanbevelingen.....	17
Reflectie.....	18
Literatuurlijst	19
Bijlagen.....	19
Bijlage 1 – Schematisch overzicht van de hoofdstukken, paragrafen en begrippen uit Nova	20
Bijlage 2 – Natuurkunde practicum voorschriften onderbouw	23
Bijlage 3 – Leerdoelen Nova Nieuwe Natuurkunde H2 Licht	25
Bijlage 4 – Enquête NOVA Nieuwe Natuurkunde 3 Havo/VWO	27
Bijlage 5 – Proefevaluatie 3VWO H2 Licht	29
Bijlage 6 – Gegeven antwoorden leerlingen practica hoofdstuk Licht.....	30
Bijlage 7 – Behaalde cijfers onderzoeksklas	344
Bijlage 8 - Onderzoeksplan + beoordeling.....	35

Inleiding

Vraag willekeurige personen naar de ervaringen van de (vroegere) natuurkundeles en de kans is groot, dat zij zullen refereren aan de proeven die werden uitgevoerd. Vaak weet men dan te vertellen wat voor indruk die proef op hen heeft achtergelaten, maar inhoudelijk zijn ze wellicht allang vergeten waar de proef over ging. In het uiterste geval hebben ze zelfs nooit gesnapt wat daadwerkelijk gebeurde. In dit onderzoek wil ik onderzoeken of practica bijdragen aan het beter begrijpen van de theorie. Door leerlingen practica over een bepaald onderwerp uit te laten voeren, hoop ik er zicht op te krijgen of dat onderwerp beter blijft hangen bij de leerlingen. Ik wil dus checken of de lesstof over een bepaald onderwerp beter beklijft bij leerlingen door veelvuldig practica over dat onderwerp uit te voeren.

Wat?

Om mijn onderzoek concreet te maken kies ik ervoor mijn onderzoek uit te voeren onder 3VWO leerlingen bij het onderwerp "Licht". Mijn onderzoeksvraag wordt daarom:

In hoeverre dragen practica over het onderwerp "Licht" bij aan het beklijven van de lesstof over dit onderwerp bij 3VWO leerlingen?

Waarom?

De reden dat ik dit wil onderzoeken is dat ik mij tijdens stages ben gaan afvragen wat voor leerlingen het nut is van practica. Ik ervoer als beginnend docent een bepaalde druk tijdens het laten uitvoeren van practica en ik was alles behalve tevreden over de uitvoering en de verwerking van practica. Ik had de indruk dat ik degene was die het hardst werkte tijdens een practicumles en dat de leerlingen een practicum slechts ervoeren als een andere werkvorm, terwijl ik hoopte dat ze er iets van leerden.

Deze indruk werd bij het derdejaars vak *Vakdidactiek voor Natuur- en Scheikunde* bevestigd door de literatuur: Sutton (1992) verwoordde in *Words, science and learning* op pagina 35-43 bijna perfect mijn idee voor het onderzoek. Hij liep namelijk tegen het probleem aan, dat de leerlingen anders tegen de natuurwetenschappen aan kijken dan wij docenten. Tijdens een practicum leggen leerlingen veelal de nadruk op de vormgeving van het verslag, terwijl de daadwerkelijke theorie nauwelijks door hen wordt besproken. De leerlingen zijn bij het maken van een verslag bijvoorbeeld fanatieker bezig met het tekenen van een mooie en waarheidsgetrouwe erlenmeyer, in plaats van dat zij daadwerkelijk goed kunnen beschrijven welke reactie zich *in* de erlenmeyer afspeelt.

Gaandeweg mijn lessen ervoer ik dit zelf: leerlingen zijn drukker met het uiterlijk van het verslag dan met de meetresultaten in het verslag. Ik geef de leerlingen daarbij altijd aan dat ik aan de meetresultaten en de verwerking daarvan kan zien of diegene het gesnapt heeft of niet en om die reden leg ik de leerlingen dan ook uit dat het maken van een verslag niet veel tijd hoeft te kosten: ik hecht namelijk nauwelijks waarde aan een gelikte opmaak. Dit is erg frustrerend voor de leerlingen die veel tijd hebben gestoken in een verslag met een mooie opmaak, terwijl de daadwerkelijke meetwaarden en opdrachten inhoudelijk onder de maat zijn en het verslag met een onvoldoende wordt beoordeeld.

Ik wil daarom onderzoeken of de leerlingen door middel van oefening met practica de vragen bij de practica beter gaan beantwoorden dan zij tot nu toe deden. Na een aantal practica wil ik kijken of er

een verbetering te zien is in de gegeven antwoorden op de vragen bij de practica, waardoor ik kan zien of de leerlingen de theorie beter hebben begrepen. Door een verbetering van de verwoording van wat ze gezien en beantwoord hebben, wil ik kijken of de leerlingen een beter eindcijfer halen aan het einde van het kwartiel voor dat onderwerp van het vak natuurkunde in 3VWO.

Ik hoop met mijn onderzoek handvatten te bieden voor andere (beginnende) natuurkundedocenten, die hun enthousiasme voor het vak over willen brengen op hun leerlingen en daarbij de ervaring en beleving van de lesstof hoog in het vaandel hebben staan.

Onderzoeksgroep

Omdat ik lesgeef aan twee 3VWO klassen, leek mij dit organisatorisch gezien een goede doelgroep. Daarbij bestaat de gehele populatie 3VWO uit bijna 100 leerlingen en zijn zij, op het moment dat ik wil beginnen met mijn onderzoek, tegelijkertijd met één en hetzelfde onderwerp bezig: licht.

Context

Het Erasmus

Het Erasmus is een brede openbare scholengemeenschap voor voortgezet onderwijs en biedt onderdak aan ongeveer 2000 leerlingen: circa 200 leerlingen op de locatie Praktijkonderwijs, circa 600 leerlingen op de locatie VMBO en circa 1200 leerlingen op de locatie HAVO/VWO. Deze leerlingen komen uit Almelo en de wijde omgeving.

Op Het Erasmus werken ongeveer 250 personeelsleden die diverse functies vervullen binnen de school. Er wordt daarbij onderscheid gemaakt tussen het onderwijzend personeel (docenten) en het onderwijsondersteunend personeel (denk aan administratie, onderwijsassistenten, conciërges en de huishoudelijke dienst) en het management.

Het Erasmus staat voor openbaar onderwijs waarin leerlingen worden voorbereid op hun functioneren in een maatschappij met verdraagzaamheid en respect voor de opvattingen en overtuigingen van anderen. Door persoonlijke begeleiding worden leerlingen geholpen hun eigen mogelijkheden te ontdekken en keuzes te maken. Er heerst een open cultuur waarin een veilige sfeer wordt gecreëerd, zodat iedereen zich prettig voelt en de kans krijgt zich op allerlei vlakken te ontplooiën.

Ik voer mijn onderzoek uit op de HAVO/VWO locatie en ik richt mij in het bijzonder op het vak natuurkunde in de derde klassen van het VWO. De vier 3VWO-klassen zijn verdeeld over drie docenten: twee collega's geven elk les aan één klas, ik geef les aan de overige twee klassen. Elke 3VWO-klas heeft twee uur natuurkunde per week en bestaat uit een aantal leerlingen dat varieert tussen de 25 en 30.

Lesmethode

Voor zowel de tweede als derde klas gebruiken we op Het Erasmus de methode Nova: in de tweede klas is deze toegespitst op natuur-/scheikunde (Nova Nieuwe Natuur- Scheikunde 2H/V), in de derde klas is zij toegespitst op natuurkunde (Nova Nieuwe Natuurkunde 3H/V).

Per kwartiel behandelen we globaal één hoofdstuk: aan het einde van elk kwartiel krijgen de leerlingen een proefwerk over het behandelde hoofdstuk met bijbehorende opgestelde leerdoelen

en dat proefwerk telt 3x mee in hun gemiddelde. Dit proefwerk is hun derde en laatste cijfer van elk kwartiel: het eerste cijfer is een cijfer van een overhoring van de lesstof van de eerste 3 paragrafen van elk hoofdstuk, het telt 1x mee; het tweede cijfer is een practicumcijfer van een proef uit het hoofdstuk, welke de leerlingen in tweetallen hebben uitgevoerd en waarvan het cijfer eveneens 1x meetelt.

Met name de derde klas is zagezegd de groep waar ik mij in mijn onderzoek op richt, omdat Nova een veelgebruikte methode is voor het vak natuurkunde. Het is een methode die al jaren dezelfde indeling kent: de basisstof wordt in elke paragraaf uitgelegd met praktijkvoorbeelden, waarna via leerstof- en toepassingsvragen gecheckt wordt of de leerlingen een aantal essentiële basisonderwerpen¹ hebben begrepen. De extra stof wordt in gelijknamige opgaven uitgewerkt. De opgaven uit het bijbehorende werkboek worden gevolgd door het voor mijn onderzoek meest interessante onderdeel: het practicum.

De practica die bij een hoofdstuk staan vermeld, zijn in volgorde van de lesstof: bij elke paragraaf horen één of twee proeven waarin de leerling op onderzoek uit gaat. In bijna elk doel staat dat de leerling iets gaat onderzoeken of gaat controleren: de leerling moet dus controleren of de theorie die in elke paragraaf aangeboden wordt, strookt met de praktijk. De leerlingen doen dit in tweetallen en maken van de proef een verslag volgens een door de sectie bepaald model², waarmee de leerlingen een onderzoekende houding ontwikkelen. Het maken van een verslag is een onderdeel dat door de leerlingen vaak als vervelend wordt ervaren: zij beginnen flink te zuchten als zij te horen krijgen dat er een verslag gemaakt moet worden. De leerlingen lijken te vergeten dat zij het merendeel van de informatie voor het verslag uit het werkboek kunnen halen, wat betekent dat het minder werk is dan zij denken.

Het belangrijkste onderdeel van het verslag is echter het deel waarin de leerlingen hun meetwaarden presenteren en met de nodige berekeningen goede conclusies proberen te trekken. Pas in dat gedeelte van het verslag vormt zich de graadmeter die een verslag voor ons als docent is: heeft de leerling het gesnapt of niet?

Van den Berg & Buning (1994) spreken onder andere over het *apparatuurpracticum*: een practicumvorm waarbij de voorschriften concreet en in kookboekstijl zijn geschreven. De leerling kan duidelijk zien wat hij nodig heeft om het practicum uit te voeren en in welke achtereenvolgende stappen het practicum uitgevoerd moet worden. Elke proef eindigt met een aantal opdrachten over de proef die tevens aansluiten op de waarnemingen. De antwoorden op dit soort practica kunnen volgens Van den Berg echter worden beantwoord voordat de proef is uitgevoerd, of ze zijn te vinden op de volgende pagina. Nova kent een soortgelijke practicumvorm, maar zijn de practica dan nog wel zinvol als de leerling niet hoeft na te denken over datgene wat er gebeurt en het antwoord op de vraag kan vinden door iets verder te kijken dan eigenlijk de bedoeling is? Is het practicum dan slechts een variërende werkvorm, zonder dat er waarde wordt gehecht aan de inhoud en de aansluiting op de theorie? Hier hoop ik in mijn onderzoek achter te komen.

¹ Zie Bijlage 1 – *Schematisch overzicht van de hoofdstukken, paragrafen en begrippen uit Nova*

² Zie Bijlage 2 – *Natuurkunde practicum voorschriften onderbouw*

Leerdoelen natuurkunde klas 3

Op basis van de eisen van het ministerie en de einddoelen voor het CE, is het mijn taak als docent om op de meest effectieve manier de leerlingen bekend te maken met deze stof en wel op zo'n manier, dat de leerlingen het ook nog eens blijven onthouden. Hierop hebben wij als sectie natuurkunde van Het Erasmus voor elk hoofdstuk uit Nova leerdoelen opgesteld, zo ook voor mijn onderzoekshoofdstuk over "Licht"³.

Leerdoelen als *"Je moet weten wat een convergerende werking is"* en *"Je moet weten wat een divergerende werking is"* zijn leerdoelen die prima theoretisch benaderd kunnen worden. Zo is eveneens het lastige begrip grenshoek puur theoretisch te benaderen, maar het kan daarentegen ook prima aangetoond worden door middel van een practicum. Door de leerlingen zelf een lichtbundel op de ronde zijde van een halfrond blokje perspex te laten richten en de hoek van inval te laten veranderen, gaan de leerlingen merken dat er een bepaalde hoek is waarbij de lichtbundel niet meer gebroken wordt. De leerlingen kunnen dit leren uit het boek, maar zij kunnen dit ook ervaren en dus leren door ervaring. Wanneer de leerling door ervaring iets leert, is het aannemelijker dat de theorie (in dit geval deze leerdoelen) beter beklijft en de leerling effectiever leert. De leerdoelen geven de leerlingen duidelijkheid over datgene wat wij als docent belangrijk vinden en wat eveneens relevant is voor de bovenbouw en vanzelfsprekend het daaropvolgende einddiploma. Het biedt de leerlingen handvatten voor de beheersing van de theorie. Zoals opvalt geldt voor de leerdoelen exact hetzelfde als voor de eindtermen van het CE: elke praktische component ontbreekt en de leerdoelen vormen daarom de basis voor een puur theoretische toets.

Hypothese

Onderzoeksvraag:

In hoeverre dragen practica over het onderwerp "Licht" bij aan het beklijven van de lesstof over dit onderwerp bij 3VWO leerlingen?

Hypothese:

Practica over het onderwerp "Licht" dragen bij aan het beklijven van de lesstof over het onderwerp licht bij 3VWO leerlingen.

Toelichting:

Volgens Van den Berg & Buning (1994) dragen practica pas bij aan het beklijven van de lesstof als de docent gerichte vragen stelt tijdens de uitvoering van de practica. Deze gerichte vragen zetten de leerlingen aan het denken over datgene wat ze aan het uitvoeren zijn en wat er gebeurt tijdens hun practicum. Door hiermee te oefenen leren zij beter te verwoorden wat zij zien en wat de relatie is met de theorie, waardoor de antwoorden op de vragen uit de practicumhandleiding inhoudelijk verbeteren. De vorderingen die de leerlingen op dit gebied maken, geven een beeld van de koppeling van visualisatie van de proef aan de lesstof, waardoor duidelijk wordt of de lesstof beter is blijven hangen.

³ Zie Bijlage 3 – Leerdoelen Nova Nieuwe Natuurkunde H2 Licht

Theoretisch kader

Van den Berg & Buning (1994) onderscheiden een aantal fasen in het practicum: voorbereiding, instructie, uitvoering, rapportage en evaluatie, en zij geven aan dat het belangrijk is om juist stil te staan bij de rapportage en de evaluatie van het practicum. Beiden geven aan dat de docent voortijdig in moet grijpen om te voorkomen dat practica afgeraffeld worden vanwege tijdnoed. Dit voorkomt namelijk dat de rapportage- en de evaluatiefasen ineffectief gebruikt worden en de leerlingen dus geen duidelijke terugkoppeling krijgen over het eigenlijke doel van de proef. Van den Berg & Buning hebben veelvuldig onderzoek gedaan naar practica en daaruit blijkt, dat de docent goed moet kijken wat voor soort practicum het eigenlijk is dat de leerlingen uit moeten voeren. Zo is bijvoorbeeld een voor de docent redelijk simpele stroommeter een ware ontdekking voor de leerlingen: hoe ziet het eruit, wat zit er allemaal aan of in dat apparaat? De leerlingen gaan dus eerst op ontdekking uit, voordat de docent daadwerkelijk kan inspelen op de inhoud van het practicum en het beoogde doel ervan.

Van den Berg (1994) vraagt zich af of practica wonderolie zijn voor het leren van natuurkunde, al valt hij direct met de deur in huis door buitenlandse onderzoeken te noemen die nadrukkelijk aangeven dat er geen duidelijke verschillen zijn tussen de behaalde resultaten met en zonder practica. Het verschil zit hem vaak in het manipuleren van de apparatuur en niet in de gewenste kennis en begrippen of onderzoeksvaardigheden die aangeleerd worden. Van den Berg geeft nadrukkelijk aan dat dit niet het resultaat is van een enkel onderzoek, maar van tientallen studies.

Zo schrijft Van den Berg dat veelvuldig onderzoek in de jaren '70 en '80 van de vorige eeuw aantoonde, dat gemiddeld genomen de resultaten van practica tegenvallen en slechts uitzonderingen een beter resultaat laten zien. Daarbij is het volgens Van den Berg van belang onderscheid te maken tussen een drietal practica: apparatuur-, onderzoeks-, en begripspractica.

Juist het begripspracticum is voor mijn onderzoek van belang, omdat ik wil onderzoeken of de leerlingen iets van een practicum leren en of het daarmee een aanvulling is op de theorie. Van den Berg geeft dan ook aan dat voor deze practica het beste huis-, tuin- en keukenmiddelen gebruikt kunnen worden, zodat het probleem van de moeilijke meetapparatuur getackeld wordt. Een veel voorkomende fout is volgens hem namelijk dat docenten een practicum laten uitvoeren waarin de drie bovengenoemde practica verweven zijn. Dit zorgt echter altijd voor problemen, omdat leerlingen moeten wennen aan een nieuw meetinstrument en de docent dus niet direct door kan gaan op de meting die hij eigenlijk voor ogen had. De docent moet dus altijd een duidelijke scheiding aanbrengen en een duidelijke keuze maken tussen de verschillende soorten practica.

Didactisch gezien werken proeven zonder moeilijke meetapparatuur, maar met alledaagse voorwerpen dus vaak beter. Zelfs een demonstratieproef kan effectiever zijn om leerlingen een begrip bij te brengen, vanwege de docentcontrole over het experiment en het leerproces. Op deze manier wordt het grootste probleem tijdens practica beperkt: tijdens practica gaat de interactie tussen docent en leerlingen namelijk veelal over de uitvoering en de apparatuur en niet over de interpretatie en het doel van de proef.

Vanzelfsprekend is de begeleiding tijdens een practicum het belangrijkste, maar Van den Berg (1994) oppert het idee om als docent consequent tijdens een practicum rond te lopen met een drietal

vragen die gerelateerd zijn aan het hoofddoel, waarop de leerlingen gedurende het uitvoeren van het practicum antwoord moeten kunnen geven. Dit moeten vragen zijn waarmee de docent kan zien of de bedoelingen van het practicum wel of niet duidelijk zijn overgekomen. Bijvoorbeeld “*Wat ben je aan het doen?*”, “*Waar dient dat voor?*” en “*Waar gaat dit experiment over?*”. Op deze manier worden leerlingen gedwongen na te denken over hun handelingen en hun meetresultaten.

Abrahams & Millar (2008) hebben recent de effectiviteit van practica in het Engelse natuurwetenschappelijk onderwijs onderzocht. Beiden geven een relatief simpel basismodel weer, waarmee de docent kan inventariseren welke zaken in zijn omgeving verbeterd kunnen worden. Dit basismodel kent vier fasen:

1. de docent bepaalt het doel van het practicum,
2. de docent maakt een opdracht,
3. de leerling voert de opdracht uit,
4. de leerling heeft wat geleerd.

Volgens Abrahams & Millar kunnen met deze vier fasen maar twee zaken misgaan: de leerling doet niet wat de docent wil dat hij of zij gaat doen, of de leerling leert niet wat de docent als doel heeft gesteld. Een logisch gevolg wordt dan dat een leerling die niet doet wat er van hem of haar verwacht wordt, over het algemeen niet zal leren wat bedoeld is.

Tevens nemen Abrahams & Millar het model van Tiberghien (2000) mee in hun onderzoek. Men let daarbij op observaties van materialen of voorwerpen en of verschijnselen gekoppeld worden aan het ontwikkelen van ideeën bij de leerling. Hierdoor wordt een practicum effectief op twee niveaus:

1. de leerling doet wat de docent heeft bedoeld: de leerling kan de voorwerpen en de materialen gebruiken zoals bedoeld, maar dit niveau wordt pas effectief als de leerling tijdens het uitvoeren nadenkt en ideeën vormt over de opdracht waarom dingen worden gedaan.
2. De leerling leert wat de docent heeft bedoeld: de leerling kan later uit de proef terughalen wat hij of zij tijdens de proef gedaan heeft, maar dit niveau wordt pas effectief als de leerling later ook begrijpt waarom de opdracht is uitgevoerd.

Met dit observatiemodel hadden Abrahams & Millar als doel een beeld te krijgen van de 'realiteit' van het praktisch werk zoals het wordt gebruikt in het exacte onderwijs in Engeland met leerlingen van 11 tot 16 jaar. Een belangrijke bevinding is de schijnbare scheiding tussen het denken en plannen van leraren ten opzichte van de overdracht van inhoudelijke wetenschappelijke kennis en de procedures van wetenschappelijk onderzoek naar leerlingen toe. Net als Van den Berg (1994) geven beiden dus aan dat het doel dat de leerling bij het practicum voor ogen heeft, vaak niet strookt met het doel van de docent. Toch verwachten volgens Abrahams & Millar veel Engelse docenten van hun leerlingen dat zij theoretische stof leren door middel van praktische activiteiten als een opeenvolging van handelingen die uitgevoerd worden met voorwerpen en materialen.

Volgens beide Engelsen gaat de wetenschap om de wisselwerking tussen ideeën en observaties. Practica hebben binnen de wetenschap de belangrijke rol om leerlingen te helpen bij het ontwikkelen van die wisselwerking tussen ideeën en observaties. De ideeën moeten dan echter wel eerst geïntroduceerd worden en het kan belangrijk zijn om die ideeën in het practicum op te nemen, zodat leerlingen begeleid worden tijdens de observatie van de practica. Dit is wat Millar (1998) eveneens presenteert in een eigen onderzoek over de leerfunctie van een aantal gemeenschappelijke praktische taken: er zijn maar weinig praktische lessen ontworpen waarin de

wisselwerking tussen ideeën en observaties optimaal gestimuleerd wordt. Abrahams & Millar geloven dan ook dat praktisch werk aanzienlijk verbeterd kan worden als docenten en andere auteurs van lesmateriaal zich duidelijker bewust worden van praktische taken die het mogelijk maken om leerlingen de wisselwerking tussen ideeën en observaties beter te laten ervaren.

Van der Vaart (2012) heeft het in zijn afstudeerverslag weliswaar over de leerlingbeleving van de scheikundepractica, maar het gaat ook in dit verslag over de essentie van het practicum. Één van de door Van der Vaart getrokken conclusies geeft namelijk weer dat voor leerlingen het doel van de proef onduidelijk is, zodat de leerlingen ongemotiveerd aan het werk zullen gaan en het practicum uiteindelijk weinig effect op de leerlingen heeft.

Van der Vaart sluit met deze conclusie aan op het door Van den Berg (1994) genoemde probleem dat docenten vaak meer dan één doel willen bereiken in een bepaald practicum. Dit is voor leerlingen onmogelijk, waardoor het risico ontstaat dat de leerling het nut van het gehele practicum niet ziet en daardoor geen enkel doel van de docent bereikt. Hierdoor wordt een practicum een zinloze manier van uitleg als de docent als doel had dat het practicum de theorie moest verduidelijken.

Opvallend is tenslotte echter wel, dat Van der Vaart het onderzoek heeft gericht op de leerlingen: Van der Vaart bekijkt de resultaten vanuit de leerlingen en niet vanuit de docenten, zoals bijvoorbeeld Van den Berg (1994) en Abrahams & Millar (2008) dat gedaan hebben. De overeenkomende conclusie geeft dan des te meer aan dat docenten moeten oppassen met welke doelen zij een practicum willen geven.

Gegevensverzameling

Aanpak van het onderzoek

Alle 3VWO klassen hebben twee uur natuurkunde in de week, waarbij ik met mijn onderzoeksgroep één van beide uren zal gebruiken om een practicum uit te voeren en het andere uur zal gebruiken om de theorie te behandelen. De reden hiervoor is dat elke derde klas namelijk minimaal één les in een practicumlokaal heeft, waardoor het roosterteknisch onmogelijk is elke les een practicum uit te voeren. De practicumlessen zullen dan als doel hebben de theorie te controleren: klopt datgene uit de theorie daadwerkelijk in de praktijk? Ik kies ervoor om met mijn onderzoeksgroep alle practica uit het hoofdstuk uit te voeren, omdat al deze practica aansluiten op de behandelde lesstof.

In een andere 3VWO klas waaraan ik lesgeef, zal ik alleen de practica uitvoeren waarover wij binnen de sectie de afspraak hebben gemaakt dat wij die door de leerlingen uit willen laten werken, waardoor hun tweede cijfer voor dat hoofdstuk/kwartiel tot stand komt. Twee collega's hanteren in een derde en vierde 3VWO klas een soortgelijke aanpak als ik in mijn tweede 3VWO klas waarmee ik dus niet nadrukkelijk met practica ga experimenteren. Dit heeft als gevolg dat mijn onderzoeksgroep veel meer practica uitvoert dan de overige 3VWO klassen en meer praktische vaardigheden zullen gebruiken bij de lesstof. Zij hebben dus meer mogelijkheden om de practica aan de theorie te koppelen om daarmee de theorie beter te begrijpen. Daarentegen kent heel 3VWO dezelfde graadmeter voor een practicum: alle 3VWO klassen maken een verslag over dezelfde proef waarvan wij als sectie van mening zijn dat het een proef is die een duidelijke toegevoegde waarde heeft bij een bepaalde paragraaf. Ik neem echter wel nadrukkelijk bij alle 3VWO leerlingen mijn enquête af,

zodat ik zoveel mogelijk meetwaarden verzamel over de gebruikte lesmethode. Hiermee kan ik de mening van de leerlingen peilen over de gebruikte methode met de bijbehorende practicumhandleidingen.

Diezelfde practicumhandleidingen gaan de leerlingen schriftelijk voorbereiden, zodat zij het zo langer zullen onthouden dan wanneer zij het slechts doorlezen. Aangezien het geschreven woord langer in het geheugen blijft dan het gelezen woord, is er een ander bijkomend voordeel: de leerlingen kunnen namelijk concreet aantonen dat zij de proef hebben voorbereid. Deze voorbereiding bestond namelijk uit een drietal vragen⁴ die de leerlingen voorafgaand aan de uitvoering beantwoord moesten hebben. Zo staat de vraag “*Wat ga je doen?*” voor het doel van de proef, net zoals de vraag “*Wat heb je daarvoor nodig?*” staat voor de benodigdheden van de proef. Logischerwijze staat de vraag “*Hoe ga je dat doen?*” voor de werkwijze en al deze onderdelen staan in de practicumhandleiding van de methode.

Verloop van het onderzoek

Ik ben mijn onderzoek zogezegd begonnen bij aanvang van het hoofdstuk over “Licht”. De leerlingen hadden op dat moment twee hoofdstukken uit de methode Nova afgerond en voordat ik nadrukkelijk met practica ben gaan experimenteren, wilde ik eerst duidelijkheid hebben over hoe de leerlingen over de methode dachten. Ik heb om die reden een enquête⁵ opgesteld waarbij ik een duidelijk onderscheid heb gemaakt tussen de vragen over de verschillende onderdelen van de methode. Met behulp van deze enquête wil ik te weten komen wat de leerlingen van het handboek vinden, hoe de leerlingen kunnen werken met het werkboek en in het bijzonder hoe de leerlingen over het practicagedeelte in het werkboek denken. Mijn natuurkundecollega’s zullen deze enquête eveneens in hun 3VWO klassen afnemen, zodat ik zoveel mogelijk meetwaarden verzamel en een eenduidiger conclusie kan trekken over de indrukken van de leerlingen van de gebruikte lesmethode.

Terwijl ik de enquête heb afgenomen en de meetwaarden alvast ben gaan uitwerken, gingen de lessen uiteraard gewoon door en ben ik elke eerste natuurkundeles van de week de lesstof uit gaan leggen. Ik heb de leerlingen van mijn onderzoeksklas daarbij kenbaar gemaakt dat ik elke tweede natuurkundeles van de week specifiek met hen wil oefenen met de practica die bij dat hoofdstuk horen. Ik heb hun daarbij aangegeven, dat die practica gebruikt zullen worden om te kijken of datgene wat ik heb uitgelegd klopt in de praktijk. In tegenstelling tot de vorige hoofdstukken heb ik de leerlingen aangegeven dat ik alle practica volgens de beschreven handleiding in tweetallen met hen wil uitvoeren, om te achterhalen of de handleiding duidelijk is, of de leerlingen daarmee de waarnemingen kunnen verklaren en of zij de waarnemingen aan de bijbehorende theorie kunnen koppelen. Slecht één enkel practicum zal volgens het standaardmodel door de leerlingen uitgewerkt worden tot een verslag, net zoals dat in de overige 3VWO klassen zal gebeuren.

De leerlingen waren tijdens de uitvoering van de practica gewend vragen te stellen, zodra zij vastliepen. Dit is op zich niet erg, maar om organisatorische vragen over de werkwijze en de opstelling zo veel mogelijk te beperken, liet ik hen de practica voorbereiden door antwoord te geven op een aantal korte vragen. Door deze vragen kort en in eigen woorden te beantwoorden, hebben de leerlingen langer stilgestaan bij het voorbereiden van de proef dan wanneer ze de handleiding alleen maar door hebben gelezen, omdat het geschreven woord beter beklijft dan het gelezen woord. De vragen die leerlingen tijdens de uitvoering nog stelden ben ik gedurende dit onderzoek gaan

⁴ Zie Bijlage 5 – *Proefevaluatie 3VWO H2 Licht*

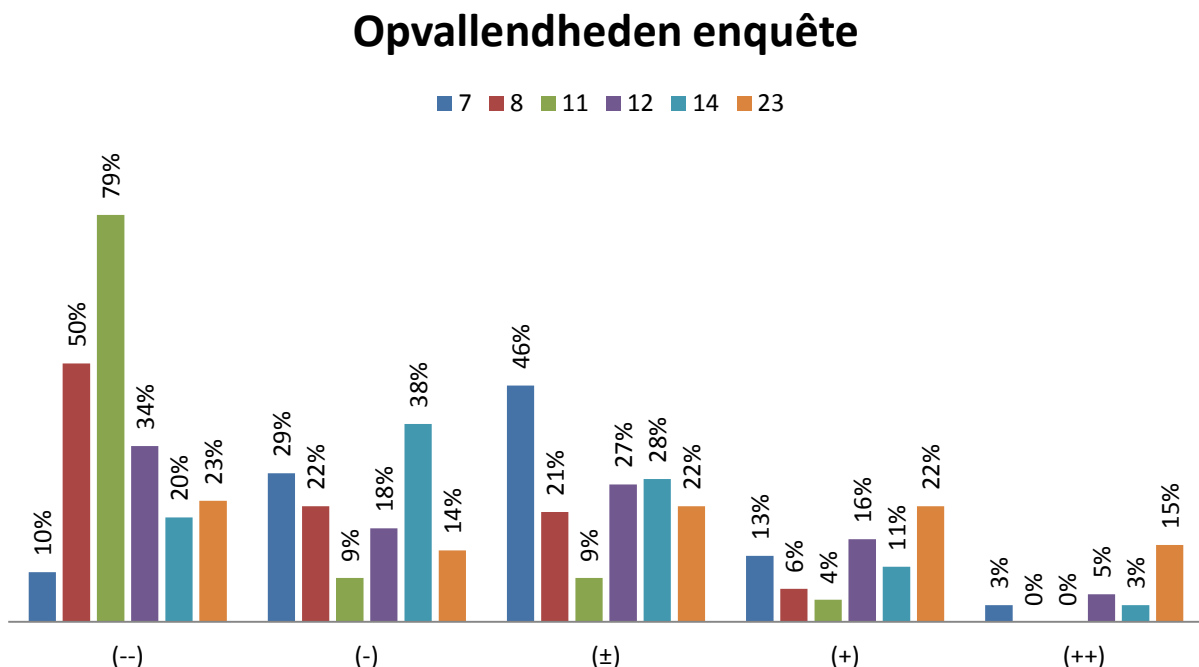
⁵ Zie Bijlage 4 – *Enquête NOVA Nieuwe Natuurkunde 3 Havo/VWO*

beantwoorden met sturende wedervragen, waarbij ik de leerlingen liet nadenken over de proef. Zo heb ik vaak gevraagd wat zij aan het doen waren en of hen iets op viel. Wanneer zij een antwoord gaven, heb ik dat antwoord herhaald om te controleren of ik hun antwoord heb begrepen, waarna van mijn kant een eventuele wedervraag kwam om de leerlingen meer aan het denken te zetten. Zo vroeg ik de leerlingen bijvoorbeeld wat er zou gebeuren als ik op dat moment iets zou veranderen. In tegenstelling tot voorgaande practicumlessen, merkte ik dat de leerlingen nu meer met de proef bezig waren dan voorheen: ik was minder gespannen en de leerlingen waren nadrukkelijker over de proef aan het nadenken. Die gedachtegangen van de leerlingen wilde ik op papier hebben, wat betekende dat ik de leerlingen vroeg te noteren wat zij van deze proef hadden geleerd, wat goed ging en wat beter kon. Daarom heb ik aan het einde van de practicumles, of als herhaling aan het begin van de volgende les, uitvoerig de antwoorden die de leerlingen op de proefevaluatie gaven met hen besproken. Ik heb met hen nadrukkelijk stilgestaan bij het deel van de theorie dat aansloot op het practicum wat zij hebben uitgevoerd en de eenduidigere antwoorden laten zien dat de leerlingen gaande weg het onderzoek een betere koppeling konden maken tussen die theorie en het practicum. De leerlingen zijn kennelijk beter gaan nadenken over datgene wat er tijdens de proef is gebeurd en dat zijn ze steeds beter gaan verwoorden.

Meetresultaten

Enquête

Om in één oogopslag te kunnen zien welke gegeven antwoorden opvallen, heb ik de gegeven antwoorden in percentages uitgerekend. Deze percentages heb ik vervolgens weergegeven in een histogram, zodat de eventuele verschillen goed zichtbaar worden:

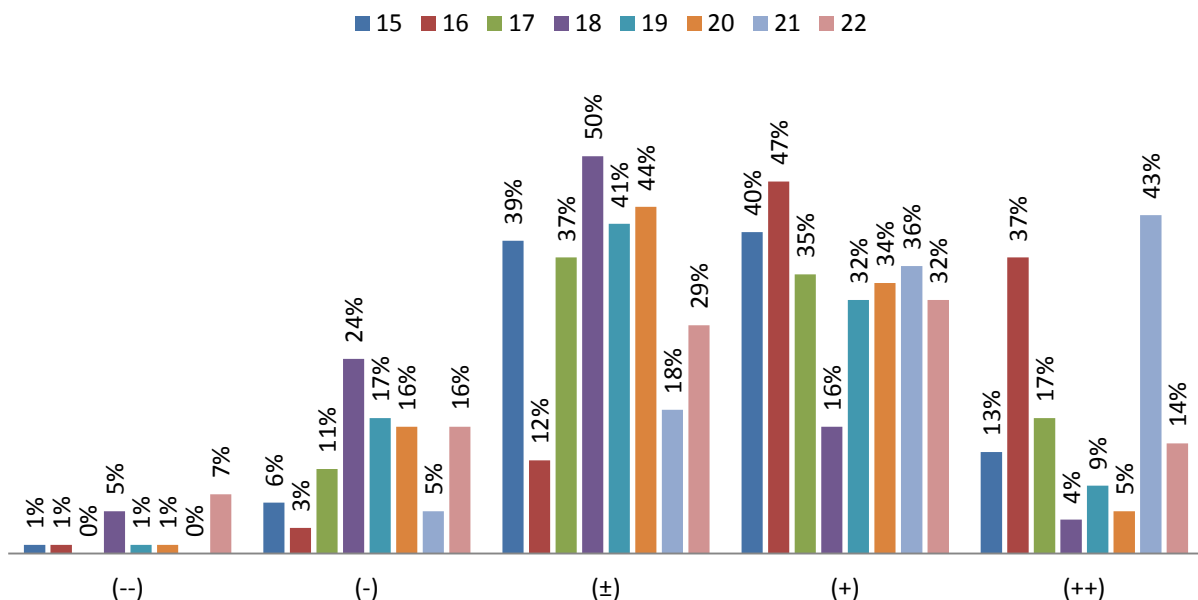


- 7 - NOVA laat duidelijk zien welke proef bij welke theorie hoort
- 8 - Ik ben op de hoogte van de basisvaardigheden die achter in het boek staan vermeld
- 11 - Ik gebruik het planningsformulier vooraan het hoofdstuk
- 12 - Ik lees het introducerende artikel aan het begin van het hoofdstuk
- 14 - Bij elke opgave is voldoende ruimte om het antwoord te noteren
- 23 - Ik maak als oefening voor de toets de opgaven van Test Jezelf

Met name vraag 11, 12, 14 en 23 slaan op een aantal onderdelen uit het werkboek, welke bij de leerlingen erg onduidelijk tot zeer onbekend zijn. Een aantal van deze onderdelen zijn bedoeld om de leerlingen juist te helpen bij hun voortgang: het invullen van een planningsformulier leert de leerlingen plannen en voorbereiden voor een toets en het maken van de Test Jezelf is een perfecte oefening voor het maken van de toets. Het introducerende artikel is daarentegen een onderdeel wat niet zodanig essentieel is om het proefwerk te kunnen maken: er staat geen nieuwe leerstof in en het artikel komt dan ook niet terug in een toetsmoment.

Het door de leerlingen gegeven antwoord op vraag 7 – *NOVA laat duidelijk zien welke proef bij welke theorie hoort* – is daarentegen een antwoord waarin ik erg geïnteresseerd ben, omdat dit van belang is voor het leggen van de link tussen de proef en de theorie. Verderop in de enquête staan dan ook meer vragen die ik bij deze interesse betrek en eveneens in een histogram zal uitzetten:

Uitkomsten practicavragen enquête



- 15 - Bij elke proef staat duidelijk uitgelegd wat het doel is van de proef
- 16 - Er staat duidelijk aangegeven wat ik nodig heb om een practicum uit te voeren
- 17 - De uitvoering staat in duidelijke stappen beschreven
- 18 - De proefhandleiding is zo geschreven dat ik geen hulp nodig heb van de docent
- 19 - Ik kan na uitvoering van de proef duidelijk antwoord geven op de gestelde vragen bij de proef
- 20 - De proeven verduidelijken de opgaven van de bijbehorende paragraaf
- 21 - De proeven zorgen voor een aangename afwisseling tijdens de lessen
- 22 - Het maken van een verslag van de uitgevoerde proef zorgt ervoor dat ik het doel van de proef beter begrijp

Opvallend aan de histogram is dat de waarden allemaal aan de rechterkant gesitueerd zijn. Over het algemeen betekent dit dat de leerlingen aardig positief zijn over de door de methode aangeboden proeven, omdat de leerlingen aangeven dat zij het eens zijn met de positiefgeformuleerde stellingen. Zo vinden de leerlingen bijvoorbeeld dat het doel van de proef bij elk practicum duidelijk aangegeven wordt. Eveneens is het merendeel van de leerlingen positief gestemd over de duidelijke uitvoering en zijn ze van mening de proeven zonder hulp van de docent uit te kunnen voeren. Per slot van rekening is men zelfs te spreken over een eventueel nut van de proeven en de uitwerking in de vorm van een verslag, omdat het blijkbaar helpt het doel van de proef te begrijpen.

Bovenstaande beweringen zijn interessante gegevens, zeker omdat ze eigenlijk in contrast staan met de eerder door de leerlingen gedane uitspraken dat bijvoorbeeld het maken van een verslag veel tijd kost. De leerlingen blijken dus zeker wel een grote waarde te hechten aan het doen van practica, maar er valt nog wel iets te verbeteren.

Proefevaluatie

De antwoorden⁶ die leerlingen hebben gegeven op de proefevaluatie van elke proef die zij hebben uitgevoerd, zijn eveneens opvallend: aan het begin van mijn onderzoek waren de antwoorden nog redelijk uiteenlopend. Er werden veel verschillende antwoorden gegeven op de vragen waarvan het antwoord duidelijk in de practicumhandleiding staat. Gaandeweg het onderzoek merkten de leerlingen echter dat de antwoorden op deze vraag bondiger opgeschreven konden worden, door duidelijk te verwijzen naar de practicumhandleiding.

Wat mij meer zorgen baarde, waren de antwoorden op de vragen bij de proeven: bij elke proef waren de antwoorden erg uiteenlopend, wat aangeeft dat de leerlingen de vragen verschillend interpreteren. Als gevolg hierop kan uit deze meetwaarden dan ook lastig een eenduidige conclusie getrokken worden. Het moet wel gezegd worden dat deze spreiding binnen de antwoorden, naarmate de proeven vorderden, kleiner werd. Het was eveneens aan de opmerkingen bij “*Top*” en “*Tip*” te zien dat het merendeel daarvan van organisatorische aard was: de zaken die goed klaar stonden of de manier waarop de lampjes geschakeld waren, zijn dingen waar de leerlingen weinig invloed op hebben. Daarentegen zijn opmerkingen als “*Betere uitleg*” wel degelijk opmerkingen die de leerlingen zich kunnen aantrekken: als zij de proef uitvoerig hadden voorbereid, konden zij zonder uitleg van een docent het practicum uitvoeren. Wanneer zij dit daadwerkelijk goed hebben voorbereid en er vervolgens nog steeds onduidelijkheden blijven bestaan, dan is de practicumhandleiding niet zo eenduidig als de methode waarschijnlijk voor ogen heeft. Tevens zijn dan de antwoorden die de leerlingen hebben gegeven op de eerder afgenomen enquête nauwelijks nog meer van waarde, omdat die antwoorden hier dan haaks op staan.

Deze vooruitgang laat zich eveneens in de eindcijfers⁷ zien: gemiddeld genomen zijn de practica- en proefwerkcijfers van kwartiel 3 bij mijn onderzoeksklas met een half punt omhoog gegaan. Daarentegen zijn de eindcijfers van kwartiel 2 en 3 echter gelijk gebleven. Dit betekent dat het derde cijfer dat meetelt in het gemiddelde en afkomstig is van een schriftelijke overhoring die maar 1 keer meetelt, in kwartiel 2 beter is gemaakt dan in kwartiel 3, waardoor het gemiddelde ongeveer gelijk blijft. Daarbij zijn de verschillen in de cijfers van de onderzoeksklas tussen kwartiel 2 en 3 niet groter geworden, evenals het verschil tussen beide kwartielen in de klassen waar niet nadrukkelijk met practica geëxperimenteerd werd. Dit geeft aan, dat de practica niet voor een significante verbetering van het eindcijfer van mijn onderzoeksklas hebben gezorgd. De leerstof is dus niet dusdanig beter blijven hangen bij de leerlingen van mijn onderzoeksgroep.

⁶ Zie Bijlage 6 – Gegeven antwoorden leerlingen practica hoofdstuk Licht

⁷ Zie Bijlage 7 – Behaalde cijfers onderzoeksklas

Analyse

Van den Berg & Buning (1994) suggereren in hun artikel, dat de docent tijdens het practicum met een aantal vragen over de proef rond zou moeten lopen om de leerlingen op het doel van de proef en hun daarmee gepaard gaande handelingen te wijzen. De leerlingen weten op die manier het beste wat ze aan het doen zijn tijdens een practicum. Juist met dit gegeven in mijn achterhoofd heb ik de leerlingen hun bevindingen op laten schrijven door antwoord te geven op een aantal korte, maar naar mijn idee effectieve, vragen, zodat zij gaandeweg het hoofdstuk en de bijbehorende proefjes beter leren de situatie te verwoorden en tevens leren na te denken over de theorie waarop de proef aansluit. De leerlingen moesten deze vragen echter in hun eigen woorden beantwoorden, wat betekent dat zij er een moment bij stil moeten staan om een antwoord op te schrijven, wat weer betekent dat zij erover nadenken en daar voordeel van zouden moeten hebben tijdens de uitvoering van de practica. Het steeds bondiger worden van de antwoorden, geeft aan dat de leerlingen antwoorden geven die veel eenduidiger en concreter zijn dan aan het begin van het onderzoek. Door de leerlingen hun handelingen en conclusies op papier te laten verwoorden, verbetert eveneens hun onderzoekende houding. De leerlingen worden namelijk gedwongen goed over de proef na te denken en doordat ik als docent wedervragen stel wanneer leerlingen tijdens de uitvoering vragen stellen, gaan zij veel sneller de theorie raadplegen om antwoord te vinden op hun vragen. Dit is een manier waarop een actieve werkhouding hun leerprestaties verbetert en de leerlingen gaan nadenken over datgene wat ze aan het doen zijn. Zolang de leerlingen deze werkhouding hebben, ontwikkelen zij een goede onderzoekende houding, maar dat geeft niet verandering van het leereffect op de leerlingen aan.

De aansluiting van de practica op de theorie is een stap in de richting van het effectiever leren: door praktische situaties, het goed kunnen verwoorden van datgene wat je ziet gebeuren en het leggen van de link tussen het proefje en de theorie verhoogt het eindresultaat van de leerling op de toetsmomenten. Millar (1998) noemt hiervoor het belang van de wisselwerking tussen de ideeën die de leerlingen hebben over de practica en de observaties die de leerlingen doen bij die practica. Van den Berg (1994) oppert daarbij gebruik te maken van meetapparatuur die zo eenvoudig mogelijk te gebruiken is, om op die manier ervoor te zorgen dat de leerlingen eerder hetzelfde doel behalen als het doel dat de docent voor ogen heeft. Op deze manier zullen practica effectiever worden, maar niet elk natuurkundige onderwerp leent zich prima voor verduidelijking met huis-tuin-en-keukenapparatuur. Een aantal begrippen uit mijn onderzoekshoofdstuk, zoals bijvoorbeeld de grenshoek en bepaalde oogafwijkingen, zijn echter onderwerpen die niet zonder meer verduidelijkt kunnen worden met eenvoudiger materialen. Dit heeft er mede toe geleid, dat de resultaten van mijn onderzoeksgroep niet eenduidig zijn verbeterd ten opzichte van de periode zonder nadrukkelijke oefening met practica.

Opvallend is echter wel, dat in veel practica van mijn onderzoekshoofdstuk nogal eens naar voren kwam, dat de leerlingen meer, dan wel betere, uitleg hadden willen hebben, wat aangeeft dat de handleiding kennelijk niet eenduidig genoeg is. Zoals Van der Vaart (2012) en Van den Berg & Buning (1994) aangeven, kan dit eveneens betekenen, dat het doel dat de auteurs voor ogen hebben, niet overeenkomt met het doel dat de leerlingen bij die practica hebben. Abrahams & Millar (2008) onderstrepen dit door auteurs op te roepen zich duidelijker bewust te worden van praktische taken die het mogelijk maken om leerlingen de wisselwerking tussen ideeën en observaties beter te laten ervaren zoals blijkt uit de antwoorden van mijn onderzoeksgroep.

Beschouwing

Ondanks het feit dat mijn onderzoek één van de vele onderzoeken op het gebied van practica is, was het bijzonder lastig een eenduidige conclusie te trekken. Mijn onderzoeksgroep is namelijk vele malen kleiner dan de onderzoeksgroepen van de besproken onderzoeken, waardoor mijn conclusie niet veralgemeeniseerd mag worden. Daarbij is bij een onderzoek over datgene wat de leerling leert, de onderzoeker afhankelijk van de interpretatie van de leerlingen. De leerlingen geven namelijk antwoord op de vragen die ik als docent en onderzoeker stel. De meerderheid zal naar waarheid de vragen beantwoorden, maar er zal ook een deel van de leerlingen zijn waarbij mijn onderzoek plaatsvond tijdens een periode waarin zij met de gedachten ergens anders waren (denk aan iets dat één van de lessen ervoor is gebeurd, iets dat in een les erna op de planning staat of dat thuis het een ander is gebeurd of gaat gebeuren). Hierdoor krijgen mijn meetwaarden (de antwoorden op de proefevaluatie) een veel grotere spreiding, wat de betrouwbaarheid niet ten goede komt. Dit zal dan ook een reden zijn dat er op dit gebied altijd onderzoek gedaan zal blijven worden, totdat een methode wordt gevonden die zo eenduidig mogelijk antwoord geeft op een onderzoeksvraag die te maken heeft met het leereffect op leerlingen.

De opzet van het onderzoek was daarentegen duidelijk voor de leerlingen: afhankelijk van welke les in een practicumlokaal was ingeroosterd, gingen zij gedurende het hoofdstuk over "Licht" een practicum uitvoeren, dat aansloot op de paragraaf die we hadden behandeld. Leerlingen wisten dus in welke les een practicum uitgevoerd zou worden en gaandeweg het onderzoek werden de vragen over de evaluatie van de proef als een hulpmiddel ervaren. Tijdens de uitvoering werden organisatorische zaken echter zeker niet als hulpmiddel ervaren, omdat uit de proefevaluatie duidelijk naar voren komt dat leerlingen zich nadrukkelijk storen aan zaken als bijvoorbeeld de elektrische groepenverdeling voor de lampjes. De leerlingen benadrukten dit als tip bij elk practicum, wat het voorstel van Van den Berg (1994) om practica zoveel mogelijk uit te voeren met huis-tuin-en-keukenapparatuur nadrukkelijk bevestigt.

Het verband tussen het practicum en het eindcijfer is echter een verband dat niet duidelijk naar voren komt in mijn onderzoek. Om dit verband duidelijker aan te kunnen tonen moeten twee vergelijkbare klassen langduriger gevolgd worden, zodat de beginsituatie duidelijk is waardoor de eventuele verschillen tussen beide klassen zo klein mogelijk blijken te zijn. Daarbij mag het verschil tussen het begincijfer voor aanvang van het onderzoek en het eindcijfer aan het einde van het onderzoek niet te groot zijn, omdat dan niet aantoonbaar gemaakt kan worden dat het verschil in eindcijfer van practica afkomstig is of dat er andere factoren van invloed zijn geweest. Het gaat erom dat de klassen in zo veel mogelijk opzichten op elkaar lijken, omdat anders een extra variabele aan het onderzoek wordt toegevoegd, waardoor geen goede conclusie getrokken kan worden. Door hier beter op te letten en het onderzoek, net zoals Abrahams & Millar (2008) vervolgens op meerdere scholen op dezelfde manier uit te voeren, is het naar mijn idee goed mogelijk om betere resultaten te krijgen dan met mijn relatief kleine onderzoek.

Conclusie

In hoeverre dragen practica over het onderwerp "Licht" bij aan het beklijven van de lesstof over dit onderwerp bij 3VWO leerlingen?

Uit mijn onderzoek komt niet duidelijk naar voren dat practica over het onderwerp "Licht" ervoor zorgen, dat de lesstof over het onderwerp licht beter beklijft bij leerlingen. Er is door practica effectiever uit te laten voeren in mijn onderzoek namelijk geen eenduidig verschil in eindcijfers ontstaan. Dit komt, door de weging van de overige cijfers die in een kwartiel al dan niet zwaarder meetellen. Overal is het gemiddelde eindcijfer gelijk gebleven ten opzichte van de voorgaande kwartielen en ten opzichte van parallelklassen. Hierdoor is in mijn onderzoek niet duidelijk geworden of de lesstof daadwerkelijk beter beklijft door veelvuldig met practica te experimenteren.

Aanbevelingen

Uit zowel mijn literatuuronderzoek als uit mijn onderzoeksresultaten blijkt, dat een goedlopend practicum afhankelijk is van twee factoren: de methode en de docent. De methode is namelijk de leidraad voor datgene wat er staat te gebeuren en wat de leerling uiteindelijk dient te kennen en kunnen. De docent is vervolgens degene die dit zo effectief mogelijk dient uit te voeren, zodat de stof uit de methode het beste beklijft bij de leerlingen. Volgens de literatuur zouden voor beide factoren de volgende aanbevelingen moeten gelden:

De methode:

- **De methode dient een practicumopbouw te hebben zonder moeilijke meetapparatuur.** Dit voorkomt dat leerlingen zich verbazen over die meetapparatuur en daardoor veel tijd kwijt zijn voordat zij beginnen met de daadwerkelijke meting.

De docent:

- **De docent dient voor zichzelf helder te hebben wat voor soort practicum hij met de leerlingen uit wil voeren, om te voorkomen dat met een practicum meerdere doelen tegelijk worden behaald.** Een practicum blijkt effectiever te zijn wanneer minder doelen volledig behaald worden dan wanneer er meerdere doelen van één practicum zijn, die maar half behaald worden.
- **De docent dient de practica grondig voor te bereiden en er daarbij op te letten dat de meetinstrumenten zo eenvoudig mogelijk zijn.** Op deze manier voorkomt hij dat de leerlingen veel tijd kwijt zijn aan het bestuderen van het meetinstrument, waardoor de kern van de proef in het nauw komt.
- **De docent dient erop te letten dat er een juiste groepssamenstelling is tijdens de uitvoering van de practica, of tijdens de nabespreking van de practica.** Zo kan hij de leerlingen die beter zijn in het vak stimuleren de leerlingen die minder goed zijn in het vak te helpen bij de verwerking van de proef.

Na mijn onderzoek kan ik het volgende aan deze aanbevelingen toevoegen:

- **De practica dienen voorbereid te worden middels een aantal korte en bondige vragen over datgene wat de leerling gaat uitvoeren en dus beschreven staat in de practicumhandleiding van de methode.** Hiermee moet de leerling kunnen verwoorden wat hij gaat doen, hoe hij dat gaat doen en wat hij daarvoor nodig heeft. Zonder deze voorbereiding wordt het leerrendement van het practicum beduidend lager.
- **De docent dient met een klein aantal inhoudelijke vragen rond te lopen tijdens de uitvoering, waarmee hij de leerlingen bevraagt.** Hij probeert daarmee de aandacht te vestigen op de inhoudelijke aspecten van de proef in plaats van op de uitvoerende handelingen omtrent de bediening van de meetinstrumenten.
- **De practica dienen ten allen tijde nabesproken te worden, zodat de leerlingen gestimuleerd worden over de proef na te denken en het uitgevoerde te koppelen aan de theorie.** Deze nabespreking dient grondig te gebeuren, zodat het leerrendement vergroot wordt. Dit kan alleen door de inhoudelijke vragen bij elke proef uitvoerig met de leerlingen te bespreken en nauwkeurig stil te staan bij de antwoorden die de leerlingen geven.
- **De docent dient de proef uitvoerig na te bespreken en daarbij te letten op de formulering van de leerlingen.** Dit laat namelijk duidelijk zien of de leerlingen het doel van het practicum hebben behaald, of dat er nog onduidelijkheden zijn.

Reflectie

Het experimenteren met practica is waarschijnlijk een onderdeel van het vak dat ik altijd zal blijven doen gedurende mijn lerarencarrière. Ik ben als docent namelijk altijd op zoek naar een manier om de lesstof zo begrijpelijk mogelijk uit te leggen evenals naar een manier om die uitleg zo lang mogelijk bij de leerlingen te laten blijven hangen. De beleving van de leerling is daarbij van dusdanig belang dat de docent naar mijn idee er niet onderuit kan om met zijn klassen practica uit te voeren. Ondanks het feit dat dit een andere werkvorm is en dus voor afwisseling zorgt, ben ik van mening dat de beleving van een proef leerbegrippen kan versterken en daarmee bijdraagt aan het beter begrijpen van de lesstof. Door de leerlingen zelf te laten nadenken over datgene wat er gebeurt, kan ik de leerlingen stimuleren in hun leerproces door vragen te stellen tijdens de uitvoering van de proef. Dit heeft als gevolg dat leerlingen veel beter over de proef gaan nadenken en daarmee hun eigen leerroute uit kunnen stippelen om zichzelf voor te bereiden op het toetsmoment. Ik wil als docent namelijk zo veel mogelijk manieren aanbieden om de lesstof op te nemen, zodat ik inspeel op het verschil tussen leerlingen. De ene leerling leert namelijk gemakkelijk uit een boek, terwijl de andere leerling het eerst gezien moet hebben voordat hij begrijpt wat er bedoeld wordt.

De standaardpractica die ik voorheen altijd gebruikte, ben ik naar aanleiding van mijn onderzoek echter kritischer gaan bekijken. Ik ervoer, mede door de tips die de leerlingen noteerden bij de evaluatie van de proeven, dat veel organisatorische zaken de uitvoering in de weg zaten en daarmee voorkwamen dat de leerlingen het doel van de proef duidelijk voor ogen hadden. Dit bezorgde mij het vervelende gevoel dat de practicumles niet een toegevoegde waarde had op de uitleg die ik bij een bepaald onderwerp heb gegeven. Vaak trok ik daaruit de conclusie dat ik die practicumles harder heb gewerkt dan de leerlingen zelf en juist om die reden wil ik concreter naar de mogelijkheden kijken om de practica met zo eenvoudig mogelijke meetapparatuur uit te voeren. Dit wil ik doen zodra ik mijn tweedegraads diploma heb, zodat ik daar meer tijd voor heb en ik er vol overgave mee kan experimenteren zodat ik daarbij mijn enthousiasme voor het vak natuurkunde kan overbrengen op de leerlingen.

Literatuurlijst

- Abrahams, I., Millar, R. (2008). *Does Practical Work Really Work?* In: International Journal of Science Education, 30(14), p. 1945-1969.
- Berg, E. Van der, (1994) *Practicum: wonderolie van de natuurkunde?* WND: Woudschotenconferentie
- Berg, E. van den, Buning, J. (1994). *Practicum: leren ze er wat?* In: NVOX, 19(6), p. 245-249
- Millar, R. (1998). Rhetoric and reality: What practical work in science education is really for. In: J. Wellington (Ed.), *Practical work in school science: Which way now?* p. 16–31.
- Smiths, T., Geurts, H. en Tromp, R. (2009). *Nova – Nieuwe Natuurkunde 3H/V*. 's Hertogenbosch: Malmberg.
- Sutton, C. (1992). *Words, science and learning*. Buckingham: Open University Press
- Vaart BSc, D.M.P. Van der, (2012). *Leerlingbeleving van scheikundepractica*. Eindhoven: Afstudeerverslag School of Education.

Bijlagen

Bijlage 1 – Schematisch overzicht van de hoofdstukken, paragrafen en begrippen uit Nova	20
Bijlage 2 – Natuurkunde practicum voorschriften onderbouw	23
Bijlage 3 – Leerdoelen Nova Nieuwe Natuurkunde H2 Licht	25
Bijlage 4 – Enquête NOVA Nieuwe Natuurkunde 3 Havo/VWO	27
Bijlage 5 – Proefevaluatie 3VWO H2 Licht	29
Bijlage 6 – Gegeven antwoorden leerlingen practica hoofdstuk Licht	30
Bijlage 7 – Behaalde cijfers onderzoeksklas	34

Bijlage 1 – Schematisch overzicht van de hoofdstukken, paragrafen en begrippen uit Nova

Hoofdstuk	Inhoud	Begrippen
1 Krachten en Evenwichten	Krachten	Soorten krachten, gevolgen krachtenwerking, eenheid, tekenregels, nettokracht (incl. parallelogrammethode).
	Zwaartekracht, gewicht en stabiliteit	Gewicht(-loos), (lichaams-) zwaartepunt, stabiliteit.
	Krachten meten	Krachtsmeter, krachtschaal, veerconstante, massa en gewicht.
	Evenwichten	Evenwichtregel, momentenwet, hefboom.
	<i>Druk</i>	Kracht, oppervlakte, druk (-sterkte), treksterkte.
	<i>Ideeën voor onderzoek</i>	
	<i>Achter je pc</i>	
2 Licht	Van gaatje tot lens	Gaatjescamera, fototoestel, lenzen (-werking).
	Breking	Lichtbreking, hoek i, hoek r, brekingsindex, lichtstralen tekenen, grenshoek.
	Plaats van het beeld bepalen	Brandpunt(-safstand), hoofdas, voorwerpsafstand, beeldafstand, lenzenformule, fresnellenzen.
	Plaats van het beeld tekenen	Constructiestralen, beeld tekenen, vergroting,
	Oog en bril	Onderdelen oog, werking oog, accommoderen, lenssterkte, bijziend, verziend en oudziend.
	<i>Fotograferen</i>	Sluiter tijd, diafragma, scherptediepte.
	<i>Ideeën voor onderzoek</i>	
	<i>Achter je pc</i>	
3 Bewegen	Bewegingen vastleggen en beschrijven	Stroboscopische foto, afstand-tijd tabel, afstand-tijd diagram.
	Snelheid	Gemiddelde snelheid, snelheid omrekenen, eenparige beweging.
	Versnelling	(Eenparige) Versnelling, (eenparige) vertraging, tijdtikker.
	Snelheid-tijd diagrammen	Snelheid-tijd diagram, oppervlak, reactieafstand, remweg, stopafstand.
	Kracht en beweging	Tegenwerkende krachten (rolweerstand, luchtweerstand,

		wrijvingskracht), voortstuwende krachten
	<i>De fietsversnelling</i>	Tandwielen, verzet.
	<i>Ideeen voor onderzoek</i>	
	<i>Achter je pc</i>	
4 Elektriciteit	Lading en spanning	Lading (positief, negatief en neutraal), elektronen, spanning.
	Elektrische stroom	Stroomkring, stroomsterkte, serie- en parallelschakeling, huisinstallatie, overbelasting.
	Weerstand	Weerstand, wet van Ohm, (I,U)-diagram, temperatuur.
	Weerstand in serie en parallel	Vervangingsweerstand in serie- en parallelschakelingen, kleurcode.
	Vermogen	Vermogen, elektrische energie, aardlekschakelaar.
	<i>Soortelijke weerstand</i>	Lengte, doorsnede, materiaal, weerstand.
	<i>Ideeen voor onderzoek</i>	
	<i>Achter je pc</i>	
5 Energie	Energie omzetten	Energiesoorten (beweging en zwaarte), energiebronnen, energieomzetters, stroomdiagram, Joule.
	Elektrische energie omzetten in warmte	Elektrische energie, warmtemeter, soortelijke warmte, calorie.
	Chemische energie omzetten in warmte	Verbrandingswarmte, rendement.
	Elektriciteit opwekken	Elektriciteitscentrale, fossiele brandstoffen, centrale, duurzame energie.
	<i>Energie in voedsel</i>	Voedingsstoffen, energiewaarde.
	<i>Ideeen voor onderzoek</i>	
	<i>Achter je pc</i>	
6 Automatische schakelingen	Automaten	Automaten, stroomschema, sensoren, terugkoppeling.
	Temperatuur regelen: de thermostaat	Thermostaat, uitzetting/krimping, bimetaal, kwikschakelaar.
	Het relais en de transistor	Elektromagneet, rechterhandregel, relais, maak- en breekcontact, transistor.
	NTC en LDR	(Half-)Geleiders, isolatoren, NTC, LDR.
	<i>Beveiligen met het thermo-</i>	Waakvlam(-beveiliging),

	<i>element</i>	thermo-elektrische beveiliging.
	<i>Ideeën voor onderzoek</i>	
	<i>Achter je pc</i>	
7 Arbeid	Arbeid verrichten	Trekkracht, nettokracht, arbeid.
	Hefwerktuigen	Katrol, takel, gulden regel, hefboom, helling
	Vermogen en rendement	(Nuttig) vermogen, rendement, stoommachine.
	<i>Verbrandingsmotoren</i>	Verbrandings-, elektromotor, benzinemotor, afvalwarmte.
	<i>Ideeën voor onderzoek</i>	
	<i>Achter je pc</i>	
8 Elektromagnetisme	Een wisselspanning opwekken	Generatoren, inductie(-spanning), magnetische influentie, wisselspanning, microfoon, Faraday.
	Elektrische energie transporteren	Hoogspanning, transformator, spanning, ideale spoel.
	Elektrische signalen	Geluidsdragers, cassette recorder, luidspreker, frequentie karakteristiek, binair stelsel.
	<i>Van telegraaf naar mobieltje</i>	Telegraaf, telefoon, elektromagnetische golven, mobieltje.
	<i>Ideeën voor onderzoek</i>	
	<i>Achter je pc</i>	
Basisvaardigheden	Onderzoek doen	
	Meetinstrumenten aflezen	
	Werken met een voeding	
	Werken met een spanningsmeter	
	Werken met een stroommeter	
	Werken met een multimeter	
	Werken met een kWh-meter	
	Werken met een tijdtikker	
	Metten met de PC: Science Workshop	
	Metten met de PC: IP Coach	
	Uitkomsten afronden	
	Werken met machten van 10	
	Werken met de rekenmachine	
	Verslag schrijven & uitwerken	
	Werken met tabellen en grafieken	
	Informatie zoeken op internet	



Natuurkunde Practicum

Voorschriften onderbouw

De indeling van een verslag

- **Proeftitel:** Soms kun je hiervoor de titel uit het boek gebruiken. Je mag ook zelf iets verzinnen. De titel moet echt op het practicum slaan.
- **Algemene gegevens:**
 - o Naam: Volledige voor- en achternaam.
 - o Naam partner(s): Volledige voor- en achternamen van iedereen waarmee je het practicum hebt uitgevoerd.
 - o Klas: De klas waarin je zit.
 - o Docent: De docent van wie je les hebt.
 - o Datum van uitvoering: De datum van de dag waarop je het practicum hebt uitgevoerd.
- **Onderzoeksvraag/doel:** De onderzoeksvragen die je met het practicum beantwoordt wilt krijgen of het doel dat je met deze proef wilt bereiken.
- **Benodigheden:** Alle benodigheden (materialen en meetapparatuur) voor het practicum op een rijtje.
- **Opstelling:** Maak een zo duidelijk mogelijke tekening van de opstelling die je gebruikt het tijdens het practicum. Geef indien nodig belangrijke maten aan in de tekening.
- **Werkwijze:** Leg hier beknopt en puntsgewijs uit wat je gaat doen om de onderzoeksvraag te beantwoorden of je doel te bereiken.
- **Waarnemingen/meetresultaten:** Schrijf hier al je meetresultaten en waarnemingen op. Gebruik zo mogelijk tabellen. Probeer deze overzichtelijk en netjes te maken, denk aan de kop van de tabel.
- **Uitwerkingen en berekeningen:** Schrijf hier al je uitwerkingen en berekeningen op. Vergeet bij uitwerkingen nooit de formules en eenheden!!
Grafieken, variabele grootte op de x-as, gemeen grootte op de y-as (tenzij anders vermeld). Denk aan de bijschriften van de assen (grootte en eenheid).
- **Conclusie(s):** Beantwoord hier de onderzoeksvraag of schrijf op of je doel behaald is. Baseer je hierbij op je resultaten. Herhaal die indien nodig!! In een conclusie behoren geen nieuwe feiten of meningen te staan.
- **Verwerking van de extra punten:** Verwerking van de opsommingpunten uit het practicumvoorschrift.



Natuurkunde Practicum

Voorschriften onderbouw

- In principe maak je een verslag altijd op dezelfde manier. De onderdelen op de andere zijde van dit papier moeten er in voorkomen.
- Het verslag mag niet groter zijn dan drie A4-tjes (exclusief bijlagen).
Het gaat om inhoud, niet om fraaiheid.
Gebruik een nietje om bladen aan elkaar te hechten (GEEN MAPJES).
- Per groepje lever je een verslag in.
- Je kunt al een groot deel van het verslag schrijven, voordat je het practicum gedaan hebt! Tot het met het onderdeel “de werkwijze” kun je meestal al opschrijven.
- Ga nooit weg na een practicum, voordat je zeker weet, dat je de datum, de benodigdheden, een tekening van de opstelling gemaakt hebt, wat je nodig hebt om tot een antwoord op je onderzoeksvragen te komen.
- Begin zo snel mogelijk met de uitvoering van het practicum aan je verslag. Dan weet je alles nog goed en kun je sneller je verslag uitwerken.
- Vermijd schrijffouten en zorg voor nette tekeningen, tabellen en grafieken.
- Het verslag moet binnen 7 dagen nadat het practicum is gedaan worden ingeleverd bij de docent. Je mag je verslagen ook eerder inleveren!!!!
- *Je moet het verslag op dusdanig niveau schrijven dat een leek snapt en kan nadoen wat jij hebt gedaan!!!!*

Bijlage 3 – Leerdoelen Nova Nieuwe Natuurkunde H2 Licht

Leerdoelen Nova H2 LICHT

Hieronder staan de leerdoelen van het hoofdstuk over licht. De bedoeling is dat je na het lezen van de paragraaf in je handboek de vragen in het werkboek maakt. Na je antwoorden gecontroleerd en verbeterd te hebben, moet je alles wat in de leerdoelen beschreven staat onder de knie hebben.

Let op: controleren is niet alleen het foute antwoord doorkrassen en het goede antwoord opschrijven. Je moet snappen wat je fout hebt gedaan. Nog belangrijker is dat je weet waarom het antwoord op het nakijkvel klopt!

De leerdoelen zijn ook een handig hulpmiddel bij het leren van een SO of een proefwerk. Je weet dat je goed geleerd hebt als je alles wat er beschreven staat snapt of kan.

Enkele veel gebruikte begrippen zijn:

“weten”/“kunnen noemen”: alleen maar uit je hoofd leren.

“weten wat bedoeld wordt”: uit je hoofd leren maar ook een beetje uitleg erover kunnen geven.

“uitleggen”: snappen hoe iets in elkaar zit en dat na kunnen vertellen zodat duidelijk is dat je dat snapt.

“kunnen”: zelf een tekening afmaken of een berekening uitvoeren.

TIP:

Zet bij ieder leerdoel in welke vraag uit het werkboek je het leerdoel tegen kwam. Dit kan je makkelijk doen als je aan het nakijken bent. Dat maakt het makkelijker als je later je SO of proefwerk leert.

Paragraaf 2.1: Van gaatje naar lens

- Je moet weten hoe positieve lenzen eruit zien.
- Je moet weten hoe negatieve lenzen eruit zien.
- Je moet weten bij welke lens een convergerende werking hoort.
- Je moet weten bij welke lens een divergerende werking hoort.
- Je moet weten wat een convergerende werking is.
- Je moet weten wat een divergerende werking is.
- Je moet weten wat een negatief is.
- Je moet de werking van een sluiters kunnen uitleggen.
- Je moet de werking van de ontspanknop kunnen uitleggen.
- Je moet de werking van het diafragma kunnen uitleggen.
- Je moet weten wat het objectief is.
- Je moet weten waarvoor een stukje lichtgevoelige film gebruikt wordt.
- Je moet kunnen uitleggen hoe de afstand-instellingsring wordt gebruikt.
- Je moet aan de hand van de afstand-instellingsring kunnen uitleggen hoe je een scherp beeld krijgt.
- Je moet weten wat het verschil is tussen een gaatjescamera met een grote en kleine opening.
- Je moet weten wat het grote verschil is tussen de gaatjescamera en een modern fototoestel.

Paragraaf 2.2: Breking

- Je moet kunnen uitleggen wat lichtbreking is.
- Je moet de normaal altijd op de juiste plaats kunnen tekenen.
- Je moet weten wat de hoek van inval ($\angle i$) is.
- Je moet weten dat de hoek van inval de hoek is tussen de invallende lichtstraal en de normaal.
- Je moet weten wat de hoek van breking ($\angle r$) is.
- Je moet weten dat de hoek van breking de hoek is tussen de uitgaande lichtstraal en de normaal.
- Je moet weten wat de brekingsindex (n) is.
- Je moet de brekingswet van Snellius (formule) kennen.

- Je moet de brekingswet van Snellius kunnen gebruiken om, $\angle i$, $\angle r$ of de n te berekenen.
- Je moet weten wat de grenshoek is.
- Je moet voorbeelden kunnen geven waar het principe van de grenshoek gebruikt wordt.
- Je moet de grenshoek van een bepaalde stof kunnen berekenen.
- Je hoeft geen brekingsindexen uit je hoofd te leren.

Paragraaf 2.3: De plaats van het beeld berekenen

- Je moet weten wat er wordt bedoeld met de hoofdas van een lens.
 - Je moet weten wat het brandpunt (F) is.
 - Je moet weten wat de brandpuntsafstand (f) is.
 - Je moet weten dat een sterkere lens een kleinere brandpuntsafstand (f) heeft.
 - Je moet voorbeelden kunnen geven waarin positieve lenzen voorkomen.
 - Je moet weten wat de voorwerpsafstand (v) is.
 - Je moet weten wat de beeldafstand (b) is.
- Nu je weet waar de v , b en f voor staan, moet je met behulp van de lenzenformule de onbekende kunnen uitrekenen. Als je dus v en b weet, moet je f kunnen berekenen. Zo ook voor v en b .

Paragraaf 2.4: De plaats van het beeld tekenen

- Je moet de *drie* constructiestralen kunnen tekenen.
- Welke *drie* constructiestralen ken je?
- Je moet weten hoe je aan de lichtstralen kan zien waar er een scherp beeld ontstaat.
- Je moet de plaats van het beeld kunnen tekenen.
- Je moet weten hoe je de vergroting berekent aan de hand van de lengte van het beeld en voorwerp.
- Je moet weten hoe je de vergroting berekent aan de hand van de beeldafstand en de voorwerpsafstand.
- Je moet weten dat een verkleining gelijk is aan een vergroting welke kleiner is dan 1. Voorbeeld, een verkleining van 2 is een vergroting van 0,5.

Paragraaf 2.5: Oog en bril

- Je moet de verschillende onderdelen van het oog kunnen benoemen.
- Je moet kunnen uitleggen hoe het komt dat een persoon een scherp beeld ziet.
- Je moet kunnen uitleggen wat accommoderen is.
- Je moet weten wat bijziend is.
- Je moet weten hoe bijziendheid wordt gecorrigeerd.
- Je moet weten wat verziend is.
- Je moet weten hoe verziendheid wordt gecorrigeerd.
- Je moet weten wat oudziend is.
- Je moet weten hoe oudziend wordt gecorrigeerd.
- Je weet dat lenzen verschillend in sterkte kunnen zijn. Je weet dat een sterkere lens een kleinere brandpuntsafstand (f) heeft.
- De sterkte van een lens drukken we uit in dioptrie (dpt).
- Je moet weten met welke formule je de sterkte van de lens kan berekenen.

Voorwaarden:

- Schrijven met pen
- Teken met potlood
- Indien anders staat aangegeven, rond af op 2 decimalen.
- Schrijf je berekening (overzichtelijk) op; daar kan je punten mee verdienen.
- Indien je een formule gebruikt, schrijf deze dan eerst op en vul deze daarna pas in.
- Vergeet niet de eenheden die bij het antwoord horen.
- Schrijf geen eenheden op in jouw berekening, alleen bij tussenantwoorden en het eindantwoord.

Bijlage 4 – Enquête NOVA Nieuwe Natuurkunde 3 Havo/VWO

Klas:.....

Vul deze enquête graag zo eerlijk mogelijk in om een duidelijk beeld te krijgen van het beeld dat 3VWO-leerlingen hebben van de methode en de practica van NOVA Nieuwe Natuurkunde.

Bij voorbaat dank,
GRB

-- = helemaal mee oneens
- = mee oneens
± = neutraal
+ = mee eens
++ = helemaal mee eens

	--	-	±	+	++
Vragen handboek					
In een hoofdstuk uit NOVA is een duidelijk verschil te zien tussen de basisstof, extra stof en keuzestof					
De illustraties en afbeeldingen in NOVA verduidelijken de theorie					
De dikgedrukte woorden in elke paragraaf van NOVA geven de kern van de stof weer					
Een verband of formule wordt duidelijk weergegeven in de paragrafen van NOVA					
Een nieuw verband of nieuwe formule wordt in NOVA verduidelijkt met een voorbeeld					
NOVA geeft duidelijk aan welke opgaven bij een bepaald theoriegedeelte hoort					
NOVA laat duidelijk zien welke proef bij welke theorie hoort					
Ik ben op de hoogte van de basisvaardigheden die achter in het boek staan vermeld					
Ik vind het handboek van NOVA Nieuwe Natuurkunde 3 Havo/VWO prettig om mee te werken					
Vragen werkboek					
In een paragraaf uit NOVA is een duidelijk verschil te zien tussen de leerstofvragen, toepassingsvragen en extra vragen					
Ik gebruik het planningsformulier vooraan het hoofdstuk					
Ik lees het introducerende artikel aan het begin van het hoofdstuk					
Ik lees, voordat ik met de opgaven aan de slag ga, de theorie door					
Bij elke opgave is voldoende ruimte om het antwoord te noteren					
Vragen practica					
Bij elke proef staat duidelijk uitgelegd wat het doel is van de proef					
Er staat duidelijk aangegeven wat ik nodig heb om een practicum uit te voeren					
De uitvoering staat in duidelijke stappen beschreven					
De proefhandleiding is zo geschreven dat ik geen hulp nodig heb van de docent					
Ik kan na uitvoering van de proef duidelijk antwoord geven op de gestelde vragen bij de proef					
De proeven verduidelijken de opgaven van de bijbehorende paragraaf					
De proeven zorgen voor een aangename afwisseling tijdens de lessen					
Het maken van een verslag van de uitgevoerde proef zorgt ervoor dat ik het doel van de proef beter begrijp					
Vragen Test Jezelf					
Ik maak als oefening voor de toets de opgaven van Test Jezelf					
De opgaven van Test Jezelf laten mij duidelijk zien welk onderdeel van het hoofdstuk ik lastig vind					
Ik kan de opgaven van Test Jezelf prima maken zonder de practica van het hoofdstuk uitgevoerd te hebben					

	Klas	24 lln						24 lln						20 lln						26 lln						Totaal:	94 lln				
	3GA						3VA						3VB						3VC						3VWO						
	(--)	(-)	(±)	(+)	(++)		(--)	(-)	(±)	(+)	(++)		(--)	(-)	(±)	(+)	(++)		(--)	(-)	(±)	(+)	(++)		(--)	(-)	(±)	(+)	(++)		
1	0	1	9	6	8		4	0	10	8	2		0	1	7	7	5		0	3	8	10	5		4%	5%	36%	33%	21%		
2	0	1	10	10	3		0	5	6	8	5		1	1	7	10	1		0	5	8	10	3		1%	13%	33%	40%	13%		
3	0	3	5	7	9		0	3	8	8	5		0	4	6	9	1		0	1	7	13	5		0%	12%	28%	39%	21%		
4	0	1	6	5	12		1	4	2	10	7		0	4	5	3	8		1	1	6	10	8		2%	11%	20%	30%	37%		
5	0	2	9	9	4		1	6	13	3	1		0	4	9	6	1		0	4	6	10	6		1%	17%	39%	30%	13%		
6	1	9	7	3	4		1	6	9	5	3		1	6	8	5	0		0	8	12	3	3		3%	31%	38%	17%	11%		
7	2	9	11	2	0		2	4	13	5	0		3	7	6	3	1		2	7	13	2	2		10%	29%	46%	13%	3%		
8	16	6	1	1	0		16	4	4	0	0		0	4	12	4	0		15	7	3	1	0		50%	22%	21%	6%	0%		
9	0	2	14	7	1		0	3	10	4	7		0	4	10	6	0		0	1	12	11	2		0%	11%	49%	30%	11%		
10	0	2	10	12	0		0	2	7	15	0		0	0	7	7	6		1	4	7	11	3		1%	9%	33%	48%	10%		
11	21	1	1	1	0		21	0	2	1	0		13	2	4	1	0		19	5	1	1	0		79%	9%	9%	4%	0%		
12	6	3	6	6	3		10	4	6	4	0		5	4	7	4	0		11	6	6	1	2		34%	18%	27%	16%	5%		
13	2	4	7	6	5		3	5	6	8	2		0	3	12	4	1		1	5	11	2	7		6%	18%	38%	21%	16%		
14	5	9	8	1	1		6	7	7	4	0		3	9	6	1	1		5	11	5	4	1		20%	38%	28%	11%	3%		
15	0	0	9	11	4		0	2	12	9	1		1	3	4	10	2		0	1	12	8	5		1%	6%	39%	40%	13%		
16	0	0	2	13	9		1	1	4	14	4		0	2	3	5	10		0	0	2	12	12		1%	3%	12%	47%	37%		
17	0	3	11	7	3		0	3	6	12	3		0	4	8	5	3		0	0	10	9	7		0%	11%	37%	35%	17%		
18	3	3	16	1	1		1	10	8	5	0		1	4	9	6	0		0	6	14	3	3		5%	24%	50%	16%	4%		
19	1	7	8	6	2		0	4	9	9	2		0	3	11	6	0		0	2	11	9	4		1%	17%	41%	32%	9%		
20	0	3	13	7	1		1	4	12	6	1		0	2	9	9	0		0	6	7	10	3		1%	16%	44%	34%	5%		
21	0	0	3	10	11		0	3	4	9	8		0	1	8	8	5		0	1	2	7	16		0%	5%	18%	36%	43%		
22	2	4	6	8	4		0	5	6	10	3		0	3	7	7	1		5	3	8	5	5		7%	16%	29%	32%	14%		
23	11	3	4	3	3		8	4	5	3	4		2	4	5	5	1		1	2	7	10	6		23%	14%	22%	22%	15%		
24	3	1	14	4	2		2	2	11	8	1		1	4	7	7	2		1	2	6	12	5		7%	10%	40%	33%	11%		
25	3	1	17	3	0		3	3	10	6	2		0	2	5	5	4		1	3	12	5	5		7%	10%	47%	20%	12%		

Bijlage 5 – Proefevaluatie 3VWO H2 Licht

Namen: _____

Practicum _____

Wat ga je doen?

Hoe ga je dat doen?

Wat heb je daarvoor nodig?

Antwoorden op de vragen:

Vertel in eigen woorden wat je van deze proef hebt geleerd.

Top aan deze proef (wat ging goed?): _____

Tip voor deze proef (wat kan beter?): _____

Bijlage 6 – Gegeven antwoorden leerlingen practica hoofdstuk Licht

Practicum 1 (22 lln)

Wat ga je doen?

- Lichtbeelden maken met een lens (22x)

Hoe ga je dat doen?

- Met behulp van een lens een op het raam geplakte strook papier projecteren op een schermje achter de lens (16x)
- Met een lens (6x)

Wat heb je daarvoor nodig?

- Benodigdheden volgens werkboek (14x)
- Minder benodigdheden volgens werkboek (6x)

Antwoord op de vragen:

1.

- ☐ veel kleiner dan het beeld (4x)
- ☐ verkleind, horizontaal en verticaal gespiegeld (2x)
- ☐ horizontaal en verticaal gespiegeld (4x)
- ☐ veel kleiner en op de kop (10x)
- ☐ minder scherp (2x)
- ☐ omgekeerd (2x)

2.

- ☐ 24 mm (2x)
- ☐ 0,9 cm (4x)
- ☐ 0,8 cm (4x)
- ☐ 7 mm (2x)
- ☐ 1,2 cm x 0,6 cm (2x)
- ☐ 1 cm (2x)
- ☐ 0,5 cm (2x)
- ☐ 50 cm (2x)
- ☐ 2,3 cm (2x)

3.

- ☐ 29,7 cm (2x)
- ☐ 30 keer (4x)
- ☐ 33 keer (2x)
- ☐ 37 keer (2x)
- ☐ 71 keer (2x)
- ☐ 56 keer (2x)
- ☐ 63 keer (2x)
- ☐ 106 keer (2x)
- ☐ 50 keer (2x)

Wat heb je van de proef geleerd?

- Onduidelijk en stom, een duidelijke uitleg (2x)
- Het beeld wordt verkleind en zowel horizontaal als verticaal gespiegeld (6x)
- Je ziet door de lens alles omgekeerd (4x)
- Als je het licht door de lens laat wordt het kleiner (2x)
- Met een positieve lens verklein je het beeld (4x)
- Het is moeilijk om een positieve lens scherp te stellen (2x)
- Hoe je een lichtbeeld moet maken (2x)

<i>Top</i>	<i>Tip</i>
- Alles lag goed klaar (2x)	- Een betere uitleg (12x)
- Het ging goed (4x)	- Volgende keer boeken mee (2x)
- Het was een leuke proef (2x)	- Beter uitleggen op papier (2x)
- Goeie voorbereiding (2x)	
- Het was niet moeilijk (4x)	
- Het opzetten van de proef (2x)	
- We begrijpen de paragraaf nu beter (2x)	

Practicum 2 en 3 (23 lln)

Wat ga je doen?

- Lichtstralen breken (7x)
- Onderzoeken wat er gebeurt als een smalle lichtbundel op een perspexblokje valt (14x)
- Het verband tussen hoek i en hoek r meten als licht van lucht naar perspex gaat (17x)

Hoe ga je dat doen?

- Met het perspexblokje worden de lichtstralen gebroken (3x)
- Blokje op de goede manier neerleggen en verloop lichtbundel tekenen (30x)
- Met een lampje en een perspexblokje (6x)
- Meetwaarden in een grafiek zetten (1x)

Wat heb je daarvoor nodig?

- Benodigdheden volgens voorschrift (26x)
- Minder benodigdheden dan voorschrift (10x)

Antwoord op de vragen:

P2 Lichtstralen laten breken	P3 Verband tussen hoek i en hoek r
1. Iedereen heeft de gebroken lichtstraal getekend 2. 7 lln hebben deze vraag niet of foutief ingevuld 3. 5 lln hebben deze vraag niet of foutief ingevuld 4. 19 lln hebben het kruisje niet of foutief getekend 5. 16 lln hebben niet volledig de gevraagde zaken getekend	1. 5 lln hebben geen grafiek van hoek i tegen hoek r 2. 1 lln had de grenshoek goed 3. 1 lln heeft niet $\sin i$ en $\sin r$ uitgerekend 4. 13 lln hebben geen grafiek van $\sin i$ tegen $\sin r$ 5. Alle lln hebben geen of een foutieve conclusie

Gemiddeld: 7,1 (24 lln)

Wat heb je van de proef geleerd?

- Dat het perspexblokje de gecontroleerde lichtstraal zo beïnvloed dat deze gebroken wordt (3x)
- Dat je lichtstralen kunt breken en op welke manier je dat moet doen (6x)
- Hoe je hoek i en hoek r kunt berekenen en alles goed afkunt lezen en verwerken (2x)
- Dat licht wordt gebroken (6x)
- Dat er een verband is tussen hoek i en hoek r (8x)
- Dat licht ook teruggekaatst wordt (1x)
- Hoe de breking van licht werkt (2x)
- Hoe je hoek i, hoek r en de normaal tekent (2x)
- Dat je met zo'n diafragma alles goed kunt aflezen (2x)
- Dat als een lichtstraal schuin op een blokje valt, deze wordt gespiegeld (4x)
- Als de lichtstraal niet te groot is, breekt het licht (2x)

<i>Top</i>	<i>Tip</i>
- De uitvoering (10x)	- Accu's gebruiken i.p.v. verschillende schakelgroepen (2x)
- Het was duidelijk (4x)	- Eerst lukte het niet om de lichtstraal te breken (2x)
- Het uitrekenen en verwerken van de gegevens (4x)	- Meer tijd voor uitvoering (2x)
- Het tekenen van de lichtstralen (5x)	- Minder snel kortsluiting (5x)
- De voorbereiding (2x)	- Het blaadje waarop getekend moest worden was te groot, waardoor het resultaat onduidelijk was (1x)
- De samenwerking (2x)	- Uitleggen dat je het blokje op het stencil moet leggen (2x)
-	- Uitleggen dat je alleen de lichtstraal beweegt (2x)

Practicum 4 (24 lln)

Wat ga je doen?

- Brandpuntsafstand bepalen (24x)

Hoe ga je dat doen?

- Hoofdas tekenen, lichtbundel gelijk met hoofdas op lens richten en snijpunt van lijnen tekenen als brandpunt (9x)
- Lenzen voor een lichtkastje zetten (15x)

Wat heb je daarvoor nodig?

- Benodigdheden volgens voorschrift (22x)
- Meer benodigdheden dan voorschrift (2x)

Antwoord op de vragen:

- Duidelijke tekeningen en bondige antwoorden (5x)
- Matige tekeningen en bondige antwoorden (14x)
- Matige tekeningen met uitgebreid antwoord (5x)

Wat heb je van de proef geleerd?

- Hoe een brandpunt getekend kan worden (2x)
- Hoe een brandpunt bepaald kan worden (14x)
- Dat een negatieve lens ook een brandpunt heeft (3x)
- Bij een positieve lens is het brandpunt voor de lens, bij een negatieve erachter (4x)
- Als lichtstralen op een positieve lens komen, worden ze geconvergeerd (1x)

<i>Top</i>	<i>Tip</i>
- Duidelijk en makkelijk (2x)	- Betere stroomvoorziening (9x)
- Uitvoering (10x)	- Direct hoofdas tekenen (2x)
- Goede voorbereiding (3x)	- Meer lenzen (2x)
- Aflezen van de lichtstralen (1x)	
- Teken en (2x)	

Practicum 5 (21 Iln)

De Iln hebben alleen antwoord gegeven op de vragen bij de proef. Dit had de volgende resultaten:

Gegeven antwoorden op de vragen:

P5 Lenzenformule
- 3 Iln hebben geen berekening gegeven bij vraag 3 (afwijking) - 6 Iln hebben een afwijking groter dan 12% - 2 Iln hebben niet alle brandpuntafstanden berekend en geen gemiddelde

Gemiddeld: 9,5 (21 Iln)

Bijlage 7 – Behaalde cijfers onderzoeksklas

Gegevens zijn geanonimiseerd.

NA – KW2 : 1^e kolom = SO-cijfer, 2^e kolom = practicumcijfer, 3^e kolom = PW-cijfer

NA – KW3 : 1^e kolom = practicumcijfer, 2^e kolom = SO-cijfer, 3^e kolom = PW-cijfer

Leerlingen				Na - KW2				Na - KW3			
Stamn	Naam	Volgnr	Profiel	(1)	(2)	(3)	(25)	(1)	(2)	(3)	(25)
		1	Ath	7,9	9,5	8,5	8,5	6,5	4,5	4,7	5,0
		2	Ath	6,7	6,5	5,5	5,9	9,0	4,5	6,3	6,4
		3	Ath	6,3	8,0	5,6	6,2	8,0	5,8	6,3	6,5
		4	Ath	7,6	8,5	5,9	6,7	8,3	3,8	4,7	5,2
		5	Ath	8,8	8,5	7,5	7,9	8,5	9,0	8,7	8,7
		6	Ath	6,3	9,5	5,4	6,4	6,0	7,9	6,7	6,8
		7	Ath	10,0	9,5	7,0	8,1	8,0	8,3	9,7	9,0
		8	Ath	8,1	9,0	5,3	6,6	7,5	3,8	7,3	6,6
		9	Ath	8,1	7,5	5,7	6,5	8,3	8,3	8,0	8,1
		10	Ath	5,1	6,0	5,0	5,2	8,5	3,4	5,7	5,8
		11	Ath	9,3	8,5	6,3	7,3	8,0	6,2	6,7	6,8
		12	Ath	6,3	8,5	4,8	5,8	8,5	2,7	4,0	4,6
		13	Ath	7,9	9,5	5,8	6,9	8,0	6,5	7,3	7,2
		14	Ath	8,5	6,0	6,0	6,5	9,3	5,1	7,0	7,0
		15	Ath	8,5	9,0	6,7	7,5	7,5	5,2	7,3	6,9
		16	Ath	7,2	9,0	5,0	6,2	8,0	5,5	4,3	5,2
		17	Ath	7,6	6,5	5,1	5,8	9,0	5,5	6,7	6,9
		18	Ath	8,2	7,5	6,9	7,2	8,3	7,9	8,7	8,4
		19	Ath	7,3	8,5	6,8	7,2	9,3	7,9	7,7	8,0
		20	Ath	8,7	9,0	7,7	8,1	5,5	2,4	6,7	5,6
		21	Ath	9,0	9,0	6,3	7,3	8,0	6,5	6,7	6,9
		22	Ath	9,4	9,0	6,3	7,4	9,3	7,6	7,7	8,0
		23	Ath	8,5	8,5	8,1	8,2	9,8	9,0	9,3	9,3
		24	Ath	6,0	6,0	5,5	5,7	8,5	3,4	4,0	4,7
Gemiddelde				7,8	8,2	6,2	6,9	8,2	5,9	6,8	6,8

Concreet

- Practicum: +0,4
- SO: -2,3
- PW: +0,6
- Gemiddelde: -0,1

Formulier 2 Beoordelingsschema voor het (voorlopig) onderzoeksplan

Naam LiO: Henk-Jan groote Beverborg**Studentnummer:** s1015019 (na).....

Onderdeel	Criteria	Feedback	Beoordeling (totaal 100 punten)
Probleemstelling: Beschrijving van het onderwerp van onderzoek, resultierend in onderzoeksvraag (inclusief doelgroep)	Probleemstelling bevat onderwerp, vraagstelling en doelgroep. Het vertrekpunt van de probleemstelling (en onderzoeksvragen) ligt in de praktijk van je onderwijs of in je functioneren als leraar op je school. De onderzoeksvraag is: voldoende concreet, neutraal, scherp en nauwkeurig geformuleerd, niet voor meerdere uitleg vatbaar en bevat geen tegenstrijdigheden. In de vraag zit geen oordeel opgesloten.	Aanleiding is helder: werk je ervaringen uit het lwt3 onderzoek hier verder uit bij het uiteindelijke verslag: welke inzichten heeft het opgeleverd en hoe ga je er op verder. Het wordt me echter niet duidelijk wat je nu precies wilt onderzoeken. Je onderzoeksvraag is nog weinig concreet: wat bedoel je precies met begrippen als praktisch inzicht, rendement? Als je wilt dat	14
Relevantie/context van het onderzoek/doelstelling	De relevantie van het onderzoek is beschreven: duidelijk is waarom de student dit onderwerp wil onderzoeken: De persoonlijke motivatie De relevantie voor de onderwijspraktijk De mogelijke nieuws waarde voor de beroepspraktijk De relevantie wordt onderbouwd vanuit de literatuur. Het onderwerp wordt in een theoretisch kader geplaatst. Dit kader is het uitgangspunt voor het onderzoek. Belangrijke begrippen zijn helder omschreven vanuit literatuur of begrippen zijn gedefinieerd op basis van literatuur. De grenzen van het onderzoek zijn duidelijk aangegeven: duidelijk is wat wel en niet wordt onderzocht.	Dit zit beperkt in je inleiding. Werk dit goed uit in je verslag.	13
Verwachte resultaten,	Je verwachtingen en vooronderstellingen ten aanzien	Dit ontbreekt. Uit de literatuur weet je dat	12

gebaseerd op literatuur	van het antwoord op je onderzoeksvraag zijn beschreven. Bij een toetsend onderzoek doe je dat in de vorm van een hypothese. Bij een beschrijvend of explorerend onderzoek maak je duidelijke welke vooronderstellingen je hebt. Je onderbouwt dit met eigen ervaringen en literatuur.	leerlingen meer aandacht aan de kwantiteit (of vorm) dan kwaliteit (inhoud) besteden. Maar wat verwacht je als resultaat van je onderzoek?	
Plan van aanpak: een beschrijving van: Onderzoeksvraag, uitgewerkt in onderzoekbare deelvragen Onderzoeksgroep Type onderzoek en onderzoeksinstrument Wijze van gegevens verzamelen Wijze van gegevens verwerken Planning van de werkzaamheden	Het plan van aanpak (onderzoeksopzet) bevat: Per deelvraag een beschrijving van de wijze waarop een antwoord op de deelvraag wordt verkregen Een beschrijving van de onderzoeksgroep Een beargumenteerde keuze van het onderzoeksinstrument De wijze van gegevens verzamelen (frequentie, organisatie, ..) De wijze waarop gegevens zullen worden geanalyseerd. Een planning van alle werkzaamheden. Het plan moet aannemelijk maken dat een antwoord op de onderzoeksvraag zal worden gekregen.(validiteit) Het plan van aanpak moet zodanig zijn beschreven, dat het uitvoerbaar is door een ander (reproduceerbaarheid)	In je onderzoeksvraag geef je aan dat je wilt weten hoe leerlingen het practicum ervaren. Vervolgens geef je aan dat je dat wilt onderzoeken door leerlingen verslagen te laten schrijven en een enquête te houden. Het wordt me niet duidelijk hoe je een antwoord op je onderzoeksvraag gaat geven. Je hoeft overigens niet te beschrijven waarom je een bepaald onderzoeksinstrument niet gebruikt (video). Maak het plan volledig: Onderzoeksgroep Wijze gegevens verzamelen analyse	16
Literatuuroverzicht van geraadpleegde en te raadplegen bronnen	Het literatuuroverzicht bevat minstens 5 (semi)wetenschappelijke bronnen die zijn of worden geraadpleegd. Daarbij is minimaal 1 buitenlandse bron.	Probeer of je nog wat meer 'gerichte' literatuur zoals dat van Sutton kunt vinden.	Voldoende 15
Eindbeoordeling	Go/no go Is het onderzoek relevant, methodisch in orde en praktisch haalbaar?	Go Voor CAAS moeten we een cijfer invoeren	7

Naam docent onderzoek: Monique Ridder

Handtekening docent onderzoek:

Beoordeling : 7

Datum:

Plaats:

Beste Henk-Jan,

Je hebt al goed nagedacht over je onderzoek en een goede planning gemaakt. Ook is me duidelijk wat het (uiteindelijke) doel van je onderzoek zou moeten zijn: je wilt graag dat leerlingen een betere koppeling tussen theorie en praktijk gaan maken.

Vervolgens wordt het wat onduidelijk wat je nu precies gaat doen om dat te realiseren. En wat je gaat onderzoeken.

Het gaat in ieder geval om de practicumlessen. Als ik het goed begrijp wil je aan de hand van verslagen gaan kijken of de leerlingen die koppeling theorie/praktijk goed maken. Daarvoor doe je een nulmeting en 3 vervolgmetingen. Maar wat gebeurt er in de tussentijd? Ga je leerlingen leren een goed verslag te maken? In dat geval is het verslag onderwerp van onderzoek (kunnen leerlingen door het maken van een goed verslag theorie en praktijk koppelen).

Of is het verslag slechts een instrument, waarmee je beoordeelt of leerlingen door practicumlessen theorie/praktijk kunnen koppelen? En wat doe je dan in die lessen om die koppeling beter te realiseren?

In je onderzoeksvraag staat dan weer dat je wilt weten hoe leerlingen de practicumlessen ervaren: hoe draagt dat bij aan die betere koppeling van theorie/praktijk?

Kortom, nog even goed nadenken wat je nu precies wilt doen!

Succes,

Monique Ridder

25/1/2011

Toelichting HJ:

in de bijlage wederom mijn opzet voor mijn onderzoek. Ik heb de opzet aangevuld met de punten waarbij nog enige onduidelijkheid bestond. In het kort komt het op het volgende neer:

de enquête neem ik af voordat ik met de practica ga beginnen: ik wil daarmee zichtbaar maken wat het beeld is van de IIn voordat zij intensief met de practica aan de slag gaan (een soort nulmeting). Ik probeer daarmee zichtbaar te maken of het doel dat de methode voor ogen heeft met de practica bij de IIn duidelijk is of niet

vervolgens ga ik actief met de IIn aan de slag met de practica: ik laat hen in een verslag duidelijk beschrijven wat zij hebben gedaan en wat de relatie daarvan is met de theorie (onder bijvoorbeeld het kopje "theorie" geven de IIn kort aan op welke theorie de proef betrekking heeft). Ik kies ervoor om tijdens de uitvoering niet in te grijpen, omdat ik wil bekijken of de proefbeschrijving eenduidig is of niet: snappen de IIn wat zij moeten doen en is de handleiding daar duidelijk genoeg voor? Zo sluit ik alle externe factoren uit die ervoor kunnen zorgen dat ik een vertekend beeld krijg van de ontwikkeling van de IIn

voor elk nieuw practicum koppel ik telkens terug of bij de vorige proef de IIn een juiste link hebben gelegd tussen de theorie en de praktijk of dat er duidelijke verschillen naar voren zijn gekomen. Dit bespreek met de IIn en let daarbij op de aanstaande proef. Zodoende probeer ik de IIn te laten oefenen met het maken van een goede link tussen theorie en praktijk

Met deze aanvulling hoop ik zichtbaar te krijgen of de practica duidelijk aansluiten op de theorie en de bijbehorende leerdoelen. Ik hoop zo aan te kunnen geven wat wel en niet goed gaat (belemmeringen en bevorderingen) en of ik het een en ander heb kunnen verbeteren aan de link tussen theorie en praktijk.

reactie MR

Nulmeting: ok. Denk goed na over welke vragen je stelt (lijkt me nog best lastig)

Aan de slag met practica: ik begrijp je opzet nu beter. Zelf heb ik wat twijfels over het 'niet ingrijpen' (de docent is toch geen externe factor?!), maar ga je onderzoek uitvoeren zoals je hebt bedacht. Je kunt daarmee ook een uitspraak doen over de mate waarin leerlingen zelfstandig kunnen werken tijdens practica. Neem mijn opmerkingen over het 'niet ingrijpen' mee in je discussie over de resultaten als daar aanleiding toe is.

Terugkoppeling: dat lijkt me goed en belangrijk. Bespreek steeds vaste punten. Tip; neem daarin ook de praktische uitvoering van de (vorige) proef mee: daarmee krijg je ook zicht op de zelfstandigheid van de leerlingen. Maak steeds een kort verslagje van zo'n terugkoppeling.