

AUTEUR: R. GEHLING (0113743)
BEGELEIDER STAGE SCHOOL: R. WALGEMOET

VAKDIDACTICUS: J. VAN DER VEEN
STUDIE: SEC, NA

Onderzoek van Onderwijs

De toepassing van applets voor het bevorderen
van het inzicht bij beeldvorming en
beeldconstructie in de optica

Enschede
14/03/2011

Dit document beschrijft het onderzoek over de toepassing van applets voor de natuurkunde met als domein optica in het voortgezet onderwijs

Onderzoek van Onderwijs (745420)

Universiteit Twente

Faculteit gedragswetenschappen

Instituut ELAN, Lerarenopleiding

Science, Education and Communication

Datum: 14 Maart 2011

Locatie: Enschede

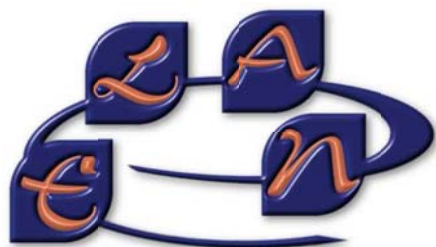
Auteur: Rens Gehling (0113743)

**Begeleider
op stageschool:** Richard Walgemoet

Vakdidacticus: Jan van der Veen

School/stageplek: Bataafs Lyceum Hengelo

Stageperiode: November - Maart



Voorwoord

Dit verslag is een uitwerking van het vak Onderzoek voor Onderwijs voor de opleiding Science, Education and Communicatie, natuurkunde. Het onderwerp voor het onderzoek is de toepassing van applets in de natuurkundeles voor de beeldvorming en beeldconstructie bij optica. Voor het onderzoek is het experiment als practicum uitgevoerd op het Bataafs Lyceum te Hengelo in 4Havo.

Graag wil ik alle leerlingen van deze klas bedanken voor hun inzet en daarnaast ook de docent van de klas, Richard Walgemoet. In het bijzonder wil ik Jan van der Veen bedanken voor zijn begeleiding en bijdrage vanuit de Universiteit Twente.

Enschede, 14 Maart 2010

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Inhoudsopgave.....	4
1 Inleiding.....	6
2 Keuze onderwerp.....	7
3 Theorie.....	8
3.1 Onderzoek.....	8
3.2 Applets	8
4 Design	10
4.1 Tot stand komen van het ontwerp	10
4.2 Hake's average normalized gain	10
4.3 Analyse van het onderwerp	11
4.4 Keuze applet	11
5 Doelstelling.....	13
5.1 Doel	16
5.2 Onderzoeksvraag.....	16
5.3 Verwachting.....	16
6 Methode.....	16
6.1 Tijdsplanning/tijdspad	17
6.2 Testgroep.....	17
6.3 Procedure	17
6.4 Lesmateriaal	17
6.5 Toetsing	17
7 Uitvoering experiment.....	18
7.1 Observaties	19
7.2 Leerlingen.....	19
8 Resultaten.....	19
9 Evaluatie methode	21
9.1 Vraagstelling.....	26
9.2 Leerresultaten	26
9.3 Overige factoren	27
9.4 Werkvorm.....	30

10	Conclusies	33
11	Aanbevelingen	36
12	Literatuur.....	36
13	Bijlagen	38
13.1	Werkblad	38
13.2	Antwoordmodel werkblad.....	43
13.3	Pré-test & Post-test	46
13.4	Antwoordmodel Pré-test & Post-test	47

1 Inleiding

In dit document wordt stapsgewijs het traject van het onderzoek beschreven dat in het kader van het vak Onderzoek voor Onderwijs is uitgevoerd. Dit onderzoek spitst zich toe op het gebruik van applets in de natuurkundeles op het voortgezet onderwijs. Daarvoor richt het zich tot de toepassing van een applet voor beeldvorming en beeldconstructie in het domein optica. De applet is gebruikt als practicum bij een 4Havo klas op het Bataafs Lyceum.

Het verslag begint door eerst aan te geven wat de reden is voor de keuze van het onderwerp om vervolgens te bekijken wat er al bekend is op dit gebied. In hoofdstuk 4 wordt het design van het onderzoek toegelicht. De eerste paragraaf gaat over de totstandkoming van het design en hoe het onderzoek verder is opgebouwd. In de paragrafen daarna wordt dit verder toelicht met in de laatste paragraaf een analyse. In deze analyse wordt gekeken naar de moeilijkheden die leerlingen ondervinden en dit wordt gekoppeld aan een mogelijke oplossing die het gebruik van een applet hiervoor zou kunnen bieden. In de twee hoofdstukken daarna, hoofdstuk 0 en 0, worden achtereenvolgens de doelstelling en methode kort beschreven. Vervolgens gaat hoofdstuk 0 verder in op de uitvoering van het experiment. Daarbij wordt aandacht besteed aan de observaties die gedaan zijn tijdens het experiment en de mening van de leerlingen. De resultaten van het experiment zijn weergegeven in hoofdstuk 0, en belangrijk daarbij zijn een zestal grafieken met daarin de score per leerling en per vraag op de pré- en post-test. Om te evalueren in hoeverre de toepassing van de applet succesvol is, wordt er gekeken naar een viertal onderwerpen, te weten: de vraagstelling van de beide toetsen, de leerresultaten, overige factoren en als laatste de werkvorm. Al deze onderwerpen komen aan de orde in aparte paragrafen in hoofdstuk 0. Hoofdstuk 0 en 11 bevatten de conclusie en aanbevelingen waarna de literatuurlijst en bijlagen volgen.

2 Keuze onderwerp

In dit hoofdstuk wordt kort de aanleiding voor dit onderzoek beschreven. Ook de redenen voor de keuze van het onderwerp komen aan bod. Het idee voor het onderwerp is ontstaan uit eigen interesse. Door ervaring met veel verschillende colleges op de universiteit en de variatie aan werkvormen in het voortgezet onderwijs is nieuwsgierigheid gewekt naar de effectiviteit en toepassing van al deze werkvormen. Dit had met name betrekking op ICT-achtige applicaties zoals deze te zien waren op de universiteit en in het voortgezet onderwijs. Op een universiteit wordt het grootste deel van de colleges gegeven met behulp van powerpoint of een andere vorm van digitale presentatie. Voor het voortgezet onderwijs geldt dat hier de SmartBoards een grotere rol gaan spelen en dat bijna elke school tegenwoordig beschikt over een digitale leeromgeving. De interesse ging vooral uit naar het verschil tussen de traditionele manier van lesgeven met behulp van het bord en met pen en papier versus de presentatie via een beamer of SmartBoard en het werken/opgaven maken met behulp van de computer.

Gezien het onderzoek van de Universiteit Twente op mijn vakgebied bleek het gunstig om het onderwerp toe te spitsen op het gebruik van applets (voor meer uitleg over applets wordt u verwezen naar paragraaf 0). Zodoende is er gekeken naar de verschillende applets die online te vinden zijn voor het vak natuurkunde in het voortgezet onderwijs. De keuze van de applet moet voldoen aan een aantal eisen. Vanzelfsprekend moest het een applet betreffen die geschikt was om te gebruiken tijdens lessen, omdat het onderzoek plaatsvindt in een praktijksituatie. Met andere woorden, het onderzoek heeft betrekking op de lessen tijdens het schoolpracticum waarbij de applet moet aansluiten bij de lesstof. Het is vrijwel onmogelijk om leerlingen voor een korte periode totaal andere lesstof aan te bieden en dan vervolgens te toetsen of het 'onderzoek' geslaagd is of niet. De keuze is toen gevallen op een applet dat betrekking heeft op het construeren van beelden met behulp van lenzen in de optica. Deze applet sloot enerzijds goed aan bij de lesstof van de 4Havo klas, anderzijds bij de ervaring van de vorige stage. Tijdens deze stage werd lesgegeven aan twee 4Havo klassen die op dat moment beide bezig waren met hetzelfde onderwerp. Op die school is toen in verhouding met andere natuurkundeonderwerpen dat jaar slecht gescoord op optica en met name op de beeldconstructie met lenzen. Blijkbaar zijn er dus concepten verbonden aan dit onderwerp die wellicht beter begrepen kunnen worden. De mogelijkheden van die applets zouden uitkomst kunnen bieden om deze lesstof op een andere manier over te brengen op de leerling. Zo zouden betere leerresultaten gehaald kunnen worden.

3 Theorie

3.1 Onderzoek

De start van het literatuuronderzoek ligt bij een review van Rutten, Joolingen en Van der Veen (2010)^[1]. De review beschrijft alle onderzoek van de afgelopen tien jaar op het gebied van computersimulaties met betrekking op onderwijs. Hierbij is onderzoek over modeling niet meegenomen, omdat het een ander onderzoeksgebied is. De review is gericht op drie gebieden: de traditionele manier van lesgeven vs. computersimulatie, verschillende vormen van visualisatie en verschillende vormen van gebruik van computersimulaties. De focus van dit onderzoek ligt op het eerste gebied van de review. In dit deel wordt ook het artikel van Steinberg (2000)^[2] genoemd. Steinberg vergelijkt het gebruik van computersimulaties met het werken met pen en papier. Hij wilde met zijn onderzoek aantonen of er een significant verschil is tussen werken en leren met de computer en de traditionele manier van lesgeven. In dit onderzoek stond de relatie tussen het begrip van de lesstof en de toegepaste lesmethode centraal.

Steinberg heeft als onderwerp een simulatie over luchtweerstand genomen. Tijdens dit onderzoek heeft hij gebruikt gemaakt van drie testgroepen (klassen) waarbij één klas geen gebruik maakte van computersimulaties en de andere twee klassen wel. Voordat er daadwerkelijk een experiment werd uitgevoerd hadden de leerlingen allemaal al kennis opgedaan aan de hand van huiswerk en een les over luchtweerstand die hetzelfde was voor iedere klas/testgroep. Aan alle testgroepen werd gevraagd grafieken en free-body diagrams te tekenen van de luchtweerstand zonder beweging. Naarmate de oefeningen vorderden werden er meer begrippen bij betrokken zoals acceleratie en bewegende voorwerpen. De testgroep zonder computersimulatie moest op basis van eigen redeneringen en eigen grafieken tot de juiste resultaten komen terwijl de andere groepen gebruik mochten maken van een computersimulatie.

Na de eerste les over luchtweerstand en voordat alle leerlingen begonnen aan het experiment heeft Steinberg een pré-test afgenomen. Deze test bevatte dezelfde vragen als de toets (post-test) die na het experiment afgenomen zou worden. Door middel van de test kon Steinberg aan het eind zijn resultaten vergelijken. Dit deed hij door de post-test af te nemen en de resultaten te vergelijken met de pré-test. De pré- en post-test bevatte inzichtvragen over de stof waarbij dit inzicht verkregen zou moeten zijn door het experiment. Met behulp van deze toetsingsmogelijkheden kon Steinberg resultaten vergelijken en daarmee een uitspraak doen over welke methode voor dat experiment leidde tot betere leerresultaten. Steinberg merkte op dat de leerlingen die de computersimulaties uitvoerden vaak direct het antwoord van de computer gebruikten zonder eerst zelf te proberen een antwoord te formuleren. Het gevaar hier is dat leerlingen geen verantwoordelijkheid gaan nemen voor hun eigen begrip van de stof en dit ook niet controleren. Dit gevaar bestaat ook bij non-computeropdrachten waarbij leerlingen elkaar het antwoord geven of het vragen aan de docent. Opvallend was wel dat de leerlingen die gebruik maakten van de computersimulatie met complexere antwoorden kwamen, alhoewel de computersimulaties passief leergedrag bevorderden. De uiteindelijke conclusie was verrassend. Steinberg concludeerde dat er weinig verschil zat tussen de testgroepen. Om dit te verifiëren is een tijd later (2 maanden na post-test) nogmaals dezelfde toets gegeven waarbij de antwoorden overeen kwamen met de eerder getrokken conclusie.

3.2 Applets

Applets zijn eenvoudige vormen van computersimulaties en zijn erg toegankelijk voor iedereen. Vaak is deze software op het internet te vinden, zo ook de applicaties voor het voortgezet onderwijs. Applets bieden een virtuele omgeving aan waarbij de gebruiker een experiment aan kan sturen door parameters te veranderen. Dit kan op een manier die geen moeilijke handelingen eist van de gebruiker en ervoor zorgt dat een complex probleem op een relatief eenvoudige manier te benaderen is.

Het voordeel van werken met applets is dat zij potentieel tot hogere leerresultaten kunnen leiden, hetgeen voorheen niet mogelijk was, zo schrijft Akpan (2001)^[3] ten aanzien van een onderzoek op het gebied van biologie. Dit komt omdat het mogelijk is om met applets meer (experimentele) context het klaslokaal binnen te halen. Het gebruik van applets creëert verschillende manieren om onderwerpen en concepten te benaderen. Daarnaast is er ook de mogelijkheid van real-time visualisatie. Het gebruik van applets zorgt ervoor dat leerlingen actief bezig zijn met het verkennen, ontdekken en begrijpen van de stof. Hierbij wordt de stof visueel gepresenteerd, hetgeen meer kan spreken tot de leerlingen dan een stuk tekst. Een applet biedt dan ook een erg dynamische omgeving aan die ook de interesse van de leerling wekt. Het gebruik van computersimulaties staat echter niet garant voor een verbetering van leerresultaten. In een onderzoek van McKagan, Handley, Perkins en Wieman (2009)^[4] is aangetoond dat leerlingen de resultaten wel beter kunnen voorspellen maar dat er geen verbetering was in het logisch onderbouwen van observaties en gevolgen.

Of een computersimulatie ook daadwerkelijk nut heeft hangt af van de manier waarop met deze simulatie of applet wordt omgegaan. Applets bevatten zelf vaak geen instructie of vorm van uitleg. Om die reden is het makkelijk de essentie van de applet niet te begrijpen om te veel in een keer te willen waardoor het soms meer vragen oproept dan beantwoord. Er is dus een bepaalde aanpak nodig vanuit een educatief standpunt. Gonzalez-Cruz, Rodriguez-Sotres en Rodriguez-Penagos (2003)^[5] geven aan dat vrijheid voor leerlingen tijdens gebruik van computersimulaties bevorderlijk is mits er sprake is van voldoende feedback en controle van een docent. Zij noemen deze strategie semi-guided omdat er zowel vrijheid is voor de leerling om zelf dingen uit te proberen en ontdekken als een vorm van structuur. De capaciteiten van leerlingen op het gebied van omgaan met computersoftware en hun inzicht in de eigen begripsontwikkeling over de stof moeten niet onderschat worden. Tevens geldt dat niet overschat moet worden dat leerlingen er zonder de nodige structuur het zelf ook wel kunnen.

4 Design

4.1 Tot stand komen van het ontwerp

Oorspronkelijk was het de bedoeling om het onderzoek van Steinberg (2000) te herhalen. Door de herhaling van het experiment zou iets gezegd kunnen worden over de geldigheid van zijn onderzoeksresultaten in het algemeen of dat deze alleen opgaan voor een specifiek domein in de natuurkunde. Daarnaast kon er ook gekeken worden naar het verschil tussen de toepassing van applets toen en nu, aangezien we inmiddels tien jaar verder zijn en de leerlingen die nu in de schoolbanken zitten meer affiniteit hebben met computers. Het design van dit onderzoek heeft echter uiteindelijk een andere vorm aangenomen. De reden hiervoor was dat op de stageschool er niet altijd parallelklassen waren. Tevens is het aantal leerlingen op de stageschool klein, hetgeen ook terug te zien was in de klassen voor natuurkunde. Derhalve zou de steekproef te klein zijn om een duidelijk, significant verschil of overeenkomst aan te tonen.

In plaats daarvan is gekozen voor een design dat kijkt naar de opbouw/methode voor het overbrengen van de leerstof, het zogenaamde pré-test/intervention/post-test design. Hoewel er bij de meeste onderzoeken wordt gewerkt met meerdere testgroepen zal dat hier niet het geval zijn. Er wordt slechts gewerkt met één klas die in zijn totaliteit ook één testgroep representeert. Op basis van Hake's average normalized gain^[8,9] (zie paragraaf 0) is bekend dat bij een bepaald percentage vooruitgang in de leerresultaten van de leerlingen gesproken kan worden over de mate van verbetering of vermindering ('de gain'). De leerlingen hebben een basisniveau en kennis van de stof voordat ze aan de nieuwe methode beginnen. Afhankelijk van het niveau aan het eind van de methode kan vastgesteld worden of de nieuwe methode een verbetering is of niet. De mate van de verbetering geeft aan in hoeverre de methode succesvol is. Om dit verder te verduidelijken volgt nu een voorbeeld. Stel dat een leerling eerst een basisniveau van 30% heeft (getoetst) en aan het eind van de nieuwe methode op dezelfde toets 55% scoort. Dan kan worden gesteld dat de leerling vooruitgang heeft geboekt, maar deze vooruitgang is niet beter dan met een andere lesmethode. Als nu de leerling in plaats van 55% nou 85% had gescoord dan kan worden gezegd dat de nieuwe methode een dusdanig groot verschil in leerresultaten heeft bewerkstelligd in vergelijking met de oude methode dat het bewezen is dat de nieuwe methode toegevoegde waarde heeft. Verdere uitleg hierover is te vinden in paragraaf 0.

Het onderzoek zal plaatsvinden in vier fases. In de eerste fase wordt lesstof nog klassikaal uitgelegd, waarbij het voornamelijk herhalingsstof van het vorige schooljaar betreft. Bij deze uitleg wordt niet ingegaan op datgene wat later getoetst wordt, wel worden de basisprincipes kort herhaald. Daarna volgt er een pré-test. De inhoud van deze test zal exact gelijk zijn aan de toets die aan het eind van het experiment wordt afgenomen. De pré-test bevat vragen die ze met de al bekende lesstof in theorie zouden moeten kunnen beantwoorden, hoewel er wel inzicht voor nodig is. De leerlingen zijn deze toepassingen echter nog niet eerder tegengekomen waardoor het voor de meeste leerlingen toch lastig kan zijn. Na de pré-test volgt het experiment waarbij de leerling de toepassingen en verdiepende lesstof aangereikt krijgt via een applet op de computer. Leerlingen gaan aan de hand van een beknopte handleiding in tweetallen en een enkele drietal werken met de applet. Doordat leerlingen zelf werken met de applet zullen ze ook zelf ontdekken hoe bepaalde

principes werken en wat er gebeurt wanneer er parameters veranderen. De inhoud van de applet wordt verder toegelicht in paragraaf 0 (keuze van de applet) en 13.1 (werkblad voor het werken met de applet). Na het werken met de applet krijgen ze de les daarop een post-test voorgelegd. De inhoud van deze post-test is gelijk aan de pré-test zodat resultaten vergeleken kunnen worden.

4.2 Hake's average normalized gain

Hake's average normalized gain wordt gebruikt in pré-test/intervention/post-test design om de mate van succes van de intervention te bepalen [8,9]. Met de intervention wordt in dit geval het toepassen van een applet bedoeld op de wijze zoals beschreven in dit document. Het effect, oftewel de gain van de intervention wordt bepaald aan de hand van de volgende vergelijking waarbij $\langle g \rangle$ Hake's average normalized gain is:

$$\langle g \rangle = \frac{\langle S_{post} \rangle - \langle S_{pre} \rangle}{100\% - \langle S_{pre} \rangle}$$

Met $\langle S_{post} \rangle$ en $\langle S_{pre} \rangle$ de gemiddelde procentuele scores van de pré- en post-test.

Aan de hand van de waarde van $\langle g \rangle$ kan er een uitspraak worden gedaan over de mate van succes van de intervention/nieuwe werkvorm ten opzichte van de mate van succes welke normaal is bij standaard werkvormen. Hake heeft hiervoor een bereik toegekend aan de waardes van $\langle g \rangle$ behorende bij een zekere mate van succes:

High g-waarde: $\langle g \rangle > 0.7$
Medium g-waarde: $0.3 < \langle g \rangle < 0.7$
Low g-waarde: $\langle g \rangle < 0.3$

Een hoge g-waarde geeft aan dat de methode succesvol is ten opzichte van andere methodes; een lage g-waarde geeft juist aan dat het minder succesvol is. Hake's average normalized gain bekijkt de maximaal haalbare 'gain'. Een leerling heeft altijd een bepaalde leercurve en zal dus een toename/gain aan leerresultaat laten zien. Bij standaard werkvormen is dit echter niet maximaal en een gemiddelde groep leerlingen laat een gemiddelde mate van vooruitgang zien. De normalized gain zegt in hoeverre de behaalde gain zich verhoudt ten opzichte van de standaard vooruitgang van een groep leerlingen. Dit wordt uitgedrukt in de waarde voor $\langle g \rangle$.

4.3 Analyse van het onderwerp

Een belangrijke bron van informatie voor de analyse van het onderwerp is de ervaring die opgedaan is bij twee schoolpracticumstages. Het hoofdstuk over optica is in totaal in vier verschillende klassen gedoceerd. Dit waren twee 4Havo klassen op het Bonhoeffer College Van der Waalslaan en een 3Vwo en 4Havo klas op het Bataafs Lyceum in Hengelo. Bij de laatste klas is dit onderzoek uitgevoerd. Wat opviel bij de klassen op het Bonhoeffer College is dat in het domein Optica er met name fouten werden gemaakt in de redenering bij beeldvorming en beeldconstructie. Tijdens een schriftelijke overhoring bij de twee 4Havo klassen op het Bonhoeffer College was het slagingspercentage erg laag, rond de 50%. De leerlingen kennen de standaardsituaties en de belangrijkste beeldconstructies, bijvoorbeeld dat een beeld even groot is als de voorwerpsafstand tweemaal de brandpuntsafstand is. Echter als het gaat om het inzicht in wat er gebeurt met het

beeld als bijvoorbeeld de brandpuntsafstand of voorwerpsafstand veranderd wordt, gaat het vaak mis. De leerlingen zijn gewend om in de les slechts voor één situatie een constructietekening op te stellen. In hun hoofd kunnen ze niet altijd een voorstelling maken van wat er gebeurt als er in de constructietekening/opstelling geschoven wordt met componenten, zoals het voorwerp of de lens. Dit verband is lastig uit te leggen als er alleen gebruik wordt gemaakt van het bord en het boek. De leerlingen begrijpen vaak alleen de situaties die getoond worden in opgaven of die klassikaal besproken zijn, met als gevolg dat ze tijdens een nieuw vraagstuk of proefwerk niet de link naar de theorie kunnen maken. Daarnaast is er niet echt de mogelijkheid om beeldconstructie met lenzen te koppelen aan de brekingsindex en curvatuur van een lens, twee eigenschappen die wel een grote rol spelen bij lensconstructies. Het inzicht in deze eigenschappen en toepassingen kan wel verkregen worden door middel van het werken met een applet.

Om te kunnen evalueren waar en wanneer voor leerlingen de problemen optreden in het domein optica dient er eerst gekeken te worden naar eisen die gesteld worden aan de leerling. Vanwege de scope van dit onderzoek worden deze eisen beperkt tot die eisen die relevant zijn met betrekking tot de onderwerpen beeldvorming en beeldconstructie binnen de optica.

De leerlingen kunnen:

- de definitie of eigenschappen en bijbehorende eenheden van de volgende begrippen noemen/opschrijven en beschrijven:
 - Optica
 - Lichtstraal
 - Optisch middelpunt
 - Lens (positief en negatief)
 - Breking
 - Voorwerpsafstand
 - Brandpuntsafstand
 - Beeldafstand
 - Vergroting
 - Beeldgrootte
 - Voorwerpsgrootte
 - Positie van het beeld (omgekeerd, rechtop of n.v.t.)
- de betekenis noemen/opschrijven van de volgende symbolen: v , f , b , N , BB' , VV'
- de lensformule noemen/opschrijven en toelichten
- opgaven schriftelijk of mondeling oplossen door gebruik te maken van de lensformule:
$$1/f = 1/v + 1/b$$
- een constructietekening maken waarin de volgende onderdelen zich bevinden: voorwerp, beeld, brandpunt, optisch middelpunt, lens, lichtstralen.
- aan de hand van een constructietekening of beschreven situatie beredenen/uitleggen:
 - wat er gebeurt met het beeld als het voorwerp wordt verschoven en vice versa.
 - wat de invloed van de positie van het voorwerp is op de grootte van het beeld en vice versa.
 - welke invloed de positie van het brandpunt heeft op de beeldvorming.

- aangeven of het beeld omgekeerd, rechtop staat of dat het niet van toepassing is.

Vervolgens wordt er gekeken naar de problemen die leerlingen ondervinden met de lesstof. Dit is grotendeels gebaseerd op de ervaring met en resultaten van toetsen tijdens de stages. Dit is controleerd door kort met leerlingen en de gehele klas op school een gesprek aan te gaan tijdens de les om te evalueren of deze beweringen kloppen. Dit samengenomen heeft tot een aantal constatering geleid waarvan de belangrijkste hieronder puntsgewijs zijn weergegeven:

Leerlingen:

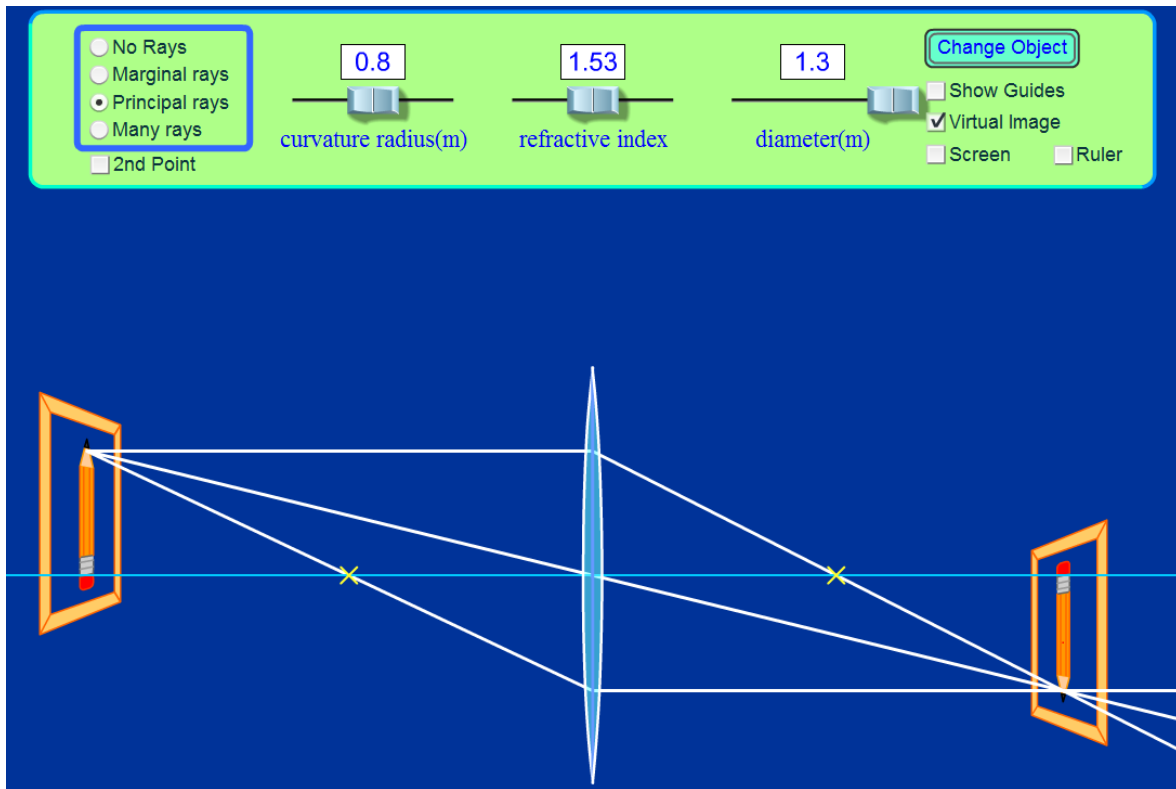
- herkennen alleen standaard situaties in de optica.
- hebben moeite met situaties waarbij afstanden (voorwerpsafstand, beeldafstand of brandpuntsafstand) veranderen en welke invloed deze op elkaar uitoefenen.
 - leggen geen relatie tussen de verandering van de voorwerpsafstand met een vaste brandpuntsafstand.
 - kunnen de afstand van een beeld- of voorwerpssafstand bij een vaste brandpuntsafstand niet goed relateren aan de beeld- of voorwerpsgrootte.
- leggen niet de link tussen de vergroting van het beeld en de positie van het voorwerp.
- leggen niet de link tussen de vergroting van het beeld en de positie van het brandpunt.
- leerlingen vinden het moeilijk in te zien wanneer het beeld rechtop of omgekeerd geprojecteerd is.

Wanneer de situaties waar leerlingen problemen mee hebben vergeleken worden met de verwachting wat leerlingen kunnen, dan valt op dat dit voornamelijk tot één gebied is terug te brengen. Dit gebied heeft betrekking op de veranderingen die optreden bij beeldvorming en beeldconstructie. Statische situaties zijn voor de meeste leerlingen goed te begrijpen. Het wordt echter een stuk lastiger en ingewikkelder voor leerlingen wanneer de situatie verandert van statisch naar dynamisch. Het probleem berust dus niet op misconceptie of moeilijke begripsvorming maar op het verkrijgen van inzicht. Dit heeft te maken met de manier waarop de leerlingen in aanraking komen met de lesstof. Om dit inzicht te verbeteren dienen leerlingen op een andere manier om te gaan met de lesstof, en dit kan door de toepassing van een applet bewerkstelligd worden. De applet benadrukt de dynamische situaties omdat deze interactief werkt.

4.4 Keuze applet

In de vorige paragraaf 0 is aangegeven waar leerlingen moeite mee hebben met betrekking tot opgaven en inzicht over beeldvorming en beeldconstructie. Het is de bedoeling dit probleem aan te pakken met behulp van applets. Er is gekozen voor een applet van de University of Colorado ^[6,7]. De applet is te zien in Figuur 1 en tevens te vinden via de volgende link:

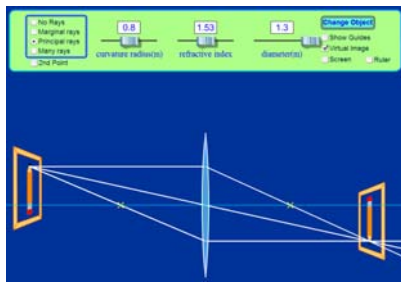
http://phet.colorado.edu/sims/geometric-optics/geometric-optics_en.html.



Figuur 1: Start-instelling applet

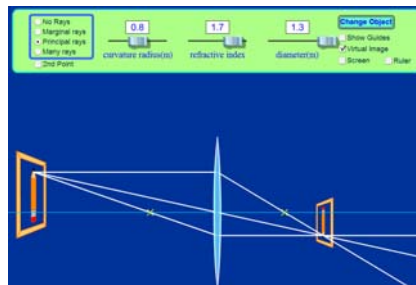
Deze applet stelt de leerling in staat om gelijk te zien wat er gebeurt wanneer hij of zij veranderingen aanbrengt door bijvoorbeeld het voorwerp te verschuiven of de brekingsindex van de lens te veranderen. De applet omvat alle mogelijkheden met betrekking tot beeldconstructie, van de verandering van de curvatuur van de lens tot en met virtuele beelden. Het grote voordeel is dat de leerling zelf kan werken met dit programma. Om dit te integreren in het lesprogramma wordt dit opgenomen als een practicum met bijbehorende handleiding, daarover meer in paragraaf 0.

De keuze voor deze specifieke applet in plaats van een vergelijkbare applet heeft een aantal redenen. Ten eerste is deze applet erg robuust, dat wil zeggen dat de leerling makkelijk kan experimenteren met de applet en zijn mogelijkheden zonder dat daarbij het programma vastloopt of in een dusdanig toestand komt dat men niet meer begrijpt wat er is gebeurd. Daarnaast is de software erg basic, hetgeen inhoudt dat dit op vrijwel iedere computer te draaien is zonder dat er extra software moet worden geïnstalleerd. Een belangrijke reden is tevens de overzichtelijkheid van de applet. De mogelijkheden die het programma biedt (zie Figuur 1) zijn enigszins beperkt maar precies goed voor de doeleinden voor een 4Havo klas. Ook kan met deze applet de invloed van de brekingsindex en curvatuur op de beeldvorming aan het licht gebracht worden, en dit kan niet altijd met andere applets. In Figuur 2 is te zien hoe de brandpuntsafstand verandert door de brekingsindex te veranderen en wat voor een invloed dit heeft op de beeldafstand en grootte van het beeld. De leerling is nu in staat door eigen handelen te zien wat er gebeurt en komt zo op een interactieve manier in aanraking met de lesstof waarin een dynamische situatie aan de orde wordt gesteld.



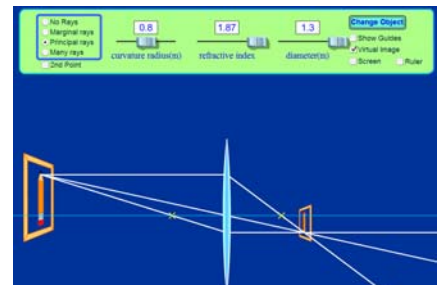
$n = 1.53$

Figuur 2: Werken met de applet



$n = 1.7$

Verandering van de brekingsindex



$n = 1.87$

Hoewel de applet veelzijdig is en nuttige functies heeft, ontbreken er helaas ook een aantal. Zo is er geen mogelijkheid om een negatieve lens te kiezen en tekent het programma met principal rays (volgens theorie) altijd drie lichtstralen. Het laatste is bijvoorbeeld niet het geval bij de constructie van een virtueel beeld, het programma maakt dan een fout. Wat ook erg jammer is, is dat de positie van $2x$ de brandpuntsafstand niet is aangegeven. Dit maakt namelijk veel uit voor de begripsvorming omdat vanaf dat punt voorwerp en beeld exact even groot zijn. Gelukkig heeft de applet ook veel voordelen waarvan de belangrijkste de overzichtelijkheid, dynamische eigenschappen en makkelijk te bedienen parameters zijn.

5 Doelstelling

5.1 Doel

Het doel van dit onderzoek is aan te tonen of het gebruik van applets de begripsvorming en inzicht in het domein optica bij de leerling in het voortgezet onderwijs kan bevorderen. Hiervoor worden de applets ingezet als practicum voor de leerlingen zodat leerlingen op een interactieve manier in aanraking komen met de lesstof. De applet biedt hierbij de mogelijkheid om inzicht te verkrijgen in dynamische situaties voor beeldconstructie en beeldvorming in de optica.

5.2 Onderzoeksvraag

De onderzoeksvraag richt zich op de bijdrage van applets aan de bevordering van het leerproces van de leerling. Hierin kan de volgende onderzoeksvraag gedefinieerd worden: *Bevordert het gebruik van applets voor de beeldvorming en beeldconstructie in de optica de begripsvorming en het inzicht van de leerling?*

Daarvoor wordt er gekeken naar de mogelijkheden die de applet biedt, zoals het analyseren van dynamische situaties en de manier waarop er met de applet gewerkt kan worden. Daarnaast zal gefocust worden op de leerresultaten die de toepassing van de applet bewerkstelligt.

5.3 Verwachting

Het is erg moeilijk een verwachting te koppelen aan het toepassen van applets in het voortgezet onderwijs waarbij leerlingen zelf aan de slag gaan met deze applets. Het experiment kan twee kanten op gaan: óf de leerlingen gaan er serieus mee om en het draagt daadwerkelijk bij in termen van leerresultaten óf leerlingen zien het als een leuke lesvorm en nemen het allemaal minder serieus waardoor het uiteindelijke voordeel minder is. De verwachting is dat er een gain gehaald zal worden van ongeveer $\langle g \rangle = 0,5$. Dit is omdat een grote gain niet waarschijnlijk is gezien de korte duur van het experiment en natuurlijk wordt er een hogere gain verwacht dan 0,3 want anders zou dat betekenen dat het onderzoek vooraf al geen zin heeft.

De leerling zal een duidelijker beeld moeten krijgen van wat er gebeurt bij beeldvorming en beeldconstructie doordat de leerling interactief met de applet bezig is. Dit betekent dat verwacht wordt dat de leerling meer inzicht zal krijgen in dynamische situaties. Hier kan men denken aan het veranderen van de voorwerpsafstand en het effect hiervan op de beeldgrootte of beeldafstand alsmede de beredenering of het beeld rechtop of bijvoorbeeld omgekeerd staat. Tevens zal de leerling beter in staat zijn te beredeneren waarom iets gebeurt en de situatie herkennen doordat hij of zij deze zelf is tegenkomen bij het werken met de applet.

6 Methode

6.1 Tijdsplanning/tijdspad

De uitvoering van het onderzoek vindt halverwege januari plaats over een tijdsperiode van een week. De exacte data voor het afnemen van de pré-test, het werken met de applet en de post-test wordt te zijner tijd bepaald. Dit komt omdat het geheel moet passen in het lesprogramma van de klas. Vanzelfsprekend wordt de pré-test afgenomen voordat er begonnen wordt met het werken met applets. Voor het practicum met de applet zal één les worden uitgetrokken. De post-test zal gelijk na het practicum afgenomen worden.

6.2 Testgroep

Het Bataafs Lyceum is een relatief kleine school. Derhalve zijn de klassen klein en zijn er vaak geen parallelklassen. Om die reden is er gekozen om het design van het onderzoek aan te passen, zie paragraaf 4.1. Bij dit design wordt gebruik gemaakt van één testgroep. Deze testgroep is een 4Havo klas. Iedereen uit deze klas zal deelnemen aan het onderzoek onder dezelfde omstandigheden.

6.3 Procedure

Voordat er echt begonnen wordt met het onderzoek zijn de leerlingen al bezig met het hoofdstuk over optica. Het onderzoek richt zich op een specifiek deel van het hoofdstuk, namelijk beeldvorming en beeldconstructie door middel van het gebruik van lenzen. Wanneer de leerlingen aankomen bij dit onderdeel in de lessenserie zal eerst de pré-test worden afgenomen. Leerlingen krijgen hiervoor geen cijfer of een andere vorm van waardering. De pré-test leent zich om het basisoniveau van kennis en inzicht van leerlingen te toetsen. Deze kennis en inzicht hebben ze verkregen in vorige leerjaren en de eerste lessen van de lessenserie van optica in 4Havo. Daarnaast wordt de pré-test gebruikt om uiteindelijk conclusies te kunnen trekken op basis van het vergelijken van de post-test met de pré-test. Na het afnemen van deze test zullen leerlingen in de volgende les gaan werken aan een practicum. In dit practicum werken de leerlingen zelf met de applet. Door middel van een handleiding moeten ze opgaven maken en verkrijgen ze inzicht in de lesstof terwijl ze bezig zijn. Tijdens dit practicum zal de docent een rol als observator vervullen waarbij hij af en toe de leerlingen bijstaat indien ze zelf niet meer verderkomen. Voor het grootste gedeelte zullen de leerlingen zelfstandig het practicum op de computer uitvoeren. In de les daarna wordt de post-test afgenomen. Hierna eindigt het praktijkgedeelte van het onderzoek. Eventueel zou dit aangevuld kunnen worden met een andere vorm van onderzoek zoals een interview met leerlingen. Hiermee zouden de resultaten wat meer onderbouwd kunnen worden. Afhankelijk van hoe de leerlingen het practicum uitvoeren zal er nog extra uitleg volgen over de theorie zodat iedereen uiteindelijk de lesstof begrijpt.

6.4 Lesmateriaal

Voor dit onderzoek wordt als lesmateriaal een applet en een werkblad gebruikt. De keuze van deze applet is uitgelegd in paragraaf 0 en de inhoud hiervan is verwerkt in een werkblad. De leerlingen zullen bij het uitvoeren van het practicum met de applet werken aan de hand van dit werkblad. Op het werkblad is stap voor stap vermeldt wat ze moeten doen, en aan deze stappen zijn vervolgens vragen/opgaven gekoppeld die de leerlingen in groepjes van twee en een enkel groepje van drie maken. Het is wel zo dat iedere leerling zijn werkblad moet inleveren en niet een werkblad per

groepje. De reden hiervoor is dat elke leerling op deze manier gedwongen wordt het antwoord goed op te schrijven op zijn of haar werkblad en daarom ook zelf over de stof na moet denken. Zo wordt voorkomen dat er leerlingen meeliften of uiteindelijk niet alle lesstof meekrijgen. Het werkblad is te vinden in de bijlage, zie paragraaf 13.1.

6.5 Toetsing

De toetsing vindt plaats met behulp van een pré-test en post-test. De pré-test en post-test zijn qua inhoud exact gelijk aan elkaar. De pré-test wordt afgenomen voor het practicum met de applets en de post-test daarna. De resultaten van beide toetsmomenten kunnen met elkaar vergeleken worden om zo aan te tonen in hoeverre de nieuwe werkvorm verbeteringen bewerkstelligt. Dit wordt aangetoond door middel van Hake's average normalized gain, zie paragraaf 0.

7 Uitvoering experiment

7.1 Observaties

Voor het experiment waren er voldoende computers beschikbaar zodat iedereen in tweetallen kon werken aan de opdracht met uitzondering van één drietal vanwege een oneven aantal leerlingen. Daardoor zaten sommige groepjes ook meer apart van andere groepen. Het was namelijk duidelijk zichtbaar dat sommige tweetallen erg serieus met het werkblad aan de slag gingen terwijl andere leerlingen het meer zagen als een leuke les waarbij ze niet altijd even geconcentreerd waren. Vaak waren dit de leerlingen die in groepjes ook wat dicht bij elkaar zaten. De manier waarop leerlingen omgingen met de opdrachten verschilde dan ook. Er zaten tweetallen bij die erg hun best hebben gedaan en de opdrachten ook netjes hebben gelezen en gemaakt. Voor deze groepen heeft het practicum zeker een nuttige bijdrage gehad. Helaas zijn er ook altijd leerlingen die er wat minder geconcentreerd of serieus mee omgaan. Bij een aantal tweetallen werd al redelijk snel duidelijk dat ze de instructies niet/nauwelijks gelezen hadden omdat de instellingen verkeerd stonden en daardoor de antwoorden ook niet altijd klopten. Waar die leerlingen feitelijk mee bezig waren is een antwoord opschrijven zonder erover na te denken of te kijken of het met hun bevindingen overeenkwam. De enige motivator was dat ze dan verder konden met de volgende opgave. Gelukkig zijn de opgaven wel zo geformuleerd dat je er wel mee bezig moet zijn en dan aldoende toch leert. Wat wel opviel tijdens het experiment is dat de meisjes over het algemeen serieuzer met de opdrachten aan de slag gingen dan de jongens. Het vermoeden is dat dit terug te zien is in de resultaten. Derhalve is in paragraaf 0 ook gekeken naar het verband tussen het geslacht van de leerling en de score op de toetsen.

Wat helaas wel jammer is dat weinig leerlingen kritisch kijken naar hun eigen antwoord. In het geval van werken met een applet moeten ze zelf de opdracht met de computer uitvoeren en is er daarom geen eenduidig antwoord van de computer. Dit zorgt ervoor dat de leerlingen actief op zoek moeten naar een antwoord, maar ze zijn passief als het gaat om de formulering van het antwoord op het werkblad. Veel leerlingen nemen genoegen met een onvolledig antwoord, hetgeen overigens erg duidelijk is terug te zien in de pré- en post-test. Qua tijd was een lesuur voldoende, op een tweetal na waren alle leerlingen binnen de les klaar.

7.2 Leerlingen

Tijdens het experiment is de leerlingen gevraagd wat ze vonden van deze werkvorm en de opdrachten. Dit is gebeurd aan de hand van een drietal vragen achteraan op het werkblad. Voor deze vragen zie paragraaf 13.1. Veel leerlingen geven aan dat ze het practicum erg nuttig vonden. Als voordelen geven ze aan dat je zelf ziet wat er gebeurt en dat het een toegankelijke manier is om zelf dingen uit te proberen en te leren. De toegankelijkheid is te danken aan de simpelheid van de applet en het niet nodig hebben van practicumspullen. Leerlingen geven ook aan dat het een prettige afwisseling is van de standaard manier van lesgeven en practica. Als laatste zeggen de leerlingen ook minder fouten te maken doordat ze zelf zien wat ze doen en ze met een muisklik aanpassingen kunnen doen. Wat ze eigenlijk aangeven is dat ze dus heel snel hun fouten inzien en het makkelijk kunnen aanpassen door nieuw verkregen inzicht. Mindere punten zijn toch wel de omgang met de applet die af en toe lastig is voor sommige leerlingen. In bijna alle gevallen gaat het om goed lezen maar dat wil bij menig practicum nog wel een probleem zijn. Leerlingen geven wel

aan dat het werken met een applet niet vergeleken kan worden met een 'echt' practicum. Ze zien wel in dat een digitale omgeving zijn beperkingen heeft en ook willen ze bij een dergelijke applet eigenlijk meer uitleg op de computer. Daarnaast wijkt de applet af en toe af van de theorie. Dit komt door de programmatuur waardoor er bijvoorbeeld een derde lijn getekend wordt wanneer de voorwerpsafstand gelijk is aan de brandpuntsafstand ($v = f$). In dit geval zouden er volgens de theorie maar twee lijnen zijn. Deze optie is echter niet geprogrammeerd in de applet. Het gebruik van de applet heeft daarom naast de voordelen ook zijn nadelen.

8 Resultaten

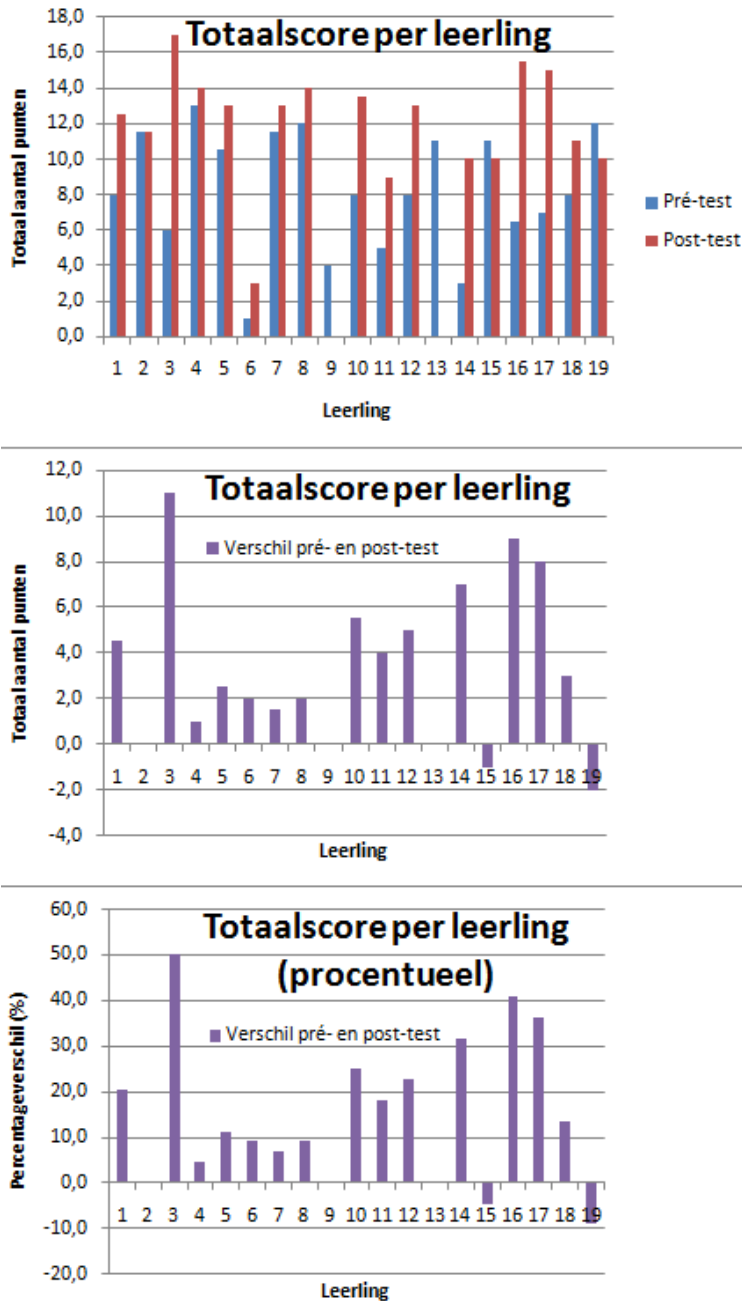
In Tabel 1 is de scoring op de pré- en post-test van de leerlingen weergegeven. Bij de gegevens zijn de leerling (namen zijn weggelaten), het geslacht en het rapportcijfer opgenomen. Daarnaast is per toetsvraag het aantal punten weergegeven met bij elke vraag het gemiddelde aantal punten en het maximaal aantal haalbare punten.

Gegevens				Pré-test														
Leerling	M/V	Rapp1	Rapp2	GemRapp	1a	1b	2	3a	3b	3c	4a	4b	5	6a	6b	7	totaal pnt	
1 m		4,9	4,8	4,9	2	0	1	0	0	0	2	1	2	0	0	0	8,0	
2 m		6,5	7	6,8	2	0	1	1	1	1	1	0	3	0	1	0,5	11,5	
3 m		7,3	6,4	6,9	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	6,0	
4 v		7,7	6,9	7,3	2	1	1	1	0	0	1	2	3	0	1	1	13,0	
5 m		6,5	5,9	6,2	3	0	1	1	0,5	0	0	0	3	1	1	0	10,5	
6 m		5,9	5,9	5,9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,0	
7 v		6,9	6,3	6,6	2	1	1	1	0	0	2	2	2,5	0	0	0	11,5	
8 m		6,1	5,6	5,9	2	1	1	0	0	0	0	1	3	3	0	1	12,0	
9 m		6,1	5,8	6,0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	4,0	
10 m		8,1	7,2	7,7	2	1	0	0	1	1	0	0	3	0	0	0	8,0	
11 m		6	5,3	5,7	2	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5,0	
12 m		6,9	5,9	6,4	2	0	1	0	1	1	0	0	2	0	0	1	8,0	
13 m		7,2	7,2	7,2	1	3	0	0	0	1	1	0	2	1	1	1	11,0	
14 m		6	5,8	5,9	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	3,0	
15 m		6,9	6,4	6,7	2	1	1	1	0	1	1	1	2	0	1	0	11,0	
16 v		6,6	6,3	6,5	2	1	1	0	0	0,5	0	0	2	0	0	0	6,5	
17 v		6,6	7,1	6,9	2	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	7,0	
18 m		7,5	6,5	7,0	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	8,0	
19 m			6,4	6,4	2	1	1	1	0	0	2	0	2	2	1	0	12,0	
Gemiddeld # pnt					1,76	0,53	0,94	0,53	0,26	0,32	0,76	0,53	1,62	0,35	0,41	0,32	8,35	
Max. Haalbaar					3	1	1	1	1	1	2	2	3	5	1	1	22	

Gegevens				Post-test														
Leerling	M/V	Rapp1	Rapp2	GemRapp	1a	1b	2	3a	3b	3c	4a	4b	5	6a	6b	7	totaal pnt	
1 m		4,9	4,8	4,9	2,5	1	1	0	0	1	2	2	3	0	0	0	12,5	
2 m		6,5	7	6,8	3	1	0	1	1	1	0	0	3	0	1	1	11,5	
3 m		7,3	6,4	6,9	3	1	1	1	1	0	1	0	3	5	1	0	17,0	
4 v		7,7	6,9	7,3	3	0	0	1	1	1	2	2	3	0	0	1	14,0	
5 m		6,5	5,9	6,2	2	1	1	1	1	1	2	1	2	0	1	0	13,0	
6 m		5,9	5,9	5,9	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	3,0	
7 v		6,9	6,3	6,6	3	1	1	1	0	1	1	2	3	0	0	0	13,0	
8 m		6,1	5,6	5,9	1	1	1	1	0	1	1	0	2	4	1	1	14,0	
9 m		6,1	5,8	6,0	afwezig wegens ziekte												0,0	
10 m		8,1	7,2	7,7	3	1	1	0	1	0	1	0	2,5	2	1	1	13,5	
11 m		6	5,3	5,7	3	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	9,0	
12 m		6,9	5,9	6,4	3	0	1	1	1	1	2	0	3	0	0	1	13,0	
13 m		7,2	7,2	7,2	afwezig wegens ziekte												0,0	
14 m		6	5,8	5,9	3	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	10,0	
15 m		6,9	6,4	6,7	2	1	1	1	0	0	1	0	2	0	1	1	10,0	
16 v		6,6	6,3	6,5	2	1	1	1	1	1	0	0	1,5	5	1	1	15,5	
17 v		6,6	7,1	6,9	3	1	1	1	1	1	1	0	3	1	1	1	15,0	
18 m		7,5	6,5	7,0	2	1	1	1	1	1	2	0	0	0	1	1	11,0	
19 m			6,4	6,4	2	1	1	1	0	0	1	0	2	1	0	1	10,0	
Gemiddeld # pnt					2,38	0,82	0,82	0,82	0,59	0,71	1,06	0,41	1,91	1,06	0,71	0,76	12,1	
Max. Haalbaar					3	1	1	1	1	1	2	2	3	5	1	1	22,0	
Vershil pré-post					0,62	0,29	-0,12	0,29	0,32	0,38	0,29	-0,12	0,29	0,71	0,29	0,44	3,7	

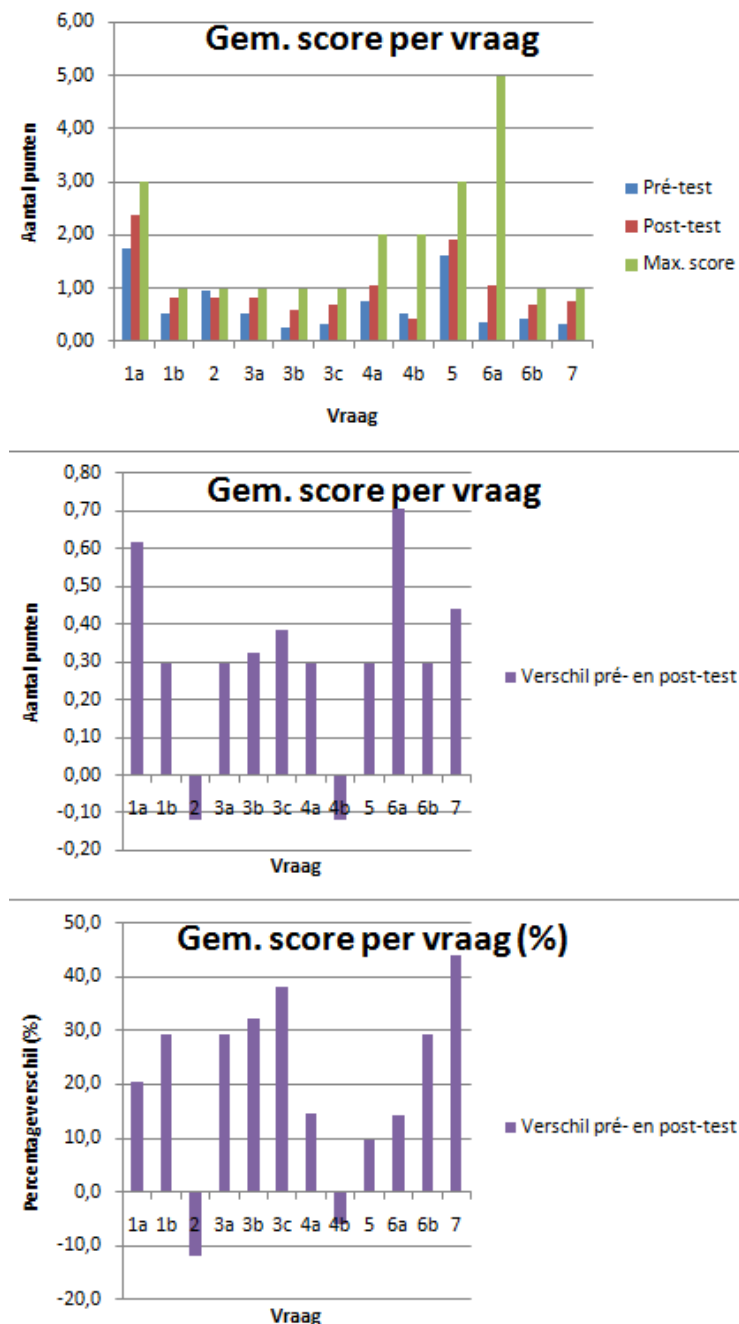
Tabel 1: Scoring pré- en post-test

In Tabel 1 is per leerling een nummer aangegeven. Dit nummer correspondeert met de getalswaarden op de x-as in de grafieken van Figuur 3. In het eerste staafdiagram is de totaalscore te zien van iedere leerling op de pré- en post-test. De tweede staafdiagram in Figuur 3 (onderste) geeft het verschil in score aan van de leerling tussen de pré- en post-test. Gemiddeld scoorden leerlingen op de post-test 3,3 punt hoger dan op de pré-test.



Figuur 3: Totaalscore per leerling

Om vervolgens ook een duidelijk overzicht weer te geven van de resultaten per vraag is Figuur 4 hieronder getoond. In het bovenste diagram wordt hier de score per vraag aangegeven. De score geeft het gemiddeld aantal punten weer van alle leerlingen per vraag. Hierbij is de pré-test, post-test alsmede de maximale score opgenomen in het diagram. Het tweede diagram geeft weer het verschil aan tussen pré- en post-test om zo een overzichtelijk beeld te geven bij welke vragen leerlingen veel vooruitgang hebben geboekt en bij welke vragen juist niet.

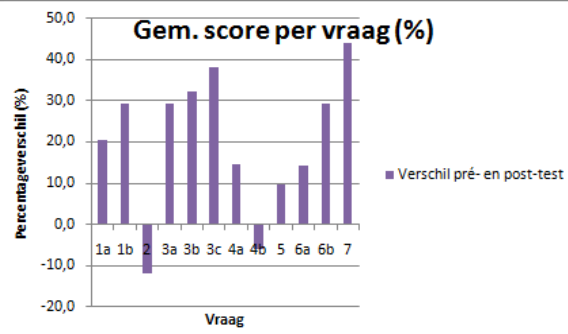
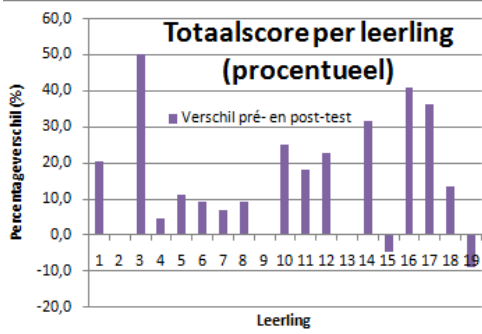
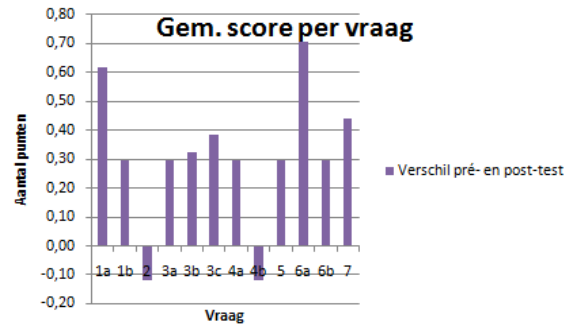
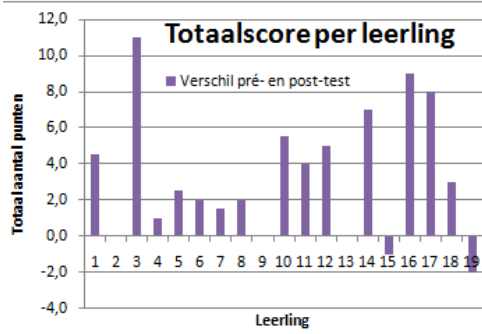
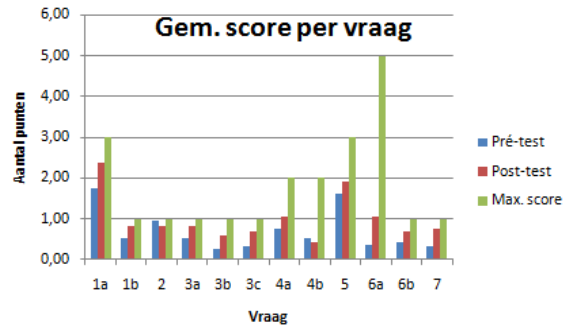
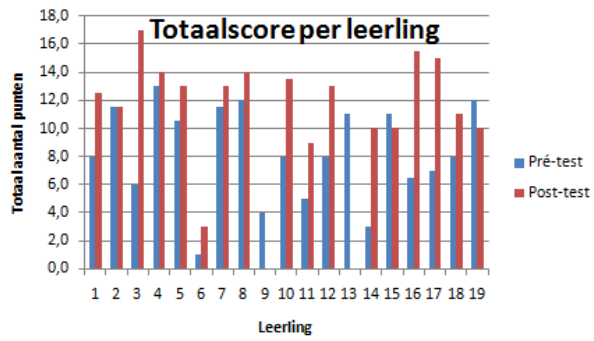


Figuur 4: Totaalscore per vraag

Het eerste dat opvalt is de totaalscore per leerling. In de klas heeft één helft uiteindelijk wel goed gescoord en de andere helft heeft niet genoeg punten voor een voldoende, indien hier een cijfer aan zou worden gekoppeld. Tevens is terug te zien bij het verschil in score tussen pré-test en post-test dat de helft van de klas wel een relatief goede vooruitgang laat zien en de andere helft niet of soms zelfs achteruitgang. Een klein verschil kan overigens wel te danken zijn aan een goede score zowel op de pré- als post-test, hetgeen bij een enkele leerling het geval is.

De gemiddelde score per vraag geeft een goed beeld van waar leerlingen moeilijkheden ondervonden in de toets. Bij het grootste deel van de vragen is een toename te zien in het gemiddeld aantal behaalde punten. Bij vraag 4a, 4b, 5 en 6a is deze toename echter lager dan verwacht, ook bij vraag 2 is een afname in het gemiddelde aantal punten zichtbaar. Wanneer de antwoordbladen van de toetsen worden bekeken dan is duidelijk dat het slechte resultaat op vraag 5 het gevolg is van slordig werken. Als antwoord moeten de leerlingen hier een constructietekening maken van waar de lichtstralen parallel lopen. Een groot deel van de leerlingen heeft hier niet netjes gewerkt en heeft hier om die reden punten laten liggen door lijnen niet parallel te tekenen of de lichtrichting niet aan te geven. Wel laten de antwoorden zien dat ze de situatie begrijpen. Met andere woorden, het gebruik van een applet heeft hier aan de begripsvorming geen afbreuk gedaan. De reden voor de verlaging van de scoring bij vraag 2 is een raadsel. Deze vraag is erg eenvoudig en vrijwel iedereen gaf bij de pré-test het goede antwoord. Wat hiermee aangetoond wordt is dat de vergelijking die in dit onderzoek wordt getrokken geen hoge nauwkeurigheid heeft. Dit komt omdat de grootte van de testgroep te klein is. Helaas was er geen mogelijkheid voor een grotere testgroep maar het is duidelijk dat hierdoor het overzicht dat gecreëerd wordt 'sterk' beïnvloed kan worden door de resultaten van slechts een paar leerlingen. Dit geldt ook voor vraag 4b waarbij het bepaald aantal punten laag is. Het verschil duidt hierbij meer op toeval dan inzicht.

Hieronder zijn nogmaals de staafdiagram van Figuur 3 en Figuur 4 samengevat in Figuur 5 voor een helder overzicht.



Figuur 5: samenvatting scoring pré-en post-test

9 Evaluatie methode

In dit hoofdstuk wordt bekeken in hoeverre de toepassing van de applet als practicum heeft bijgedragen aan het leerproces van de leerling. Om dit te evalueren worden de resultaten van de pré- en post-test vergeleken met de punten die gesteld zijn in de analyse, zie paragraaf 0. Allereerst wordt hiervoor de vraagstelling van de pré- en post-test gerelateerd aan de verschillende punten uit de analyse. Daaruit kan worden opgemaakt of de vragen die slecht worden gemaakt daadwerkelijk overeenkomen met de problemen die leerlingen ondervinden. Vervolgens worden de resultaten van hoofdstuk 0 besproken en wordt er gekeken naar het effect dat het experiment heeft op het inzicht en begrip van de leerling. Dit wordt gedaan door de scoring van de pré- en post-test met elkaar te vergelijken. Als laatste zal er ingegaan worden op de voor- en nadelen die de werkvorm biedt en of er eventuele significante verbanden te vinden zijn tussen bepaalde factoren, zoals de relatie tussen het rapportcijfer van de leerling en de score die de leerling behaalt op de post-test.

9.1 Vraagstelling

Een van de constatering uit paragraaf 0 is dat leerlingen alleen standaardsituaties herkennen in de optica. Om te kijken of leerlingen deze situaties goed herkennen zijn hiervan een aantal toegevoegd in de toets. Vraag 1a,1b,3a en vraag 5 hebben betrekking op standaardsituaties. Deze situaties komen veelvuldig voor in het boek en in de opgaven. Door middel van de eerste vraag wordt beoordeeld of de leerling een algemene constructietekening kan op zetten. De andere 'standaardvragen' gaan vervolgens in op overige, veelvoorkomende situaties. De resultaten van de toetsen laten zien dat deze opgaven in verhouding tot de rest van de opgaven beter gemaakt worden. Aan de antwoorden van de leerlingen is te zien dat ze de situatie herkennen en vervolgens het volledig aantal punten halen of juist het tegenovergestelde, hetgeen vaak resulteert in geen enkel punt. Het grootste gedeelte van de leerlingen haalt hierbij het maximaal aantal punten. Daarmee wordt het vermoeden dat leerlingen standaardsituaties herkennen enigszins bevestigd. Dit zal niet een verklaring zijn waarom leerlingen het lastig vinden om vragen te beantwoorden over beeldvorming. De leerlingen die geen of weinig punten scoren doen dit over het algemeen bij elke opgave, hetgeen betekent dat de score niets specifiek zegt over het onderwerp van de vraag.

Het slechtst wordt er gescoord op vraag 4a,4b en 6a. Bij deze vragen werd veel inzicht gevraagd en dat bleek voor de meeste leerlingen te lastig te zijn. Vragen 4a en 4b waren nog redelijk eenvoudig gehouden. Er werd gevraagd naar invloed van de verandering van de brandpuntsafstand op het beeld. Er zijn twee redenen waarom leerlingen slecht scoorden op deze vragen. Bij veel leerlingen ging het mis bij het denkproces. Leerlingen moeten zich een situatie inbeelden en vervolgens vanuit die situatie redeneren wat er gebeurt wanneer het brandpunt wordt verplaatst. Een deel van de leerlingen gaf hierbij exact het omgekeerde antwoord wat erop duidt dat het volgen van de verandering van de situatie (dynamisch) tijdens het denkproces verkeerd ging. Een ander deel van de leerlingen behaalde geen of geen volledige punten voor de vraag en heeft dit te danken aan slecht lezen. Dit kwam ook bij andere opgaven vaak terug. Een voorbeeld hiervan is een antwoord geven over de voorwerpsafstand terwijl er gevraagd wordt naar de positie van het beeld, met andere woorden de beeldafstand. Het laatste zal waarschijnlijk deels te wijten zijn aan het feit dat de toets niet gewaardeerd werd met een cijfer of andersoortige beloning. Vraag 6a was de moeilijkste toetsvraag waarbij veel inzicht nodig was. Deze vraag heeft bijna niemand de eerste keer goed gemaakt en ook bij de post-test bleef dit een vraag waar leerlingen moeite mee hadden. Wat er

bij vraag 6a aan de hand is komt neer op het toepassen van kennis over een aantal standaard situaties maar dan wel op een manier waarbij de leerling in aanraking komt met een dynamische situatie. De leerling moet weten wat er gebeurt wanneer de voorwerpsafstand verandert ten opzichte van de brandpuntsafstand en wat hiervan de invloed is op de vergroting. In deze vraag komen dus alle aspecten van beeldvorming samen. Tijdens het practicum zijn deze zaken uitvoerig aan bod gekomen, maar wel als individuele vragen. Leerlingen hebben deze vragen op het practicum goed beantwoord, maar uit de resultaten van de post-test blijkt dat het inzicht nog steeds ontbreekt. Wanneer Hake's gain alleen wordt bekeken op de vragen 4a,b en 6a dan wordt er een score behaald met een low $\langle g \rangle$ value wat impliceert dat er niet voldoende progressie gemaakt is. (De volgende paragraaf geeft een overzicht weer van Hake's gain, zie paragraaf 0.) Dit beeld is echter niet helemaal juist. Uit de resultaten blijkt dat de leerlingen wel degelijk hoger scoren op de post-test en ook aantonen tijdens het practicum en de post-test dat ze beter inzicht hebben. Het probleem zit hier in de vraagstelling, in het bijzonder bij vraag 6a. Deze vraag is te complex voor een 4Havo klas. Om diezelfde reden brengt dit ook een te hoog aantal maximum punten met zich mee die leerlingen dan vaak niet behalen.

Opvallend is dat leerlingen beduidend hoger scoorden bij de post-test op vragen over de beeldpositie, vragen 3b,3c en 6b. Blijkbaar heeft het gebruik van de applet als practicum hier veel nut gehad. In de vraagstelling wordt ingegaan op de beeldpositie door te vragen of het beeld omgekeerd of rechtop staat en aan welke kant van de lens het beeld zich bevindt. Toepassing van Hake's gain op deze vragen geeft een gemiddelde gain waarde van 0,5. Dit komt redelijk overeen met de verwachting. Door te werken met de applet wordt namelijk erg duidelijk getoond wat er met het beeld gebeurt in een dynamische situatie en de leerling ziet het beeld veranderen in grootte en positie (in x- en y-richting). De leerling heeft hierdoor een helder idee van wat er gebeurt met de grootte en positie van het beeld.

Achteraf gezien was het waarschijnlijk beter geweest om de vraagstelling rechtlijniger en eenvoudiger te houden om het zo voor de leerling duidelijker te maken. Dit is destijds niet gedaan in de toets omdat het vermoeden bestond dat de toets dan te 'straightforward' zou worden en derhalve het inzicht te weinig zou toetsen. Er schuilt namelijk een gevaar in het teveel stapsgewijs en op dezelfde manier toetsen. Het gevolg is dat een leerling zich een bepaalde methodiek gaat aanleren en de vraagstelling herkent zonder dat de leerling zelf verbanden gaat bekijken en dus inzicht nodig heeft voor de beantwoording van de vragen. Met andere woorden, als we de vraagstelling hierop afstemmen helpen we de leerling te veel als gevolg waarvan ook het toetsen van de mate van inzicht verlaagd wordt.

9.2 Leerresultaten

Het gebruik van de applet heeft op bepaalde gebieden binnen de beeldvorming en beeldconstructie zeker een goede bijdrage te bieden. De vraag is bij welke onderwerpen het inzicht van de leerling erop vooruitgaat en waar deze bijdrage te weinig aanwezig is. Door het gebruik van de applet ontstaat er meer inzicht in dynamische situaties doordat de leerling direct op het scherm kan volgen hoe de lichtstralen wijzigen en welk resultaat dit heeft. Het betekent echter ook dat de leerling hierdoor voor zichzelf minder constructietekeningen hoeft te maken aangezien de leerling op de computer ziet wat er zich voordoet. Vraag 1a,b en 5 hebben betrekking op het schetsen van deze

constructietekeningen. Opvallend is dat vooral vraag 5 erg laag scoort wanneer er gekeken wordt naar het procentuele verschil tussen de pré-test en post-test. Dit kan komen doordat leerlingen door het gebruik van de applet zelf minder constructietekeningen hoeven te maken en hierdoor in de les minder vaardigheden op doen. Het kan ook liggen aan de mate van zorgvuldigheid waarmee de leerlingen de toetsen hebben gemaakt. Zoals eerder vermeld zijn er redelijk wat punten verloren gegaan door slordigheden. Wat prettig is om te zien in de resultaten is dat de vragen die een hoog procentueel verschil halen overeenkomen met de verwachting. De resultaten tonen aan dat de leerlingen meer vooruitgang boeken bij de vragen die betrekking hebben op een dynamische situatie dan de andere vragen, met uitzondering van vraag 4a en 6 vanwege de vraagstelling (zie paragraaf 0). Een mogelijkheid zou kunnen zijn dat ze de situatie herkennen omdat ze tijdens het experiment ook een vergelijkbare situatie zijn tegengekomen waardoor ze de vraagstelling en waarschijnlijk ook de oorzaak-gevolg relatie beter begrijpen.

In de volgende alinea's wordt gekeken of de geconstateerde problemen in paragraaf 0 daadwerkelijk aanwezig zijn en in hoeverre deze zijn verbeterd of niet. Tevens wordt er een suggestie gedaan ten aanzien van de mogelijke oorzaak.

- Leerlingen herkennen alleen standaard situaties in de optica.

Vragen 1a, 1b, 3a en vraag 5 zijn opgaven waar gevraagd wordt naar een standaardsituatie. Zo wordt bij vraag 3a gevraagd naar een virtueel beeld en bij vraag 5 naar een situatie waarbij de lichtstralen parallel lopen en er geen beeld ontstaat. Na de post-test is duidelijk dat de leerlingen deze vragen over het algemeen goed maken en ook dit inzicht tonen bij de antwoorden. Het geeft nog niet gelijk aan dat ze andere situaties dan niet begrijpen. Wel blijkt uit de score dat leerlingen meer moeite hebben met de wat ingewikkeldere vragen. Het vermoeden dat leerlingen alleen de standaardsituaties herkennen zou juist kunnen zijn. Het is gebaseerd op het feit dat in lesboeken een beperkt aantal opgaven naar voren komen, met name de standaardsituaties, die overigens wel de belangrijke situaties zijn. Het gebruik van de applet zou hier meerwaarde bieden omdat niet alleen de standaardsituaties aan bod komen maar ook wordt gedemonstreerd hoe deze situaties ontstaan. Daarmee krijgt de leerling ook inzicht in andere situaties dan het eindresultaat in de vorm van de standaardsituatie.

- Leerlingen hebben moeite met situaties waarbij afstanden (voorwerpsafstand, beeldafstand of brandpuntsafstand) veranderen en de invloed die deze op elkaar uitoefenen.
 - Leerlingen leggen geen relatie tussen de verandering van de voorwerpsafstand met een vaste brandpuntsafstand.
 - Leerlingen kunnen de afstand van een beeld- of voorwerpssafstand bij een vaste brandpuntsafstand niet goed relateren aan de beeld- of voorwerpsgrootte.

Uit de resultaten van beide testen blijkt dat dit punt de meeste aandacht van leerlingen en docenten zou moeten krijgen in de toekomst. De score op de hieraan gerelateerde vragen is namelijk erg laag, vraag 4a,b en 6a zijn hier goede voorbeelden van. Eerder is aangegeven dat bij vraag 6a de vraagstelling een oorzaak kan zijn voor de lage score, anderzijds is de score niet alleen afhankelijk van de vraagstelling. De resultaten tonen wel een stijging in het aantal punten bij deze opgaven tussen pré- en post-test. Helaas is dit aantal punten ten opzichte van het maximaal aantal te behalen

punten voor de opgave laag. Dit geeft aan dat de leerlingen wel degelijk meer inzicht krijgen door de toepassing van de applet maar dat het niet voldoende is om een volledig, helder beeld te krijgen. Vanuit een objectief standpunt gezien biedt de toepassing van een applet hiervoor veel mogelijkheden. De leerlingen dienen wel aan de hand van deze applet uitleg te krijgen en ze zullen ook regelmatig moeten oefenen met dergelijke opgaven. Het gebruik van de applet in een enkele les is simpelweg niet toereikend genoeg om te verwachten dat leerlingen het daarna wel zullen begrijpen.

- Leerlingen leggen niet de link tussen de vergroting van het beeld en de positie van het voorwerp of brandpunt.
- Leerlingen vinden het moeilijk in te zien wanneer het beeld rechtop of omgekeerd geprojecteerd is.

De bovenstaande punten zijn samengenomen omdat blijkt dat door de toepassing van de applet leerlingen bij beide punten een goede vooruitgang laten zien. Het gemiddelde procentuele verschil is bij dit onderwerp het grootst, het gaat hier om de vragen 3b,3c, 6b en 7. Het grote voordeel van de bijdrage van de applet is dat leerlingen zien waarom het beeld verandert in positie en grootte wanneer zij zelf een andere parameter aanpassen. Om die reden snappen ze waarom het beeld opeens aan de andere kant van de lens staat of waarom het beeld omgekeerd en kleiner is wanneer ze de voorwerpsafstand veranderen. De statische situaties/afbeeldingen in een tekstboek maken dit niet altijd even duidelijk, de applet doet dit wel. Het grote verschil in toename van punten ten opzichte van andere vragen is hier duidelijk bewijs van. Hake's Gain heeft een waarde van ongeveer 0,5. Dit is in overeenstemming met de verwachting en een goede indicatie dat het gebruik van de applet helpt.

Om een helder overzicht te creëren is in Tabel 2 de scoring weergegeven. Er is gebruikt gemaakt van een 'subcategorie' om vragen van elkaar te scheiden om zo snel te kunnen zien op welke gebieden leerlingen vooruitgang boeken en waar minder.

Subcategorie	Vragen	Gem. Score pré-test			Gem. Score post-test			Verschil Procentueel	Hake's Gain
		Totaal	Max.	Procentueel	Totaal	Max.	Procentueel		
Standaard situaties	1a,1b,3a,5	4,44	8	55,5 %	5,94	8	74,3 %	19 %	0,42
Inzichts vragen afstand	4a,4b,6a	1,65	9	18,3 %	2,53	9	28,1 %	9,8 %	0,12
Inzichts vragen beeldpositie	3a,3b,6b	1,21	3	40,2 %	2,12	3	70,6 %	30 %	0,51
Overige vragen	2,7	0,85	2	42,6 %	1,59	2	79,4 %	37 %	0,64
Totaal	alle	8,35	22	38 %	12,1	22	54,8	17	0,27

Tabel 2: Score subcategoriën

Opvallend is dat Hake's Gain een redelijk waarde aangeeft van rond de 0,5 voor de subcategoriën, hetgeen overeenkomt met de verwachting. Deze waarde voor het totaal is echter erg laag, en het is gelijk duidelijk dat dit veroorzaakt wordt door de inzichts vragen waarbij de afstand (voorwerpsafstand, beeldafstand of brandpuntsafstand) varieert. In de vorige paragraaf, paragraaf 0, is al aangegeven dat een deel hiervan te wijten is aan de minder goede vraagstelling en daarmee ook de behaalde score. Voor deze vragen kunnen relatief gezien meer punten gehaald worden dan voor andere vragen waardoor de impact ook groter is wanneer een leerling geen punten haalt voor deze opdracht. Tevens is het moeilijk om het maximaal aantal punten te halen. Het blijkt dat dit toch

een onderdeel is dat lastig is voor de leerlingen. Daarmee kan in ieder geval worden bevestigd dat de analyse van de situaties waar leerlingen problemen mee hebben juist is. In Tabel 3 is de T-test weergegeven die de scores van de pré- en post-test met elkaar vergelijkt. Hieruit blijkt dat de gemiddelde waarden tussen pré- en post-test van de standaardsituaties en inzichtvragen met betrekking op de beeldpositie significant verschillend zijn. Voor de inzichtvragen met betrekking op de afstand kan niet met zekerheid gezegd worden dat deze gemiddelden verschillend zijn, hetgeen impliceert dat er niet met zekerheid gezegd kan worden dat de toepassing van de applet helpt bij dit onderwerp. Er is echter nog steeds het vermoeden dat dit wel het geval is. Dit vermoeden komt voort uit het feit dat er bij de andere onderdelen wel een goed resultaat is gehaald en dat de vraagstelling en daarmee de waardering in punten voor deze subcategorie minder goed zijn.

Paired Samples Statistics					
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	prestandaard	4,4412	17	2,23525	,54213
	poststandaard	5,9412	17	1,93554	,46944
Pair 2	prebeeld	1,3235	17	1,05979	,25704
	postbeeld	2,7647	17	1,09141	,26471
Pair 3	preinzicht	1,6471	17	1,45521	,35294
	postinzicht	2,5294	17	1,84112	,44654

Paired Samples Correlations				
		N	Correlation	Sig.
Pair 1	prestandaard & poststandaard	17	,476	,054
Pair 2	prebeeld & postbeeld	17	,394	,117
Pair 3	preinzicht & postinzicht	17	,261	,312

Paired Samples Test									
		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
					95% Confidence Interval of the Difference				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Lower	Upper			
Pair 1	prestandaard - poststandaard	-1,50000	2,15058	,52159	-2,60573	-,39427	-2,876	16	,011
Pair 2	prebeeld - postbeeld	-1,44118	1,18430	,28724	-2,05009	-,83226	-5,017	16	,000
Pair 3	preinzicht - postinzicht	-,88235	2,02739	,49171	-1,92474	,16003	-1,794	16	,092

Tabel 3: T-test subcategoriën

9.3 Overige factoren

Om een betere indruk te krijgen van de resultaten wordt in deze paragraaf gekeken naar een aantal factoren die niet eerder aan bod kwamen. Tijdens de observaties van het experiment kwam al naar voren dat de werkhouding van jongens en meisjes verschilde. Dit is een van de factoren die onderzocht wordt in deze paragraaf. Daarnaast wordt ook het rapportcijfer meegenomen alsmede de score op de pré- en post-test. Dit is gedaan naar aanleiding van de individuele score van leerlingen op de toetsen, deze is te vinden in de grafieken en tabel van paragraaf 0. De overige factoren zijn: het gemiddelde rapportcijfer (GemRapp), het totaal aantal punten gescoord op de post-test en pré-test per leerling (posttotaal pnt, pretotaal pnt) en het geslacht van de leerling (M(1)/V(o)). Bij de laatste factor is een waarde van 1 toegekend wanneer de leerling van het

mannelijk geslacht is en een 0 wanneer de leerling vrouwelijk is. De berekeningen zijn uitgevoerd met de software SPSS Statistics 17.0.

Correlations

		GemRapp	posttotaal pnt
GemRapp	Pearson Correlation	1	,352
	Sig. (2-tailed)		,166
	N	19	17
posttotaal pnt	Pearson Correlation	,352	1
	Sig. (2-tailed)	,166	
	N	17	17

Tabel 4: Correlatie tussen gem. rapportcijfer en posttotaal

In Tabel 4 is te zien dat er geen significant verband is tussen het behaalde rapportcijfer van een leerling en de totaalscore op de post-test van de leerling. Voor een significant verband is een alfa-niveau/significantie-level aangenomen van 0,05. Dit houdt in dat wanneer er een waarde gevonden wordt beneden dit niveau ($< 0,05$) er sprake is van een significant verband tussen beide parameters. Bij de tabellen in deze paragraaf wordt hiervoor gekeken naar 'Sig. (2-tailed)'. Dit houdt in dat bij een normaalverdeling aan beide kanten sprake is van een grens van 0,025% en dat alle data binnen deze grens moeten vallen om met zekerheid (in theorie) het verband en/of het significante verschil aan te tonen.

Group Statistics

	M(1)/W(0)	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
posttotaal pnt	0	4	14,375	1,1087	,5543
	1	13	11,346	3,3065	,9170
GemRapp	0	4	6,8000	,37193	,18597
	1	15	6,3467	,70292	,18149

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
posttotaal pnt	Equal variances assumed	1,547	,233	1,767	15	,098	3,0288	1,7146	-,6256	6,6833
	Equal variances not assumed			2,827	14,583	,013	3,0288	1,0716	,7391	5,3185
GemRapp	Equal variances assumed	1,634	,218	1,227	17	,237	,45333	,36957	-,32639	1,23306
	Equal variances not assumed			1,745	9,575	,113	,45333	,25985	-,12915	1,03582

Tabel 5: T-test van gem. rapportcijfer en posttotaal met geslacht

Uit de group statistics van Tabel 5 is te zien dat de standaard deviatie relatief groot is, en om die reden wordt er bij de tweede tabel voor de Independent Samples Test uitgegaan van niet-gelijke (unequal) varianties. Het verschil in het aantal leerlingen 'N' bij het gemiddelde rapportcijfer en het totaal gescoorde aantal punten per leerling op de post-test komt doordat twee leerlingen afwezig waren (ziek) tijdens het afnemen van de post-test. Uit de sample test is vervolgens te zien dat er een waarde wordt gehaald van 0,013 bij het verband tussen de behaalde punten bij de post-test en het feit dat het gaat om de mannelijke leerlingen. Hiermee wordt een significant verband tussen beide factoren aangegeven. Dit betekent dat er met zekerheid een verschil is tussen de gemiddelden van

de totaalscores op de post-test tussen jongens en meisjes. Wanneer men kijkt naar de resultaten is te zien dat de meisjes in het algemeen hoger scoren op de post-test dan de jongens. Een plausible reden zou kunnen zijn dat de werkhouding van de mannelijke leerlingen tijdens het practicum minder serieus is. Uit observaties bleek dat de meisjes tijdens het practicum geconcentreerder bezig zijn geweest met de opgaven en het werkblad. Bij de jongens gaat dit niet voor iedere leerling op. Er zijn een aantal leerlingen geweest die niet serieus met het practicum zijn omgegaan en ook was de werkhouding onder de jongens minder geconcentreerd dan bij de meisjes. Dit komt mogelijk doordat de jongens elkaar toch van het werk houden, hetgeen moeilijk te voorkomen is wanneer je in een computerlokaal lesgeeft waar iedereen vlak bij elkaar zit en wanneer er ook in tweetallen wordt gewerkt.

Mann-Whitney Test

	M(1)/W(0)	N	Mean Rank	Sum of Ranks
GemRapp	0	4	13,38	53,50
	1	15	9,10	136,50
	Total	19		
posttotaal pnt	0	4	13,63	54,50
	1	13	7,58	98,50
	Total	17		

	GemRapp	posttotaal pnt
Mann-Whitney U	16,500	7,500
Wilcoxon W	136,500	98,500
Z	-1,352	-2,106
Asymp. Sig. (2-tailed)	,176	,035
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,185 ^a	,032 ^a

Tabel 6 : Mann-Whitney Test van het gem. rapportcijfer met posttotaal

De Mann-Whitney test bevestigt nogmaals het gevonden verband in Tabel 5. Hier is ook bij het posttotaal een waarde onder het significantie-level te zien.

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 pretotaal pnt	8,353	17	3,3993	,8244
posttotaal pnt	12,059	17	3,1912	,7740

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 pretotaal pnt & posttotaal pnt	17	,413	,100

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	pretotaal pnt - posttotaal pnt	-3,7059	3,5753	,8671	-5,5442	-1,8676	-4,274	16	,001

Tabel 7: T-test voor pretotaal en posttotaal

Tabel 7 is het resultaat van een paired T-test waarbij de totaalscore van de pré- en post-test met elkaar worden vergeleken. Een significantie-level van 0,001 geeft aan dat er sterk significant verschil is tussen beide toetsen. Uiteraard komt dit overeen met de verwachtingen. Immers een niet significant uitkomst zou betekenen dat leerlingen dezelfde scores behalen op de pré- en post-test en dit zou aantonen dat het experiment geen bijdrage heeft geleverd. Een significant verschil geeft aan dat dit wel het geval is.

9.4 Werkvorm

De werkvorm voor dit experiment is een fijne afwisseling voor leerlingen en wijkt af van het dagelijkse patroon van lessen volgen. De leerlingen gaven aan dat ze de manier waarop de stof aan bod kwam prettig vonden omdat ze zo in hun eigen tempo aan het werk kunnen en zelf hun fouten inzien terwijl ze bezig zijn met de lesstof. Dit komt door de interactieve werkvorm die de applet biedt bovenop methodes op papier. Dancy, M., Christian, W., Belloni, M. (2002)^[10] geven aan dat de interactieve werkvorm drie grote voordelen biedt. Het geeft de mogelijkheid voor leerlingen om: creatief bezig te zijn door zelf oplossingen en verschillende routes voor oplossingen te bedenken, meer leerprocessen te accentueren doordat met de applet het probleem van verschillende standpunten benaderd kan worden en door het gebruik van applets kunnen misconcepties eerder naar voren komen. Al deze punten zijn toe te schrijven aan het feit dat met een applet (een) dynamische situatie/gedrag kan worden bekeken.

De keuze om de applet als practicum toe te passen is op zichzelf waardevol maar niet voldoende om ervoor te zorgen dat leerlingen een volledig beeld krijgen van de inhoud. Dit komt omdat de leerlingen verschillend omgaan met een dergelijk practicum. Er zit verschil in werkhouding tijdens de uitvoering van het practicum en een verschil tussen het niveau/de denkwijze van de leerlingen. Deze factoren zorgen ervoor dat de uiteindelijke bijdrage per leerling verschillend is. Uit de resultaten van de score per leerling is dit goed terug te zien. Sommige leerlingen hebben duidelijk veel baat gehad bij het werken met de applet, bij anderen is er slechts een kleine verbetering geconstateerd. Een nadeel van deze werkvorm is dan ook dat er geen controle is op de manier waarop leerlingen omgaan met de lesstof, terwijl deze wel aanwezig is in een klassikale les. De

werkvorm is derhalve een prima toepassing in een lessenserie maar moet puur gezien worden als aanvulling op bestaande lesvormen en lesplanningen. Wel kan dezelfde applet worden gebruikt voor klassikale uitleg. Dit is overigens na het experiment ook gedaan om ervoor te zorgen dat de gehele klas wel het basisbegrip/-niveau heeft aan het eind van de lessenserie. Het laatste beviel erg goed en is ook een aanrader voor andere docenten.

10 Conclusies

De applet zoals beschreven in paragraaf 0 draagt op vele manieren bij aan de begripsvorming van de leerlingen ten aanzien van de beeldvorming en beeldconstructie in het domein optica. De werkvorm waarin de applet is toegepast zorgt ervoor dat de leerlingen interactie hebben met het programma. Hierdoor is de leerling in staat zelf creatief om te gaan met de oplossing van het probleem en vanuit eigen handelen te komen tot de oplossing. Daarbij kan de leerling een complex probleem door middel van een applet in begrijpbare stappen en vanuit verschillende standpunten zichtbaar maken. De leerling kan op deze manier makkelijker dynamische situaties doorgronden en beter inzicht verkrijgen doordat hij of zij zelf handelt. Door het eigen handelen blijft de kennis ook beter aanwezig bij de leerling zodat vergelijkbare, anders lastige vragen, herkenbaar zijn en derhalve beter oplosbaar zijn voor de leerling. De applet biedt naast de bijdrage aan begripsvorming en inzicht ook nog andere mogelijkheden die niet goed naar voren komen in een boek, omdat de applet dynamisch is en geen weergave is van afbeeldingen (statisch) zoals in een lesboek. Een applet heeft daarom een positief effect wanneer het wordt toegepast als practicum zoals in dit onderzoek. Hierbij dient wel gezegd te worden dat deze toepassing tijdrovend is en derhalve niet geschikt is voor een regelmatige toepassing in een lessenserie. Het gebruik van de applet voor klassikale uitleg of zelfstandig werken/huiswerk zou een goed alternatief zijn, maar dit is niet opgenomen in het onderzoek. Gezien de voordelen van applets is de verwachting dat dit ook een positief effect zal hebben. Hiermee is het gebruik van applets aan te moedigen onder docenten. Het grote voordeel is dat applets het mogelijk maken situaties op een nieuwe, interactieve manier te bekijken zoals dat eerder niet mogelijk was met slechts pen en papier. Wel moet de applet nog steeds worden gezien als een aanvulling en niet als vervanging van huidige middelen.

De applet zorgt voor beter inzicht en resultaten bij de leerlingen, en dit beantwoordt in redelijke mate aan de verwachting. De resultaten zijn iets minder gunstig dan verwacht. Dit komt enerzijds door de werkhouding en slordigheid bij het uitvoeren en maken van het practicum dan wel de toetsen. Hier speelt echter de vraagstelling ook een rol aangezien deze op sommige vlakken te complex was voor een 4Havo klas. Anderszijds beantwoorden de resultaten niet geheel aan de verwachtingen omdat leerlingen meer oefening nodig hebben. Een enkel practicum geeft leerlingen niet genoeg tijd om te oefenen met de stof. Uit de resultaten blijkt wel dat de leerlingen procentueel een duidelijk verschil laten zien tussen de scores van de pré- en post-test en daarmee aantonen dat het gebruik van de applet wel degelijk heeft bijgedragen aan het inzicht en begrip van de leerling, hetgeen enigszins wordt bevestigd met Hake's Gain. De inzichtvragen waarbij de afstanden variëren blijven voor leerlingen het moeilijkst. De resultaten laten wel zien dat de gestelde aspecten waar leerlingen moeite mee hebben kloppen. De applet kan daarmee wel worden gezien als een goede aanvulling (misschien zelfs oplossing) om de lastige, vaak dynamische situaties, goed uit te kunnen leggen aan de leerling. Hierbij dient een applet wel op een andere manier te worden ingezet en op meer regelmatige basis om ook blijvend en significant resultaat te boeken.

11 Aanbevelingen

De uitvoering van dit onderzoek geeft aanleiding tot een aantal suggesties voor de toepassing van applets voor het domein beeldconstructie en beeldvorming in de optica. Deze suggesties zijn bedoeld voor natuurkundedocenten die dergelijke applets willen opnemen in hun lessenserie of punten van aandacht voor vervolgonderzoek.

Het gebruik van applets in natuurkundelessen biedt vele voordelen. Toch is het belangrijk om in te zien dat applets ook nadelen hebben, afhankelijk van met name de werkvorm waarin de applet wordt toegepast. Applets kunnen een bijdrage leveren in klassikale lessen, als huiswerk of practicum. Waar rekening mee moet worden gehouden is de manier waarop leerlingen om zullen gaan met de applet. De docent zal ervoor moeten zorgen dat de leerling alle aspecten meekrijgt waarvoor de applet inzet wordt tijdens lessen. De applet zal derhalve moeten dienen als aanvulling op bestaand materiaal en niet ter vervanging. Daarnaast schuilt het gevaar dat leerlingen door het toepassen van applets zelf te weinig oefening krijgen, omdat de opgaven niet altijd vereisen dat ze zelf moeten construeren. Hetzelfde geldt voor het inzicht van de leerling wanneer de leerling oefent met een applet. Dit zal de leerling zelf moeten ontwikkelen en van een leerling kan niet verwacht worden dat door eenmalig gebruik van een applet het inzicht in een keer toeneemt. De leerling zal, net als bij andere opgaven, meer oefening nodig hebben. Het laatste kan overigens wel prima door toepassing van applets. Samenvattend betekent dit dat er een goede controle dient te zijn op de bijdrage die de applet biedt wanneer deze in lessenseries wordt toegepast. Daarnaast is het sterk aan te raden om applets toe te passen in de les omdat deze applets dynamische situaties veel beter kunnen benaderen. De toepassing van applets biedt de leerlingen een nieuw perspectief op de theorie.

Voor verder onderzoek zijn er een aantal aandachtspunten ten aanzien van de manier van toetsen. Allereerst dient er een vorm van beloning te zijn voor het maken van de testen. Bij dit onderzoek was dat niet het geval en het vermoeden is dat niet alle leerlingen het even serieus hebben gemaakt. Dit vermoeden is gebaseerd op het feit dat sommige antwoorden niet afgestemd zijn op de vraagstelling en dat door slordigheid veel punten verloren gaan. Een vorm van beloning kan ervoor zorgen dat dit niet gebeurt. Daarnaast moet er beter gekeken worden naar de vraagstelling. Een te 'straight-forward' manier van vragen stellen leidt niet tot het goed toetsen van het inzicht van de leerling. Een te ingewikkelde formulering heeft echter tot gevolg dat leerlingen het spoor bijster raken en zodoende bijna of geen punten behalen voor de vraag. Een gulden middenweg is hiervoor de juiste oplossing. Als laatste dient de testgroep veel groter te zijn. Helaas was het voor dit onderzoek niet mogelijk om met een grotere testgroep te werken maar de voorkeur gaat uit naar een minimum van dertig testpersonen en indien mogelijk meer. Dit verhoogt de nauwkeurigheid van de resultaten aanzienlijk.

12 Literatuur

- [1] Rutten, N., Van Joolingen, W. R., Van der Veen, J. T. (2010) Computer Simulations in Science Education – A Review of their Effect. *University of Twente*
- [2] Steinberg, R. N. (2000). Computers in teaching science: To simulate or not to simulate? City College of New York, New York, New York 10031
- [3] Akpan, J. P. (2001). Issues Associated with Inserting Computer Simulations into Biology Instruction: A Review of the Literature. *Electronic Journal of Science Education*, 5(3)
- [4] McKagan, S. B., Handley, W., Perkins, K. K., & Wieman, C. E. (2009). A research-based curriculum for teaching the photoelectric effect. *American Journal of Physics*, 77(1), 87-94
- [5] Gonzalez-Cruz, J., Rodriguez-Sotres, R. & Rodriguez-Penagos, M. (2003). On the Convenience of Using a Computer Simulation to Teach Enzyme Kinetics to Undergraduate Students with Biological Chemistry-Related Curricula. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 31(2), 93-101
- [6] <http://phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics>, PhET Simulations – Geometric Optics, University of Colorado.
- [7] http://phet.colorado.edu/sims/geometric-optics/geometric-optics_en.html, PhET Simulations – Geometric Optics, University of Colorado.
- [8] Hake, R.R. Interactive-engagement versus total traditional methods: A sixthousand student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *AMERICAN JOURNAL OF PHYSICS*, 66(1):64{74, January 1998.
- [9] Hake, R.R. (1999). Analysing change/gain scores. American Educational Research Association's Division D, Measurement and Research Methodology
- [10] Dancy, M., Christian, W., Belloni, M. (2002). Teaching with Physlets: Examples from Optics. *The Physics Teacher*, November 2002, pp. 494-499. *Davidson College*

13 Bijlagen

13.1 Werkblad

Werkblad - Geometric Optics

Methode: Newton

Hoofdstuk: 3, Lichtbeelden – Optica

Paragraaf: 3.5 Beeldvorming & 3.6 Beelden tekenen

Klas: 4HA

Naam:

Groepsgenoten:

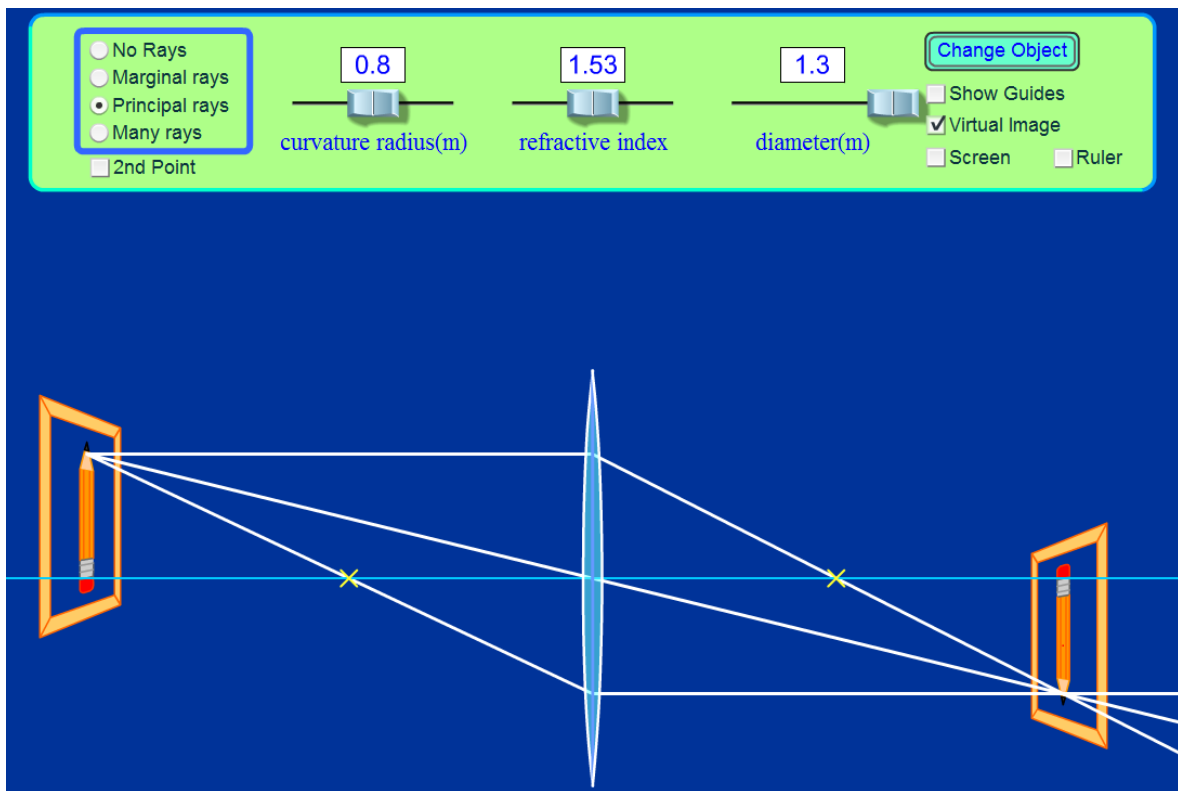
.....

Datum:

Opstelling

Er wordt gewerkt in tweetallen (en drietallen wanneer er niet voldoende computers beschikbaar zijn). Op het beeldscherm van de computer is een applet getoond, dit is de applet waarmee het gehele practicum wordt gewerkt. De applet is te vinden via de volgende link:

http://phet.colorado.edu/sims/geometric-optics/geometric-optics_en.html



Figuur 1: Start-instelling applet

In Figuur 1 zijn de start-instelling aangegeven van de applet, controleer of de juiste instelling ook bij jouw applet goed staan. Vink hiervoor de optie 'Principal rays' aan, deze blijft gedurende het practicum aan staan. Zorg ervoor dat de volgende waardes op het scherm staan: curvature radius (0.8), refractive index (1.53) en diameter (1.3). Aan de rechterkant dient alleen een vinkje te staan bij virtual image. Verdere opties worden later toegelicht indien deze nodig zijn voor het maken van de opgaven. De curvature radius wordt buiten beschouwing gelaten, laat deze dus staan op de hier boven genoemde waarde.

Doel

Het doel van dit practicum is om je op een andere manier in aanraking te laten komen met natuurkunde. De nieuwe manier heeft betrekking op het gebruik van applets.

In dit practicum komt de stof van paragraaf 3.5 & 3.6 aan bod.

Werkwijze

Met je tweetal (drietal) maak je achtereenvolgens de opgaven. Bij elke opgave wordt vermeld welke instellingen/parameters je mag aanpassen. Ieder persoon krijgt hiervoor een eigen werkblad, de antwoorden worden op dit werkblad ingevuld. Na afloop levert ieder persoon zijn of haar werkblad in bij de docent. Het boek mag je niet gebruiken bij dit practicum.

Opgaven

Voorwerpsafstand en beeldgrootte

De eerste set vragen gaat over de grootte van het beeld (BB'). We gaan kijken wat de relatie is tussen de voorwerpsafstand (v) en de grootte van het beeld. Om dit te bepalen verplaatsen we het voorwerp.

1. Verplaats het voorwerp door erop te klikken en de muis ingedrukt te houden, je kunt nu het voorwerp verplaatsen. Wanneer je de muis loslaat blijft het voorwerp daar staan. Verplaats het voorwerp alleen horizontaal. Beschrijf wat er gebeurt wanneer we het voorwerp van links naar rechts (v kleiner) verplaatsen en andersom (v groter), wat gebeurt er met de grootte van het beeld en de beeldafstand?

.....

.....

.....

.....

2. Verplaats het voorwerp naar een afstand die 2x de brandpuntsafstand (f) is. Je kan een meetlat gebruiken om dit op te meten door rechtsboven de box 'ruler' aan en uit te vinken. Hoe groot is het beeld ten opzichte van het voorwerp? Kruis het juist antwoord aan.
 - 2x zo klein
 - 4x zo klein
 - Even groot
 - 2x zo groot
 - 4x zo groot

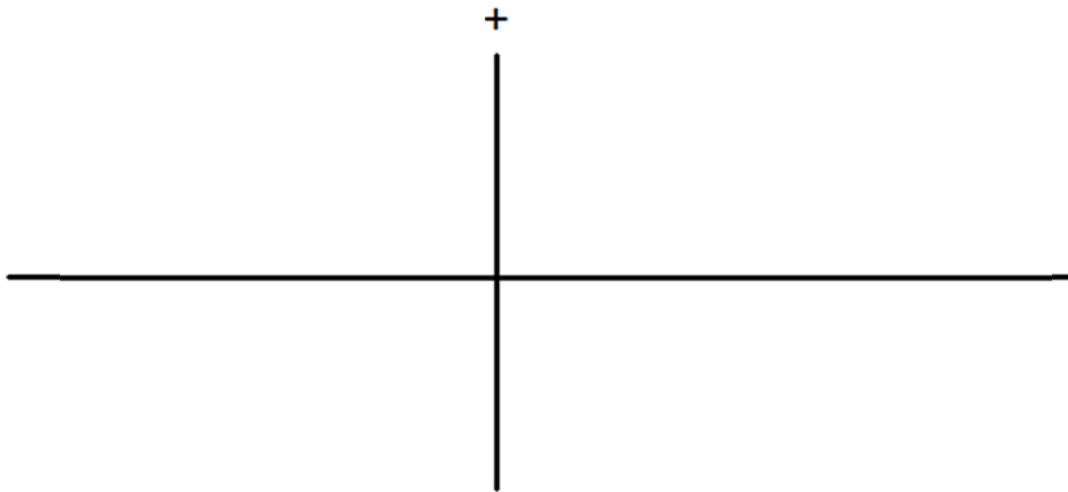
3. Wat gebeurt er als we de voorwerpsafstand nog veel groter maken? (Hint: verplaats je voorwerp zo ver mogelijk van de lens af) Is het beeld rechtop of omgekeerd?

.....
.....

4. Verplaats nu het voorwerp op een afstand groter dan de brandpuntsafstand maar kleiner dan $2x$ de brandpuntsafstand. Wat kan je zeggen over de verhouding tussen grootte van het voorwerp en de grootte van het beeld?

.....
.....

5. Verplaats het voorwerp naar de lens toe zodat deze precies in het brandpunt staat. Je ziet nu groene lijnen verschijnen op het scherm. Naast deze lijnen zie je ook een witte lijn recht omhoog, deze mag je negeren. Maak hieronder een constructietekening van de situatie, maak zelf een keuze voor de afstanden. Geef toelichting op de tekening, vermeld daarin in ieder gevallen de begrippen: brandpunt, lichtstraal en beeld.



.....
.....
.....
.....
.....

.....
.....

6. Controleer of je rechts de box hebt aangevinkt van 'virtual image', deze moet aanstaan. Verplaats nu het voorwerp tussen het brandpunt en de lens. Je ziet nu groene lijnen verschijnen. Je ziet nu het beeld verschijnen aan de linkerkant van de lens in plaats van de rechterkant. Wat is de benaming voor dit beeld? Waarom staat het beeld niet omgekeerd?

.....
.....

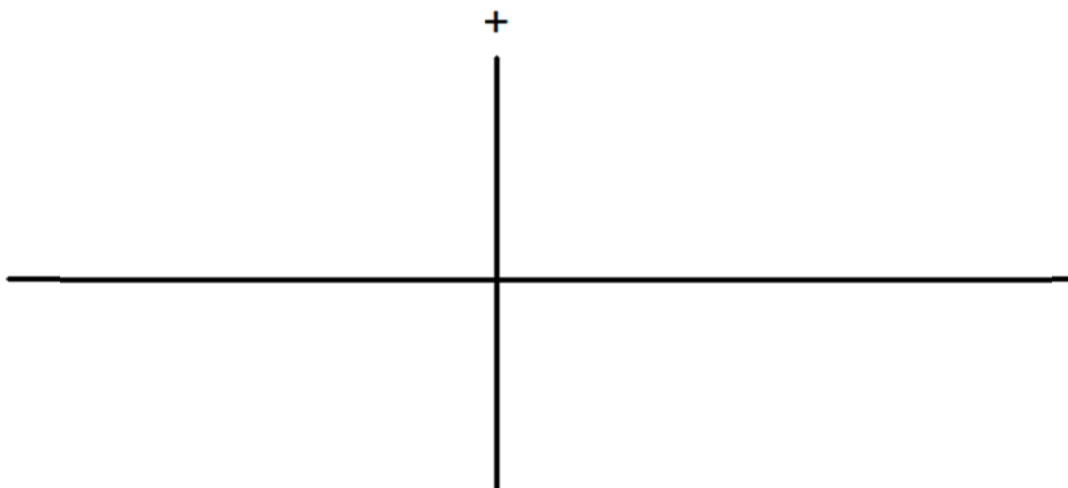
Beschrijf wat er gebeurt met het beeld als we het voorwerp verplaatsen van de lens naar het brandpunt.

.....
.....

Waarom tekenen we het beeld aan de linkerkant van de lens en niet aan de rechterkant?

.....
.....

Maak een constructietekening van het beeld wanneer het voorwerp tussen het brandpunt en de lens staat, kies hiervoor zelf een brandpuntsafstand. (Hint: kijk naar de afbeelding op de computer, voor de groene lijnen dien je stippellijnen in je constructietekening te gebruiken).



Brekingsindex

We verplaatsen het voorwerp weer naar een afstand die tweemaal de brandpuntsafstand is. In volgende set opgaven wordt er gekeken naar de invloed van de brekingsindex = refractive index = n .

7. Wat gebeurt er met de brandpuntsafstand als de brekingsindex kleiner wordt?

.....
.....

8. Wat zegt de brekingsindex over de breking van een lens? Vul aan: Hoe groter de brekingsindex van de lens, hoe groter

.....
.....

9. Kruis aan wat van toepassing is. De brekingsindex heeft invloed op:

- Voorwerpsafstand
- Grootte van het beeld
- Brandpuntsafstand
- Beeldafstand
- Grootte van het voorwerp

Evaluatie

10. Beschrijf kort wat je goed en minder goed vond aan dit practicum. Minimaal twee voor- en nadelen noemen.

.....
.....
.....
.....

11. Vond je dit een leuke en/of goede manier om de stof te leren en te begrijpen? Geef argumenten.

.....
.....
.....
.....

12. Begrijp je voor je gevoel de lesstof nu beter of denk je dat je door middel van het boek en eventuele klassikale uitleg het beter had begrepen?

.....

.....

.....

.....

13. Tot slot, heb je nog ideeën voor verbetering of andere opmerkingen?

.....

.....

.....

13.2 Antwoordmodel werkblad

Antwoordmodel - Geometric Optics

Methode: Newton
Hoofdstuk: 3, Lichtbeelden – Optica
Paragraaf: 3.5 Beeldvorming & 3.6 Beelden tekenen
Klas: 4HA

1. Verplaats het voorwerp door erop te klikken en de muis ingedrukt te houden, je kan nu het voorwerp verplaatsen. Wanneer je de muis loslaat blijft het voorwerp daar staan. Verplaats het voorwerp alleen horizontaal. Beschrijf wat er gebeurt wanneer we het voorwerp van links naar rechts verplaatsen en andersom, wat gebeurt er met de grootte van het beeld?

Verplaatsing links naar rechts/naar de lens toe: Beeld wordt groter, beeldafstand neemt toe
Verplaatsing rechts naar link/van de lens af: Beeld wordt kleiner, beeldafstand neemt af

2. Verplaats het voorwerp naar afstand dat 2x de brandpuntsafstand (f) is. Je kan een meetlat gebruiken om dit op te meten door rechtsboven de box 'ruler' aan en uit te vinken. Hoe groot is het beeld ten opzichte van het voorwerp? Kruis het juist antwoord aan.

Even groot

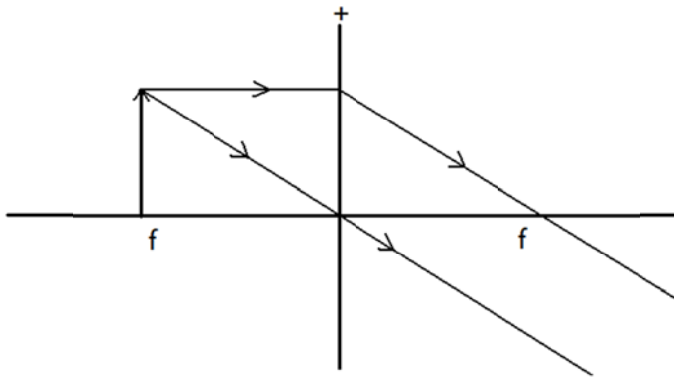
3. Wat gebeurt er als we de voorwerpsafstand nog veel groter maken? (Hint: verplaats je voorwerp zo veel mogelijk van de lens af) Staat het beeld rechtop of omgekeerd?

Het beeld wordt steeds kleiner, het beeld is omgekeerd

4. Verplaats nu het voorwerp op een afstand groter dan de brandpuntsafstand maar kleiner dan $2x$ de brandpuntsafstand. Wat kan je zeggen over de verhouding tussen grootte van het voorwerp en de grootte van het beeld?

$2f < v < f \rightarrow$ groter beeld

5. Verplaats het voorwerp naar de lens toe zodat deze precies in het brandpunt staat. Je ziet nu groene lijnen verschijnen op het scherm. Naast deze lijnen zie je ook een witte lijn recht omhoog, deze mag je negeren. Maak hieronder een constructietekening van de situatie, maak zelf een keuze voor de afstanden. Geef toelichting op de tekening, vermeldt daarin in ieder gevallen de begrippen: brandpunt, lichtstraal en beeld.



Wanneer het voorwerp in het brandpuntsafstand staat dan is er geen beeld, de lichtstralen lopen dan evenwijdig.

6. Controleer of je rechts de box hebt aangevinkt van 'virtual image', deze moet aanstaan. Verplaats nu het voorwerp tussen het brandpunt en de lens. Je ziet nu groene lijnen verschijnen. Je ziet nu het beeld verschijnen aan de linkerkant van de lens in plaats van de rechterkant. Wat is de benaming voor dit beeld? Waarom staat het beeld niet omgekeerd?

Virtueel beeld. Het beeld verschijnt links van de lens (aan de kant van het voorwerp).

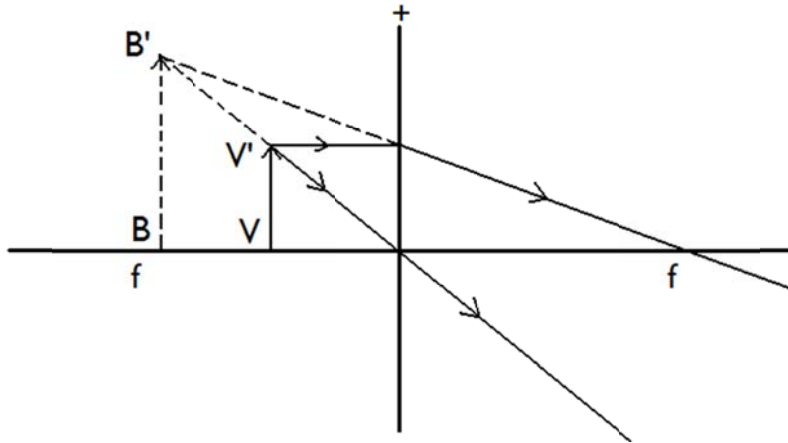
Beschrijf wat er gebeurt met het beeld als we het voorwerp verplaatsen van de lens naar het brandpunt.

Van de lens tot het brandpunt is er sprake van een virtueel beeld. Het virtuele beeld wordt groter na mate het voorwerp meer richting het brandpunt komt. Na het brandpunt is er geen sprake meer van een virtueel beeld.

Waarom tekenen we het beeld aan de linkerkant van de lens en niet aan de rechterkant?

Teken zelf de lichtstralen. Deze komen samen in een punt. Dit punt bevindt zich aan de linkerkant van de lens.

Maak een constructietekening van het beeld wanneer het voorwerp tussen het brandpunt en de lens staat, kies hiervoor zelf een brandpuntsafstand. (Hint: kijk naar de afbeelding op de computer, voor de groene lijnen dien je stippellijnen in je constructietekening te gebruiken).



Brekingsindex

We verplaatsen het voorwerp weer naar een afstand die tweemaal de brandpuntsafstand is. In volgende set opgaven wordt er gekeken naar de invloed van de brekingsindex = refractive index = n .

7. Wat gebeurt er met de brandpuntsafstand als de brekingsindex kleiner wordt?

De brandpuntsafstand wordt groter

8. Wat zegt de brekingsindex over de breking van een lens? Vul aan: Hoe groter de brekingsindex van de lens, hoe groter

de brekingshoek 'r' dus hoe kleiner de brandpuntsafstand van de lens

9. Kruis aan wat van toepassing is. De brekingsindex heeft invloed op:
- Grootte van het beeld*
 - Brandpuntsafstand*
 - Beeldafstand*

Evaluatie

10. Beschrijf kort wat je goed en minder goed vond aan dit practicum. Minimaal twee voor- en nadelen noemen.
11. Vond je dit een leuke en/of goede manier om de stof te leren en te begrijpen? Geef argumenten.
12. Begrijp je voor je gevoel de lesstof nu beter of denk je dat je door middel van het boek en eventuele klassikale uitleg het beter had begrepen?
13. Tot slot, heb je nog ideeën voor verbetering of andere opmerkingen?

13.3 Pré-test & Post-test

Toets Geometric Optics

Methode: Newton
 Hoofdstuk: 3, Lichtbeelden – Optica
 Paragraaf: 3.6 Beelden tekenen
 Klas: 4HA

Naam:

Datum:

Opmerkingen:

Deze toets zal niet meetellen als opdracht of kennistoets. Om die reden word je niet beoordeeld op deze toets en krijg je hier geen cijfer voor. Echter is het wel verplicht deze toets te maken. De toets is bedoeld om een beeld te krijgen van het niveau van 4HA op het moment dat deze toets wordt afgenomen.

Note: de opmaak is iets aangepast wegens format verslag

Opgaven

In deze opgaven beschouwen we een voorwerp met een grootte van 1,5cm op een afstand van 5cm van een positieve lens. De brandpuntsafstand van de lens is 2,5cm.

- 1a. Maak een constructietekening van de situatie en teken het beeld.
- 1b. Hoe groot is het beeld in verhouding met het voorwerp als de voorwerpsafstand twee keer zo groot is als de brandpuntsafstand?
2. Wat gebeurt er met het beeld wanneer we het voorwerp verder van de lens bewegen?
- 3a. Geef de benaming voor het beeld dat ontstaat als een voorwerp tussen de brandpuntsafstand en de lens in staat.
- 3b. Stel dat we de voorwerpsafstand verminderen tot 1,5cm. Is het beeld omgekeerd (op de kop), rechtop of is dit niet van toepassing? Leg uit.
- 3c. Aan welke kant van de lens bevindt het beeld zich?
- 4a. Heeft de verandering van de brandpuntsafstand invloed op de positie van het beeld? (ja/nee, want...)
- 4b. En wat kan je zeggen over de invloed van de brandpuntsafstand op de grootte van het beeld? Leg uit.
5. Het voorwerp wordt nu exact in het brandpunt geplaatst. Construeer de situatie die ontstaat.
- 6a. We beschouwen een brandpuntsafstand van 2,5cm. Op hoeveel centimeter van de lens af moet het voorwerp staan om te zorgen voor een vergroting groter dan 1 (beeld groter dan het voorwerp)? Geef aan wat de minimale en maximale afstand is, geef toelichting waarom.
- 6b. Is het beeld nu omgekeerd, rechtop of is dit niet van toepassing?
7. Wat gebeurt er met de brandpuntsafstand wanneer de brekingsindex 'n' van de lens kleiner wordt?

Vraag	1a	1b	2	3a	3b	3c	4a	4b	5	6a	6b	7
punten	3	1	1	1	1	1	2	2	3	5	1	2

Totaalpunten: 23

Cijfer: (eigenpnt/totaalpnt)*9+1

13.4 Antwoordmodel Pré-test & Post-test

Antwoordmodel Geometric Optics

Methode: Newton

Naam:

Hoofdstuk: 3, Lichtbeelden – Optica

Paragraaf: 3.6 Beelden tekenen

Datum:

Klas: 4HA

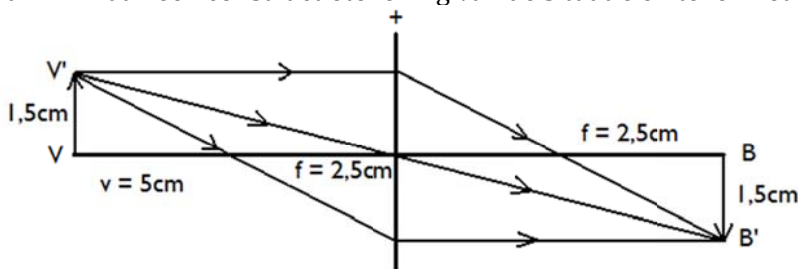
Opmerkingen:

Deze toets zal niet meetellen als opdracht of kennistoets. Om die reden word je niet beoordeeld op deze toets en krijg je hier geen cijfer voor. Echter is het wel verplicht deze toets te maken. De toets is bedoeld om een beeld te krijgen van het niveau van 4HA op het moment dat deze toets wordt afgenomen.

Opgaven

In deze opgaven beschouwen we een voorwerp met een grootte van 1,5cm op een afstand van 5cm van een positieve lens. De brandpuntsafstand van de lens is 2,5cm.

- 1a. Maak een constructietekening van de situatie en teken het beeld.



1pnt) Juist gebruik van v , f en b

1pnt) Constructie beeld op juiste manier uitgevoerd

1pnt) Foutloze constructietekening (lichtstralen, positieve lens goedgetekend etc.)

- 1b. Hoe groot is het beeld in verhouding met het voorwerp als de voorwerpsafstand twee keer zo groot is als de brandpuntsafstand?

1pnt) Even groot

2. Wat gebeurt er met het beeld wanneer we het voorwerp verder van de lens bewegen?

1pnt) Het beeld wordt kleiner

- 3a. Geef de benaming voor het beeld dat ontstaat als een voorwerp tussen de brandpuntsafstand en de lens in staat.

1pnt) Virtueel beeld

- 3b. Stel dat we de voorwerpsafstand verminderen tot 1,5cm. Is het beeld omgekeerd (op de kop), rechtop of is dit niet van toepassing? Leg uit.

1pnt) We hebben dan een virtueel beeld, dit betekent dat het beeld rechtop staat. Ga na door zelf te tekenen.

- 3c. Aan welke kant van de lens bevindt het beeld zich?

1 pnt) Aan de linkerkant

4a. Heeft de verandering van de brandpuntsafstand invloed op de positie van het beeld? (ja/nee, want...)

1pnt) Inzien dat de brandpuntsafstand invloed heeft op de positie van het beeld

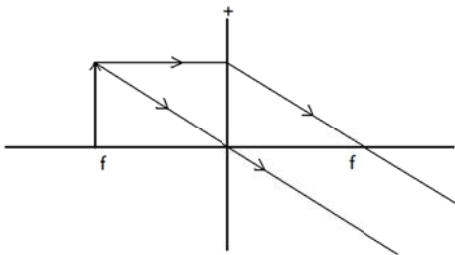
1pnt) Inzien dat een grotere brandpuntsafstand zorgt voor een grotere beeldafstand en vice versa

4b. En wat kan je zeggen over de invloed van de brandpuntsafstand op de grootte van het beeld? Leg uit.

1pnt) Inzien dat de brandpuntsafstand invloed heeft op de grootte van het beeld

1pnt) Inzien dat een grotere brandpuntsafstand zorgt voor een groter beeld en vice versa

5. Het voorwerp wordt nu exact in het brandpunt geplaatst. Construeer de situatie die ontstaat.



1pnt) Inzicht tonen dat de lichtstralen vanaf de lens evenwijdig lopen

1pnt) Inzicht tonen dat er geen beeld ontstaat

1pnt) Foutloze constructietekening

6a. We beschouwen een brandpuntsafstand van 2,5cm. Op hoeveel centimeter van de lens af moet het voorwerp staan om te zorgen voor een vergroting groter dan 1 (beeld groter dan het voorwerp)? Geef aan wat de minimale en maximale afstand is, geef toelichting waarom.

Minimum waarde (1pnt) aangegeven met juiste toelichting(1pnt) - ($v < f$ - geen beeld of virtueel beeld)

Maximum waarde (1pnt) aangegeven met juiste toelichting (1pnt) (evengroot beeld $v = 2f$, verkleining $v > 2f$)

1pnt) Aangegeven dat er vergroting is bij $2f > v > f$

6b. Is het beeld nu omgekeerd, rechtop of is dit niet van toepassing?

1pnt) Omgekeerd

7. Wat gebeurt er met de brandpuntsafstand wanneer de brekingsindex 'n' van de lens kleiner wordt?

~~1pnt) Aangeven dat de breking van de lens minder wordt (weggehaald wegens verkeerde vraagstelling)~~

1pnt) Vermindering van de breking leidt tot grotere brandpuntsafstand

Vraag	1a	1b	2	3a	3b	3c	4a	4b	5	6a	6b	7
punten	3	1	1	1	1	1	2	2	3	5	1	1

Totaalpunten: 22

Cijfer: (eigenpnt/totaalpnt)*9+1

EINDE