



UNIVERSITEIT TWENTE.

Onderzoeksvaardigheden in 3 en 4 havo

Sietske Zantema

Universiteit Twente, ELAN
Master Science Education and Communication
Onderzoek van Onderwijs
School: Twents Carmel College De Thij, Oldenzaal

Begeleiders: Dr. ir. Henk Pol
Dr. Fer Coenders

Enschede, 31 augustus 2010



Samenvatting

Dit verslag beschrijft een onderzoek over onderzoeksvaardigheden van leerlingen in 3 en 4 havo. De examenprogramma's van de natuurwetenschappelijke vakken laten zien dat verwacht wordt dat leerlingen een natuurwetenschappelijk onderzoek kunnen voorbereiden, uitvoeren, de verzamelde onderzoeksresultaten kunnen verwerken en hieruit een conclusie kunnen trekken (Cevo, 2008a, 2008b, 2008c, 2008d, 2008e, 2008f). Dit aspect heeft met name betrekking op practica met als doel onderzoeksvaardigheden te leren. Een belangrijke manier om vaardigheden aan te leren is regelmatige gespreide oefening met onmiddellijke feedback (Geerligs & Van der Veen, 2002). In de meeste lessen in 6 vwo natuurkunde wordt nauwelijks tijd besteed aan het uitvoeren van practica (Meelissen & Drent, 2009). Ook op de school waar het onderzoek uitgevoerd wordt (Twents Carmel College De Thij in Oldenzaal), wordt in de bovenbouw weinig tijd aan onderzoek besteedt. Dit leidde tot de onderzoeksvragen:

Hebben de leerlingen aan het einde van de derde klas voldoende onderzoeksvaardigheden aangeleerd? In welke maten behouden leerlingen onderzoeksvaardigheden die aangeleerd zijn in de derde klas ook in de vierde klas? En is het met beperkte oefening mogelijk het niveau van onderzoeksvaardigheden te verhogen?

De verwachting is dat het niveau van onderzoeksvaardigheden in de vierde klas daalt ten opzichte van de derde klas, aangezien deze vaardigheden niet geoefend worden. Verder is de verwachting dat beperkte oefening weinig invloed heeft op de onderzoeksvaardigheden, aangezien regelmatige, gespreide oefening met feedback nodig is, voor het aanleren van vaardigheden.

Om de onderzoeksvragen te testen, gaat een 3 havo klas twee verschillende onderzoeken uitvoeren. Op beide onderzoeken krijgen de leerlingen feedback. Tussen deze twee onderzoeken zitten enige weken, waarin twee oefeningen met als onderwerp *onderzoeksvraag* en *werkplan* uitgevoerd gaan worden. Daarnaast gaan twee 4 havo klassen een onderzoek uitvoeren, waarop ook feedback gegeven wordt. Van de onderzoeken in 3 en 4 havo moet een verslag geschreven worden en dit verslag wordt beoordeeld.

De resultaten in het verslag worden beoordeeld aan de hand van een rubric. De rubric beoordeelt vijf categorieën, namelijk de *onderzoeksvraag*, het *werkplan*, de *resultaten*, de *conclusie* en het *verslag* in zijn geheel. Binnen iedere categorie zijn vijf verschillende niveaus, namelijk niet aanwezig, onvoldoende, net voldoende, ruim voldoende en ver boven middelbare school niveau.

Uit de resultaten blijkt dat er geen significante verschillen zitten tussen de twee onderzoekspractica van 3 havo. De oefeningen hebben dus geen effect gehad. Tussen 3 en 4 havo zitten wel verschillen. 3 Havo scoort beter op de *resultaten* en de *conclusie* en 4 havo scoort beter op het *werkplan*. Beide leerjaren scoren vergelijkbaar op de *onderzoeksvraag* en het *verslag*. Dit is niet volledig volgens de verwachtingen, maar het geeft wel aan dat oefening van onderzoeksvaardigheden in 4 havo nodig is.

Inhoud

Samenvatting.....	2
Voorwoord	4
1 Inleiding & theorie.....	5
1.1 Onderzoeksvaardigheden	5
1.2 Kennis van vaardigheden	6
1.3 Onderzoeksvraag	7
1.4 Situatie.....	7
1.5 Verwachting	8
1.6 Handleidingen.....	8
2 Methode	10
2.1 Opzet onderzoek	10
2.2 Onderzoeksopdrachten	10
2.3 Oefeningen onderzoeksvaardigheden	11
2.4 Rubric	12
3 Resultaten	13
3.1 Rubric categorie: Onderzoeksvraag.....	13
3.2 Rubric categorie: Werkplan	14
3.3 Rubric categorie: Resultaten	14
3.4 Rubric categorie: Conclusies.....	15
3.5 Rubric categorie: Verslag	15
4 Conclusie en discussie.....	16
4.1 Bespreking van resultaten.....	16
4.1.1 Rubric categorie: Onderzoeksvraag.....	16
4.1.2 Rubric categorie: Werkplan	17
4.1.3 Rubric categorie: Resultaten	17
4.1.4 Rubric categorie: Conclusie.....	17
4.1.5 Rubric categorie: Verslag	18
4.2 Conclusie	18
4.3 Discussie	18
4.3.1 Onderzoeksopdrachten	18
4.3.2 Oefening onderzoeksvaardigheden.....	19
4.3.3 Rubric.....	19
4.3.4 Opzet onderzoek	19
4.4 Aanbevelingen.....	20
Literatuur.....	21
Bijlage A Onderzoeksopdrachten	22
A.1 Opdrachten 3 Havo onderzoek 1	22
A.2 Opdrachten 3 Havo onderzoek 2	23
A.3 Opdrachtomschrijving 4 Havo	24
Bijlage B Rubric Onderzoeksvaardigheden	25
Bijlage C Handleidingen NLT toolbox	26
C.1 Hoe maak je een werkplan voor een experiment?.....	26
C.2 Hoe schrijf je een practicumverslag?	29
C.3 Hoe maak je een tabel?	31
C.4 Hoe teken je een (lijn)grafiek?	32
Bijlage D Oefening Onderzoeksvaardigheden.....	33
D.1 Oefening onderzoeksvraag	33
D.2 Oefening werkplan	34
Bijlage E Rubric resultaten.....	35
E.1 Resultaten 3 Havo verslag 1	35
E.2 Resultaten 3 Havo verslag 2	35
E.3 Resultaten 4 Havo klas 1.....	36
E.4 Resultaten 4 Havo klas 2.....	36
Bijlage F Student T-Test waarden	37
F.1 Vergelijking 3 Havo verslag 1 en verslag 2	37
F.2 Vergelijking 3 Havo, verslag 1 en 2 samen, en 4 Havo, klas 1 en 2 samen.....	38
Bijlage G Correlatie tussen rubric categorieën.....	39

Voorwoord

Dit onderzoek is gedaan ter afsluiting van de master Science Education and Communication, de leraren opleiding. Daarnaast is dit onderzoek ook de afsluiting van mijn studententijd. Ik ga het studeren vaarwel zeggen en het doceren verwelkomen. Het onderzoek gaat over practica en de vaardigheden die nodig zijn voor practica. Het onderzoek is uitgevoerd op de school waar ik de afgelopen driekwart jaar stage heb gelopen, namelijk het Twents Carmel College De Thij in Oldenzaal.

Het onderzoek was nooit tot stand gekomen zonder de hulp van een aantal mensen. Allereerst wil ik Jan, Henk, Jel en Frits bedanken voor hun hulp bij het bedenken en uitdenken van het onderzoek. Als tweede wil ik Jel en Frits bedanken voor het mogen lenen van hun lessen, zodat ik mijn onderzoek kon uitvoeren. Als derde wil ik Henk en Fer bedanken voor het helpen met de verbetering van het verslag. Als vierde wil ik nog een aantal docenten en toa's van De Thij bedanken, namelijk Jel, Harm, Frits, Irma, Eva, Rob en Ron, voor alle hulp en het verstrekken van informatie over de practica dit momenteel gegeven worden. En als laatste wil ik natuurlijk alle leerlingen bedanken voor het doen van een of twee onderzoeksexperimenten en daarmee mijn onderzoek mogelijk makenden.

Het verslag beschrijft een aantal aspecten. Eerst zal gekeken worden naar de plaats van practica en onderzoek in het onderwijs. Ook zullen vaardigheden en niveaus in onderzoek bekeken worden. Uit deze informatie is de onderzoeksvraag geformuleerd. Met behulp van een analyse van de situatie wordt de verwachting op de onderzoeksvraag gegeven. Hierna wordt de methode van het onderzoek beschreven, door uit te leggen welke onderzoeken uitgevoerd zijn en hoe deze onderzoeken beoordeeld zijn. Vervolgens worden de resultaten en opvallendheden van het onderzoek gegeven. Als laatste worden de resultaten besproken en conclusies getrokken. Het onderzoek wordt geëvalueerd en er volgen aanbevelingen voor vervolg onderzoek. Ik wens iedereen veel plezier met het lezen van het verslag.

Sietske Zantema
Enschede, augustus 2010

1 Inleiding & theorie

Dit hoofdstuk beschrijft literatuur over practica en onderzoeken naar practica. Het legt uit in welk doel het onderzoek heeft en welke situatie het onderzoek uitgevoerd is. Ook wordt de verwachting bij de onderzoeksvraag gegeven.

1.1 Onderzoeksvaardigheden

In het eindexamen programma natuurkunde voor havo (Centrale Examencommissie Vaststelling Opgaven [CEVO], 2008a) en vwo (CEVO, 2008b) staat onder het domein A: Vaardigheden:

Subdomein A1-6: Onderzoeksvaardigheden

6. De kandidaat kan een natuurwetenschappelijk onderzoek voorbereiden, uitvoeren, de verzamelde onderzoeksresultaten verwerken en hieruit conclusie trekken.

Specificatie

De kandidaat kan

- 6.1 een natuurwetenschappelijk probleem herkennen en specificeren.
- 6.2 verbanden leggen tussen probleemstellingen, hypothesen, gegevens en aanwezige natuurwetenschappelijke voorkennis.
- 6.3 een natuurwetenschappelijk probleem herleiden tot een onderzoeksvraag.
- 6.4 hypothesen opstellen en verwachtingen formuleren.
- 6.5 prioriteiten, mogelijkheden en randvoorwaarden vaststellen om een natuurwetenschappelijk onderzoek uit te voeren.
- 6.6 een werkplan maken voor het uitvoeren van een natuurwetenschappelijk onderzoek ter beantwoording van een onderzoeksvraag.
- 6.7 relevante waarnemingen verrichten en (meet)gegevens verzamelen.
- 6.8 conclusies trekken op grond van verzamelde gegevens van uitgevoerd onderzoek.
- 6.9 oplossingen, onderzoeksgegevens, resultaten en conclusies evalueren.

Een zelfde domein staat genoemd in de eindexamenprogramma's van scheikunde (CEVO, 2008c en 2008d) en biologie (CEVO, 2008e en 2008f). Ook in het eindexamen programma voor Nieuwe Natuurkunde, NiNa, (CEVO, 2008g) staat een vergelijkbaar subdomein onder het domein A2: Natuurwetenschappelijke, technische en wiskundige vaardigheden:

Subdomein A2.1. Onderzoeken

De kandidaat kan een vraagstelling in een geselecteerde context analyseren gebruik makend van relevante begrippen en theorie, vertalen in een vakspecifiek onderzoek, dat onderzoek uitvoeren en uit de onderzoeksresultaten conclusies trekken

De bijbehorende specificatie is vrijwel identiek aan oude stijl natuurkunde, met uitzondering van onderdeel 6.5, dit is niet meer aanwezig.

Volgens onderzoek (Meelissen & Drent, 2009) krijgen leerlingen in het eindexamenjaar van vwo gemiddeld ruim 3 uur natuurkunde 1,2 per week. Volgens onderzoek onder natuurkunde docenten wordt in slechts bij 3% van de leerlingen in de helft van de lessen of vaker een experiment of onderzoek uitgevoerd (Meelissen & Drent, 2009). 85% Geeft aan in sommige lessen experimenten uit te voeren en 13 % geeft aan nooit experimenten uit te voeren (Meelissen & Drent, 2009).

Het uitvoeren van practica kan verschillende doelen hebben. Van den Berg en Buning (1994) maken een onderscheid tussen drie soorten practicum:

1. Apparatuurpracticum
Een practicum dat als doel heeft om practicumvaardigheden van bijvoorbeeld solderen of titreren bij te brengen. Vaak is dit een practicum bestaande uit een kookboekachtige instructie met duidelijke aanwijzingen en sturend op uitgebreide oefening.
2. Onderzoekspracticum
Onderzoekspractica hebben als doel om te leren onderzoeken. Hierbij horen vaardigheden als het komen tot een probleemstelling, het vertalen van vragen in een experiment, observeren en meten, het verwerken van gegevens en conclusies trekken. Dit soort practica moet leerlingen de ruimte bieden om zelf keuzes te maken en onderling en met de docent de discussiëren over voor- en nadelen van bepaalde keuzes.

3. Begripspracticum

Een practicum dat bedoeld is ter ondersteuning van begripsontwikkeling. Daarvoor zou het practicum moeten bestaan uit een serie activiteiten waar een begrip wordt opgebouwd. Dit practicum moet voldoende sturing bevatten, maar ook ruimte bieden voor discussie tussen leerlingen en docent.

Een van de aspecten die van belang is, is dat het doel van het practicum duidelijk is. Het is mogelijk om binnen één practicum eerst tien minuten te besteden aan apparatuurpracticum en de resterende tijd aan onderzoeks- of begripspracticum, maar de doelen mogen niet door elkaar lopen.

Een groot probleem is dat leerlingen na het practicum of zelfs tijdens het practicum niet weten wat ze aan het doen zijn of waarom het gedaan wordt (Berg & Buning, 1994; Kramers-Pals & Bom, 2010). Dit heeft er in Engeland toe geleid dat een programma *Getting Practical, improving practical work in science* opgestart is (Kramers-Pals & Bom, 2010; About Getting Practical, z.j.). Dit heeft als doel om het praktisch werk te verbeteren; onder praktisch werk worden naast practica ook veldwerk, demonstratieproeven en onderzoeks- en ontwerpactiviteit verstaan. Leerlingen moeten iets leren van de practica, met name datgene dat de docent voor ogen had en daarmee moeten practica minder saai en ineffectief gevonden worden.

Indien leerlingen moeten leren door het doen van onderzoek, zijn vijf vaardigheden nodig. Binnen deze vaardigheden zijn verschillende niveaus waarop de vaardigheid beheerst kan worden (Trowbridge, Bybee & Carlson-Powell, 2004). In de volgende opsomming worden de verschillende vaardigheden met een aantal van de niveaus binnen deze vaardigheden benoemd:

- a) *Vaardigheden in het vergaren van kennis*
Deze vaardigheid begint met luisteren en kan worden uitgebreid door observeren, zoeken, onderzoeken door vragen stellen en achtergrond informatie lezen, data vergaren en onderzoeken door experimenten op te zetten.
- b) *Organisatie vaardigheden, de vaardigheden van informatie op een systematische manier ordenen*
Deze vaardigheid begint met noteren en vergelijken, vervolgens kijken hoe eigenschappen verschillen en classificeren van eigenschappen, hierna structureren van informatie en belangrijke eigenschappen uitkiezen en als laatste evalueren en analyseren.
- c) *Creatieve vaardigheden, de vaardigheden in het ontwikkelen van nieuwe manieren van aanpak*
Deze vaardigheid begint met voor uit plannen, vervolgens het ontwerpen van nieuwe aanpak en het uitvinden van nieuwe methodes en technieken en als laatste synthetiseren.
- d) *Manipulatieve vaardigheden, de vaardigheden in omgaan met instrumenten en apparatuur*
Dit begint met het gebruiken van apparatuur, hierna komt zorgen voor de apparatuur, zoals schoonmaken en dit gaat door tot het maken van de apparatuur, het bouwen van apparatuur en het kalibreren van apparatuur.
- e) *Communicatie vaardigheden, de vaardigheden in het overdragen van informatie*
Dit begint met het stellen van vragen en leren hoe de vragen te stellen, vervolgens komt discussie voeren en uitleggen, hierna komt rapporteren, zowel mondeling als schriftelijk en het eindigt bij het volledig kunnen onderwijzen van een klasgenoot, zonder dat een docent informatie hoeft te verbeteren of toe te voegen.

In het doen van onderzoek zijn ook een aantal verschillende niveaus te onderscheiden. In het begin is de intellectuele gecompliceerdheid laag en ligt de controle bij de docent en aan het einde is de intellectuele gecompliceerdheid hoog en ligt de controle bij de leerling (Wenning, 2007). Een aantal belangrijke niveaus, van lage naar hoge intellectuele gecompliceerdheid, zijn:

1. Ontdekkend leren
2. Interactieve demonstraties
3. Onderzoekslessen
4. Geleide onderzoeksexperimenten
5. Afgebakende onderzoeksexperimenten
6. Vrije onderzoeksexperimenten
7. Puur hypothetische onderzoeken / toegepaste hypothetische onderzoeken.

1.2 Kennis van vaardigheden

Kennis opgeslagen in de hersenen kan ingedeeld worden in een aantal categorieën. Eerst wordt onderscheid gemaakt tussen kennis van feiten en begrippen en persoonlijke kennis. De kennis van feiten en begrippen wordt opgeslagen in het semantisch geheugen. De kennis in het semantische geheugen is weer onder te verdelen in declaratieve, procedurele en conditionele kennis (Verloop & Lowyck, 2003). Declaratieve kennis is kennis over feiten, verschijnselen, begrippen, definities,

principes, regels, theorieën. Procedurele kennis is in feite vaardigheid; kennis van handelingen die nodig zijn om dingen te herkennen, begrippen te identificeren of verbanden te bepalen. Procedurele kennis wordt langzamer verworven dan declaratieve kennis. Voor het aanleren van procedurele kennis is regelmatige gespreide oefening en onmiddellijke feedback de belangrijkste methode (Geerligs & Van der Veen, 2002). Conditionele kennis is kennis van de situatie waarin bepaalde declaratieve en procedurele kennis is toegepast.

Kennis in het langetermijngeheugen ligt opgeslagen in schema's. De meeste kennis is gecatalogiseerd in schema's die horen bij de situatie en context waarin de kennis geleerd is. Het is van groot belang dat kennis in een bepaalde context geplaatst wordt, want anders is de kennis niet terug te halen (Bransford, Brown & Cocking, 1999). Tussen de schema's waarin de kennis ligt opgeslagen bestaan dwarsverbindingen. Het ophalen van kennis is een reconstructief proces en de ophaalprikkels en de interpretatie daarvan zijn van invloed op het terughalen van kennis (Geerligs & Van der Veen, 2002).

Indien kennis beter gestructureerd is, kan nieuwe kennis beter in het bestaande schema geplaatst worden. Er blijkt bijvoorbeeld dat experts beter in staat zijn om 'nieuwe' informatie van hun vakgebied te kunnen reconstrueren. Schaakgrootmeesters zijn bijvoorbeeld beter in staat om een situatie op het schaakbord te onthouden en te reconstrueren dan niet schakers. Hierbij moet de situatie op het schaakbord wel bestaan uit een situatie die kan voorkomen tijdens het schaakspel. De experts herkennen betekenisvolle patronen in de situatie en kunnen het daarmee beter plaatsen in hun schema's en vervolgens ook beter construeren (Bransford *et al.*, 1999).

1.3 Onderzoeksvraag

In eerste instantie zou het doel van dit onderzoek worden om de leerlingen 'goede' practica te geven en te kijken of daarmee ook de beoogde aspecten verbeterde. Het was de bedoeling dat de practica met name het doel leren onderzoeken hadden, de practica zouden dus vallen onder de categorie *onderzoekspracticum* (Van den Berg & Buning, 1994). Echter na gesprek met J. Klaassen (docent, persoonlijke communicatie, 8 april, 2010) werd duidelijk dat in de derde klas al veel aandacht aan practica besteedt wordt en leerlingen als het goed is de onderzoeksvaardigheden al aangeleerd krijgen. Ook blijkt dat er tijdens NiNa weinig ruimte is voor het uitvoeren van practica en docenten door de nieuwe methode weinig tijd over houden voor het ontwikkelen en uitvoeren van practica (H. Meek, persoonlijke communicatie, 22 maart, 2010). Hierna werd besloten om te kijken of het voldoende is dat leerlingen in de derde klas de onderzoeksvaardigheden aangeleerd krijgen, deze vaardigheden moeten namelijk behouden blijven tot na het eindexamen jaar. Tevens rees hierbij de vraag wat er nodig zou zijn om te zorgen dat leerlingen de onderzoeksvaardigheden behouden, mocht dit niet zonder enige oefening lukken. Dit leidde tot de volgende onderzoeksvragen:

Hebben de leerlingen aan het einde van de derde klas voldoende onderzoeksvaardigheden aangeleerd?

In welke mate behouden leerlingen onderzoeksvaardigheden die aangeleerd zijn in de derde klas ook in de vierde klas?

En is het met beperkte oefening mogelijk het niveau van onderzoeksvaardigheden te verhogen?

1.4 Situatie

Het onderzoek wordt uitgevoerd op het Twents Carmel College De Thij in Oldenzaal, in de klassen 3 en 4 havo.

In de eerste en tweede klas krijgen leerlingen geen natuurkunde, maar wel Mens en Techniek, hier worden al een aantal natuurkundige aspecten behandeld en wordt oefent met het uitvoeren van practica.

3 Havo maakt gebruik van de lesmethode Nova (Smits, Geurts & Tromp, 2008). Gedurende het jaar hebben de leerlingen ongeveer twintig practica moeten uitvoeren aan de hand van een uitgebreide omschrijving. Van een klein gedeelte van deze practica hebben ze ook een verslag moeten schrijven. De focus ligt niet op de onderzoeksvaardigheden, maar op het maken van het verslag. Leerlingen moeten een onderzoeksvraag opstellen, volgens E. Wiehink (docent, persoonlijke communicatie, 19 april, 2010) vinden de leerlingen het lastig om in woorden te vatten dat maar één aspect mag veranderen. De leerlingen maken geen hypothese omdat de ervaring van de docenten is, dat dit lang niet altijd goed gemaakt kan worden, of leerlingen de proef niet meer willen uitvoeren al ze uitgebreider op zoek gaan naar het antwoord. Ook ligt er bij het maken van de verslagen aandacht bij goede tabellen en grafieken maken.

In totaal vier keer, twee keer per jaar in de tweede en derde klas, moeten de leerlingen een onderzoek doen (E. Wiehink, persoonlijke communicatie, 19 april, 2010). Hierbij moeten ze zelf de proef bedenken en een werkplan maken. Het moet in de derde klas eigenlijk weer opnieuw aangeleerd worden, omdat er in de derde klas leerlingen vanuit Denekamp, een dependance, binnenstromen. In 4 Havo wordt gewerkt met Nieuwe Natuurkunde, NiNa. Dit behandelt de natuurkundige onderwerpen aan de hand van modules, met wisselende didactische aanpak. In 4 Havo worden geen practica uitgevoerd of verslagen geschreven. De leerlingen krijgen wel de module Technisch Ontwerpen, over de ontwerpcyclus en aan het einde van het jaar wordt een praktisch schoolexamen gegeven. Tijdens dit schoolexamen moeten de leerlingen een aantal verschillende kleine practica doen waarbinnen een aantal onderzoeksvaardigheden getest worden. Naast de lesmethode is een ander groot verschil tussen 3 en 4 havo, dat leerlingen in 4 havo gekozen hebben voor natuurkunde, terwijl de leerlingen in 3 havo dit vak allemaal verplicht hebben. Hierdoor zouden de leerlingen in 4 havo meer affiniteit met het vak natuurkunde en daarmee ook met practica kunnen hebben.

De leerlingen krijgen niet alleen practica binnen natuurkunde. 3 Havo moet bij scheikunde in totaal vijf verslagen schrijven (I. Eissink, persoonlijke communicatie, 21 juni, 2010). De leerlingen voeren, naast de proeven voor de verslagen, meer proeven uit en hiervan moeten stukjes van het verslag bij gemaakt worden, zoals de onderzoeksvraag of de waarnemingen. Het eerste hoofdstuk van het scheikundeboek besteedt aandacht aan het verschil tussen waarnemingen en conclusies.

In 4 havo moeten leerlingen bij scheikunde ongeveer 10 verslagen per jaar schrijven (R. Kiers & H. Meek, persoonlijke communicatie, 21 juni, 2010). Veel proeven hebben als hoofddoel om te leren werken met het glaswerk, zoals titreren.

Aan het begin kwamen de opbouw voor practica verslagen tussen natuurkunde en scheikunde overeen, aangezien deze op elkaar afgestemd waren (R. Kiers & H. Meek, persoonlijke communicatie, 21 juni, 2010). Het is mogelijk dat de opbouw tegenwoordig uit elkaar gegroeid is.

1.5 Verwachting

Gezien de lesopbouw op de school, wordt er verwacht dat leerlingen voldoende onderzoeksvaardigheden aangeleerd krijgen in de derde klas en deze behouden tot het eindexamen jaar. Er wordt namelijk niet meer geoefend met deze vaardigheden, terwijl ze wel in het eindexamen programma staan.

De verwachting van de onderzoeker is dat de leerlingen in 3 havo voldoende onderzoeksvaardigheden aangeleerd hebben gekregen. Er is namelijk regelmatige oefening met het doen van proeven en verslagen schrijven. Echter de onderzoeker verwacht dat de vaardigheden van de leerlingen zonder oefening zullen verminderen. Hierdoor zal een 4 havo minder goed scoren bij een vergelijkbaar onderzoek dan 3 havo. Het is wel goed mogelijk dat aanwezige vaardigheden na één of twee keer oefenen snel weer opgehaald kunnen worden, maar enige oefening blijft noodzakelijk.

De verwachting voor de beperkte oefening in 3 havo, is dat de oefening geen merkbare invloed op het niveau van de onderzoeksvaardigheden heeft, aangezien voor het aanbrengen van vaardigheden regelmatige, gespreide oefening met onmiddellijke feedback een van de betere manieren is. Tenzij de vaardigheid al wel aanwezig was, maar de kennis weg gezakt is, dan zou de oefening de procedurele kennis kunnen verversen.

1.6 Handleidingen

Voor het onderzoek wordt gebruik gemaakt van twee verschillende handleidingen, in deze paragraaf worden de twee handleidingen vergeleken. In 3 havo is gebruik gemaakt van de handleidingen, voor het maken van een werkplan, een verslag en tabellen en grafieken, horende bij de methode Nova (Smits et al., 2008). In 4 havo zijn handleidingen, voor het maken van een werkplan, een practicumverslag, tabellen en grafieken, gebruikt, die geschreven zijn voor Natuur, Leven en Technologie (NLT) (NLT Toolbox, 2007).

De twee soorten handleidingen zijn in essentie gelijk, alleen zijn de handleidingen van Smits et al. (2008) korter en worden minder details gevraagd. Dit is in principe logisch aangezien de handleidingen van Smits et al. (2008) geschreven zijn voor een onderbouw klas en de handleidingen van de NLT Toolbox (2007) geschreven zijn voor de bovenbouw. Er wordt per rubric categorie, zie hieronder, gekeken wat de overeenkomsten en verschillen tussen de handleidingen zijn.

Beide handleidingen stellen vergelijkbare eisen aan de *onderzoeksvraag*, alleen de NLT Toolbox (2007) geeft voorbeelden van soorten onderzoek en daarmee indirect adviezen voor vragen. Smits et al. (2008) benadrukt dat leerlingen niet snel tevreden moeten zijn met hun vraag en dat ze bij de vraag

al een idee moeten hebben hoe ze de vraag willen beantwoorden. De NLT Toolbox (2007) geeft aan dat experimenteel onderzoek meestal een onderzoek doet naar een (kwantitatief) verband tussen twee grootheden, een onderzoek naar de waarde van een constante is of een onderzoek naar observatie en beschrijving van een verschijnsel. Ook wordt de opmerking gemaakt dat het een vraag moet zijn.

De handleiding van 4 havo biedt meer structuur voor het maken van een *werkplan*, het geeft de losse onderdelen waar allemaal aangedacht moet worden. Smits et al. (2008) beschrijft dat genoemd moet worden welke materialen en apparatuur gebruikt worden, dat er een tekening van de opstelling moet zijn en dat een beschrijving gegeven moet worden van wat gedaan wordt (werkwijze). De NLT Toolbox (2007) vraagt de leerlingen op te schrijven welke grootheden gemeten moeten worden en welke de onafhankelijke en afhankelijke grootheid is, welke handelingen uitgevoerd moeten worden, welke formules gebruikt gaan worden, welke meetinstrumenten en benodigdheden nodig zijn en een tekening van de opstelling te maken, welke omstandigheden constant moeten blijven, een stapsgewijze werkwijze, lege tabellen voor de meetresultaten en de risico's tijdens de meting. Ook stelt de NLT Toolbox (2007) duidelijk dat de werkwijze iemand die de proef nog niet kent in staat moet stellen om de proef op dezelfde manier uit te voeren.

De handleiding van Smits et al. (2008) geeft alleen een voorbeeld van een *tabel* met twee kolommen en bovenaan de grootheden in symbolen en daarachter tussen haakjes de eenheden in symbolen. De NLT Toolbox (2007) geeft stappen met uitleg geeft voor het maken van een tabel. Er wordt gesteld dat een tabel een titel moet hebben. De leerlingen moeten hierna de grootheden voor in de tabel kiezen en vervolgens moeten nadenken over het aantal kolommen en er wordt vermeld dat een kolom nog weer gesplitst kan worden voor meerdere metingen en een gemiddelde waarde. Hierna moet de tabel getekend worden, met boven elke kolom de grootheid en de eenheid. Er wordt ook geadviseerd om een dubbele lijn te tekenen tussen gemeten en berekende waarde. Als laatste wordt de tabel ingevuld. Voor het maken van een *grafiek* geven beide handleidingen een vergelijkbaar stappenplan. Eerst moet het assenstel getekend worden, met langs de assen de grootheid en eenheid en een regelmatig lopende schaalverdeling. Hierna moeten de meetresultaten ingetekend worden, hier wordt bij de NLT Toolbox (2007) extra genoemd dat de meetpunten duidelijke kruisjes of punten moeten zijn.

Vervolgens moet er een rechte of een vloeiende kromme lijn door de punten getekend worden. Beide handleidingen vermelden dat de punten niet één voor één met elkaar verbonden mogen worden.

Verder noemt de NLT Toolbox (2007) nog dat er een titel boven de grafiek moet.

Bij de *conclusie* is de handleiding van de NLT Toolbox (2007) veel uitgebreider. Bij Smits et al. (2008) wordt alleen genoemd dat hier het antwoord op de onderzoeksvraag moet komen. Bij de NLT Toolbox (2007) wordt ook genoemd dat de conclusie het antwoord op de onderzoeksvraag is, maar daarnaast wordt er gevraagd om een discussie, waarin een verklaring wordt gegeven van de resultaten.

Over het *verslag* zeggen beide handleidingen dat het er goed uit hoort te zien en op papier van A4 formaat gemaakt moet zijn. Daarnaast moet het verslag alle onderdelen van een verslag bevatten, dus een titel(pagina), een onderzoeksvraag, opstelling en benodigdheden, een werkwijze, resultaten en een conclusie. De NLT Toolbox (2007) benoemt duidelijk dat het verslag geschreven (of getypt) moet zijn in beknopt en goed Nederlands. Smits et al. (2008) benoemt meer eisen aan netheid, zoals ruime marges, goed leesbaar, een duidelijk kopje boven elke paragraaf en nette tekeningen, tabellen en grafieken.

2 Methode

Dit hoofdstuk beschrijft de methode waarmee de onderzoeksvragen onderzocht zijn. *Opzet onderzoek* beschrijft de momenten waarop de leerlingen de onderzoeken en oefeningen gedaan hebben. Er zijn verschillende onderzoeksoopdrachten gebruikt voor de leerlingen, deze staan beschreven in *Onderzoeksoopdrachten*. Hierna worden de handleidingen voor het maken van een werkplan en een verslag besproken. In *Oefening onderzoeksvaardigheden* staan de twee oefeningen voor onderzoeksvaardigheden die bedacht zijn. Om het niveau van de onderzoeksvaardigheden te testen is een rubric voor de beoordeling ontwikkeld, deze staat beschreven in *Rubric*.

2.1 Opzet onderzoek

Het doel van het onderzoek is kijken naar de onderzoeksvaardigheden van de leerlingen in verschillende leerjaren en kijken of onderzoeksvaardigheden verbeterd kunnen worden door korte oefeningen. Wegens de korte duur van dit onderzoek is het niet mogelijk om dezelfde leerlingen een jaar later opnieuw te testen, dus zijn er onderzoekpractica gedaan door leerlingen in verschillende jaren. Daarnaast wordt er gekeken of kleine oefeningen met onderzoeksvaardigheden invloed op het niveau van de leerlingen hebben.

Het onderzoek is uitgevoerd op het Twents Carmel College De Thij bij het vak natuurkunde. Er zijn twee practica in één 3 havo klas uitgevoerd, met daar tussen een interventie met kleine oefeningen, en er is één practicum in twee 4 havo klassen uitgevoerd. Alle practica zijn in het vierde kwartiel uitgevoerd, aan het einde van het schooljaar. In tabel 2.1 staat een overzicht van de activiteiten uitgevoerd in de klassen.

Tabel 2.1: overzicht van activiteiten uitgevoerd voor onderzoek

Klas	Wat	Datum	Waar	Duur	Bijzonderheden
3H	Werkplan 1	20 mei	Thuis	30 min.	
3H	Onderzoek 1	21 mei	School	60 min.	verslag op school afmaken op 28 mei
3H	Oefening onderzoeksvraag	31 mei	School	10 min.	
3H	Oefening werkplan	7 juni	School	10 min.	
4H klas 1	Werkplan	8 juni	School	45 min.	
4H klas 1	Onderzoek	10 juni	School	60 min.	verslag in de les af
4H klas 2	Werkplan	10 juni	School	60 min.	
4H klas 2	Onderzoek	11 juni	School	60 min.	verslag in de les af
3H	Werkplan 2	17 juni	School	30 min.	
3H	Onderzoek 2	18 juni	School	60 min.	verslag thuis afmaken voor 21 juni

2.2 Onderzoeksoopdrachten

De onderzoeken van de derde klas waren al gepland, met als doel om de leerlingen te leren de uitvoering van een experiment te laten bedenken en een goed verslag te schrijven. De leerlingen zijn geholpen met het bedenken van het experiment en het maken van een goed verslag. De onderzoekpractica waren geschikt voor het onderzoek. Zowel bij het eerste onderzoek als bij het tweede onderzoek waren er drie opdrachten waaruit de leerlingen konden kiezen. De opdrachten van het eerste onderzoek staan in bijlage A.1. De opdrachten horen bij hoofdstuk 3, Bewegen (Smits et al., 2008) en hebben alle drie met snelheid of versnelling te maken. Het doel van *Fietsremmen* is het verband testen tussen de beginsnelheid en de remafstand op de fiets. Leerlingen moeten dit uitproberen door op verschillende snelheden te fietsen en de remafstand te meten. De snelheid bij het fietsen kan berekend worden door van een bekende afstand te fietsen en de tijd die de fietser daar over doet te meten. Het doel van *stroboscopische foto* is dat leerlingen zelf een beweging bedenken en analyseren met behulp van een stroboscopische foto. De leerlingen kunnen zelf beslissen of ze bijvoorbeeld de verplaatsing of de snelheid willen bekijken. Een voorbeeld van een experiment dat leerlingen kunnen uitvoeren met een stroboscopische foto is een object laten vallen. De bedoeling van *De parachute* is dat leerlingen zelf kleine parachutes van verschillende groottes maken en opmeten wat de tijd is die de parachute over een bepaalde valafstand doet. De gemiddelde valsnelheid kan

berekend worden door de valafstand door de tijd te delen. Op deze manier wordt het verband tussen de grootte van de parachute en de valsnelheid van de parachute onderzocht.

De opdrachten van het tweede onderzoek staan in bijlage A.2, een van de drie opdrachten is door geen enkel groepje gekozen en daarvoor niet opgenomen in de bijlage. De opdrachten horen bij hoofdstuk 5, Energie (Smits et al., 2008) en hebben te maken met energieomzettingen. Bij *Autootje op veerenergie* is het de bedoeling dat de leerlingen een autootje op veerenergie verschillende afstanden achteruit trekken (en de veer opwinden) en meten hoever de auto rijdt. Op deze manier kijken ze naar de omzetting van veerenergie naar bewegingsenergie die vervolgens verloren gaat in wrijving. Bij *Bungee-jumpen* is het de bedoeling dat de leerlingen bungee-jumpen na doen in het klein. Ze moeten een massa aan een elastiek hangen en vanaf boven aan het elastiek laten vallen en kijken hoever het elastiek maximaal uitrekt. De lengte van het elastiek moet worden gevarieerd om zo het verband tussen de lengte van het elastiek en de maximale uitrekking bij bungee-jumpen te bepalen.

De onderzoekspractica die uitgevoerd zijn in 4 havo, zie bijlage A.3, zijn gemaakt voor dit onderzoek. De practica zijn ook gebruikt als oefening voor een praktisch schoolexamen aan het einde van het schooljaar. De onderzoeksopdrachten hadden daarmee als doel om de leerlingen meer te leren over het doen van een onderzoek en het maken van een verslag. De leerlingen is tussentijds feedback gegeven en er is geprobeerd om met kritische vragen leerlingen op de juiste weg te helpen. De uitvoering en opzet van deze onderzoekspractica zijn daarmee vergelijkbaar aan de practica van 3 havo.

In 4 havo hadden de leerlingen ook de keuze uit drie verschillende opdrachten. De opdrachten zijn zo gemaakt dat de leerlingen beschikten over de natuurkunde kennis die nodig was. Daarnaast was één stap in het onderzoek onduidelijk en leerlingen moesten dat zelf verzinnen. Bij *Massa-veer systeem* is het de bedoeling dat leerlingen het verband tussen de massa en de trillingstijd in een massa-veer systeem meten, door verschillende massa's aan een zelfde veer te hangen en de trillingstijd te meten. Hierbij moeten de leerlingen zelf bedenken dat één trillingstijd lastig op te meten is, maar dat de trillingstijd nauwkeurig te meten is door bijvoorbeeld tien trillingen opmeten en de tijd door tien te delen. Bij *Stuiterhoogte* is het de bedoeling dat leerlingen een bal van verschillende hoogtes laten stuiteren en meten hoe hoog de bal terug stuiter. In een grafiek kan de terugstuiterhoogte uitgezet worden tegen de beginhoogte en dan volgt de restitutiecoëfficiënt uit de richtingscoëfficiënt. Vervolgens kunnen bijvoorbeeld de soort bal en soort ondergrond gevarieerd worden en de restitutiecoëfficiënt vergeleken, om te kijken hoe de restitutiecoëfficiënt afhangt van deze variabelen. Het is de bedoeling dat de leerlingen zelf bedenken dat verschillende beginhoogtes gebruikt kunnen worden en de restitutiecoëfficiënt volgt uit de richtingscoëfficiënt van de grafiek. Bij *Veer en elastieken* is het de bedoeling dat leerlingen ijkgrafieken maken van de kracht en bijbehorende uitrekking, om zo het verband tussen deze twee grootheden te testen. De leerlingen moeten zelf nadenken hoe ze de betreffende kracht kunnen variëren en meten, door bijvoorbeeld een massa aan een veer te hangen (zwaartekracht) of een veerunster te gebruiken. Bij alle onderzoekspractica in 4 havo is de leerlingen gestimuleerd om ook na te denken over de nauwkeurigheid door bijvoorbeeld metingen te herhalen en de resultaten te middelen om zo tot een nauwkeuriger resultaat te komen.

Alle opdrachten in 3 en 4 havo hebben als doel dat een verband of afhankelijkheid getest wordt. Daarmee zijn alle opdrachten zo opgezet dat de leerlingen op een tabel en bijbehorende grafiek uit moeten komen.

2.3 Oefeningen onderzoekvaardigheden

Een deelvraag in het onderzoek, is om te kijken of het mogelijk is om leerlingen met een paar kleine oefeningen extra inzicht in onderzoeksvaardigheden te geven of weg gezakte kennis van vaardigheden op te halen. Er zijn twee kleine oefeningen van ongeveer 10 minuten gemaakt, met als onderwerpen de onderzoeksvraag en het werkplan. Beide aspecten worden moeilijk gevonden door leerlingen, dit bleek uit eerdere practica in 3H en ook uit het eerste onderzoekspracticum. Het was de bedoeling om de leerlingen te leren kritisch te kijken naar een onderzoeksvraag of een werkplan om zo te leren ook hun eigen onderzoeksvraag of werkplan kritisch te bekijken. De oefeningen staan in bijlage D.

De oefening voor de onderzoeksvraag bestaat uit twee meerkeuze vragen waar leerlingen een goede onderzoeksvraag moeten kiezen, hierna wordt er overlegd met medeleerlingen om zo te kijken welke keuze het beste is en waarom. Uit deze discussies wordt vervolgens gehaald welke opbouw bij onderzoeksvragen vaak voorkomt.

De oefening voor het werkplan bestaat uit een werkplan van een proef die al door de leerlingen is uitgevoerd, maar waar geen verslag bij gemaakt hoeft te worden. Dit werkplan mist een aantal

benodigdheden, onderdelen in de opstelling en stappen in de werkwijze. De leerlingen wordt gevraagd om het werkplan te verbeteren, door de onderdelen aan te vullen.

2.4 Rubric

Om het niveau van onderzoeksvaardigheden te vergelijken is een beoordelingsrubric ontwikkeld door de onderzoeker. Het is de bedoeling dat de rubric gebruikt kan worden om alle onderzoekspractica op dezelfde manier te beoordelen. De ontwikkelde rubric staat in bijlage B.

De rubric beoordeelt op vijf verschillende categorieën, namelijk de onderzoeksvraag, het werkplan, de uitgewerkte resultaten, de conclusie en het totale verslag. Iedere categorie wordt beoordeeld met vijf verschillende niveaus. Het eerste niveau betekent dat het onderdeel niet aanwezig is en het laatste niveau dat het onderdeel ver boven middelbare school niveau is. Deze twee niveaus worden in principe niet gebruikt. Het tweede niveau betekent dat het onderdeel wel aanwezig is, maar de kwaliteit onvoldoende. Het derde niveau geeft aan dat de kwaliteit net voldoende is en het vierde niveau geeft aan dat de kwaliteit ruim voldoende is.

De eisen die bij elke categorie horen en daarmee de verschillende niveaus aangeven, zijn uit vijf verschillende werkplan en verslag instructies of overzichten van onderzoeksvaardigheden gehaald (Smits et al., 2008; Berg & Buning, 1994; NLT Toolbox, 2007; Centraal Instituut voor Toetsontwikkeling [Cito], 1984, Bijlage 1; Van den Hengel, Van der Meer, Tel & Veugelers, 2003). De *onderzoeksvraag* moet overeenkomen met het onderzoek en beantwoord kunnen worden met een experiment. Het mag geen ja/nee- of waaromvraag zijn. Als de vraag erg breed of niet helemaal duidelijk gesteld is, maar wel bij het experiment hoort, is het net voldoende, niveau 3. Om ruim voldoende te scoren, niveau 4, moet de vraag duidelijk zijn en de situatie van de vraag afbakenen. Het *werkplan* bestaat uit de benodigdheden, stappen in de werkwijze en een tekening van de opstelling. In geen van deze drie onderdelen mag een belangrijk iets missen. Als alle benodigdheden, stappen en onderdelen van de tekening aanwezig zijn, maar bijvoorbeeld stappen onduidelijk beschreven zijn, is het net voldoende. Als alles ook duidelijk opgeschreven is en de tekening netjes, is het ruim voldoende. Om in niveau 5, boven middelbare school niveau, moet er ook aandacht zijn voor bijvoorbeeld veiligheid en nauwkeurigheid van de metingen, ook zouden type nummers van apparaten vermeld moeten worden.

De beoordeling van de *resultaten* kijkt met name of tabellen en grafieken opgebouwd zijn zoals bij natuurkunde de gewoonte is. Voor een tabel betekent dit dat alle zinvolle kolommen aanwezig moeten zijn, daarnaast moeten de grootheden en eenheden duidelijk zijn, dan is het net voldoende. Als de grootheden en eenheden boven aan de kolom genoteerd zijn, dan is de beoordeling ruim voldoende. Een grafiek moet assen met goede schaalverdeling en grootheden met eenheden bevatten. In de grafiek moeten losse meetpunten zichtbaar zijn en de lijn moet een rechte of vloeiende kromme lijn zijn, die zo goed mogelijk bij de meetpunten aansluit. Als de meetpunten in de grafiek duidelijk zichtbaar zijn, met bijvoorbeeld kruisjes, wordt de beoordeling ruim voldoende. Als in de tabellen en de grafieken ook de foutmarges in de metingen wordt mee genomen, wordt dit als boven niveau gezien. Als tabellen en grafieken op een ander niveau beoordeeld worden, dan telt het laagste niveau als beoordeling voor *resultaten*.

De *conclusie* is voldoende als er een goed antwoord op de onderzoeksvraag gegeven wordt. Als er naast dit antwoord ook een discussie van het resultaat aanwezig is, is het ruim voldoende. Voor niveau 5 moet ook de nauwkeurigheid en de foutenmarges besproken worden.

Het *verslag* beoordeeld met name of het verslag netjes en in correct Nederlands uitgewerkt is. Daarvoor moeten alle onderdelen van een verslag aanwezig zijn, het verslag moet netjes schrijven, of getypt, zijn en het verslag mag geen kromme zinnen of spelfouten bevatten. Als het verslag leesbaar en begrijpbaar is, dan is het net voldoende. Voor ruim voldoende moet het Nederlands correct en beknopt zijn. Mocht plagiaat aanwezig zijn in het verslag wordt de categorie *verslag* als onvoldoende beoordeeld.

3 Resultaten

De individuele rubric beoordelingen staan in bijlage E. De verslagen zijn alleen door de onderzoeker beoordeeld, hiermee zijn alle verslagen vergelijkbaar beoordeeld, maar één enkele beoordelaar kan fouten maken in de interpretatie van de verslagen van leerlingen. In tabel 3.1 staat een overzicht van de gemiddelde waarden met standaard deviatie per klas. Vervolgens staat per onderdeel welke fouten gemaakt zijn en korte opmerkingen over de lessen waarin de practica gegeven zijn. Ook worden de gegeven oefeningen kort besproken.

Tabel 3.1: De gemiddelde rubric-waarden en standaard deviatie. De rubric waarden gaan van 1 – 5.

Klas	Aantal verslagen	Rubric categorie; Gemiddelde waarde (standaard deviatie)				
		Onderzoeks vraag	Werkplan	Resultaten	Conclusie	Verslag
3 Havo eerste verslag	13	3.62 (0.65)	2.23 (0.60)	3.00 (0.71)	2.85 (0.38)	3.08 (0.28)
3 Havo tweede verslag	11	3.09 (1.04)	2.55 (0.52)	2.82 (0.75)	3.09 (0.54)	3.00 (0.00)
3 Havo samen	24	3.38 (0.88)	2.38 (0.58)	2.92 (0.72)	2.96 (0.46)	3.04 (0.20)
4 Havo klas 1 eerste verslag	9	3.33 (0.71)	2.56 (0.73)	2.44 (0.53)	2.67 (0.87)	3.11 (0.78)
4 Havo klas 2 eerste verslag	9	3.44 (0.73)	3.00 (0.71)	2.00 (0.00)	2.67 (0.50)	3.11 (0.33)
4 Havo samen	18	3.39 (0.70)	2.78 (0.73)	2.22 (0.43)	2.67 (0.69)	3.11 (0.58)

Als de gemiddelde waarden tussen de twee verslagen van 3 havo vergeleken worden, lijken er wat verschillen in te zitten. Het niveau van de onderzoeksvraag, resultaten en het verslag gaan omlaag en het werkplan en de conclusie gaan iets omhoog. Als echter met een Student T-Test wordt gekeken of er verschillen tussen zitten, zie bijlage F.1, blijken deze verschillen niet significant. Dit geeft aan dat de oefeningen in 3 havo geen significant effect hebben gehad. De twee verschillende verslagen worden samen genomen om een grotere groep te kunnen vergelijken met de twee 4 Havo klassen, twee verschillende klassen van in principe hetzelfde niveau.

De gemiddelde waarden tussen 3 havo samen en 4 havo samen verschillen op een aantal punten. De kwaliteit van de onderzoeksvraag blijft ongeveer gelijk, terwijl de resultaten en conclusie wat omlaag gaan en het werkplan en het verslag iets omhoog gaan. De resultaten van de Student T-Test, zie bijlage F.2, laten zien dat kwaliteit van de onderzoeksvraag ($t = -0.06$, n.s.) en het verslag ($t = -0.54$, n.s.) gelijk blijven. De kwaliteit van het werkplan ($t = -2.00$, $p = 0.05$) gaat omhoog. De kwaliteit van de resultaten ($t = 3.64$, $p = 0.001$) gaat sterk omlaag en de kwaliteit van de conclusie ($t = 1.64$, $p = 0.11$) gaat iets omlaag.

Naast de niveau vergelijking tussen 3 en 4 havo is ook gekeken naar een correlatie, zie bijlage G tussen de verschillende categorieën. Er is een correlatie van de conclusie met de onderzoeksvraag ($\alpha = 0.35$, $p = 0.02$) en de resultaten ($\alpha = 0.32$, $p = 0.04$). Ook is er een correlatie tussen het verslag en het werkplan ($\alpha = 0.57$, $p = 0.00$).

3.1 Rubric categorie: Onderzoeksvraag

De leerlingen zijn in principe geholpen bij het verzinnen van hun onderzoeksvraag. In veel gevallen is de vraag indirect uit de opdracht te halen door de zin die het doel van het onderzoek beschrijft te vervormen tot een vraag. Daarnaast hebben docenten bij een aantal groepjes mee gekeken en soms geadviseerd om een vraag te verbeteren. Een tweetal groepjes heeft op aanraden van de docent de vraag verbeterd, maar vervolgens niet meer goed naar de vraag gekeken, waardoor er een hele rare zin uitkwam. Verder zijn er een paar groepjes die uitkwamen met een ja/nee vraag, in deze gevallen was de vraag: "Is er een verband tussen...?" in plaats van "Wat is het verband tussen...?"

De vraag die gesteld wordt is vaak breed, omdat leerlingen het onderzoek niet afbakenen, door in de vraag de situatie te noemen. Zo was bij het Massa-veer systeem van 4 havo de vraag vaak: "Wat is het verband tussen de massa en de trillingstijd?". Hierin wordt niet gespecificeerd dat de vraag bedoeld is voor een massa-veer systeem. Het niet noemen van de situatie kwam bij 3 havo ook regelmatig voor in andere experimenten die niet gebruikt zijn voor dit onderzoek,

Bij het tweede onderzoek van 3 havo stond de onderzoeksvraag al in de opdracht. Er zijn echter een paar groepjes die alsnog zelf een vraag hebben verzonnen. En verder zijn er vier groepjes die de opdracht van *Bungee-jumpen* anders hebben uitgevoerd dat met de vraag bedoeld werd, de leerlingen hebben daarbij niet opnieuw gekeken of de vraag nog wel overeen kwam met het onderzoek.

In 3 Havo is tussen de twee onderzoeken een kleine oefening met onderzoeksvragen gegeven, zie bijlage D. Hier gaven leerlingen de indruk te weten wat de beste soort vragen waren. Doordat bij het tweede onderzoek van 3 havo al een vraag gegeven was, is niet goed getest of de oefening effect gehad heeft.

3.2 Rubric categorie: Werkplan

Leerlingen van zowel 3 havo als 4 havo vergeten vaak stappen te noemen die ze wel uitvoeren of benodigdheden op te schrijven die ze wel gebruiken tijdens het doen van een experiment. Dit zorgt ervoor dat het werkplan niet compleet is. Wat bijvoorbeeld bij het eerste experiment van 3 Havo vaak vergeten werd te noemen bij de *stroboscopische foto* was welke sluitertijd en het aantal flitsen per seconde gebruikt werden. Dit waren dingen die ingesteld moesten worden door de TOA, maar waar de leerlingen zelf wel de waarde voor moesten bedenken. Als de uitvoering van het experiment makkelijker is, met minder stapen of instellingen, dan worden vaker alle stappen benoemd. Naast het missen van stappen of benodigdheden is ook de tekening van de opstelling niet altijd volledig, omdat niet alle onderdelen in de opstelling staan of het is in de tekening niet duidelijk wat alles voorstelt. Verder noemen een aantal leerlingen in het werkplan dat ze de opstelling bouwen, waardes noteren, een grafiek maken of conclusies trekken. In sommige gevallen werd de onderzoeksvraag herhaald in uitvoerende vorm ("we gaan onderzoeken wat het verband is tussen..."). Dit zijn overbodige opmerkingen en als het goed is, is vanaf het begin van het schooljaar duidelijk gemaakt dat deze opmerkingen niet genoemd moeten worden.

Met 3 havo is ook een oefening gedaan voor het verbeteren van een werkplan, zie bijlage D. Hierbij is een werkplan gemaakt waarin benodigdheden, stappen in het werkplan en onderdelen in de opstelling misten. Niet alle leerlingen hebben de oefening uitgevoerd, maar de leerlingen die er wel mee bezig waren, zagen niet welke stappen afwezig waren. Vaak werd wel gezien welke benodigdheden of onderdelen in de opstelling misten, maar de stappen in het werkplan werden niet gezien.

De handleiding van 4 havo biedt meer structuur voor het maken van een werkplan en meeste onderdelen hiervan worden goed gemaakt, maar ook hier miste in de werkwijze vaak stappen of bevatte de werkwijze overbodige toevoegingen (zoals waarden noteren).

Een opvallend verschil bij het maken van het werkplan is dat 3 havo hier slecht voor te motiveren is terwijl 4 havo zonder grote problemen een werkplan gaat maken. 3 Havo snapt niet waarom het nuttig is om vooraf over de uitvoering van de proef na te denken. Ook na uitleg en kritische vragen van de docent wilden de leerlingen het werkplan niet maken. De onderzoeksvraag wordt wel bedacht, maar de leerlingen willen de benodigdheden en werkwijze pas opschrijven als ze het uitgevoerd hebben.

3.3 Rubric categorie: Resultaten

Leerlingen in 3 havo missen een aantal keer één of meerder kolommen in een tabel, als er meer dan twee kolommen nodig zijn. Bijvoorbeeld bij *Bungee-Jumpen*, als uitgevoerd door een massa aan de veer te hangen en de uitrekking te meten, zijn drie kolommen handig, namelijk beginlengte veer, maximale lengte veer en uitrekking veer (verschil tussen vorige twee kolommen). Hier mist vaak de derde kolom (de uitrekking).

In 4 havo valt het op dat leerlingen de tabellen niet overzichtelijk maken. Zeker bij *Stuiterhoogte* zijn veel groepjes die geen tabel maken, maar een per regel de instellingen (dus bijvoorbeeld "ondergrond is linoleum en soort bal is stuiterbal") en dan de meting. Ook worden herhalingen van metingen niet logisch in een tabel neer gezet, maar bijvoorbeeld in een cel drie waarden onder elkaar, in plaats van drie losse kolommen naast elkaar.

In 4 havo klas 2 zijn veel groepjes die geen grafiek getekend hebben, ze hebben alleen een tabel gemaakt en geprobeerd daaruit een verband te halen. Bij een aantal onderzoek van *Stuiterhoogte*, waar dan vaak geen nette tabel gemaakt wordt en niet met verschillende beginhoogtes gemeten wordt, is het lastig om de waarden in een zinvolle grafiek te zetten. Echter bij de andere onderzoeken *Massa-veer* en *Veer en elastieken* zou het zeer zinvol zijn om een grafiek te maken, toch gebeurde dit niet.

In alle onderzoeken in 3 en 4 havo waar de grafiek gemaakt wordt, worden vergelijkbare fouten gemaakt. De leerlingen zijn geneigd om de punten in de grafiek met elkaar te verbinden, rechtstreeks of door een slingerlijn die alle punten mee neemt. De leerlingen wordt geleerd dat ze een rechte of

vloeiende lijn zo dicht mogelijk langs de punten moeten tekenen, maar ze deden dit vaak niet vanuit zichzelf. Bij een aantal groepjes is door de docent geadviseerd om een lijn te tekenen en slechts een klein aantal groepjes deed het vanuit zichzelf goed.

Verder missen bij grafieken vaak de bijschriften bij de assen, dit komt meer voor bij 4 havo, maar ook bij 3 havo worden deze bijschriften, of bijvoorbeeld alleen de eenheden, ook vergeten.

Als laatste komt vaak voor dat leerlingen de punten in de grafiek met kleine stipjes neer zetten, in plaats van bijvoorbeeld kruisjes of bolletjes. Hierdoor zijn de losse metingen niet goed zichtbaar.

3.4 Rubric categorie: Conclusies

De belangrijkste fout die gemaakt wordt bij de conclusie, is dat een klein aantal groepjes, zowel in 3 als 4 havo, geen antwoord geeft op de onderzoeksvraag. Één keer, was de vraag niet goed en gaven ze wel een redelijke conclusie als ze een goede vraag gesteld hadden.

In de handleiding van 3 havo wordt niet gestimuleerd om het resultaat te bediscussiëren. Dit gebeurt dus ook niet, behalve bij twee verslagen in het tweede onderzoek. De handleiding van 4 havo vraagt wel om een discussie, verklaring van het resultaat. Maar hier wordt vaak ook alleen een antwoord op de onderzoeksvraag gegeven en een discussie weggelaten.

3.5 Rubric categorie: Verslag

Met dit aspect wordt met name beoordeeld of het verslag netjes en in correct Nederlands uitgewerkt is. De leerlingen werken door op hun werkplan, dat nagekeken is. Bij 4 havo is op een los blad feedback geleverd en bij 3 havo het tweede verslag zijn met potlood opmerkingen bij het werkplan gezet. In beide gevallen worden verbeteringen gemaakt, door het te verbeteren gedeelte door te strepen. Dit geeft het verslag een slordige indruk.

Leerlingen die genoeg tijd hadden voor hun onderzoek of het thuis af mochten maken, waren geneigd om het verslag uit te typen en leverde daarmee een veel netter verslag met correct Nederlands in. Een ander punt van beoordeling was plagiaat. Plagiaat kwam niet letterlijk voor. In enkele verslagen leken de opbouw van bijvoorbeeld de tabellen of de opstelling erg op elkaar, maar de verslagen waren niet letterlijk hetzelfde. Een aantal onderzoeksvragen was wel letterlijk hetzelfde, maar er is slechts een klein gedeelte vragen dat correct aansluit bij het onderzoek, dus dit is niet beoordeeld als plagiaat.

4 Conclusie en discussie

Dit hoofdstuk bespreekt de resultaten en geeft een conclusie bij het onderzoek. Daarnaast worden de onderzoeksopdrachten, de oefeningen, de rubric en de opzet van het onderzoek besproken en geëvalueerd. Als laatste worden aanbevelingen gedaan voor het oefenen van onderzoeksvaardigheden en voor vervolg onderzoek.

4.1 Bespreking van resultaten

De correlaties die ontstaan tussen de verschillende rubric categorieën zijn te verklaren. Er is een correlatie tussen de *conclusie* en de *onderzoeksvraag* en de *resultaten*. Het is logisch dat een conclusie beter getrokken kan worden als er een goede onderzoeksvraag gesteld is. Als de vraag slecht gesteld is, of niet klopt met het onderzoek is het niet mogelijk om tot een goed antwoord op de vraag te komen. Als de resultaten netter en overzichtelijker zijn uitgewerkt is het ook te verwachten dat er een betere conclusie mogelijk is. En als de resultaten niet kloppen of slordig zijn, dan wordt het lastiger om een conclusie te trekken.

Ook is de correlatie tussen het *verslag* en het *werkplan* logisch. Met categorie *verslag* wordt beoordeeld wat de netheid en nauwkeurigheid van het werken tijdens het maken van het verslag is. Als net en nauwkeurig gewerkt wordt, is de kans ook minder groot dat er in het werkplan stappen of benodigdheden vergeten worden of dat de opstelling slordig getekend is. Daar tegenover als er slordig gewerkt wordt, worden ook sneller onderdelen vergeten in het werkplan.

Het algemene niveau van de leerlingen van 3 havo is redelijk, met uitzondering van het *werkplan*, scoren de meeste leerlingen voldoende op de verschillende categorieën. In 4 havo scoort een groter aantal leerlingen onvoldoende in vergelijking met 3 havo, met uitzondering van de categorie *werkplan*. De leerlingen moeten onderzoeksvaardigheden naast natuurkunde ook bij scheikunde ook veelvuldig oefenen. Het is mogelijk dat deze vaardigheden niet aangesproken worden bij het doen van een onderzoek bij natuurkunde, omdat ertussen schema's waarin de kennis in het geheugen opgeslagen ligt, zie paragraaf 1.2, niet voldoende dwarsverbindingen tussen natuurkunde en scheikundige onderzoeksvaardigheden bestaan.

Hieronder worden de resultaten per rubric categorie besproken.

4.1.1 Rubric categorie: Onderzoeksvraag

De effectiviteit van de oefening over de onderzoeksvraag is niet getest aangezien bij het tweede onderzoek van 3 havo al een onderzoeksvraag gegeven was. Ondanks dat de vraag al gegeven was, hebben de leerlingen in 3 havo niet significant beter gescoord bij het tweede onderzoek. Dit zou kunnen komen doordat een aantal leerlingen het onderzoek veranderd heeft en er vervolgens niet meer aan gedacht heeft, of aan herinnerd is, dat de vraag en het onderzoek niet meer overeen komen. Ook zijn er een aantal leerlingen die niet erg goed naar de opdracht gekeken hebben en alsnog een eigen vraag bedacht hebben, deze vraag was niet in alle gevallen goed bedacht. Het niveau van onderzoeksvragen tussen 3 en 4 havo blijft ook ongeveer gelijk. Dit zou kunnen komen omdat de categorie *onderzoeksvraag* voor de rubric ongelukkig gekozen is. De onderzoeksvraag is namelijk indirect uit de opdracht te halen. In de opdracht wordt namelijk het doel genoemd en als deze zin omgevormd wordt tot een vraag, ontstaat een redelijke onderzoeksvraag. Blijkbaar kunnen 3 en 4 havo vergelijkbaar goed een vraag uit een doel construeren. Bij een aantal opdrachten van zowel 3 als 4 havo wordt in deze zin niet de situatie genoemd waarvoor de vraag geldt, dit wordt dan ook door alle leerlingen gemakkelijk vergeten. Bij het maken van de onderzoeksvraag is door de aanwezige docenten in 3 en 4 havo geprobeerd vergelijkbare hulp te bieden. De handleiding van 4 havo biedt iets meer structuur voor het bedenken van een vraag, maar 3 havo heeft het afgelopen jaar meer geoefend met een vraag. Deze aspecten wegen of niet genoeg mee, of vergelijkbare hoeveelheid mee bij het maken van een goede onderzoeksvraag en daarmee komen 3 en 4 havo op een vergelijkbaar niveau uit. Het algemene niveau van de onderzoeksvraag is redelijk, het ligt boven het derde niveau en is daarmee voldoende. Het zou mooier zijn als alle leerlingen een goede onderzoeksvraag met in de vraag de situatie kunnen maken, maar met de gekozen voorwaarden in de rubric is dit niet noodzakelijk voor een voldoende.

4.1.2 Rubric categorie: Werkplan

Het maken van een goed werkplan wordt door leerlingen als lastig ervaren. Leerlingen vergeten snel alle benodigdheden en stappen in het werkplan te noemen. De oefening in 3 havo gaf geen significante verbetering. De oefening is niet goed gemaakt, dus het is niet vreemd dat het geen verbetering opleverde. Ook is het eenmalig oefenen van een vaardigheid waarschijnlijk niet voldoende, aangezien voor het aanleren van procedurele kennis regelmatige oefening nodig is. De oefening zou hooguit zinvol geweest kunnen zijn als de procedurele kennis al aanwezig was en slechts opgehaald hoefde te worden.

Het niveau van het werkplan tussen 3 en 4 havo verschilt significant. 4 Havo heeft over het algemeen een hoger niveau dan 3 havo. Dit zou kunnen komen door de extra structuur die de handleiding van 4 havo biedt voor het maken van een werkplan. Ook hadden de leerlingen van 4 havo minder problemen met het moeten maken van een werkplan, terwijl de 3 havo leerlingen niet voor het uitvoeren van de proef over het werkplan wilden nadenken. Daarnaast is bedenken van alle benodigdheden en het noemen van alle uitgevoerde stappen ook een vaardigheid die voor elke proef hetzelfde is. Deze vaardigheid wordt nog geoefend in 4 havo bij scheikunde en als de leerlingen in het geheugen de dwarsverbinding maken tussen een werkplan bij scheikunde en een werkplan bij natuurkunde is het niet verwonderlijk dat 4 havo beter scoort op dit onderdeel.

Het algemene niveau van 3 en 4 havo ligt onder een voldoende. Bij 3 havo is het niveau behoorlijk te laag en bij 4 havo is het niveau net te laag. Als het klopt dat de leerlingen deze vaardigheid leren door het oefenen bij scheikunde en misschien nog andere vakken, dan is het heel belangrijk dat leerlingen meer oefenen gedurende hun hele school tijd, want in 3 en 4 havo is het niveau nog onvoldoende.

4.1.3 Rubric categorie: Resultaten

Het niveau voor het maken van tabellen en grafieken is in 3 havo niet verbeterd tussen de twee onderzoeken in. Er is met deze vaardigheid niet geoefend, maar het zou mogelijk zijn dat de leerlingen leren van de feedback op hun eerste onderzoek of deze vaardigheid bij scheikunde hadden geoefend en geleerd. Dit is echter niet gebeurd.

Tussen 3 en 4 havo is wel een significant verschil met het maken van de resultaten. 3 Havo scoort gemiddeld 0.7 punt hoger dan 4 havo. Dit zou kunnen komen omdat met de categorie *resultaten* in principe beoordeeld wordt of alle tabellen en grafieken volgens de regels die bij natuurkunde gelden, gemaakt zijn. 3 Havo oefent het maken van tabellen en grafieken minstens één keer per maand bij het doen van een experiment. Terwijl 4 havo dit veel minder oefent bij natuurkunde, omdat geen experimenten gedaan worden en ook geen andere tabellen of grafieken getekend hoeven worden.

Waarschijnlijk wordt in de meeste proeven bij scheikunde ook geen tabel of grafiek gevraagd. 3 Havo heeft dus voldoende kennis om goede tabellen en grafieken te maken, maar bij 4 havo is deze kennis weggezakt of hebben de leerlingen misschien andere regels voor het maken van tabellen en grafieken geleerd bij vakken zoals wiskunde. Een ander aspect voor de significante verslechtering van 4 havo kan zijn, dat in één klas door bijna geen enkel groepje een grafiek gemaakt is bij de tabel, terwijl dit wel zeer goed mogelijk en zinvol was. Hierdoor scoort 4 havo gemiddeld aanzienlijk lager.

Het algemene niveau in 3 havo is net niet voldoende en bij 4 havo is het onvoldoende. Het is dus belangrijk dat leerlingen blijven oefenen met het maken van tabellen en grafieken. Ook moet leerlingen duidelijk blijven dat als een verband of afhankelijkheid getest wordt, hier eigenlijk altijd een grafiek bij gemaakt moet worden, omdat uit de grafiek de conclusie beter te halen is dan uit een tabel.

4.1.4 Rubric categorie: Conclusie

Het niveau van het maken van een conclusie is in 3 havo niet verbeterd tussen de twee verslagen in. Er is met deze vaardigheid niet extra geoefend, dus hier geldt hetzelfde als bij de resultaten: de leerlingen hebben deze vaardigheid niet bij een ander vak geleerd en de leerlingen hebben niet geleerd van de feedback op het eerste onderzoek.

Tussen 3 en 4 havo blijkt dat 3 havo iets beter is in het trekken van een conclusie en het geven van een discussie. Dit is vreemd aangezien 4 havo een uitgebreidere handleiding heeft, die in tegenstelling tot de handleiding van 3 havo, ook expliciet om een discussie vraagt, wat een belangrijk beoordelingscriterium van deze categorie is. Daarnaast zou te verwachten zijn dat het trekken van conclusies uit een experiment een vaardigheid is, die niet echt van het experiment af hangt en dus geoefend kan worden bij andere vakken zoals scheikunde.

Het niveau van 3 havo voor het maken van een conclusie is bijna voldoende, als de leerlingen hier verder mee zouden oefenen, zal het niveau waarschijnlijk wel voldoende worden. Het niveau in 4 havo is iets gezakt en daarmee onvoldoende, er moet dus geoefend worden met het maken van een conclusie.

4.1.5 Rubric categorie: Verslag

Het niveau van het verslag verschilt niet tussen de twee verslagen van 3 havo en tussen 3 en 4 havo. De categorie *verslag* is eigenlijk een test die bekijkt hoe net gewerkt wordt door de leerlingen en of er beknopt en correct Nederlands gebruikt wordt in het verslag. Uit de resultaten blijkt dat er tussen de twee jaren niet veel verschil in netheid zit.

Het algemene niveau van het verslag is voldoende, maar het zou beter zijn als leerlingen meer aandacht aan netheid besteedden bij het maken van een verslag. Waarschijnlijk zouden daardoor het niveau van de andere rubric categorieën ook omhoog gaan.

4.2 Conclusie

Het algemene niveau van onderzoeksvaardigheden is niet hoog. De gemiddelde waarden zitten in de buurt van niveau 3 of daaronder het is dus net niet voldoende. Het is dus zinvol om meer te oefenen met natuurkundig onderzoek in 3 havo.

Tussen 3 en 4 havo zit geen niveau verschil op de categorieën *onderzoeksvraag* en *verslag*. De op de categorie *werkplan* scoort 4 havo beter en dit aspect hoeft dus niet extra geoefend te worden in de bovenbouw. Echter op de categorieën *resultaten* en *conclusie* scoren de leerlingen in 4 havo lager. Deze aspecten gaan dus achteruit zonder oefening bij natuurkunde en het is dus noodzakelijk onderzoeksvaardigheden te oefenen in 4 havo.

De leerlingen in 3 havo verbeteren hun onderzoeksvaardigheden niet significant door de twee oefeningen met als onderwerpen de *onderzoeksvraag* en het *werkplan*. Ook geeft het bekijken van de feedback op een eerder verslag geen significante verbeteringen.

4.3 Discussie

Deze paragraaf bespreekt de verschillende onderdelen van het onderzoek en geeft mogelijke verbeteringen. Het bespreekt als eerste de verschillende onderzoeksopdrachten, als tweede de onderzoekvaardigheden oefeningen, als derde de rubric en als laatste de opzet van het gehele onderzoek.

4.3.1 Onderzoeksopdrachten

De drie opdrachten, horende bij het eerste onderzoek van 3 havo, zie bijlage A.1, zijn naar behoren verlopen. Het was de leerlingen duidelijk wat er van hen verwacht werd. De opdrachten van het tweede onderzoek van 3 havo, zie bijlage A.2, waren minder handig voor het onderzoek omdat de onderzoeksvraag al gegeven was en de leerlingen deze niet zelf hoefden te verzinnen, terwijl dit één van de vijf beoordelingscategorieën in dit onderzoek is. Het zou beter zijn als deze opdrachten ook de leerlingen vroegen om zelf een onderzoeksvraag te verzinnen. Daarnaast zorgde de opdracht *bungee-jumpen* voor verwarring, een aantal leerlingen heeft de massa niet laten vallen zoals bij bungee-jumpen zou moeten, maar gekeken heeft wat de maximale uitrekking is, in een stationaire situatie. Op zich is dit ook een leuk onderzoek over krachten, maar het was niet het doel van deze opdracht, die hoort bij een hoofdstuk over energie.

De opdrachten van 4 havo, zie bijlage A.3, moeten zeker verbeterd worden. Er ontstond verwarring over de opdracht van *veer en elastieken* door de zin "Je gaat een onderzoek doen naar de afhankelijkheid tussen de kracht die nodig is voor een uitrekking en de uitrekking.", doordat in deze zin twee keer achter elkaar "uitrekking" genoemd staat. Dit zou bijvoorbeeld verbeterd kunnen worden naar "Je gaat een onderzoek doen naar hoe de kracht die nodig is voor een uitrekking afhangt van de lengte van de uitrekking".

De leerlingen zien bij *massa-veer systeem* vaak niet dat ze niet de trillingstijd van bijvoorbeeld tien trillingen kunnen meten. Ook waren er wat groepjes die in plaats van gemeten, de trillingstijd berekend hebben, door eerst de kracht en uitrekking te meten, daaruit de veerconstante te berekenen en vervolgens de trillingstijd te berekenen. Het zou verstandiger zijn om bij deze opdracht leerlingen niet na te laten denken over een mogelijke hypothese, daar wordt namelijk de formule opgezocht en dan meten leerlingen blijkbaar niet meer. Een andere mogelijkheid is om de formule in de opdracht te geven en de leerlingen deze formule te laten verifiëren.

Bij *stuiterhoogte* bedenken veel leerlingen niet dat de beginhoogte ook gevarieerd kan worden en dat uit de grafiek van de terug stuiterhoogte tegen de beginhoogte de restitutiecoëfficiënt gehaald kan worden. Deze opdracht zou misschien explicieter moeten vermelden dat er een grafiek gemaakt moet worden met op de horizontale as de beginhoogte. Met de opdracht in de huidige vorm wordt door de meeste groepjes geen grafiek gemaakt.

4.3.2 Oefening onderzoeksvaardigheden

De kleine oefeningen voor de onderzoeksvaardigheden *onderzoeksvraag* en *werkplan* hadden in de huidige vorm geen effect. Dit heeft waarschijnlijk als reden dat voor het aanleren van procedurele kennis regelmatige oefening nodig is, terwijl de oefeningen binnen het onderzoek eenmalig waren. Verder is het ook mogelijk dat de opdrachten zelf niet geschikt zijn voor het beoogde resultaat. De oefening voor de onderzoeksvraag test alleen of leerlingen een goede vraag kunnen herkennen en kunnen beredeneren of het een goede vraag is. Dit is minder lastig dan zelf een vraag verzinnen. Deze oefening was waarschijnlijk te makkelijk voor de leerlingen. Het zou effectiever geweest zijn als leerlingen hierna ook nog een aantal keer geoefend hadden met het zelf maken van een onderzoeksvraag.

De oefening voor het werkplan was waarschijnlijk te moeilijk, aangezien veel leerlingen aangaven de opdracht niet te kunnen maken. Als het leerlingen lukt om kritisch naar een werkplan te kijken, kan daar veel van geleerd worden. Echter als leerlingen nog niet op het niveau zijn dat ze kritisch kunnen beoordelen, kunnen ze heel weinig met de opdracht. Hier is het waarschijnlijk beter om leerlingen regelmatig te laten oefenen door bijvoorbeeld de benodigdheden van een klein experiment op te laten schrijven en de benodigdheden lijst van elkaar te laten nakijken. En hetzelfde kan uitgevoerd worden met een stappenplan of een opstelling.

4.3.3 Rubric

De rubric moet verbeterd worden. Momenteel worden met de rubric vijf categorieën bekeken die binnen verslagvaardigheden vallen, dit is ook waar 3 havo voornamelijk op oefent (E. Wiehink, persoonlijke communicatie, 19 april, 2010). Verslagvaardigheden zijn goed te beoordelen, omdat het verslag een eindresultaat is. De rubric bevat echter een aantal onhandige beoordelingscriteria. Bij de categorie *onderzoeksvraag* is het niet noodzakelijk om de situatie in de vraag te noemen voor een voldoende beoordeling, terwijl dit ook een belangrijk aspect van de onderzoeksvraag is. Het *werkplan* en de *resultaten* worden gemakkelijk onvoldoende beoordeeld, als slecht één klein onderdeel of detail vergeten wordt. De *conclusie* heeft ook als beoordelingscriteria dat een discussie van het resultaat aanwezig moet zijn, terwijl dit in de handleiding van 3 havo niet genoemd wordt. Het *verslag* wordt grotendeels gebruikt om netheid te beoordelen en dit is voor onderzoeksvaardigheden geen belangrijk aspect. De rubric zou aangepast moeten worden om meer op onderzoeksvaardigheden te richten. Daarbij zouden bijvoorbeeld de vaardigheden van Trowbridge et al. (2004), zie hoofdstuk 1.1, als basis kunnen dienen. Het zou ook beter zijn om in plaats van een niveau verdeling van vijf niveaus, waarbij effectief drie niveaus gebruikt worden, gebruik te maken van een schaal verdeling van zeven niveaus, waarbij effectief vijf niveaus gebruikt worden. Dan kan ook duidelijk gekeken worden of het niveau zwaar onvoldoende of bijvoorbeeld maar net onvoldoende is. Wat ook een sterke verbetering zou zijn, is om per onderzoeksopdracht een aparte inhoudelijke rubric te maken, maar dat zou kunnen veroorzaken dat de resultaten van de verschillende opdrachten niet goed met elkaar te vergelijken zijn.

4.3.4 Opzet onderzoek

Het onderzoek in zijn geheel zou ook verbeterd kunnen worden. Voor het onderzoek zou het onder andere nuttig kunnen zijn als de leerlingen van 3 en 4 havo exact dezelfde opdracht krijgen, zodat beter vergeleken kan worden of er verschillen zitten in de uitwerking van de opdracht. Ook zouden de leerlingen met exact dezelfde handleiding moeten werken om de leerlingen een zelfde startpunt te geven. Één van de grootste discrepanties van het onderzoek, is dat gekeken wordt of onderzoeksvaardigheden behouden blijven na een jaar, maar dat er in verschillende jaargangen getest wordt en niet een klas na een jaar weer getest wordt, in dat geval zou niet gewerkt kunnen worden met dezelfde onderzoeksopdrachten. Hiernaast is de groep waarin het onderzoek is uitgevoerd klein. Het zou beter zijn als het onderzoek in alle derde klassen uitgevoerd wordt en een jaar later in alle vierde klassen. Het zou daarnaast nuttig zijn het onderzoek een aantal keren te herhalen in nieuwe derde klassen, om te voorkomen dat er toevallig een jaargang aan leerlingen is, dat beter of slechter is in onderzoek doen. Ook moet het onderzoek op meerdere scholen uitgevoerd worden, zodat een zo objectief mogelijk beeld ontstaat. Tevens bekijkt dit onderzoek alleen de havo en het zou goed zijn om een zelfde onderzoek in het vwo uit te voeren. Het zou namelijk mogelijk kunnen zijn dat de leerlingen van het vwo beter in staat zijn om voldoende procedurele kennis te onthouden of voldoende vaardigheden uit andere vakken te halen.

Om te testen of de oefeningen zinvol zijn zouden er eigenlijk minimaal twee klassen parallel getest moeten worden, waarin de oefeningen in één klas wel uitgevoerd worden en in de andere klas niet. Verder is er in het huidige onderzoek weinig tijd voor oefening van de vaardigheden, terwijl bij het aanleren van procedurele kennis juist regelmatige oefening nodig is. Het zou ook zinvol kunnen zijn

om in de vierde klas een tweede onderzoek uit te voeren na een onderzoek met feedback, om te kijken of de leerlingen veel geleerd (of kennis opgehaald) hebben bij het eerste onderzoek. Daaruit zou gehaald kunnen worden of een enkele keer oefenen van een onderzoek voldoende is om weer voldoende niveau aan onderzoekvaardigheden te behalen. Ook zouden oefeningen met onderzoeksvaardigheden, in de vierde klas, gegeven kunnen worden, om te kijken of de kennis van vaardigheden met weinig oefening opgehaald kan worden.

4.4 Aanbevelingen

De belangrijkste aanbeveling is dat er meer aandacht moet komen voor practica in de bovenbouw. Ondanks dat de leerlingen van 4 havo op twee categorieën vergelijkbaar scoren en op één categorie beter scoren dan 3 havo, wordt ook op twee categorieën slechter gescoord. Op alle categorieën moet vergelijkbaar of zelfs beter gescoord worden. In principe zou van 4 havo verwacht mogen worden dat ze een hoger niveau bezitten dan 3 havo en dit is slechts bij één categorie het geval. Hiernaast is het belangrijk dat er meer onderzoek gedaan wordt, waarin een rubric gebruikt wordt met de focus op onderzoeksvaardigheden in plaats van verslagvaardigheden. Het zou ook beter zijn om dezelfde groep leerlingen na een jaar weer te testen, in plaats van een jaargang hoger te testen. Er moet meer tijd komen voor de oefeningen van de onderzoeksvaardigheden en deze moeten misschien ook in de vierde jaargang uitgevoerd worden om te kijken of met de oefeningen procedurele kennis opgehaald wordt. Als laatste is het aan te raden om ook een onderzoek in het vwo uit te voeren, omdat het mogelijk zou kunnen zijn dat deze leerlingen wel voldoende kennis onthouden of voldoende vaardigheden halen uit andere vakken.

Literatuur

About Getting Practical. (z.j.) Geraadpleegd via <http://www.gettingpractical.org.uk/>

Bransford, J.D., Brown, A.L., & Cocking, R.R. (1999). *How people learn*. Washington, D.C., National Academy Press. Geraadpleegd via www.nap.edu/html/howpeople1/

Centraal Instituut voor Toetsontwikkeling. (1984). *De Fysische Slinger havo-5, Cito-practica toets: Practicumtoets Natuurkunde*. Arnhem, Nederland: Cito

Centrale Examencommissie Vaststelling Opgaven vwo, havo, vmbo, Utrecht. (2008e). *Syllabus biologie havo centraal examen 2010*. Geraadpleegd via <http://www.examenblad.nl/>

Centrale Examencommissie Vaststelling Opgaven vwo, havo, vmbo, Utrecht. (2008f). *Syllabus biologie vwo centraal examen 2010*. Geraadpleegd via <http://www.examenblad.nl/>

Centrale Examencommissie Vaststelling Opgaven vwo, havo, vmbo, Utrecht. (2008a). *Syllabus natuurkunde havo centraal examen 2010*. Geraadpleegd via <http://www.examenblad.nl/>

Centrale Examencommissie Vaststelling Opgaven vwo, havo, vmbo, Utrecht. (2008g) *Syllabus natuurkunde havo en vwo bij het examenprogramma van Nieuwe Natuurkunde*. (Werkversie). Geraadpleegd via <http://www.nieuwenatuurkunde.nl/documentatie/3/syllabus-en-voorbeeldopgaven>

Centrale Examencommissie Vaststelling Opgaven vwo, havo, vmbo, Utrecht. (2008b). *Syllabus natuurkunde vwo centraal examen 2010*. Geraadpleegd via <http://www.examenblad.nl/>

Centrale Examencommissie Vaststelling Opgaven vwo, havo, vmbo, Utrecht. (2008c). *Syllabus scheikunde havo centraal examen 2010*. Geraadpleegd via <http://www.examenblad.nl/>

Centrale Examencommissie Vaststelling Opgaven vwo, havo, vmbo, Utrecht. (2008d). *Syllabus scheikunde vwo centraal examen 2010*. Geraadpleegd via <http://www.examenblad.nl/>

Geerligs, T., & Van der Veen. (2002). *Lesgeven en zelfstandig leren*. Assen, Nederland: Koninklijke van Gorcum.

Kramers-Pals, H., & Bom, P. (2010). Practisch werk effectiever maken. *NVOX*, 35(3), 115-117

Meelissen, M.R.M., & Drent, M. (2009). *Nederland in TIMSS-Advanced, leerprestaties van 6 vwo-leerlingen in Wiskunde B en Natuurkunde*. Universiteit Twente

NLT Toolbox. (2007), Werkinstructie werkplan experiment; Werkinstructie practicum verslag; Werkinstructie tabellen; Werkinstructie grafieken. Geraadpleegd via <http://vaklokaal-nlt.nl/?p=55>

Smits, Th., Geurts, H., & Tromp, R. (2008). *Nova Nieuwe Natuurkunde 3 havo/vwo*. 's-Hertogenbosch, Nederland: Malmberg

Trowbridge, L.W., Bybee, R.W., & Carlson-Powell, J. (2004). *Teaching Secondary School Science: Strategies for Developing Scientific Literacy (8th Edition)*. USA, Pearson Education

Van den Berg, E., & Buning, J. (1994). Practicum: Leren ze er wat?. *NVOX*, 19(6), 245-249

Van den Hengel, H.J., Van der Meer, R.M., Tel, B.M., & Veugelers, P.P. (2003). *Algemene Practicum Handleiding*. Universiteit Twente, Faculteit der Technische Natuurwetenschappen (dictaat nummer 734)

Verloop, N., & Lowyck, J. (2003). *Onderwijskunde*. Groningen, Nederland: Wolters-Noordhoff.

Wenning, C.J. (2007). Assessing inquiry skills as a component of scientific literacy. *J. Phys. Tchr. Educ. Online*, 4(2), 21-24

Bijlage A Onderzoeksopdrachten

A.1 Opdrachten 3 Havo onderzoek 1

Onderzoeken Hoofdstuk 3 Bewegen, Nova (Smits et al. 2008)

Fietsremmen

Je weet uit ervaring dat de remweg groter is als je harder fietst. Bestaat er ook een verband tussen de remweg en de snelheid waarmee je fietst?

Bedenk zelf een vraag bij dit onderzoek.

Stroboscopische foto

Je ziet ze in je boek: haarscherpe stroboscopische foto's. Maar dat kun jij natuurlijk nog beter. Maak maar eens een mooie stroboscopische foto.

Bedenk zelf een vraag bij dit onderzoek.

De parachute

Het oppervlak van een parachute is niet eens zo heel erg groot. Maar hoe groot moet zo'n scherm dan zijn? Hoe hangt de valsnelheid af van de grootte van dat scherm? Dat ga je onderzoeken.

Bedenk zelf een vraag bij dit onderzoek.

A.2 Opdrachten 3 Havo onderzoek 2

Onderzoeken Hoofdstuk 5 Energie, Nova (Smits et al. 2008)

Autootje op veerenergie

Anke heeft een autootje op veerenergie. Als ze het autootje iets achteruittrekt wordt een veer gespannen en daardoor rijdt het autootje een stukje vooruit bij loslaten.

De onderzoeksvraag luidt: *Wat is het verband tussen de afstand waarover het autootje wordt teruggetrokken en de afstand die het daarna kan rijden?*

Bungee-jumpen

Bij het bungee-jumpen wordt een elastiek een heel stuk uitgerekt als iemand zich laat vallen. Bram vraagt zich af of de uitrekking van het elastiek afhangt van zijn beginlente.

De onderzoeksvraag luidt: *Wat is het verband tussen de beginlengte van het elastiek en de maximale uitrekking bij het bungee-jumpen?*

Je gebruikt natuurlijk een proefopstelling.

A.3 Opdrachtomschrijving 4 Havo

Aan het eind van dit schooljaar moet je een praktisch school examen doen. Als oefening voor dit schoolexamen ga je een klein natuurkundig onderzoek doen. Het onderzoek voer je uit in tweetallen. Samen maak je eerst een werkplan en daarna een verslag. Beide lever je in en worden nagekeken, maar je krijgt geen cijfer voor de opdracht.

Voor dit onderzoek staan twee lessen. In de eerste les kies je in overleg met de docent één van de drie onderzoeken (zie hieronder) en maak je een werkplan voor het onderzoek. Het werkplan lever je aan het eind van de les in bij de docent. Dit werkplan krijg je (met eventuele opmerkingen) terug aan het begin van de tweede les. In die tweede les voer je het onderzoek uit en schrijf je een verslag. Het verslag wordt ingeleverd aan het eind van de tweede les.

Een instructie voor het maken van een werkplan en een verslag kan je vinden in de NLT toolbox (<http://vaklokaal-nlt.nl/?cat=31>). Bij de opdrachtomschrijving krijg je een aantal uitgeprinte werkinstructies van de NLT toolbox:

- Werkinstructie werkplan experiment
- Werkinstructie practicum verslag
- Werkinstructie tabellen
- Werkinstructie grafieken

In de werkinstructies van het werkplan en het verslag wordt genoemd dat je een hypothese moet maken. Vaak ga je iets onderzoeken omdat je niet weet wat de uitkomst is, dan kan je geen hypothese maken. Maak alleen een hypothese als je iets zinvol kan vermelden.

Hieronder volgen de drie onderzoeksonderwerpen. Met zijn tweeën kies je één onderzoek uit.

Massa-veer systeem

Aan een veer wordt een massa gehangen. Als de veer uitgerekt wordt gaat de massa op en neer bewegen. Als de massa verandert, verandert ook de trillingstijd. Dit ga je onderzoeken.

Let op! Als je een te zware massa aan de veer hangt, kan de veer stuk gaan.

Stuiterhoogte

Als je een balletje van een hoogte laat vallen, stuitert dit terug, maar komt niet zo hoog als dat je het hebt losgelaten. De verhouding tussen de hoogte tot waar het balletje stuitert en de beginhoogte is de restitutiecoëfficiënt. Je gaat onderzoeken waar de restitutiecoëfficiënt van af hangt en hoe (denk bijvoorbeeld aan de ondergrond of het soort balletje).

Veer en elastieken

Je gaat een onderzoek doen naar de afhankelijkheid tussen de kracht die nodig is voor een uitrekking en de uitrekking. Dit ga je doen voor een veer en twee verschillende elastieken.

Bijlage B Rubric Onderzoeksvaardigheden

	1	2	3	4	5
Aspect:	Niet aanwezig	Aanwezig, maar onvoldoende/matig	Aanwezig, net voldoende	Ruim voldoende aanwezig	Boven niveau aanwezig.
Onderzoeks vraag	Niet aanwezig	-Vraag klopt niet bij onderzoek. -Geen vraagvorm of slechte vraag: ja/nee vraag; alleen theorie vraag, geen onderzoek; 'Waarom' vraag	-De vraag is breed -Niet helemaal duidelijk gesteld.	-Vraag is duidelijk en -Vraag is te beantwoorden met experiment	-Vraag past bij omvang van de opdracht (en criteria 4)
Werkplan opstellen	Niet gemaakt	-Er missen essentiële benodigdheden/stappen die gedaan moeten worden en/of -Een tekening van de opstelling mist of de tekening mist cruciale onderdelen.	-Alle benodigdheden en stappen zijn benoemd, maar het is niet duidelijk opgeschreven. -Tekening opstelling is aanwezig	-Alle benodigdheden en stappen zijn duidelijk opgeschreven. -Tekening opstelling is netjes en volledig	-Aandacht aan veiligheid -Controle proeven -Vermeldt type nummer apparatuur -Aandacht aan nauwkeurig meten
Resultaten verwerken (Tabellen en grafieken)	Niet aanwezig (terwijl wel noodzakelijk in experiment)	<u>Tabel:</u> -Geen grootheden en/of eenheden bij de tabel -Mist een nuttige kolom <u>Grafiek:</u> -Geen verdeling op de assen en/of geen grootheden bij de assen en/of meetpunten niet los zichtbaar en/of meetpunten afzonderlijk verbonden (geen rechte/vloeiende lijn) en/of assen om gedraaid -Grafiek of tabel niet aanwezig	<u>Tabel:</u> -Grootheden en eenheden (evt. in tabel). <u>Grafiek:</u> -Assen met verdeling (misschien ongelukkige keuze verdeling) -Grootheden en eenheden uitgeschreven -Meetpunten als kleine stipjes (wel aanwezig, maar onduidelijk) -Rechte lijn/vloeiende kromme	<u>Tabel:</u> -Grootheden en eenheden boven aan tabel <u>Grafiek:</u> -Assen met verdeling -Grootheden en eenheden bij de assen -Meetpunten duidelijk (stipjes/bolletjes/etc) -Rechte lijn/vloeiende kromme	<u>Tabel:</u> -Symbolen (SI) -Tabelnummer, titel en -Fouten grootheden meegenomen -Dubbele lijnen tussen gemeten en berekend. <u>Grafiek:</u> (criteria 4) -Grafiek nummer en titel en -Foutengrenzen bij meetpunten - Niet lineaire grafiek om gezet naar lineaire grafiek (aanpassen grootheden)
Conclusies trekken	Niet aanwezig	-Geen (goed) antwoord op de onderzoeksvraag en/of -Geen discussie	-Goed antwoord op de onderzoeksvraag	-Goed antwoord op de onderzoeksvraag -Goede en voldoende verbeteringen gesuggereerd of discussie van resultaat	(criteria 4) -Uitgebreide bespreking nauwkeurigheid -Goede analyse van 'vreemd' resultaat
Verslag leggen	Niet ingeleverd	-Het verslag mist één of meer onderdelen ((titelpagina,) onderzoeksvraag, werkplan, onderzoeksresultaten en conclusie) -Het verslag is niet leesbaar -Bevat plagiaat (meer dan één zin gekopieerd)	-Het verslag bevat een titelpagina, onderzoeksvraag, werkplan, onderzoeksresultaten en conclusie -Het verslag is leesbaar - Begrijpbaar voor klasgenoten	-Verslag bevat de bij 3 genoemde onderdelen -Verslag is op A4 - Netjes geschreven/getekend -Het verslag bestaat uit beknopte zinnen in goed Nederlands.	(criteria 4) -Bevat meer (zinvolle) onderdelen -Professioneel uitgewerkt

Bijlage C Handleidingen NLT toolbox

Op de volgende pagina's staan de volgende handleidingen van de NLT toolbox (2007):

- Werkinstructie werkplan experiment
- Werkinstructie practicum verslag
- Werkinstructie tabellen
- Werkinstructie grafieken

Deze handleidingen komen van <http://vaklokaal-nlt.nl/?p=55> en zijn op 12 april 2010 gedownload.

C.1 Hoe maak je een werkplan voor een experiment?

Inleiding

Voordat je een proef of experiment gaat uitvoeren moet je vaak zelf een werkplan schrijven. In deze werkinstructie wordt uitgelegd waarom dat moet en hoe je dat moet aanpakken.

Waarom een werkplan?

Als je een eigen proef of experiment gaat doen, moet je eerst een werkplan schrijven. Dit werkplan is noodzakelijk, omdat de docent daarmee kan zien:

- a) of jouw proefopzet haalbaar is:
Is de proef op deze manier uit te voeren? Leidt ze op deze manier tot goede resultaten?
- b) of je proefopzet veilig is:
Houd je voldoende rekening met de risico's voor jezelf en anderen?

Het is dus duidelijk dat je werkplan altijd goedgekeurd moet zijn door de docent voordat je aan de uitvoering van je experiment begint!

Relatie tussen werkplan en onderzoeksplan

Een werkplan beschrijft hoe je een proef gaat uitvoeren.

Bij het opzetten van een groot eigen onderzoek, moet je een onderzoeksplan schrijven. Dit omvat meer dan alleen een werkplan: in een onderzoeksplan schrijf je ook zaken op over planning van tijd en middelen en taakverdeling. Een uitgebreid onderzoek omvat vaak een proef, soms zelfs meer dan één. Een onderzoeksplan zal dus vaak één of meer werkplannen bevatten.

Relatie tussen werkplan en verslag

Het werkplan kan later voor een groot deel opgenomen worden in het (eind)verslag van het experiment. In ieder geval kun je de *vraagstelling* en *hypothese* letterlijk overnemen in je verslag (die veranderen namelijk niet meer door je onderzoek!). Als je om praktische redenen tijdens de uitvoering van het experiment moest afwijken van je *meetplan* (zie onder) moet dat in het verslag worden aangegeven.

Aanpak

Voordat je je werkplan opschrijft, moet je eerst (in je logboek of op een kladblaadje) bedenken wát je precies moet gaan doen en hoe je dat moet doen.

Maak daarbij gebruik van de volgende hulpmiddelen:

- de opdracht zelf,
- de theorie die bij de opdracht hoort, de theorie waar de opdracht bijhoort,
- eventuele handleidingen bij apparaten, etc. die je gaat gebruiken,
- de eisen die gesteld worden aan de opzet van het werkplan (zie verderop).

Bij grotere opdrachten voer je eerst een 'gidsexperiment' uit om te zien of het experiment wel kan, op de manier die jij bedacht hebt. Op grond van de resultaten van je gidsexperiment stel je je werkplan bij.

Als je weet wat je gaat doen en hoe je het gaat doen, schrijf je al je ideeën in de vorm van een werkplan uit.

Opzet werkplan

Vormgevingseisen

Een werkplan is beknopt geschreven in goed Nederlands: dus geen lange verhalen maar ook geen telegramstijl. Opsommingen mogen wel.

Het werkplan dient er netjes uit te zien: getypt of netjes geschreven op A4-formaat.

Op het voorblad van het werkplan staat de volgende informatie:

- Titel
- Auteur: naam + klas
- Vak + hoofdstuk / module
- Nummer proef / opdracht (nummer)
- Datum

Een werkplan bestaat vervolgens uit de volgende onderdelen:

Onderzoeksvraag

Het werkplan begint met de onderzoeksvraag die je met het experiment wilt beantwoorden.

Experimenteel onderzoek betreft meestal een van de volgende soorten onderzoek:

- onderzoek naar het (kwantitatieve) verband tussen twee grootheden
- onderzoek naar de waarde van een (natuur)constante
- onderzoek naar observatie en beschrijving van een (natuur)verschijnsel.

Let erop dat het een onderzoeksvraag moet zijn, dus eindigend op een vraagteken.

Hypothese

Voordat je de proef gaat uitvoeren bedenk je wat volgens jou het antwoord op de onderzoeksvraag zal zijn. Deze hypothese moet aan de volgende eisen voldoen:

- Op basis van de hypothese (veronderstelling) geef je een voorspelling (of verwachting) van de resultaten. Het is heel raadzaam om de hypothese als volgt te formuleren: *Als* (hier vul je de veronderstelling in), *dan* (hier vul de verwachte resultaten in)
- Maak de hypothese zoveel mogelijk kwantitatief. Dus niet (bijvoorbeeld) “Hoe harder de fiets gaat, des te langer wordt de remweg”, maar “Als de snelheid van de fiets 2x zo groot wordt, dan wordt de remweg 4x zo lang”
- De hypothese moet theoretisch onderbouwd worden. Je baseert je hypothese op de theorie in leerboeken (bronvermelding erbij!) of op eigen ervaringen.

Het is geen probleem als de hypothese achteraf onjuist blijkt te zijn: in je conclusie van je verslag ga je daar verder op in. Ga *nooit* achteraf de hypothese veranderen!

Meetplan

Het meetplan beschrijft het experiment dat je gaat uitvoeren en bestaat uit de volgende onderdelen:

1. Grootheden / handelingen

De grootheden die je tijdens het experiment moet meten of de handelingen die je tijdens het experiment moet doen om de onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden.

Als je de grootheden uit je onderzoeksvraag niet direct kunt meten, maar bepaalt uit andere grootheden geef je bovendien aan van welke formules je gebruik gaat maken

Bij een onderzoek naar het verband tussen twee grootheden geef je aan welke grootheid de onafhankelijke grootheid is (d.w.z. de grootheid waarvan je zelf de waarde verandert) en welke de afhankelijke (dus de grootheid die daardoor mee verandert)

2. Opstelling en benodigdheden

De meetinstrumenten en andere benodigdheden die je gaat gebruiken om je metingen te doen. Maak een tekening van de proefopstelling!

3. Meetomstandigheden / blanco's

Geef aan welke omstandigheden (grootheden) tijdens het experiment constant moeten blijven, omdat ze anders de uitkomst van het experiment zouden kunnen beïnvloeden. Leg ook uit hoe je ervoor zorgt dat die omstandigheden niet veranderen en hoe je dat controleert.

Beschrijf welke controleproeven (blancoproeven) je gaat uitvoeren.

4. Werkwijze

De werkwijze (methode): een nauwkeurige (lieftst stapsgewijze) beschrijving van alle handelingen die je gaat verrichten.

Vermeld hierbij ook hoe je de nauwkeurigheid van de proef zo groot mogelijk gaat maken.

5. Lege tabellen

Tabellen voor de meetresultaten.

Door die in je werkplan op te nemen verklein je de kans dat je tijdens het meten iets vergeet te noteren.

Maak de tabellen al in de juiste lay out (rijen, kolommen, denk aan grootheden en eenheden)

6. Veiligheid

De eventuele risico's die voor jezelf of anderen aan het experiment zijn verbonden. Geef aan hoe je die risico's zo klein mogelijk maakt.

C.2 Hoe schrijf je een practicumverslag?

Inleiding

Een practicumverslag is een beknopt verslag, over een proef of kort experiment.

Bij het schrijven van een verslag moet je ervan uitgaan dat iemand uit jouw klas het verslag moet kunnen begrijpen. Hij (of zij) moet aan de hand van jouw verslag de proef op precies dezelfde manier kunnen doen, ook als hij deze niet eerder heeft gezien of gedaan.

Opzet verslag

Vormgevingseisen

Een verslag is beknopt geschreven in goed Nederlands: dus geen lange verhalen maar ook geen telegramstijl. Opsommingen mogen wel.

Het verslag dient er netjes uit te zien: getypt of netjes geschreven op A4-formaat.

Op het voorblad van het verslag staat de volgende informatie:

- Titel
- Auteur: naam + klas
- Vak + hoofdstuk / module
- Nummer proef / opdracht (nummer)
- Datum

Een practicumverslag bestaat vervolgens uit de volgende onderdelen:

Doel van de proef of onderzoeksvraag

Formuleer kort wat je met de proef hebt uitgezocht of aangetoond. Vaak gaat het er bij een proef om, dat je een vraag beantwoordt (de 'onderzoeksvraag, zie ook 'het werkplan').

Als het doel of de onderzoeksvraag niet is gegeven, bedenk dan zelf waarvoor de docent je deze proef heeft laten doen. Het doel lijkt vaak erg op de titel van het verslag.

Hypothese

Als de proef gedaan wordt om antwoord te geven op een onderzoeksvraag, moet je voordat je met de proef begint een hypothese of veronderstelling bedenken. Het gaat er dus om dat je opschrijft wat jij denkt dat het antwoord op de onderzoeksvraag zal zijn. Geef ook in een korte onderbouwing aan waarom je dat denkt: een uitvoerige verklaring is niet nodig, maar je hypothese mag geen slag in de lucht zijn.

Opstelling en benodigdheden

Geef een lijst van spullen die bij het practicum nodig zijn. Maak hier ook een tekening van de opstelling.

Methode

Hierin leg je uit hoe het experiment is uitgevoerd. Let op de volgende zaken:

- Iemand die het experiment niet heeft gedaan moet na het lezen van de methode in staat zijn de proef op dezelfde manier uit te voeren.
- Als je bij de proef metingen hebt gedaan, waarmee je berekeningen moet uitvoeren, dan leg je hier ook uit welke berekeningen je gaat uitvoeren. Gebruik waar mogelijk formules.
- Belangrijk is dat je in de methode nog niets vermeldt over waarnemingen die je hebt gedaan tijdens het experiment. Als je in het experiment een grootte hebt gemeten, dan leg je in de methode uit hoe je dat hebt gedaan, maar je vertelt nog niet wat de waarde van de grootte is.
- De methode zal erg lijken op het practicumvoorschrift. Schrijf echter geen hele zinnen hieruit over: je moet het in je eigen woorden opschrijven. Let ook op waar je bij de proef bent afgeweken van het voorschrift (bijvoorbeeld omdat de docent dat zei): je moet opschrijven hoe je de proef hebt gedaan, niet hoe hij 'volgens het boekje' moest.

Waarnemingen en resultaten

Met waarnemingen wordt bedoeld alles wat je hebt gezien, gehoord, geroken, ... Het is belangrijk dat je al je waarnemingen opschrijft. Als je iets gemeten hebt dan moeten de resultaten van die metingen duidelijk worden opgeschreven. Gebruik daarvoor zoveel mogelijk een tabel (zie 'het maken van een tabel').

De verwerking van de waarnemingen en resultaten horen hier ook: Maak een grafiek (zie 'het maken van een grafiek') als dat bij het doel van de proef past, schrijf de resultaten van eventuele berekeningen op, en leg verbanden tussen de verschillende waarnemingen.

Conclusie

In de conclusie vat je kort de resultaten (die je in *waarnemingen en resultaten* hebt gepresenteerd) samen in het licht van het *doel* van de proef. Als je gewerkt hebt met een *onderzoeksvraag* en *hypothese*, beantwoord je hier de onderzoeksvraag en vergelijkt dit met je hypothese.

Alles wat in de conclusie staat en niets met het doel van de proef of de onderzoeksvraag te maken heeft is fout.

Discussie

In de discussie bespreek je je conclusie. Je geeft een verklaring van de resultaten op basis van de theorie van het boek en op basis van je ervaringen tijdens de proef: Wat ging goed, wat ging niet goed, wat heb je van deze proef geleerd, wat zou je de volgende keer anders doen... Als je resultaten niet overeenkomen met je hypothese probeer je uit te leggen hoe dat komt.

Je kunt er ook voor kiezen de conclusie en discussie samen te nemen onder het kopje 'conclusie en discussie'. Zorg dan wel dat de conclusie (=het antwoord op de onderzoeksvraag) duidelijk herkenbaar blijft.

Eigen mening

(eventueel)

Als je wilt -of als je docent daarom vraagt- voeg je nog een eigen mening toe. Wat vond je van de proef, wat heb je er van geleerd? Hoe verliep de samenwerking? Wat zou jij de volgende keer anders doen, of wat zou de docent de volgende keer anders kunnen doen.

C.3 Hoe maak je een tabel?

Waarnemingen tijdens een practicum moeten zoveel mogelijk in een tabel worden gezet.

De reden hiervoor is:

- Een tabel is overzichtelijk
- Van een tabel is eenvoudig een grafiek te maken

Het maken van een tabel gaat in vijf stappen.

Stap 1: titel

Bepaal de titel van de tabel en zet deze in de kop van de tabel. De titel beschrijft het onderwerp waar de tabel over gaat.

voorbeeld: de slingertijd van een slinger

Stap 2: kiezen grootheden

Kijk welke grootheden of kenmerken voor het betreffende onderwerp opgenomen moeten worden in de tabel.

voorbeeld: lengte van de slinger, tijd voor 10x slingeren, slingertijd

Stap 3: aantal kolommen

Bepaal het aantal kolommen uit de gegevens van stap 2, d.w.z. het aantal onderwerpen of kenmerken dat men uit de te maken tabel te weten wil komen.

Een kolom kan zonodig gesplitst worden in meerdere kolommen om bijvoorbeeld herhaalde metingen en gemiddelden naast elkaar te zetten.

voorbeeld

1^e kolom: de lengte van de slinger in cm.

2^e kolom: de tijd voor 10x heen en weer slingeren in sec. (splitsen in 2x meten + 1x gemiddelde)

3^e kolom: de slingertijd in sec.

Stap 4: tekenen tabel

Teken de kolommen. Zet boven elke kolom de grootheid en in welke eenheid de waarden worden vermeld. Zet een dikke lijn onder de tabelkop. Zet ook een dikke lijn tussen de kolommen waarin metingen komen te staan en kolommen die berekend worden.

Stap 5: invullen gegevens

Vul de gegevens in de tabel in, zodanig dat op één rij gegevens staan die bij elkaar horen.

Voorbeeld:

De slingertijd van een slinger				
Lengte slinger (cm)	Tijd voor 10x heen en weer (s)			Slingertijd (s)
	Meting 1	Meting 2	Gemiddeld	
10	6,4	6,3	6,35	0,64
15	7,6	7,8	7,7	0,77
20	9,0	9,0	9,0	0,90
25	10,2	9,9	10,05	1,0
30	10,9	11,0	10,95	1,1

C.4 Hoe teken je een (lijn)grafiek?

Om van een tabel een goede (lijn)grafiek te maken moet je je aan de volgende stappen houden.

Stap 1: de assen

Op *ruitjes- of grafiekenpapier* teken je twee assen van 10 à 15 cm. Bij elke as schrijf je vervolgens:

- de grootheid die je uitzet (zet de onafhankelijke variabele horizontaal uit, de afhankelijke variabele verticaal)
- de eenheid die je gebruikt
- getallen bij de assen. Kies de getallen zo dat het niet moeilijk is om de meetpunten in te tekenen. De getallen moeten regelmatig oplopen en je moet het grootste gedeelte van de as gebruiken. Zorg dat de getallen bij een lijn staan en niet in het midden van een hokje.

Stap 2: titel

Schrijf boven de grafiek een titel die aangeeft wat je in de grafiek laat zien.

Stap 3: meetpunten

Teken de meetpunten in. Denk hierbij aan het volgende:

- Werk nauwkeurig. Het is niet mogelijk om een nauwkeurige grafiek te maken op lijntjespapier.
- Geef de meetpunten aan met duidelijke kruisjes of punten.

Stap 4: lijn

Tenslotte verbind je de meetpunten met een lijn. Let hierbij op de volgende punten:

- De lijn moet vloeiend zijn. Dus je moet niet met een liniaal lijntjes van meetpunt naar meetpunt trekken. Echter, als je (vrij) zeker weet dat de grafiek een rechte lijn moet zijn, teken je met een liniaal de beste rechte lijn door alle meetpunten.
- Een meetpunt dat duidelijk buiten de vloeiende lijn ligt, kan een meetfout zijn. Daarom mogen afwijkende hobbels of knikken alleen worden meegenomen als er meer dan één meetpunt op ligt of als je zeker weet dat er iets bijzonders aan de hand is.
- Nadat je de lijn hebt getrokken moeten de meetpunten nog zichtbaar zijn.

Aflezen uit een grafiek

- Soms wordt er gevraagd een punt uit de grafiek af te lezen. Geef dan met stippellijnen naar de horizontale en de verticale as aan hoe je dit punt afleest.
- Als je zelf de af te lezen punten moet kiezen: lees dan niet af bij een meetpunt, maar juist tussen twee meetpunten in.
- Het bepalen van een waarde tussen twee meetpunten in, noemen we *interpoleren*. Het bepalen van een waarde vóór het eerste of voorbij het laatste meetpunt heet *extrapoleren*. Interpoleren is over het algemeen nauwkeuriger dan extrapoleren

Bijlage D Oefening Onderzoeksvaardigheden

D.1 Oefening onderzoeksvraag

Onderzoeksvraag

Twee meerkeuze vragen: Eerst zelf na laten denken over het antwoord en dan antwoorden pijlen (handopsteking) vervolgens met buurman/buurvrouw overleggen en opnieuw antwoorden pijlen (handopsteking). Het zogenoemde Peer Instruction. Hierna wordt per meerkeuze vraag besproken welk antwoord het beste is en waarom. Vervolgens worden de drie meest voorkomende vragen bij onderzoeken in Nova genoemd.

Meerkeuze vraag 1: Je wilt een onderzoek doen naar een aantal keer stuiteren en de hoogte van de stuiter. Wat is een goede onderzoeksvraag?

- a) Is er een verband tussen het aantal keer dat een bal gestuiterd heeft en de hoogte van de stuiter?
- b) Wat is het verband tussen het aantal keer dat een bal gestuiterd heeft en de hoogte van de stuiter?
- c) Wat is de hoogte van een stuitende bal?
- d) Hoe hoog komt een bal na twee keer stuiten?

Antwoord: De beste is b. Op a kan je alleen maar ja of nee antwoorden. Vraag c mist een heleboel informatie, zoals welke stuiter en hoe hoog wordt de bal los gelaten. Vraag d zou kunnen, maar mist ook weer informatie en levert niet echt een experiment op.

Meerkeuze vraag 2: Met 10 vrienden doe je een meeting. Er is een gebouw met 10 verdiepingen, op elke verdieping staat iemand, iedereen heeft een stopwatch. Het is windstil op dat dag dat je meet. De persoon op de bovenste verdieping laat een parachute met een gewichtje los en iedereen meet de tijd die de parachute erover doet voordat hij bij die verdieping langs komt. Wat is een goede onderzoeksvraag?

- a) Wat is de gemiddelde snelheid van de parachute?
- b) Wat is de versnelling van de parachute?
- c) Hoe valt de parachute?
- d) Hoe hangt de valsnelheid van de parachute af van hoe veel meter de parachute al gevallen is?

Antwoord: Hier zijn twee goede mogelijkheden, namelijk b en d. Bij a is het zonde dat je 10 vrienden mee hebt genomen, alleen de tijd meten die de parachute erover doet om op de grond te komen is genoeg. Vraag c is een zeer vage vraag, wat wordt daarmee precies bedoeld?

Tips voor een onderzoeksvraag:

- 1 Zorg dat het een vraag is.
- 2 Geen ja/nee vraag.
- 3 Zorg dat de vraag te beantwoorden is met het experiment dat je voor ogen hebt
- 4 Zorg ervoor dat je bij je vraag zo veel mogelijk van je metingen gebruikt.

Voorbeelden van onderzoeksvragen in Nova

- 1. Hoe groot / Wat is ?
- 2. Hoe hangt af van ?
- 3. Wat is het verband tussen en ?

D.2 Oefening werkplan

Het idee van deze oefening is om de leerlingen een kort werkplan te geven van een proef die ze kunnen begrijpen en overzien. Bij dit werkplan missen cruciale stappen of benodigdheden. Aan de leerlingen wordt gevraagd om in 10 minuten commentaar te leveren op het werkplan en dit in te leveren. Ik heb er voor gekozen om een proef te gebruiken die ze in de les ervoor hebben moeten uitvoeren, zodat ze zouden moeten weten wat er in zou moeten staan. Het risico is wel dat ze omdat ze de proef kennen, zelf ook over stappen heen lezen.

Het werkplan

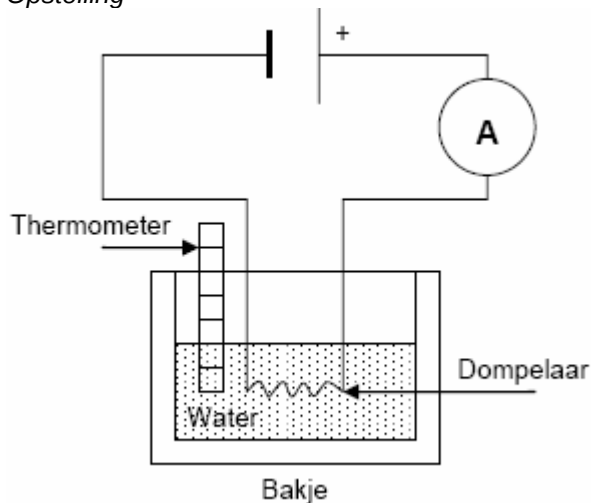
Onderzoeksvraag: Wat is de soortelijke warmte van water?

Het werkplan

Benodigdheden

- Geïsoleerd bakje met deksel
- Dompelaar met roerstaafje
- Spanningsbron
- Voltmeter
- Stopwatch

Opstelling



Werkwijze

We doen 200 ml water in het bakje. We de dompelaar aan en verhogen de spanning tot 12 Volt. Op dit moment starten we de stopwatch. Tijdens het verwarmen roeren we regelmatig met het roerstaafje door het water. Zodra de temperatuur 20 graden hoger is, stoppen we de stopwatch en zetten we de dompelaar uit.

We berekenen het vermogen van de dompelaar met $P = U \cdot I$. En we berekenen de soortelijke warmte van

het water met $c = \frac{Q}{m \cdot \Delta t}$.

Wat mist er

Benodigdheden: Ampère meter, thermometer en maatcilinder

Opstelling: Roerstaafje en Voltmeter

Werkwijze: Begin temperatuur afmeten; U afmeten op de voltmeter; I aflezen; Warmte berekenen met $Q = E = P \cdot t$.

Bijlage E Rubric resultaten

E.1 Resultaten 3 Havo verslag 1

Tabel E1: Rubric resultaten 3 Havo verslag 1

Namen	Opdracht	Onderzoeks vraag	Werkplan	Resultaten	Conclusies	Verslag
LIA01 en LIA02	Stroboscoop	3	2	3	3	3
LIA03 en LIA04	Fietsremmen	4	4	4	3	4
LIA05, LIA06 en LIA07	Parachute	4	2	2	3	3
LIA08 en LIA09	Parachute	4	2	3	3	3
LIA10 en LIA11	Parachute	4	2	3	2	3
LIA12 en LIA13	Stroboscoop	4	2	2	3	3
LIA14 en LIA15	Stroboscoop	3	2	3	3	3
LIA16 en LIA17	Fietsremmen	4	2	4	3	3
LIA18 en LIA19	Fietsremmen	4	2	4	3	3
LIA20 en LIA21	Stroboscoop	4	2	3	3	3
LIA22, LIA23 en LIA24	Stroboscoop	3	3	3	3	3
LIA25 en LIA26	Stroboscoop	2	2	2	2	3
LIA27 en LIA28	Stroboscoop	4	2	3	3	3
Gemiddelde		3,62	2,23	3,00	2,85	3,08
Standaard deviatie		0,65	0,60	0,71	0,38	0,28

E.2 Resultaten 3 Havo verslag 2

Tabel E2: Rubric resultaten 3 Havo verslag 2

Namen	Opdracht	Onderzoeks vraag	Werkplan	Resultaten	Conclusies	Verslag
LIA21 en LIA16	Autootje	4	2	4	3	3
LIA05 en LIA28	Elastiek	2	3	3	3	3
LIA07 en LIA06	Autootje	4	3	2	3	3
LIA19 en LIA27	Autootje	4	3	2	4	3
LIA14 en LIA15	Elastiek	2	3	3	3	3
LIA08 en LIA09	Elastiek	2	3	3	3	3
LIA10 en LIA11	Elastiek	4	2	3	3	3
LIA22, LIA23 en LIA24	Autootje	2	2	2	2	3
LIA17 en LIA04	Elastiek	2	2	4	3	3
LIA01 en LIA02	Autootje	4	2	3	4	3
LIA18 en LIA03	Autootje	4	3	2	3	3
Gemiddelde		3,09	2,55	2,82	3,09	3,00
Standaard deviatie		1,04	0,52	0,75	0,54	0,00

E.3 Resultaten 4 Havo klas 1

Tabel E3: Rubric resultaten 4 Havo klas 1

Namen	Opdracht	Onderzoeks vraag	Werkplan	Resultaten	Conclusies	Verslag
LIB01 en LIB02	massa-veer	3	3	3	3	4
LIB03 en LIB04	ijkgrafiek	4	2	2	3	2
LIB05 en LIB06	massa-veer	4	2	3	4	3
LIB07 en LIB08	stuiterhoogte	2	2	2	2	3
LIB09 en LIB10	stuiterhoogte	3	2	2	2	3
LIB11 en LIB12	stuiterhoogte	4	4	3	3	4
LIB13 en LIB14	stuiterhoogte	3	3	2	3	3
LIB15 en LIB16	ijkgrafiek	4	3	3	3	4
LIB17 en LIB18	massa-veer	3	2	2	1	2
Gemiddelde		3,33	2,56	2,44	2,67	3,11
Standaard deviatie		0,71	0,73	0,53	0,87	0,78

E.4 Resultaten 4 Havo klas 2

Tabel E4: Rubric resultaten 4 Havo klas 2

Namen	Opdracht	Onderzoeks vraag	Werkplan	Resultaten	Conclusies	Verslag
LIC01 en LIC02	ijkgrafiek	4	4	2	2	4
LIC03 en LIC04	stuiterhoogte	4	3	2	3	3
LIC05 en LIC06	massa-veer	3	3	2	3	3
LIC07 en LIC08	stuiterhoogte	4	2	2	3	3
LIC09 en LIC10	massa-veer	3	3	2	3	3
LIC11 en LIC12	massa-veer	3	2	2	3	3
LIC13 en LIC14	massa-veer	2	3	2	2	3
LIC15, LIC16 en LIC17	stuiterhoogte	4	4	2	3	3
LIC18 en LIC19	stuiterhoogte	4	3	2	2	3
Gemiddelde		3,44	3,00	2,00	2,67	3,11
Standaard deviatie		0,73	0,71	0,00	0,50	0,33

Bijlage F Student T-Test waarden

F.1 Vergelijking 3 Havo verslag 1 en verslag 2

Tabel F1: Student T-Test waarden vergelijking 3 Havo verslag 1 en verslag 2

		t-test for Equality of Means						
		t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
							Lower	Upper
Onderzoeksvraag	Equal variances assumed	1.502	22	0.147	0.52448	0.34922	-0.19976	1.24871
	Equal variances not assumed	1.445	16.187	0.168	0.52448	0.36293	-0.24418	1.29313
Werkplan	Equal variances assumed	-1.358	22	0.188	-0.31469	0.23166	-0.79513	0.16575
	Equal variances not assumed	-1.375	21.970	0.183	0.31496	0.22893	-0.78949	0.16011
Resultaten	Equal variances assumed	0.610	22	0.548	0.18182	0.29794	-0.43608	0.79972
	Equal variances not assumed	0.607	20.855	0.550	0.18182	0.29950	-0.44129	0.80493
Conclusies	Equal variances assumed	-1.306	22	0.205	-0.24476	0.18736	-0.63331	0.14380
	Equal variances not assumed	-1.267	17.441	0.222	-0.24476	0.19312	-0.65141	0.16190
Verslag	Equal variances assumed	0.917	22	0.369	0.07692	0.08392	-0.09711	0.25095
	Equal variances not assumed	1.000	12.00	0.337	0.07692	0.07692	-0.09068	0.24452

F.2 Vergelijking 3 Havo, verslag 1 en 2 samen, en 4 Havo, klas 1 en 2 samen

Tabel F2: Student T-Test waarden vergelijking 3 Havo, verslag 1 en 2 samen, en 4 Havo, klas 1 en 2 samen

		t-test for Equality of Means						
		t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
							Lower	Upper
Onderzoeksvraag	Equal variances assumed	-0.055	40	0.956	-0.01389	0.25091	-0.52101	0.49323
	Equal variances not assumed	-0.057	39.816	0.955	-0.01389	0.24286	-0.50480	0.47702
Werkplan	Equal variances assumed	-1.997	40	0.053	-0.40278	0.20169	-0.81040	0.00485
	Equal variances not assumed	-1.929	31.432	0.063	-0.40278	0.20878	-0.82835	0.02279
Resultaten	Equal variances assumed	3.644	40	0.001	0.69444	0.19059	0.30925	1.07963
	Equal variances not assumed	3.906	38.326	0.000	0.69444	0.17778	0.33466	1.05423
Conclusies	Equal variances assumed	1.643	40	0.108	0.29167	0.17747	-0.06702	0.65035
	Equal variances not assumed	1.556	28.226	0.131	0.29167	0.18742	-0.09211	0.67544
Verslag	Equal variances assumed	-0.543	40	0.590	-0.06944	0.12796	-0.32805	0.18916
	Equal variances not assumed	-0.484	20.144	0.634	-0.06944	0.14359	-0.36883	0.22994

Bijlage G Correlatie tussen rubric categorieën

Tabel G: Pearson Correlatie tussen de rubric categorieën

		Werkplan	Resultaten	Conclusie	Verslag
Onderzoekvraag	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	0.057 0.721 42	0.092 0.561 42	0.352* 0.022 42	0.140 0.376 42
Werkplan	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N		-0.117 0.461 42	0.052 0.743 42	0.569** 0.000 42
Resultaten	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N			0.321* 0.038 42	0.270 0.083 42
Verslag	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N				0.155 0.328 42

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).