



# BORSTKANKER IN BEELD

FOTOAKOESTIEK ALS CONTEXT VOOR  
KENNISVERMEERDERING

Chiel Grijzen

mei 2013

UNIVERSITY OF TWENTE.



CHRISTELIJK COLLEGE  
**SCHAERSVOORDE**



# **Borstkanker in Beeld**

## FOTOAKOESTIEK ALS CONTEXT VOOR KENNISVERMEERDERING

Mei 2013

|                |                                         |
|----------------|-----------------------------------------|
| Studentnummer: | s0137073                                |
| Datum:         | 9-05-2013                               |
| Vak:           | Onderzoek van Onderwijs                 |
| Vakcode:       | 197454200                               |
| Studie:        | Science Education and Communication     |
| Faculteit:     | Gedragswetenschappen                    |
| Instituut:     | ELAN                                    |
| Vakdidactici:  | Dr. Pol, H.J.<br>Dr. Van der Veen, J.T. |



## Voorwoord

In de periode van maart 2012 tot mei 2013 heb ik in het kader van het vak; Onderzoek van Onderwijs een module gemaakt over fotoakoestiek die kan worden gebruikt tijdens bètalessen in de bovenbouw van het vwo. Onderzoek van Onderwijs is het laatste vak van mijn studie: Science Education and Communication – lerarenopleiding Natuurkunde aan de Universiteit Twente. De module heb ik samen met een medestudent, Renske Koning, ontwikkeld.

De lerarenopleiding ben ik gaan volgen na de studie: Biomedical Engineering (Universiteit Twente). Mede dankzij deze opleiding ben ik erg geïnteresseerd geraakt in het gebruik van biomedische contexten binnen natuurkunde lessen. Mijn masteropdracht voor Biomedical Engineering heb ik uitgevoerd bij de vakgroep Biomedical Photonic Imaging, waar ik mij heb gericht op onderzoek naar het gebruik van fotoakoestiek bij borstkankerdetectie. Samen met Renske kwam ik tot de conclusie dat fotoakoestiek mogelijk een goede context kan zijn in het kader van medische beeldvorming bij het vwo. Deze gedachte hebben wij gebruikt als onderwerp voor ons Onderzoek van Onderwijs.

Tijdens de opdracht werden we geholpen door de natuurkundevakdidacticus: Henk Pol van de Universiteit Twente. Ik wil Henk Pol bedanken voor de nuttige tips, motivatie en begeleiding. Bij de verslaglegging ben ik ook geholpen door de natuurkundevakdidacticus: Jan van der Veen, dank hiervoor. De module is een gezamenlijk product van Renske en mij. Ik vind dat we elkaar goed aanvulden en dat we het niveau van het eindproduct niet hadden gehaald als we de module individueel hadden geschreven. Bij deze wil ik Renske hiervoor bedanken. De scholen: openbare scholengemeenschap Erasmus te Almelo en christelijk college Schaersvoorde te Aalten hebben ons de mogelijkheid geboden om de module binnen deze scholen te testen. Bedankt voor de ruimte die wij kregen. Ten slotte wil ik alle leerlingen bedanken die zo enthousiast hebben meegewerkt aan dit onderzoek.

Ik wens u veel plezier bij het lezen van dit verslag.

Eibergen, 9 mei 2013

Chiel Grijzen



## Samenvatting

In opdracht van de Minister van Onderwijs heeft de Commissie Vernieuwing Natuurkundeonderwijs havo/vwo nieuwe examenprogramma's voor het vak natuurkunde ontwikkeld. De beoogde invoering van deze programma's staat in 2013. De commissie heeft verschillende aanbevelingen gedaan voor het nieuw programma, zoals; meer ruimte bieden voor actuele ontwikkeling en maatschappelijke relevantie, samenhang tussen disciplines meer naar voren laten komen, verbeterde aansluiting op het hoger onderwijs, positiever beeld geven over natuurkunde en wetenschap in algemene zin en meisjes meer betrokken maken bij de natuurkunde.

Wij hebben tijdens ons onderzoek een module ontwikkeld waarbij (een deel van) deze behoeften worden aangepakt. De module is geschreven binnen het *Subdomein B2: Medische beeldvorming* omdat wij zelf een achtergrond in dit gebied hebben en denken dat we een verbeterd alternatief kunnen bieden op de huidige invulling van dit domein. Voor de module hebben we een nieuwe context gekozen: gebruik van fotoakoestiek bij borstkanker. In mijn onderzoek heb ik onderzocht of deze context kan worden gebruikt om kennisvermeerdering bij leerlingen te verkrijgen. Hierbij werden de volgende doelstellingen gesteld: (1) Verbeterd inzicht bij de leerlingen verkrijgen in het feit dat je door een combinatie van (natuurkundige) concepten een geheel nieuwe techniek kan ontwikkelen, (2) Verbeterd beeld bij de leerlingen verkrijgen over de samenhang tussen verschillende (bèta) disciplines, (3) Verbeterd inzicht bij de leerlingen verkrijgen over ontwikkelingen waarbij gebruik wordt gemaakt van de natuurkunde. Met deze doelstellingen hebben we getracht om leerlingen te leren over het nut van onderzoek/ natuurkunde en de maatschappelijke relevantie hiervan. Subdoelen van het onderzoek waren: meisjes meer betrokken laten raken bij Natuurkunde en een positiever beeld geven over natuurkunde en wetenschap in algemene zin.

De module is getest in vier lessen van natuurkunde- en NLT-leerlingen uit 5 vwo. Leerlingen zijn geëvalueerd aan de hand van enquêtes, interviews en (reproductieve-, inzichtelijke- en toepassings-) vragen. In de vragen zijn de volgende eindtermen bij de leerlingen getest: (1) Kennis over (conventionele) beeldvormende technieken, (2) Kennis over hoe wetenschappelijk onderzoek wordt verricht, (3) Theoretische kennis over het fotoakoestische effect, (4) Gebruik van het fotoakoestisch effect bij borstkankerdetectie.

De leerlingen hebben de lessenserie gemiddeld een  $8,3 \pm 0,4$  als cijfer gegeven en scoorden gemiddeld  $97 \pm 9 \%$  bij de vragen die de eindtermen testten. Concluderend hebben we een context gevonden die gebruikt kan worden om kennisvermeerdering binnen het domein B2 te verkrijgen bij bovenbouw vwo leerlingen.





# Inhoudsopgave

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Inleiding .....                                                               | 10 |
| 2. Literatuuronderzoek.....                                                      | 13 |
| 2.1. NiNa .....                                                                  | 13 |
| 2.2. Subdomein B2: Medische beeldvorming .....                                   | 14 |
| 2.3. Voorbeeldmodule Medische beeldvorming.....                                  | 15 |
| 2.4. Fotoakoestiek bij borstkankerdiagnostiek .....                              | 17 |
| 3. Ontwerp.....                                                                  | 19 |
| 3.1 Ontwerpmodel .....                                                           | 19 |
| 3.2 IDI – model stap 1: stel probleem vast.....                                  | 19 |
| 3.3 IDI – model stap 2: Analyseer de omgeving en de context .....                | 20 |
| 3.4 IDI – model stap 3: Organiseer te verrichten werkzaamheden .....             | 21 |
| 4.4 IDI – model stap 4: Stel doelstellingen vast .....                           | 22 |
| 4.5 IDI – model stap 5: Specificeer methoden .....                               | 24 |
| 4.6 IDI – model stap 6: Construeer prototypen .....                              | 24 |
| 4.7 IDI – model stap 7 en 8: Test de prototypen en Analyseer de resultaten ..... | 31 |
| 5. Conclusie .....                                                               | 44 |
| 6. Discussie .....                                                               | 46 |
| 7. Aanbevelingen .....                                                           | 47 |
| 4. Procesevaluatie .....                                                         | 49 |
| Lijst met afkortingen .....                                                      | 50 |
| Bronnenlijst .....                                                               | 51 |
| Bijlagen .....                                                                   | 52 |
| Bijlage A - planning.....                                                        | 52 |
| Bijlage B - Lesformulieren.....                                                  | 53 |
| Bijlage C – Enquêtes .....                                                       | 64 |
| Bijlage D – Antwoordmodel .....                                                  | 67 |
| Bijlage E – Lesevaluaties .....                                                  | 72 |
| Bijlage F - Ruwe data enquêtes .....                                             | 77 |
| Bijlage G - Interviews .....                                                     | 87 |
| Bijlage H – Evaluatie van de vraagstukken .....                                  | 90 |
| Bijlage I – Voorbeeld voor onderbouwmodule .....                                 | 93 |

## 1. Inleiding

In februari van het jaar 2012 heb ik mijn afstudeeropdracht voor de masterstudie: Biomedische Technologie afgerond. Tijdens deze opdracht heb ik onderzoek verricht naar een nieuwe Medische Beeldvormende techniek. De techniek, fotoakoestiek genoemd, combineert de voordelen van licht en geluid met elkaar. De methode wordt op dit moment onder meer gebruikt voor de opsporing van borsttumoren. De vakgroep waarbij ik ben afgestudeerd is: Biomedical Photonic Imaging (BMPI). Bij deze vakgroep is een apparaat ontwikkeld: de Twente Photoacoustic Mammoscope (PAM), waarmee met behulp van fotoakoestiek, afbeeldingen van de borst gemaakt kunnen worden (Heijblom, 2010; Jose, Manohar, Kolkman, Steenbergen, & van Leeuwen, 2009; Manohar & et al., 2005; Manohar S & G, 2004; Xu & Wang, 2006). Deze afbeeldingen geven informatie over de samenstelling van de borst en kunnen mogelijk tumoren weergeven. Op dit moment wordt de techniek bij patiënten getest in samenwerking met het ziekenhuis: Medisch Spectrum Twente (MST) te Oldenzaal. Het doel van mijn onderzoek was om te kijken of minimaal invasieve beeldvorming met fotoakoestiek kan worden toegepast om lokaal optische eigenschappen van borstweefsel te bepalen. Minimaal invasief betekend in dit geval dat we een kleine incisie in de borst maken en een optische fiber geleiden naar de plaats van de tumor zodat we een lokale lichtbron kunnen maken bij de plaats van de tumor.

In het ziekenhuis heb ik aan laboranten meermaals instructies in verschillende medische apparatuur gegeven. Hiernaast heb ik tijdens werkcolleges eerstejaars studenten begeleid. Mede dankzij dit werk heb ik een grote interesse in het leraarschap gekregen en ben ik in september 2011 begonnen met de studie: Science Education and Communication (SEC) – leraren opleiding Natuurkunde. Tijdens deze opleiding kwam ik in aanraking met de vernieuwingen binnen het natuurkunde onderwijs. In opdracht van de Minister van Onderwijs heeft de Commissie Vernieuwing Natuurkundeonderwijs havo/vwo (Commissie NiNa) nieuwe examenprogramma's voor het vak natuurkunde ontwikkeld. De beoogde invoering van deze programma's staat in 2013 (Commissie-Vernieuwing-Natuurkundeonderwijs-havo/vwo, 2010).

De commissie heeft verschillende aanbevelingen gedaan voor het nieuw programma. Eén van de aanbevelingen beschrijft dat de samenhang tussen de natuurwetenschappelijke vakken kan worden versterkt door binnen interdisciplinaire contextgebieden lesmateriaal te ontwikkelen. Hierbij wordt geadviseerd om een beeld te geven van de natuurkunde in onderzoek. Hiernaast concludeert de commissie dat uit internationale onderzoeken blijkt dat in het Nederlandse onderwijs meisjes het vak natuurkunde relatief laag waarderen. Uit experimenten blijkt dat het examenprogramma slechts condities kan bieden die bevorderend zijn voor een oplossing van dit probleem. De commissie NiNa adviseert om te werken met de concept context (CoCo)- aanpak. Er zijn verschillende argumenten die pleiten om te kiezen voor CoCo (Bruning, 2010), zoals: aantrekkelijk onderwijs bieden, ruimte bieden voor actuele ontwikkelingen en maatschappelijke relevantie, verbeterde aansluiting geven op hoger onderwijs en het verbeteren van het beeld over wetenschap in algemene zin.

In mijn onderzoek van onderwijs (OvO) wil ik vanuit deze aanbevelingen gaan werken en een lesprogramma ontwikkelen die hier op aan sluit.

Omdat het ontwikkelen van een module een omvangrijke procedure is en omdat verschillende personen vaak andere kijkhoeken hebben die elkaar versterken, hebben ik de module met een medestudent van de opleiding SEC ontwikkeld: Renske Koning. Renske en ik hebben beide voor de lerarenopleiding de studie Biomedical Engineering (BME) gevolgd. BME is een ingenieursopleiding,

waarbij je leert technische oplossingen te ontwikkelen ten behoeve van mensen met een medisch probleem. Hiernaast geven we allebei natuurkunde in de bovenbouw van het vwo. Vanuit onze eerste opleiding hadden we interesse in de wijze waarop medische technieken binnen NiNa behandeld worden en daarom hebben wij ons verdiept in het *Subdomein B2: Medische beeldvorming*.

In dit domein wordt beschreven dat de leerling in de context van medische beeldvorming, fysische principes en technieken kan beschrijven en analyseren en hun diagnostische functie voor de gezondheid kan toelichten. Hiernaast kan de leerling eigenschappen van ioniserende straling en de effecten van deze straling op mens en milieu beschrijven. (Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap, 2012). Hierbij moet volgens het advies van de commissie NiNa brede toepasbaarheid worden geïllustreerd met voorbeelden uit de biomedische praktijk.

Voor dit Subdomein is al reeds een voorbeeld module geschreven (Lindner, 2009). Na analyse van deze module kwamen we tot de conclusie dat de module conventionele beeldvormende technieken uiteenzet en helaas geen nieuwe ontwikkelen beschrijft. Technieken als MRI en CT zijn voor leerlingen erg lastig om te begrijpen. Naar onze mening voldoet de module niet optimaal aan de aanbeveling die door de Commissie NiNa worden gedaan. De analyse van de module wordt verder beschreven in hoofdstuk 2: Literatuuronderzoek.

Wij hebben gezocht of er geen andere invalshoek was te vinden om de medische beeldvorming te beschrijven. Samengevat hebben we fotoakoestiek gekozen om de volgende redenen, verder uiteenzetting is te vinden in het Literatuuronderzoek.

- Wij hadden beide ervaring in het veld van het onderwerp.
- Fotoakoestiek kan worden uitgelegd als een combinatie van bij de leerlingen al aanwezige natuurkunde kennis over: geluid en licht.
- Het onderwerp laat zien dat met een combinatie van relatief eenvoudige natuurkundige principes interessante onderzoeken kunnen worden verricht.
- Het onderwerp biedt veel mogelijkheden om de verschillende natuurwetenschappen te combineren.
- Het toepassingsgebied van de techniek: borstkanker, kan ervoor zorgen dat meisje meer betrokken raken bij de natuurkunde.
- Aangezien de techniek nog in een vroeg stadium van onderzoek staat kan een beeld worden gegeven over natuurkundig onderzoek.

Hiernaast kan dit onderwerp voor een deel gebruikt worden in het kader van *Subdomein B1*. In dit domein wordt als examenstof gegeven dat: de leerling kan in contexten eigenschappen van trillingen en golven gebruiken bij het analyseren en verklaren van onder andere informatieoverdracht.

De nieuwe module is geschreven voor natuurkunde of Natuur Leven Technologie (NLT) lessen. NLT gaat over onderwerpen op de grensvlakken van de disciplines: biologie, natuurkunde, fysische geografie, scheikunde en wiskunde. Voor dit vak worden modules geschreven die passen in verschillende domeinen. Onze nieuwe module zal goed kunnen passen in *Domein E – Biofysica, chemie, informatica* (NLT, 2012). De leerlingen binnen een NLT groep zijn multidisciplinair. Zo zullen de leerlingen verschillend wel of geen natuurkunde en/ of biologie hebben. De NLT leerlingen krijgen tijdens hun vak al veel nieuwe onderzoeken te zien.

Renske en ik hebben de module beide vanuit een andere onderzoeksvraag onderzocht. Deze onderzoeksvragen vullen elkaar aan en op deze manier is de module vanuit twee belangrijke kijkhoeken bekeken.

De onderzoeksvraag van mijn onderzoek is cognitief:

*Kan het principe van fotoakoestiek als context worden gebruikt om kennis vermeerdering bij leerlingen te verkrijgen binnen het subdomein B2: Medische Beeldvorming?*

Renske beschrijft in haar onderzoek de motivatie van de leerlingen en heeft als onderzoeksvraag:

*Verbetert de houding van de leerlingen ten opzichte van natuurkunde, wanneer ze les krijgen over het doen van onderzoek en kennismaken met het gebruik van concepten om een nieuwe techniek te ontwikkelen?*

De bijhorende doelstellingen zijn verder uitgewerkt in paragraaf 4.4. In dit verslag wordt alleen mijn eigen onderzoeksvraag beschreven. Uitwerking van Renske's onderzoeksvraag is te vinden in haar verslag.

Beide onderzoeksvragen zijn onderzocht door lessen uit de module te geven aan een groep 5 vwo natuurkunde leerlingen en aan een groep 5 vwo NLT leerlingen. Aan beide groepen leerlingen is dezelfde stof gegeven. Tijdens de lessen werd het effect op de motivatie en kennis van de leerlingen onderzocht aan de hand van verschillende vraagstukken, interviews en enquêtes.

## 2. Literatuuronderzoek

In onderstaand literatuuronderzoek onderzoek ik eerst vanuit welke onderwijskundige stromingen Nieuwe Natuurkunde (NiNa) is ontstaan en wat de beweegredenen zijn voor de onderwijshervormingen. In paragraaf 2.2 wordt de examenstof van *subdomein B2: Medische beeldvorming* beschreven. Hierna beschrijf ik de voorbeeld module die reeds is geschreven voor dit subdomein. Ik beschrijf in deze paragraaf de tekortkomingen van de module en op welke wijze wij deze kunnen aanpakken. In paragraaf 2.4 wordt beschreven waarom fotoakoestiek potentie biedt om als context voor subdomein B2 gebruikt te kunnen worden.

### 2.1. NiNa

De commissie NiNa heeft in het rapport van 2010 geadviseerd om te werken met de concept context (CoCo)- aanpak. Bij deze aanpak krijgen concepten betekenissen voor leerlingen vanuit verschillende contexten. Internationaal sluit deze benadering aan bij de brede opvatting van *context-based science education* (Commissie-Vernieuwing-Natuurkundeonderwijs-havo/vwo, 2010).

Door de jaren heen zijn de grootste beweegredenen voor de onderwijsvernieuwing geweest dat leerlingen de lessen maar gedeeltelijk interessant vinden en niet altijd zien waarom ze bepaalde zaken moeten uitvoeren. Deze bezorgdheid is niet nieuw en in het onderwijs zijn al verschillende stroming aanwezig die deze problemen proberen op te lossen, zoals het constructivisme (Valcke, M. 2010). Tot in de jaren '50 werd in de lessen vooral de nadruk gelegd op: automatiseren, toepassen, herhalen en memoriseren. In de jaren '60 en '70 werd logisch denken meer als doel gezien en minder als middel. Dit leidde in de jaren 70 tot constructivistische modellen. Deze modellen gaan ervan uit dat de leerling zijn eigen kennis construeert en “betekenisvolle informatie” is van belang. Bij de stroming staat voorop dat kennis, vaardigheden en inzichten worden opgebouwd door samen met anderen te vallen en weer op te staan. (Bennett J, 2003; Bruning, 2010; Valcke, 2010; Van Oers, 1998)

“Betekenisvolle situaties” kunnen worden geschapen door het geven van contexten. In de laatste decennia zijn contexten een “hot item” in de onderwijskundige wetenschap (Bruning, 2010). Deze contexten kunnen worden gebruikt als startpunt voor het ontwikkelen en begrijpen van wetenschappelijke ideeën. Het belangrijkste doel is om een leerlingen te laten interesseren in de wetenschap en te laten zien hoe wetenschap gerelateerd is aan hun dagelijkse leven. Vanaf 2002 zijn verschillende vernieuwingscommissies opgericht om schoolvakken aan de hand van deze ideeën te vernieuwen (Bruning, 2010). Deze commissies geven verschillende argumenten om te kiezen voor CoCo, zoals:

- De benadering maakt **aantrekkelijk onderwijs** voor een grote groep leerlingen mogelijk:
  - Biedt ruimte voor **actuele ontwikkelingen**
  - Biedt ruimte voor **maatschappelijke relevantie**
  - Doet recht aan **verschillen tussen docenten en leerlingen**
- De benadering biedt een manier voor een **structuur en ordening** in het vak
- De benadering sluit aan bij de snelle **ontwikkeling van kennis**
- De benadering maakt het mogelijk om **samenhang** binnen en tussen vakken te versterken. Dit kan bijvoorbeeld worden gedaan door dezelfde contexten te kiezen en deze met de voor iedere discipline eigen concepten te benaderen.
- De benadering biedt een verbeterde **aansluiting** op het hoger onderwijs.

- De bendering kan een manier zijn om een **doorlopende leerlijn** in de verschillende leerjaren in aan te brengen.

CoCo kan in verschillende vormen gebruikt worden: een context kan gebruikt worden om een leerproces te starten of om bestaande kennis verder te illustreren. In onderwijskundige literatuur vindt er veel onderzoek plaats naar de effecten van CoCo op leerlingen. Bennet *et al.* (2003) heeft 66 studies gereviewed. Uit dit onderzoek volgen onderstaande conclusies:

- Er is wat bewijs dat CoCo leerlingen motiveert in hun lessen.
- Er is bewijs dat leerlingen dankzij CoCo een positiever beeld krijgen over wetenschap in algemene zin.
- Er is duidelijk bewijs dat CoCo het begrijpen van wetenschappelijke ideeën niet negatief beïnvloedt. Uit enkele onderzoeken is gebleken dat leerlingen die les krijgen volgens de CoCo methode beter scoren bij vraagstukken die op contexten gebaseerd zijn, maar niet beter scoren bij conventionele vragen.

In ons onderzoek van onderwijs willen we een module maken die aantrekkelijk onderwijs biedt. Hierbij moet ruimte zijn voor actuele ontwikkelingen en maatschappelijke relevantie. Ook willen we een module ontwikkelen die de samenhang tussen de (bèta) disciplines laat zien. Als context hebben we een onderwerp gekozen waar op dit moment nog veel onderzoek naar plaatsvindt. Met deze context willen we laten zien hoe de kennis verkregen op de middelbare school, later kan worden ingezet in het hoger onderwijs. Tijdens ons onderzoek zullen we testen of de lessen motiverend werken en of er een positiever beeld wordt verkregen over wetenschap in algemene zin. Fotoakoestiek willen wij als context gebruiken om kennisvermeerdering bij de leerlingen over medische beeldvorming en wetenschap te verkrijgen. De vragen over deze onderwerpen zullen veelal in contexten worden gesteld. Naast dat wij de kennis van de leerlingen willen vermeerderen trachten we ook vaardigheden, zoals: onderzoeksvaardigheden van de leerlingen te vergroten.

## 2.2. Subdomein B2: Medische beeldvorming

We willen onze module laten passen binnen *het Subdomein B2: Medische beeldvorming* en mogelijk binnen een deel van *Subdomein B1: Informatieoverdracht*. De algemene domeinbeschrijving voor domein B luidt:

*“In dit domein gaat het om fysische en technische aspecten van communicatie door golven in de context van de digitalisering van informatieoverdracht. De leerlingen doen praktische ervaring op met signaalverwerking en data-analyse. De brede toepasbaarheid wordt geïllustreerd met voorbeelden uit de biomedische praktijk.”* (CEVO, 2008)

Voor *Subdomein B2: Medische beeldvorming* is reeds een examenprogramma opgesteld, de globale eindterm is:

*“De kandidaat kan in de context van medische beeldvorming fysische principes en technieken beschrijven en analyseren en hun diagnostische functie voor de gezondheid toelichten”.*

De invulling van deze eindterm is volgens de commissies NiNa:

1. Emissie, voortplanting en absorptie van elektromagnetische straling uitleggen en toelichten aan de hand van röntgenstraling
2. De verschillende soorten ioniserende straling, hun ontstaan, hun bronnen en hun eigenschappen benoemen, evenals de risico's van deze vormen van straling voor mens en milieu, en dosisberekeningen maken
3. In medische contexten kwalitatieve en kwantitatieve problemen oplossen, waarbij de halveringstijd of halveringsdikte een rol speelt
4. Eigenschappen van geluidsgolven kwalitatief toepassen op ultrasone geluidsgolven
5. Uitleggen hoe fotonen zwarting op een fotografische plaat dan wel een markering op een digitaal scherm teweeg kunnen brengen, en uitleggen hoe digitaal opgeslagen beeldinformatie verwerkt kan worden tot zichtbare beelden

De commissie NiNa heeft bij het invullen van de eindterm, veelal oude wijn in nieuwe zakken geplaatst. Medische beeldvorming wordt vanuit conventionele beeldvormende technieken beschreven, met een grote rol voor ioniserende straling. Wij willen onderzoeken of er ook een alternatieve context kan worden gebruikt om aan (een deel) van de gestelde eindtermen te voldoen.

### **2.3. Voorbeeldmodule Medische beeldvorming**

Voor *Subdomein B2: Medische beeldvorming* is een voorbeeld module geschreven (Lindner, 2009).

Deze module legt natuurkundige principes en technieken uit die kunnen worden toegepast bij het maken van foto's en beelden in de medische praktijk.

De volgende technieken worden uitgebreid beschreven: röntgenfotografie (11 pagina's - 11 opgaven), nucleaire diagnostiek (19 pagina's - 15 opgaven), ioniserende straling (10 pagina's - 9 opgaven) en echografie (9 pagina's - 7 opgaven). De CT-scan (3 pagina's - 3 opgaven) en MRI-scan (3 pagina's - 3 opgaven) worden kort toegelicht. Ieder hoofdstuk begint met een oriëntatieopdracht. Ook worden er tekstvragen gesteld en worden er verschillende practica met bijhorende opdrachten gegeven. De tekst van ieder hoofdstuk wordt afgerond met een reflectieopdracht. Aan het eind van het hoofdstuk staan opgaven die zijn gegroepeerd per paragraaf, dit zijn er in totaal 60. Per paragraaf wordt een samenvatting gegeven met de minimaal geleerde kennis per paragraaf. Hiernaast worden de belangrijkste begrippen in tekstvakken aangegeven. De module is in totaal 87 pagina's en is daarmee vrij groot. In het boek Stevin (Biezeveld & Mathot, 2007) is de omvang van de hoofdstukken die vergelijkbare onderwerpen toelichten: radioactiviteit en atomen, samen 51 pagina's.

In het eerste hoofdstuk röntgenfotografie worden de volgende onderwerpen in volgorde behandeld: geschiedenis röntgenfotografie, absorptie van straling, elektromagnetische golven, energie van een foton, doordringend vermogen, halveringsdikte, röntgenfoto, toepassingen van röntgendiagnostiek en voor- en nadelen van de techniek. In het eerste hoofdstuk worden toepassingen genoemd, zoals: opnames van het gebit en het zichtbaar maken van bloedvaten. Aan het eind van hoofdstuk worden deze toepassingen weer kort toegelicht (2 pagina's). In dit hoofdstuk worden geen onderzoeken naar nieuwe toepassingen uiteengezet.

In het hoofdstuk, nucleaire diagnostiek, worden de volgende onderwerpen behandeld: ioniserende straling, gebruik in de geneeskunde, atoommodel, isotopen, radioactiviteit, soorten straling, ioniserend vermogen, halveringstijd, nucleaire diagnostiek in de praktijk en voor- en nadelen. Aan

het begin van dit hoofdstuk worden verschillende toepassingen toegelicht en aan het eind van het hoofdstuk worden deze verder uiteengezet. Tussen deze beschrijvingen staat theorie die nodig is om nucleaire diagnostiek te begrijpen. Een toepassing die wordt beschreven is de gammacamera. In het hoofdstuk worden 10 pagina's besteed aan theorie en in totaal 4 pagina's aan toepassingen.

Hoofdstuk 3 beschrijft geen medische toepassing maar richt zich op stralingshygiëne. De volgende onderwerpen worden in dit hoofdstuk behandeld: stralingsdosis, equivalente dosis, effecten op het lichaam, stralingsbescherming en natuurlijke radioactiviteit. De koppeling met de vorige hoofdstukken wordt gemaakt door van enkele technieken te laten zien wat de stralingsbelasting is.

In het hoofdstuk hierna worden de volgende onderwerpen over echografie besproken: geluidssnelheid, echo, geluidsbreking, voordelen en nadelen en doppler. Er wordt besproken hoe teruggekaatste golven worden omgezet in beelden. Hierbij wordt niet besproken hoe de verwerking van de signalen plaatsvindt.

In hoofdstuk 5 worden nieuwe ontwikkelingen laten zien en wordt laten zien dat de verschillende technieken elkaar aanvullen. Hiernaast worden twee nieuwe technieken toegelicht: MRI en CT. De technieken worden in 6 pagina's en met 6 opgaven behandeld. In één pagina wordt ingegaan op de technische verbeteringen die gelden voor deze technieken. Aan het eind van het hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de verschillende beeldvormende technieken, hierbij wordt niet verteld dat er naast deze technieken andere technieken (in ontwikkeling) zijn.

Hoofdstuk 6 beschrijft algemene beeldverwerkingsmethoden die bij beeldvormende technieken kunnen worden toegepast. De volgende onderwerpen worden behandeld: digitaal beeld, beeldverwerking, randversterking, ruisonderdrukking, nepkleuren. Bij dit hoofdstuk worden enkele voorbeelden uit de medische beeldvorming genoemd. Er wordt weinig koppeling met voorgaande hoofdstukken gemaakt.

Als afsluiting worden verschillende opdrachten gegeven. Enkele opdrachten geven een inzicht in professionele gebieden waar medische beeldvorming wordt gebruikt en bij welke opleidingen medische beeldvorming wordt behandeld. Hiernaast wordt ook een ziekenhuisbezoek voorgesteld als mogelijke opdracht.

Samengevat wordt in een groot deel van de module aandacht besteed aan de beschrijving van conventionele technieken. Vooral de technieken die zijn gebaseerd op ioniserende straling worden uitgebreid beschreven. Om deze technieken begrijpbaar te maken voor leerlingen moet er theorie worden gegeven en moeten er eerst veel concepten worden uitgelegd. Wij denken met fotoakoestiek een alternatieve context te kunnen bieden, waarbij al veel concepten bij de leerlingen bekend zijn. In de voorbeeldmodule is weinig ruimte gemaakt voor nieuw onderzoek. In onze module willen we een beter beeld schetsen van onderzoek naar medische beeldvorming door een context te kiezen waar (in Nederland) nog veel nieuw onderzoek naar plaatsvindt. In de voorbeeldmodule worden er verschillende toepassingen gegeven uit de biomedische praktijk. Wij willen met één onderwerp, borstkanker, een duidelijker verband brengen tussen de verschillende hoofdstukken en daarmee ook tussen de verschillende beeldvormende technieken.



## 2.4. Fotoakoestiek bij borstkankerdiagnostiek

Uit de analyse van de voorbeeldmodule medische beeldvorming volgen verschillende nadelen van de huidige aanpak. Wij denken dat we met fotoakoestiek een potentiële context hebben gevonden waarmee deze tekortkomingen kunnen worden aangepakt. In dit hoofdstuk beschrijf ik de verschillende beweegredenen die ik heb om fotoakoestiek te gebruiken als context voor medische beeldvorming. De relevantie van het onderwerp wordt uiteengezet.

Borstkanker is wereldwijd de meest voorkomende vorm van kanker bij vrouwen. Ongeveer 76.000 vrouwen in Nederland hebben op dit moment borstkanker (RIVM, 2010). Op dit moment wordt elk jaar bij 13.000 vrouwen de ziekte geconstateerd en 3.300 sterven door de gevolgen. De gemiddelde leeftijd dat borstkanker bij vrouwen ontdekt wordt is 60 jaar. Uit onderzoek is bewezen dat vroegtijdige opsporing van borstkanker resulteert in een verlaging van het sterftegetal tussen de 15-35 % bij vrouwen tussen de leeftijd van 50 – 69 jaar (Heijblom, 2010; RIVM, 2010).

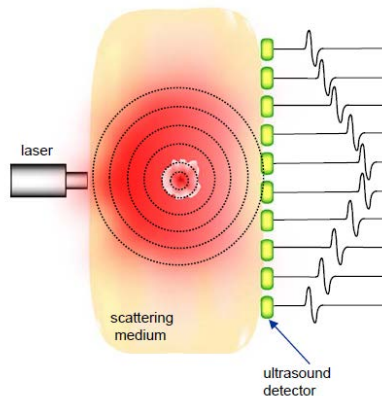
Vrouwen met een leeftijd tussen de 50 – 75 jaar worden uitgenodigd voor borstkankerscreening. Hierbij wordt röntgenmammografie gebruikt als beeldvormende modaliteit. Bij 1 op de 100 van deze onderzochte vrouwen is verder diagnostisch onderzoek nodig (RIVM, 2010). Bij bijna alle onderzoeken wordt een echoscan gemaakt. Borst MRI en/ of het nemen van bipten kunnen worden gebruikt om het onderzoek uit te breiden wanneer er nog onzekerheden zijn. Wanneer er zich na deze onderzoeken nog steeds een risico tot kwaadaardig weefsel voldoet wordt er altijd een biopt genomen als eindtest. Bij bipten wordt een klein stuk weefsel met een naald uit de borst gehaald waarna het onderzocht kan worden door de pathologie. Bipten worden vaak gebruikt als gouden standaard om de verdere behandeling van de patiënt te schetsen.

Met behulp van röntgen kan borstkanker in veel gevallen, in een vroegtijdig stadium worden gedetecteerd (Heijblom, 2010). Kleine knobbels die niet kunnen worden gevonden doormiddel van palpatie (voelen met de hand) kunnen in veel gevallen wel met röntgen worden gevonden. Het grootste nadeel van het gebruik van röntgen is dat er gebruik wordt gemaakt van ioniserende straling. Hiernaast kan de techniek geen bloedvaten detecteren en geeft het interpreteren van de scans problemen bij (jonge) vrouwen met borsten met een hoge dichtheid. Er kan geen kwantitatieve informatie over de functie en samenstelling van het weefsel worden gegeven. Sensitiviteit (percentage terecht positieve uitslagen) tussen de 69 % en 90 % zijn gemeld in verschillende onderzoeken (Heijblom, 2010).

Met echoscans kan het verschil tussen tumoren en cystes worden gemeten. De modaliteit kan gebruikt worden om tumoren te ontdekken bij vrouwen met borsten met hoge dichtheid. Nadeel van de techniek is dat het contrast laag is en dat het lastig is om de hele borst te meten. De kwaliteit van echoafbeeldingen zijn afhankelijk van de operator. Voor ultrageluid is sensitiviteit tussen de 80 % en 90 % gemeld (Heijblom, 2010; Xu & Wang, 2006).

Verhoogd aantal bloedvaten rondom een tumor kan gemeten worden met behulp van MRI. Met MRI kan een hoge resolutie worden gehaald. Nadelen van MRI zijn: het kan niet gebruikt worden bij patiënten met metalen implantaten of die claustrofobisch zijn, het kost veel tijd, is in vergelijking tot de andere technieken “duur” en contrastvloeistoffen zijn nodig. Sensitiviteit van 91 % is gemeld in een onderzoek (Li et al., 2008).

De huidige beeldvormende technieken zijn nog steeds in ontwikkeling en hebben elk hun eigen nadelen en tekortkomingen. Daarom vind er ook onderzoek plaats naar nieuwe technieken. Een techniek die de laatste jaren wordt onderzocht is fotoakoestiek. Bij fotoakoestiek worden de voordelen van optische (licht) en echo technieken gecombineerd: lage akoestische verstrooiing resulterend in een hoge resolutie en hoog optisch contrast door de sensitieve optische absorptie (Heijblom, 2010; Jose et al., 2009; Manohar & et al., 2005; Manohar S & G, 2004; Xu & Wang, 2006). Het principe van het gebruik van fotoakoestiek bij borstkanker diagnostiek, berust op het feit dat er zich rond een tumor meer bloedvaten bevinden dan in de rest van het borstweefsel. Bij een fotoakoestische meting wordt hoogenergetisch pulserend licht in de borst gezonden. De bloedvaten absorberen meer licht dan omringende weefsels. Dit heeft tot gevolg dat de bloedvaten meer uitzetten dan het weefsel. Door het pulserende licht ontstaan op de plaatsen waar de bloedvaten zich bevinden een drukgolf die resulteert een geluidsgolf. De ontstane geluidsgolven kunnen worden gedetecteerd doormiddel van een ultrageluiddetector (zie Figuur 1).



**Figuur 1:** Principe fotoakoestiek (Manohar, 2010)

Op dit moment worden door de vakgroep BMPI klinische testen met fotoakoestiek uitgevoerd in het ziekenhuis MST. Hierbij worden resultaten van het fotoakoestisch onderzoek vergeleken met de opnames gemaakt met conventionele modaliteiten.

Wij hebben fotoakoestiek bij borstkankerdiagnostiek gekozen als onderwerp voor onze module. Mogelijk wordt de fotoakoestische methode in de toekomst in de ziekenhuispraktijk gebruikt, dit kan een effect hebben op een groot deel van de bevolking. De context heeft daarmee een grote maatschappelijke relevantie. Om fotoakoestiek te kunnen beschrijven is stof uit verschillende disciplines nodig. Het onderwerp kan gebruikt worden om de samenhang tussen de disciplines: biologie en natuurkunde (eventueel scheikunde) te laten zien. Het onderzoek wordt verricht door een Nederlandse universiteit en laat goed zien waartoe de wetenschap in staat is. Hiernaast kan fotoakoestiek worden gezien als een combinatie van twee (basale) natuurkunde concepten: licht en geluid. Door fotoakoestiek als combinatie van de concepten uit te leggen kan worden laten zien hoe kennis verkregen op de middelbare school later kan worden ingezet. Met fotoakoestiek kan het principe van beeldvormende technieken worden uitgelegd en hiermee past het onderwerp binnen het *Subdomein B2* (en een deel van *Subdomein B1*).

### 3. Ontwerp

Vanuit de aanbevelingen die volgen uit de literatuur zijn we de module gaan schrijven. In dit hoofdstuk wordt het ontwerpproces beschreven.

#### 3.1 Ontwerpmodel

Om risico's tijdens het ontwerpproces van de module te beperken hebben we gezocht naar een ontwerpmodel dat bruikbaar was bij ons project. Voor onze opdracht hebben we gebruik gemaakt van het IDI-model. Dit model beschrijft een schematische en lineaire procedure voor het ontwerpen van onderwijs (Plomp, 1992) en staat afgebeeld in onderstaande figuur.

|           |                                                                                                                                             |                                                                                                                                     |                                                                                                                          |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Definieer | <b>Stap 1:</b><br>Stel het probleem vast                                                                                                    | <b>Stap 2:</b><br>Analyseer de omgeving en de context                                                                               | <b>Stap 3:</b><br>Organiseer te verrichten werkzaamheden                                                                 |
|           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Stel de behoeften vast</li> <li>Stel de prioriteiten vast</li> <li>Formuleer het probleem</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Betrokkenen</li> <li>Randvoorwaarden</li> <li>Relevante bronnen</li> </ul>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Taken</li> <li>Verantwoordelijkheden</li> <li>Tijdplanning en limieten</li> </ul> |
| Ontwikkel | <b>Stap 4:</b><br>Stel doel(stelling)en vast                                                                                                | <b>Stap 5:</b><br>Specificeer methoden                                                                                              | <b>Stap 6:</b><br>Construeer prototypen                                                                                  |
|           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Uiteindelijke doelen</li> <li>Tussendoelen</li> </ul>                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>Voor leren</li> <li>Voor onderwijzen</li> <li>Media</li> </ul>                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Instructiematerialen</li> <li>Evaluatie-instrumenten</li> </ul>                   |
| Evalueer  | <b>Stap 7:</b><br>Test de prototypen                                                                                                        | <b>Stap 8:</b><br>Analyseer de resultaten                                                                                           | <b>Stap 9:</b><br>Reviseer en implementeer de oplossing                                                                  |
|           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Beproof prototypen</li> <li>Verzamel evaluatiegegevens</li> </ul>                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>m.b.t. de doelen</li> <li>m.b.t. de methoden</li> <li>m.b.t. de evaluatiemethoden</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>herzie</li> <li>beslis</li> <li>voer uit</li> </ul>                               |

**Figuur 2:** IDI – model voor ontwerpen van onderwijs

#### 3.2 IDI – model stap 1: stel probleem vast

In de inleiding van het onderzoek heb ik reeds de behoeften vastgesteld. De behoeften volgden uit de vernieuwing van het natuurkunde onderwijs met daarbij de concept-context aanpak en de geschreven eindtermen voor het examenprogramma van NiNa:

1. Aantrekkelijk onderwijs bieden: meer ruimte bieden voor actuele ontwikkeling en maatschappelijke relevantie.
2. Samenhang tussen disciplines meer naar voren laten komen
3. Verbeterde aansluiting op het hoger onderwijs
4. Positiever beeld over natuurkunde en wetenschap in algemene zin verkrijgen
5. Meisjes meer betrokken maken bij de natuurkunde

Wij proberen deze behoeften te vervullen door een nieuwe natuurkunde module te schrijven voor 5 vwo. De module zal worden geschreven zodat hij past binnen *Subdomein B2: Medische beeldvorming*. Met onze module willen we beter aansluiten op de behoeftes dan de huidige voorbeeldmodule Medische Beeldvorming (Lindner, 2009).

In mijn opdracht richt ik mij tot de kennisvermeerdering van de leerlingen. Behoeftte 2 zal ik aanpakken door met fotoakoestiek als context de samenhang tussen de vakken: biologie, scheikunde en natuurkunde te laten zien. In de module zal een beeld moeten worden gegeven over huidige ontwikkelingen en onderzoek op het gebied van fotoakoestiek. Met de nieuwe context kunnen we laten zien dat je door de combinatie van concepten een geheel nieuwe techniek kan ontwikkelen. Hiermee worden behoefte 1 en 4 aangepakt. Bij mijn vorige studie: Biomedische Technologie bestaat het college jaar uit 4 kwartielen, waarbij in elk kwartiel een project centraal staat. Hierin werk je in groepsverband aan een biomedisch probleem (UT, 2012). Onze module zal aansluiten op deze manier van lesgegeven in het hoger onderwijs en zal daarmee behoefte 3 aanpakken. Onze module laat een vakgebied zien die de leerlingen kunnen kiezen voor hun vervolgstudie. De overige behoeftes zullen worden beschreven in het verslag van Renske die de motivatie van de leerlingen onderzoekt.

### **3.3 IDI – model stap 2: Analyseer de omgeving en de context**

De betrokkenen bij dit onderzoek zijn Renske Koning en ik als schrijvers. De module is getest op twee groepen 5 vwo leerlingen. De eerste groep bestond uit natuurkunde leerlingen van openbare scholengemeenschap Erasmus te Almelo en de tweede groep uit NLT – leerlingen van christelijk college Schaersvoorde te Aalten. De opdracht werd begeleid door vakdidacticus Henk Pol van de Universiteit Twente. Bij de verslaglegging werd ik geholpen door natuurkundevakdidacticus: Jan van der Veen.

De module moest worden getest tijdens natuurkunde- en NLT-lessen zodat een conclusie kon worden getrokken over het feit of de module voor één of beide vakken geschikt is. De module mocht niet te veel tijd innemen van de reguliere lessen zodat het naast het reguliere programma kon worden gegeven. Hierbij waren wij afhankelijk van de ruimte die wij van de twee scholen kregen. In de lessenserie moesten wij aan de door ons gestelde doelstellingen voldoen. Wij hebben hierom vastgesteld dat de module vier lessen moest omvatten. Bij het geven van de lessen waren wij als experts op het gebied van fotoakoestiek aanwezig. Dit zal niet het geval zijn als de module wordt gegeven door andere docenten. Wij hebben daarom als voorwaarde gesteld dat de module voor het grootste deel zelfstandig door de leerlingen moet kunnen worden doorgewerkt. Om aantrekkelijk onderwijs te bieden hebben wij als randvoorwaarde gesteld dat de lessenserie een demo moet bevatten. De demo moet de mogelijkheden van de nieuwe context weergeven en moet laten zien dat de context ook gebruikt kan worden bij praktische opdrachten die door de leerlingen worden uitgevoerd.

Ik verwacht verschillen te zien in de onderzoeksresultaten van de twee verschillende groepen. De NLT groep bestaat uit leerlingen die niet allen natuurkunde, biologie en scheikunde in hun vakken pakket hebben. De natuurkunde groep heeft deze vakken wel maar deze leerlingen hebben geen NLT.

De leerlingen die natuurkunde volgen hebben kennis over geluid en licht. Deze onderwerpen zijn in hun reguliere lessen al behandeld. Deze onderwerpen vormen de basis om fotoakoestiek te kunnen

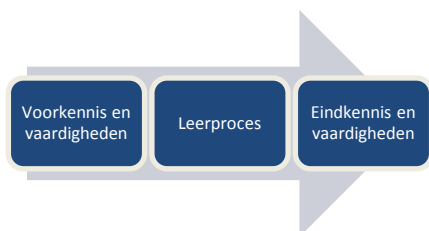
begrijpen. In de module zullen deze concepten kort worden behandeld voor de leerlingen die geen natuurkunde hebben. De leerlingen met natuurkunde zullen deze stof waarschijnlijk sneller begrijpen. Deze leerlingen hebben bewust gekozen voor natuurkunde en zullen waarschijnlijk ook gemotiveerder zijn om “natuurkunde” opgaven te maken.

In de module zal het onderwerp: absorptie van licht worden behandeld. Leerlingen die scheikunde in hun pakket hebben zullen deze stof waarschijnlijk sneller begrijpen omdat een deel hiervan in hun scheikunde lessen is behandeld (Wet van Lambert-Beer). De proefpersonen bij ons onderzoek hebben allemaal scheikunde, waardoor dit aspect niet kon worden getest.

De module is geschreven in een biomedische context. De leerlingen die biologie in hun vakkenpakket hebben zullen de biomedische context meer appreciëren en zullen bij het biologische onderdeel van de nieuwe module waarschijnlijk beter scoren. Bij de leerlingen wordt aanwezige kennis over: kanker, bloed en borstanatomie opgeroepen.

De groep NLT –leerlingen krijgen hun reguliere onderwijs aangeboden in projectvorm. Natuurkunde leerlingen werken veelal uit hun boek. Ik verwacht dat de NLT –leerlingen het deel in de module over onderzoek sneller zullen begrijpen.

Samengevat zal ik waarschijnlijk verschillen zien in het leerproces van de leerlingen omdat hun voorkennis en vaardigheden verschillen (Figuur 3). Na het geven van de module zal het eindproduct: eindkennis en vaardigheden, voor de leerlingen vergelijkbaar moeten zijn.



**Figuur 3:** Leerproces

### **3.4 IDI – model stap 3: Organiseer te verrichten werkzaamheden**

De start van de opdracht was op 27 februari 2012 en de eerste les van de lessenserie moest gegeven worden op 29 mei 2012. Dit betekend dat we voor het uitwerken van de module een tijdsbestek hadden van 13 weken. De opgestelde planning is te vinden in Bijlage A.

In de praktijk hebben we de planning globaal gevolgd. De onderzoeksopzet met bijhorende leerdoelen heeft ons meer tijd gekost. Met het schrijven van de module zijn we begonnen in de negende week en de module hebben we op tijd klaar gekregen voor het begin van de lessen. Het proces wordt verder geëvalueerd in hoofdstuk 4.

De verantwoordelijkheid over de verschillende onderdelen van de module hebben Renske en ik verdeeld. Aangezien ik vanuit mijn afstuderen al kennis had over fotoakoestiek en contact had met de mensen van de vakgroep BMPI heb ik het theoretische deel over fotoakoestiek uitgewerkt. Renske heeft onderzocht hoe we leerlingen konden motiveren, hoe we wetenschappelijk onderzoek verwerkten in de module en hoe we het onderzoek konden analyseren. Ik heb het antwoordmodel voor de vragen uit de module gemaakt. We hebben continu elkaars werk geëvalueerd en zo nodig ook aangepast.

#### **4.4 IDI – model stap 4: Stel doelstellingen vast**

Met onze nieuwe module wilde wij binnen het domein medische beeldvorming kennisvermeerdering bij leerlingen verkrijgen. Ik had hierbij de volgende onderzoeksvraag:

*Kan het principe van fotoakoestiek als context worden gebruikt om kennis vermeerdering bij leerlingen te verkrijgen binnen het subdomein B2: Medische Beeldvorming?*

Uit de domeinbeschrijvingen die zijn gegeven door de commissie NiNA (CEVO, 2008) volgt dat de leerlingen in de context van medische beeldvorming fysische principes moeten beschrijven en analyseren en hun diagnostische functie voor de gezondheid moeten kunnen toelichten. Aan deze beschrijving moet onze nieuwe module voldoen. Hiernaast moeten we laten zien dat we een alternatief kunnen bieden voor de invulling van deze beschrijving. Hierbij moeten de voordelen van fotoakoestiek als context naar voren komen. De doelstellingen volgen uit de reeds gegeven behoeften.

Als eerste kunnen we met fotoakoestiek laten zien je door de combinatie van concepten een geheel nieuwe techniek kan ontwikkelen. Hiermee geef je de leerlingen een duidelijke reden voor het belang van het leren van de basisconcepten tijdens hun reguliere natuurkunde lessen.

Ten tweede kan met fotoakoestiek de samenhang tussen verschillende disciplines worden laten zien. In ons geval zal dit vooral de samenhang tussen de vakken: natuurkunde, biologie en scheikunde zijn.

De derde doelstelling van de lessenserie is dat de leerlingen een verbeterd inzicht verkrijgen over ontwikkelingen waarbij gebruik wordt gemaakt van de natuurkunde. Hierbij wordt het nut van onderzoek duidelijker gemaakt. Hieronder valt ook het informeren van de leerlingen over de huidige stand van zaken binnen de medische beeldvorming. De leerlingen moeten kennis verkrijgen over de voor- en nadelen van de huidige beeldvormende modaliteiten. Ze moeten kunnen aangeven waarom ontwikkeling in nieuwe technieken van belang is. Duidelijk moet worden dat op dit moment nog veel onderzoek (door een Nederlandse universiteit) wordt verricht naar fotoakoestiek.

Hiernaast zijn er nog enkele subdoelen die volgen uit de argumenten die pleiten voor CoCo en de aanbevelingen van de commissie NiNa: meisjes meer betrokken laten raken bij Natuurkunde en een positiever beeld geven over natuurkunde en wetenschap in algemene zin. Deze subdoelen zullen uitgebreid beschreven worden in het verslag van Renske Koning.

#### **Ontwerp eisen**

Uit de doelstellingen en gestelde randvoorwaarden volgt dat de lessenserie de volgende onderdelen moet omvatten:

- Beschrijving (conventionele) medische beeldvorming technieken die op dit moment in het ziekenhuis worden gebruikt:
  - Gebruik van huidige technieken bij borstkankerdetectie

- o Voor- en nadelen van de huidige technieken
- Uiteenzetting over wetenschappelijk onderzoek:
  - o Redenen waarom wetenschappelijk onderzoek wordt verricht
  - o Beschrijving op welke wijze wetenschappelijk onderzoek wordt verricht
- Inhoudelijke uitleg van Fotoakoestiek, met de volgende concepten:
  - o Lichtabsorptie
  - o Geluidsgolven
  - o Fotoakoestisch effect
  - o Licht absorptie in borstweefsel
- Wijze van beeldvorming met fotoakoestiek
- Demonstratie van het principe
- Module mag maximaal 4 lessen omvatten

De voorkennis van de leerlingen is niet hetzelfde omdat ze een wisselend vakkenpakket hebben en niet allen natuurkunde, biologie, scheikunde en NLT hebben. Bij het schrijven van de module is er vanuit gegaan dat de leerlingen enige (natuurkunde) kennis moesten hebben over: (licht)absorptie, transmissie, golven en trillingen.

#### *Eindtermen*

De leerlingen moeten natuurkundige kennis verkrijgen over fotoakoestiek. Hiernaast moeten zij ook kennis krijgen over wetenschappelijk onderzoek en over de biologische context (borstkanker).

Na afloop moet de leerling voldoen aan onderstaande eindterm:

Kennis over (conventionele) beeldvormende technieken:

- Globale werking van: röntgendiagnostiek, mammografie, CT-scans, Echoscopie en MRI
- Voor- en nadelen van deze technieken

Kennis over hoe wetenschappelijk onderzoek wordt verricht:

- Reden van wetenschappelijk onderzoek
- Opbouw wetenschappelijk onderzoek

Theoretische kennis over het fotoakoestische effect:

- Verband tussen lichtsnelheid, frequentie en golflengte
- Lichtintensiteit
- Lichtabsorptie berekeningen met behulp van absorptiecoëfficiënt
- Voortplanting van geluid
- Op welke wijze geluid met behulp van licht kan worden geproduceerd
- Op welke wijze vanuit gemeten geluidssignalen, beelden kunnen worden opgebouwd

Gebruik van het fotoakoestisch effect bij borstkankerdetectie:

- Op welke wijze een tumor kan worden gemeten met behulp van fotoakoestiek
- Angiogenese

## **4.5 IDI – model stap 5: Specificeer methoden**

De leerlingen krijgen elk een module waar ze voor een groot deel zelfstandig uit kunnen werken. Hiernaast zullen de leerlingen worden begeleid door een docent. De volgende werkvormen zullen worden toegepast: onderwijsleergesprek, illustrerende/ ontdekkende demonstratie en brainstorming/ klassendiscussie door de leerlingen.

Een beamer wordt gebruikt waarop verschillende afbeeldingen en videofragmenten kunnen worden laten zien. Een demo wordt gefaciliteerd die de leerlingen zelf kunnen uitvoeren.

## **4.6 IDI – model stap 6: Construeer prototypen**

### **Module**

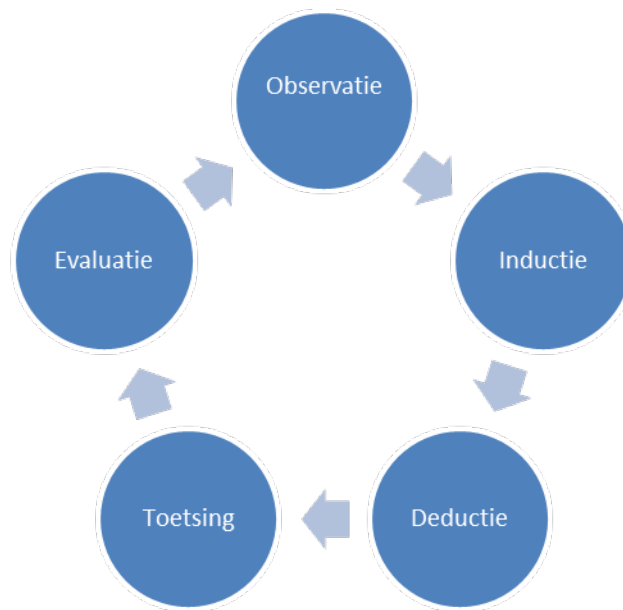
De module is opgedeeld in zes hoofdstukken (zie bijlage J). Borstkankerdetectie wordt door de gehele module als leidraad gebruikt. Bij elk hoofdstuk worden reproductieve, inzichtelijke en toepassingsvragen gesteld. In totaal heeft de module 38 opdrachten. Aan het eind van de module wordt in 2 opgaven de eindkennis en vaardigheden van de leerlingen getest.

Hoofdstuk één heet: “Hoe groot is die tumor”. Het doel van dit hoofdstuk is om de leerlingen te laten zien waarom we medische beeldvorming nodig hebben. In de inleiding wordt een afbeelding getoond waarmee wordt laten zien hoe doctoren in het lichaam van de patiënt kunnen kijken. Hierna worden de verschillende beeldvormende technieken kort uiteengezet. Aan het eind van hoofdstuk één worden enkele cijfers over borstkanker vermeld. Bij de eindopdracht van dit hoofdstuk oriënteren leerlingen zich op enkele beeldvormende technieken

In hoofdstuk twee wordt de theorie achter conventionele beeldvormende technieken toegelicht. Hierbij worden de voor- en nadelen en de toepassing bij borstkankeronderzoek van de verschillende technieken beschreven. De technieken die worden beschreven zijn: röntgenfoto, mammagrafie (toepassing van röntgenstraling), CT – scan (toepassing van röntgenstraling), echo en MRI. Het doel van de eindopdracht van dit hoofdstuk is dat de leerlingen de werkingsprincipes van de beeldvormende technieken kunnen beschrijven en de voor- en nadelen van deze modaliteiten kunnen opnoemen.

Hoofdstuk drie begint met een krantenartikel waarmee wordt getoond dat er op dit moment onderzoek plaatsvindt naar een nieuwe detectiemethode voor borstkanker. Hierna wordt uitgelegd hoe wetenschappelijk onderzoek in algemene zin kan worden uitgevoerd. Hierbij wordt het volgende schema uit Figuur 4 gebruikt. Aan de hand van verschillende opdrachten moeten de leerlingen een eigen onderzoek opstellen.





**Figuur 4:** De verschillende onderdelen van onderzoek

Aan het eind van het hoofdstuk wordt teruggekomen op borstkankeronderzoek en wordt gevraagd in welke fase van onderzoek de nieuwe techniek zich bevindt.

In hoofdstuk vier wordt de nieuwe fotoakoestische techniek verder verdiept. Hierbij wordt beschreven op welke wijze er onderzoek aan de universiteit van Twente plaatsvindt naar deze modaliteit. Met behulp van krantenkoppen wordt gekeken naar de maatschappelijke relevantie van het onderzoek.

In het volgende hoofdstuk wordt een theoretische uitleg over de werking van fotoakoestiek gegeven. Enige benodigde (natuurkundige) kennis over licht en geluid wordt gegeven. Hierna wordt het fotoakoestische effect beschreven, dit wordt uitgelegd als een combinatie van de concepten: licht en geluid. Er wordt verteld hoe geluidssignalen gemeten kunnen worden en hoe met deze signalen een beeld kan worden gevormd. Aan het eind van het hoofdstuk wordt laten zien hoe we gebruik kunnen maken van het fotoakoestisch effect bij het detecteren van borsttumoren.

Hoofdstuk zes bestaat uit een afsluitende opdracht. Leerlingen moeten vraagstukken oplossen aan de hand van een artikel uit de TC Tubantia. Het doel van deze opdracht is de kennis van de leerlingen over fotoakoestiek testen. De leerlingen moeten kunnen aangegeven waarom we de techniek kunnen gebruiken bij borstkankerdetectie. Hiernaast wordt gevraagd welke voordelen de nieuwe techniek heeft ten op zichte van de conventionele technieken. De leerling moet kunnen aangeven waarom er nog (veel) ontwikkeling is in het gebied van medische beeldvorming en waarom er onderzoek plaatsvindt.

### **Demo**

Als randvoorwaarden hadden we vastgesteld dat de lessenserie een demo moest bevatten. Bij het maken van de demo hebben we gezocht naar één die met huis- tuin- en keuken gereedschap kon worden uitgevoerd, zodat de kosten laag konden worden gehouden.

De demo die voor de lessenserie is opgesteld staat afgebeeld in Figuur 5. Met deze “simpele” demo kan het fotoakoestische effect worden waargenomen. De opstelling bestaat uit een appelmoespot waarbij een gat is gemaakt in de deksel. De binnenkant van de appelmoes is voor de helft zwart gemaakt doormiddel van een walmende kaars. Het gat in de deksel moet bij het oor worden geplaatst en de pot moet boven een gloeilamp worden gehouden. De zwarte laag in de appelmoespot absorbeert een deel van de energie die wordt uitgezonden door de lamp en verwarmt hiermee de omringende lucht. De wisselspanning laat de intensiteit van de gloeilamp fluctueren en daarmee de temperatuur van de lucht in de pot. Wisseling in het volume van de lucht resulteert hierna in een geluidsgolf die met het oor kan worden waargenomen.



**Figuur 5:** Demo opstelling (Euler, 2000)

De demo werkt goed als hij wordt uitgevoerd in een ruimte waar het voor de rest stil is.

### **Lessenopbouw**

Voor elke les zijn er door mij, bijhorende sheets gemaakt, deze zijn te vinden in de bijlage B. Ook de lesvoorbereidingsformulieren zijn te vinden in deze bijlage. Van te voren hebben en Renske en ik doorgenomen welke stof we in welke les gingen vertellen. Hierdoor zijn onze lessen vergelijkbaar, enkele verschillen tussen onze lessen staan beschreven in paragraaf 4.7.

De lessen hadden de volgende leerdoelen:

#### *Les 1:*

*De leerling moet kunnen beschrijven wat borstkanker is en met welke technieken we het kunnen onderzoeken. De leerlingen moet de voor- en nadelen van de huidige beeldvormende technieken kunnen noemen.*

#### *Les 2:*

*De Leerling moet kunnen beschrijven wat wetenschappelijk onderzoek is en op welke wijze het kan worden uitgevoerd.*

#### *Les 3:*

*De leerling kan uitleggen wat het fotoakoestisch effect is. Hierbij kan hij aangeven hoe we geluid kunnen maken met licht.*

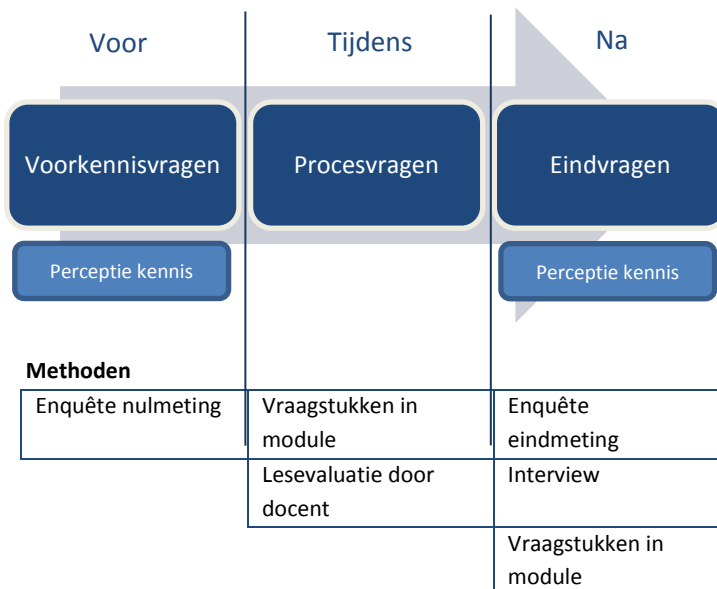
#### Les 4:

*De leerling kan het fotoakoestische effect beschrijven en kan uitleggen hoe het effect wordt gebruikt bij borstkankerdetectie.*

#### Evaluatiematerialen

Met behulp van evaluatie materialen hebben we getracht om te onderzoeken of de beschreven doelstellingen zijn gehaald. Bij ons onderzoek hadden we twee hoofdvragen. Renske heeft zich in haar onderzoek gericht op de motivatie van de leerlingen en ik heb mijn onderzoek opgesteld vanuit een cognitief perspectief. We hebben geprobeerd om een evaluatiemethode op stellen die beide oogpunten in beschouwing neemt. In mijn verslag zal ik alleen het cognitieve perspectief beschrijven. Leerlingen zijn geëvalueerd aan de hand van enquêtes, interviews -en (reproductieve, inzichtelijke en toepassings) vragen.

De leerlingen hebben wij geëvalueerd: voor het geven van de module, tijdens de lessenserie en aan het eind van de lessen (zie Figuur 6). Hierbij hebben we verschillende evaluatiemethoden gebruikt, deze worden beschreven in onderstaande tekst.



**Figuur 6:** Evaluatiemethoden

#### *Lesevaluatie door docent*

Renske heeft les gegeven aan een groep natuurkunde leerlingen en ik aan een groep NLT leerlingen. Van beide lessen hebben wij zelf het verloop van de les geëvalueerd. Aan de hand van deze evaluatie krijgen we een eerste inzicht of de leerlingen de stof snappen en of ze enthousiast meedoen tijdens de lessen. Door de evaluaties van elkaar te vergelijken kunnen we mogelijk al een verschil zien tussen de natuurkunde en NLT leerlingen. Hiernaast was er in mijn groep één leerling aanwezig die wel NLT had, maar geen natuurkunde. Evaluatie van deze leerling is interessant om te kijken in hoeverre de module geschikt is voor dit type leerling.

### *Enquête (nulmeting en eindmeting)*

Enquêtes zijn gebruikt om een beeld te krijgen van de mate waarin de doelstellingen zijn gehaald. De gebruikte enquêtes zijn te vinden in Bijlage C. Voor mijn onderzoek zijn vragen toegevoegd waarmee wordt geëvalueerd of de leerlingen het gevoel hebben dat ze veel hebben geleerd en of ze de verkregen stof hebben gesnapt. De kennis van de leerlingen over onderzoek, natuurkunde, en de wetenschap is getest. De enquêtes bestaan zowel uit open als gesloten vragen. De enquêtes zijn gegeven voor en na de lessenserie. Op de wijze hebben wij geprobeerd om te evalueren welk effect de module op de leerlingen heeft gehad. De twee enquêtes bevatten dezelfde vragen. Met de gesloten vragen hebben we geprobeerd te onderzoeken of er een verschuiving plaatsvindt bij de leerlingen bij de perceptie van de volgende onderwerpen: nut van natuurkunde, maatschappelijke relevantie van natuurkunde en samenhang tussen de verschillende natuurwetenschappelijke vakken. Ook wordt onderzocht of het niveau van de module niet te hoog is en hoeverre de nieuwsgierigheid van de leerlingen naar natuurkundige onderwerpen is gestegen. Open vragen zijn gebruikt zodat de leerlingen hun keuzes bij de gesloten vragen konden beargumenteren. Hiernaast is ook de kennis van de leerlingen voor en na het geven van de lessenserie getest. Er is gevraagd om het nut van natuurkundig onderzoek voor de samenleving te beschrijven en te noemen waar je natuurkunde in het dagelijks leven tegen komt.

Bij de eindmeting zijn ook vragen over fotoakoestiek toegevoegd en wordt na de mening van de leerlingen over de module gevraagd. Aan de leerlingen wordt gevraagd wat ze in de module hebben geleerd. De leerlingen moesten aangeven of ze vonden dat ze de volgende eindtermen van de module beheersten: kennis over hoe wetenschappelijk onderzoek wordt verricht en theoretische kennis over het fotoakoestische effect.

De enquêtes bevatten ook vragen die de motivatie van leerlingen testen ten op zichte van natuurkunde en onderzoek. De resultaten uit deze vraagstukken heeft Renske in haar onderzoek geëvalueerd.

Bij de enquête konden de leerlingen kiezen uit: volledig eens, eens, neutraal, oneens en volledig oneens. Bij de evaluatie hebben wij deze waarderingen scores van 1-5 gegeven.

### *Interview*

Om de resultaten van de enquête te versterken hebben we na het geven van de lessenserie ook interviews onder de leerlingen gehouden. Voor het interview hadden wij een aantal vragen van te voren opgesteld:

1. Wat is volgens jullie de reden dat je natuurkunde krijgt op school?
2. Wat moet je van natuurkunde leren?
3. Wat vond je van de afgelopen drie lessen over onderzoek en fotoakoestiek?

Naast deze vragen hebben ook de antwoorden die gegeven waren in de enquêtes met de leerlingen besproken.

### *Vraagstukken in de module*

In de module worden 38 vragen aan de leerlingen gesteld. Van deze vragen worden er 36 gesteld tijdens het leerproces van de leerlingen en 2 vragen worden aan het eind van module gesteld om de eindkennis en vaardigheden van de leerlingen te testen. Alle vragen zijn door de leerlingen ingeleverd en door mij beoordeeld. Voor de beoordeling van de vragen heb ik een antwoordmodel gemaakt (zie bijlage D). De Puntentelling in dit antwoordmodel is gesteld om te bepalen welk percentage van de vraag goed is. Het percentage wordt per vraag bepaald door:

$$Percentage_{per\ vraag} = \frac{Gescoorde\ punten}{Maximaal\ aantal\ te\ behalen\ punten} \cdot 100\%$$

De gemiddelde percentagescores van de leerlingen is per vraag bepaald. De vragen waarvoor gemiddelde scores beneden de 50 % worden gevonden, worden aangeduid als vragen die nog aandacht verdienen. De scores van vraag 1-36 van de leerlingen is gemiddeld om een scores te geven van de leerlingen tijdens het leerproces. Ook de twee eindvragen zijn gemiddeld, hieruit is geëvalueerd of er kennisvermeerdering bij de leerlingen heeft plaatsgevonden. De eindvragen testen of de leerlingen voldoen aan de eindtermen van de module en testen kennis over: beeldvormende technieken, wetenschappelijk onderzoek, fotoakoestisch effect en het gebruik van het fotoakoestisch effect bij borstkankerdetectie.

Hiernaast zijn ook enkele vragen te makkelijk voor de leerlingen. De vragen zijn op moeilijkheidsgraad geanalyseerd aan de hand van de antwoorden van de leerlingen (zie bijlage H). Een vraag is als te makkelijk gekarakteriseerd als de antwoorden rechtstreeks uit de tekst/ Binas/ etc. konden worden gehaald. Te moeilijke vragen zijn de vragen waar de leerlingen geen antwoord op gaven/ konden geven. Vragen die te moeilijk of te makkelijk zijn verdienen nog extra aandacht.

### **Proefpersonen**

De lessenserie is getest op twee groepen leerlingen.

De eerste groep leerlingen bestond uit Natuurkunde leerlingen van 5 vwo, de leerlingen gebruiken de methode: *Systematische natuurkunde* (Baalén & Eekelen, 2006). Alle leerlingen hebben NG of NT met scheikunde en biologie. Het verschil tussen NG en NT is hier dat de leerlingen met NG wiskunde A hebben en de leerlingen met NT: wiskunde B. Renske heeft de module aan deze groep gegeven en is ook hun natuurkundeleraar.

De tweede groep leerlingen bestond uit NLT – leerlingen van 5 vwo. Deze leerlingen gebruiken bij de natuurkunde lessen de methode: *Stevin* (Biezeveld & Mathot, 2007). De leerlingen hebben NG of NT en hebben allemaal scheikunde. Natuurkunde of biologie hebben leerlingen afwisselend wel of niet. Deze groep heb ik tijdens de module begeleid, aan deze groep had ik nog niet eerder lesgegeven.

Tabel 1 geeft een overzicht weer van de proefpersonen die hebben deelgenomen aan ons onderzoek. De namen die in dit verslag vermeld staan zijn om privacyredenen gefingeerd en hebben elk een eigen nummer gekregen.

**Tabel 1:** Namenlijst

| Nummer | Naam    | Natuurkunde | Scheikunde | Biologie | NLT |
|--------|---------|-------------|------------|----------|-----|
| 1      | Amber   |             | X          | X        | X   |
| 2      | Bas     | X           | X          | X        | X   |
| 3      | Chris   | X           | X          | X        | X   |
| 4      | Daan    | X           | X          |          | X   |
| 5      | Erik    | X           | X          |          | X   |
| 6      | Fenna   | X           | X          |          | X   |
| 7      | Gerard  | X           | X          | X        |     |
| 8      | Han     | X           | X          | X        |     |
| 9      | Ilse    | X           | X          | X        |     |
| 10     | Jantine | X           | X          | X        |     |
| 11     | Karin   | X           | X          | X        |     |
| 12     | Loes    | X           | X          | X        |     |
| 13     | Marja   | X           | X          | X        |     |

Voor de evaluatie van de resultaten heb ik de leerlingen in vier groepen opgedeeld, zie Tabel 2. Op deze manier kon ik goed onderzoeken voor welk leerling-profiel de module geschikt is. Ik heb ervoor gekozen om te onderzoeken wat het verschil is tussen de leerlingen als ze wel of geen Natuurkunde/NLT hebben.

**Tabel 2:** Groepsindeling

| Naam groep                   | Personen                                                                               | Aantal leerlingen |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b>Allen</b>                 | Alle leerlingen uit de twee groepen                                                    | 14                |
| <b>Alleen natuurkunde</b>    | Groep leerlingen die alleen natuurkunde heeft en geen NLT, dit is de groep uit Almelo  | 7                 |
| <b>Natuurkunde en NLT</b>    | Groep leerlingen die natuurkunde en NLT heeft, dit is de groep uit Aalten              | 6                 |
| <b>NLT, geen natuurkunde</b> | Leerling die NLT heeft maar geen natuurkunde, dit is een leerling afkomstig uit Aalten | 1                 |

## **4.7 IDI – model stap 7 en 8: Test de prototypen en Analyseer de resultaten**

In dit hoofdstuk zullen de resultaten van de verschillende evaluatiemethoden worden beschreven.

### **Resultaten lesevaluatie door docent**

De lessen zijn door mij en Renske afzonderlijk van elkaar gegeven. De lesevaluaties die wij gemaakt hebben zijn te vinden in Bijlage D. In deze paragraaf zal ik de verschillen en overeenkomsten tussen onze lessen beschrijven. De verschillen zijn te verklaren doordat we lessen hebben gegeven aan twee verschillende groepen (NLT of Natuurkunde) en doordat de lessen door twee verschillende personen zijn gegeven. Van te voren hebben Renske en ik doorgenomen welke stof we in welke les gingen vertellen, echter zijn er enige verschillen tussen de methoden die wij hebben toegepast. In bijlage B zijn onze lesvoorbereidingsformulier te vinden.

#### **Les 1**

De les was bij ons beide goed verlopen en de leerlingen van beide groepen hebben enthousiast en goed mee gewerkt. Beide lessen waren op tijd afgelopen en de meeste leerlingen hadden de gestelde vraagstukken af. Het verschil tussen de groepen was dat de leerlingen van de groep van Renske allemaal al les hadden gehad over beeldvormende technieken en bij mij in de groep niet. Ondanks dit verschil in voorkennis waren de opdrachten voor beide groepen goed te doen omdat veel leerlingen in hun omgeving al van de technieken hadden gehoord. Bij mij in de groep hadden niet alle leerlingen biologie. Deze leerlingen stelden daarom veel vragen over biologische vraagstukken. Veel leerlingen vonden de biologische invalshoek interessant.

#### **Les 2**

Omdat mijn leerlingen minder voorkennis hadden over beeldvormende technieken heb ik de verschillen tussen beeldvormende technieken uitgebreider beschreven dan Renske. Ook heb ik de cyclus uitgebreider uitgelegd aan de hand van verschillende plaatjes en associaties die de samenleving bij onderzoek/ wetenschap heeft. Hierdoor kon Renske meer tijd besteden aan de opdrachten. Ze geeft in haar evaluatie wel als aantekening dat de leerlingen de onderzoeksacyclus niet gelijk begrepen. Bij de NLT lessen hadden mijn leerlingen al veel gehoord over natuurwetenschappelijk onderzoek en ze hadden dan ook veel interesse in het onderwerp; onderzoek naar fotoakoestiek op de UT wordt vormgegeven en hoe bijvoorbeeld de financiering plaatsvindt. Beide groepen hadden een goed onderzoek ontworpen. De meisjes gingen kritischer aan de slag dan de jongens. Het bepalen van de fase waarin het fotoakoestische onderzoek zich bevindt was voor beide groepen lastig.

#### **Les 3**

De demo werkte bij beide groepen goed, al moest het in de klas wel erg stil zijn. De demo wekte een mate van nieuwsgierigheid op bij de leerlingen. Renske heeft in deze les meer uitleg gegeven over fotoakoestiek, daarom hadden de leerlingen in haar groep minder tijd voor de opgaven en hadden zij deze in de les niet af. Bij mij in de groep hadden de meeste leerlingen de opgaven wel af. In mijn lessen kwamen er veel vragen over de organisatorische kant van onderzoek en hoe de samenwerking met het ziekenhuis plaatsvindt.

#### Les 4

Opgaven 15 -26 waren voor beide groepen leerlingen moeilijker dan de voorgaande opgaven. De leerlingen in mijn groep vonden dat er veel natuurkunde in voorkwam. De opgaven waren vooral lastig voor het meisje die geen natuurkunde in haar pakket heeft. We hebben beide veel tijd en aandacht besteed aan de uitleg over de werking van fotoakoestiek. Tijdens mijn les werd ook de koppeling met scheikunde gemaakt. De leerlingen van beide groepen kregen de opdrachten tijdens de les niet af. Dit kwam omdat ze de opdrachten lastig vonden en omdat het veel werk was. De leerlingen hebben de opdrachten tijdens een ander moment afgemaakt (bij mij in de klas tijdens een extra uur). Uiteindelijk hebben de leerlingen ongeveer 6 opgaven niet gemaakt. De afsluitende opgaven hebben alle leerlingen gemaakt.

#### Gehele lessenserie

Een samenvatting van de verschillen tussen de invulling van onze lessen is te vinden in Tabel 3. Concluderend vonden de leerlingen het een leuke module omdat het een onderwerp belichte waar ze nog niet eerder van hadden gehoord. Ze vonden het interessant om nieuw onderzoek te zien dat grote perspectieven biedt voor de toekomst. De tijdsverdeling binnen de lessen kan worden verbeterd. Voor les 4 was te weinig ruimte gepland. In les 2 was nog ruimte over en in deze les kan meer stof worden behandeld. Hierdoor kan een deel van les 3 naar les 2 en kan in les drie een deel van les 4 worden behandeld.

**Tabel 3:** Verschil in invulling van de lessen

|                | Chiel                                                                                                                                                                                                | Renske                                                                                     |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Les 1</b>   | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Gebruik filmpje</li><li>▪ Uitleg over pathologie borstkanker</li><li>▪ Gebruik sheets</li></ul>                                                              | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Koppeling met stof uit vorig kwartiel</li></ul>    |
| <b>Les 2</b>   | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Onderwijsleergesprek over eisen nieuwe techniek</li><li>▪ Gebruik sheets</li></ul>                                                                           | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Meer tijd voor onderzoekopdrachten</li></ul>       |
| <b>Les 3</b>   | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Onderwijsleergesprek over eigen ervaring bij BMPI</li><li>▪ Leerlingen ontdekken zelfstandig de werking van fotoakoestiek</li><li>▪ Gebruik sheets</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Uitleg over de werking van fotoakoestiek</li></ul> |
| <b>Les 4</b>   | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Uitleg over de werking van fotoakoestiek</li><li>▪ Gebruik sheets</li></ul>                                                                                  |                                                                                            |
| <b>(Les 5)</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Les waar leerlingen zelfstandig konden werken aan het maken van opdrachten, geen uitleg</li></ul>                                                            | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Geen extra les gebruikt voor huiswerk</li></ul>    |

#### Resultaten enquête en interview

In deze paragraaf beschrijf ik de resultaten uit de enquêtes die aan het begin en na de lessenserie aan de leerlingen gegeven is. Deze resultaten zijn versterkt met de antwoorden die op de interviews zijn gegeven. In bijlage F en G is de ruwe data van de enquêtes en interviews te vinden. Bij de

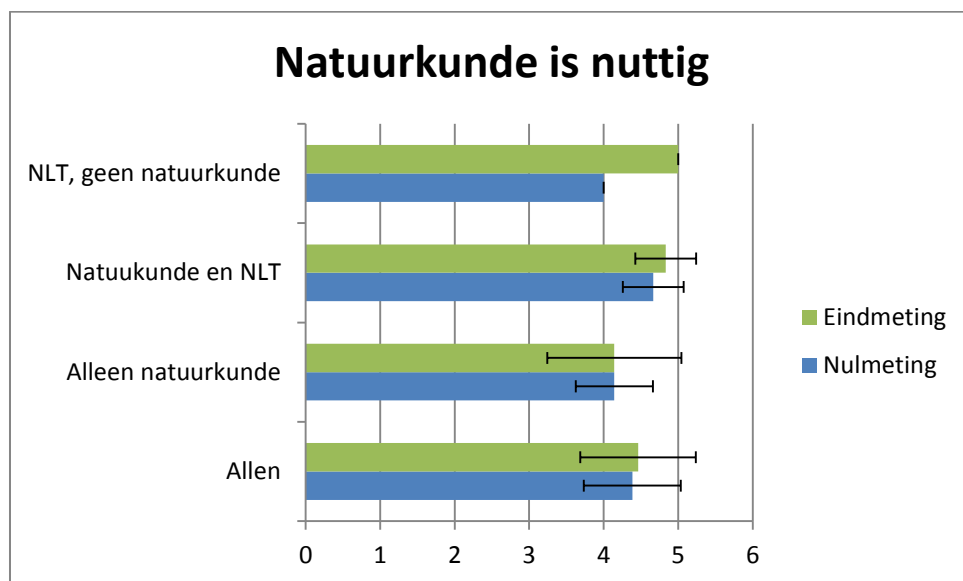


enquête hebben wij vragen gesteld die specifiek zijn voor mijn of Renske's onderzoeksdomein. In dit verslag worden alleen de vragen behandeld die de cognitieve aspecten evalueren.

Bij de resultaten uit de enquêtes heb ik met een t-toets ( $P < 0.05$ ) gekeken of de nul- en eindmeting significant van elkaar verschillen. Door de kleine omvang van de geteste groepen is bij geen van de metingen een significant verschil aangetoond. De verschuivingen in opvattingen van de leerlingen is erg klein. Kleine verschuivingen worden echter wel versterkt door de resultaten uit de afgenomen interviews. De resultaten kunnen worden gebruikt als voorspeller. Verder onderzoek met grotere onderzoeksgroepen zal kunnen aantonen of we significante verschillen kunnen meten.

#### *Natuurkunde is Nuttig*

In de domeinbeschrijving voor medische beeldvorming staat: *“De brede toepasbaarheid wordt geïllustreerd met voorbeelden uit de biomedische praktijk.”* Met onze nieuwe module hebben we een nieuw voorbeeld geïllustreerd. Deze context moet het nut en toepasbaarheid laten zien van de concepten binnen de medische beeldvorming. Wij willen aan de leerlingen een beter beeld geven over ontwikkelingen waarbij gebruik wordt gemaakt van de natuurkunde. Hierbij leren de leerlingen hoe onderzoek plaatsvindt. Het resultaat van de vraag: natuurkunde is nuttig is afgebeeld in onderstaande figuur.



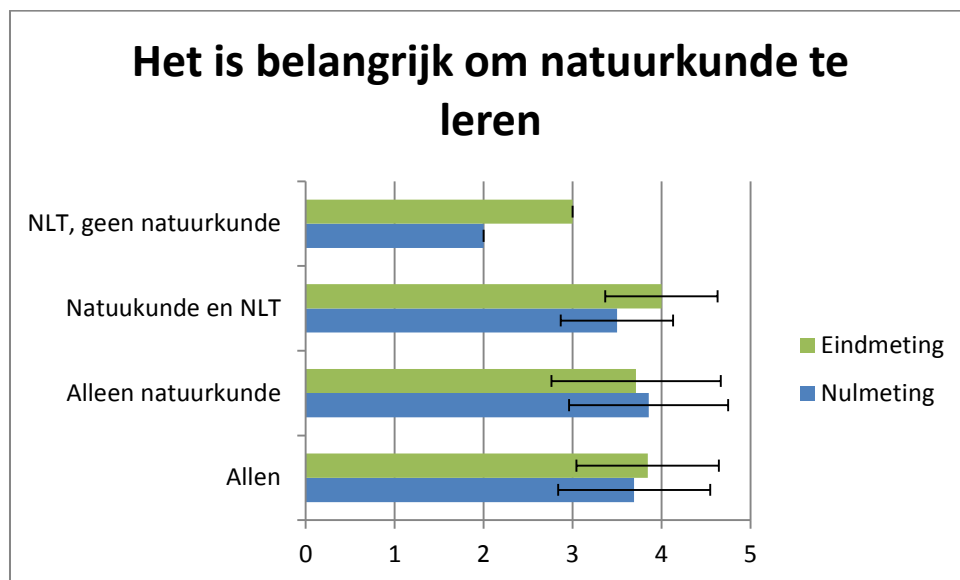
**Figuur 7:** Enquête resultaat: Natuurkunde is Nuttig

Bij alle groepen zien we een lichte verhoging bij de waardering van het nut van natuurkunde. Wat opvalt is dat de *Natuurkunde en NLT* groep bij de nulmeting al een hogere waardering geeft dan de *Alleen natuurkunde* groep en dat we bij deze groep ook een groter verschil zien tussen de nul- en eindmeting. Een mogelijke verklaring hiervoor kan worden gevonden in het feit dat bij NLT al veel praktische en multidisciplinaire voorbeelden uit de praktijk worden gegeven die het nut van natuurkunde beter laten zien dan de reguliere natuurkunde lessen. Het meisje zonder natuurkunde geeft de laagste waardering tijdens de nulmeting. Na de lessenserie geeft ze een hogere score dan het gemiddeld cijfer van *Allen*. Twee leerlingen van de *Alleen natuurkunde* gaven in het interview aan dat ze door de door ons gebruikte context wel meer het nut van natuurkunde zagen: *“..bij deze lessen snapte je veel beter waarover het ging en waarom je dat moest leren..”*. Gemiddeld zien we dat de leerlingen het nut van natuurkunde na het geven van de lessenserie hoger waarderen. Wij

denken dat kennisvermeerdering over ontwikkelingen waarbij gebruik wordt gemaakt van de natuurkunde hierbij een rol heeft gespeeld.

#### *Het is belangrijk om natuurkunde te leren*

Eén van de argumenten die pleit voor CoCo is dat de maatschappelijke relevantie goed naar voren kan komen. Een vraag die met het nut samenhangt is of de leerling het belangrijk vinden om de stof te leren en daarmee de relevantie van het onderwerp inzien. Relevantie van de geleerde concepten willen we geven door met fotoakoestiek te laten zien dat je door een combinatie van concepten een geheel nieuwe techniek kan leren. De score die de leerlingen geven aan het belang van het leren van natuurkunde staat afgebeeld in onderstaande figuur.

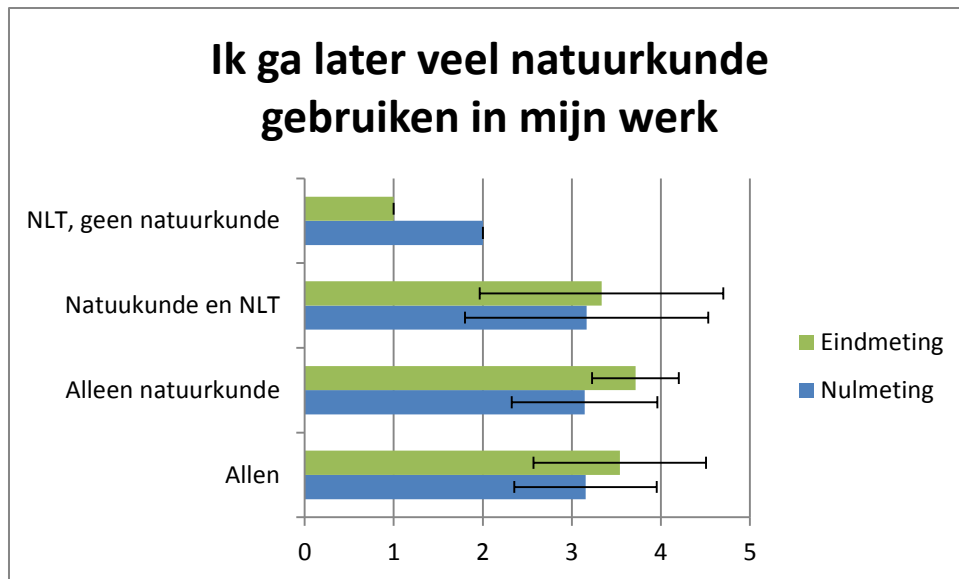


**Figuur 8:** Enquête resultaat: het is belangrijk om natuurkunde te leren

Wanneer we de resultaten van deze vraag vergelijken met de vorige vraag zien we dat er gemiddeld lager is gescoord. De leerlingen zien het nut van natuurkunde wel in, maar vinden het minder belangrijk om dit zelf te leren. Dit is gerelateerd aan de vraag of de leerlingen denken dat ze later veel natuurkunde in hun werk gaan gebruiken (zie Figuur 9). Wanneer de leerlingen deze vraag een lage score geven doen ze dat ook bij de vraag na het belang van natuurkunde. Bij de *NLT* groep zien we een verhoging in de score voor belang. Bij de *Alleen natuurkunde* zien we echter een lichte verlaging, maar we zien hier ook een erg groter variatie tussen de leerlingen. Bij het interview gaven twee leerlingen van deze groep aan dat ze natuurkunde doen omdat het verplicht onderdeel is van hun profiel. Wij denken dat de leerlingen hoger hebben gescoord bij de eind- dan bij de nulmeting doordat de leerlingen meer kennis hebben over het feit dat met een combinatie van concepten die worden geleerd in hun natuurkundelessen een nieuwe techniek kan worden ontwikkeld.

#### *Ik ga later veel natuurkunde gebruiken in mijn werk*

Eén van de doelstellingen die ik had gesteld was dat we met behulp van de module de samenhang tussen de verschillende natuurwetenschappelijke vakken wilden versterken. Wanneer leerling leren dat natuurkunde met veel vakken samenhangend zullen ze inzien dat ze het later veel zullen gebruiken in hun werk. Het resultaat van deze vraag is te vinden in onderstaande figuur.

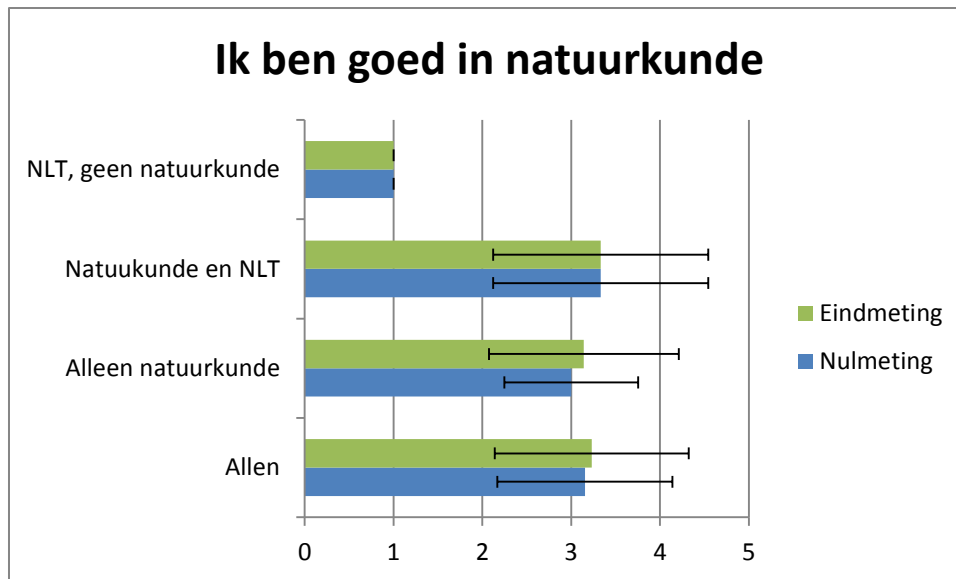


**Figuur 9:** Enquête resultaat: Ik ga later veel natuurkunde gebruiken in mijn werk

In de resultaten zien we gemiddeld een hogere score bij de eindmeting dan bij de nulmeting. Vooral bij de *Alleen Natuurkunde* groep is dit verschil groot. Waarschijnlijk is het verschil bij de *NLT* groep minder groot omdat NLT al een multidisciplinair vak is. In het interview gaven enkele leerlingen van deze groep al aan dat we natuurkunde ook leren om te gebruiken bij andere vakken, zoals: scheikunde en biologie. Het meisje dat geen natuurkunde in haar profiel heeft is tijdens de lessen afgeschrikt door de moeilijkheidsgraad van natuurkunde en wil nu nog minder graag natuurkunde gebruiken in haar toekomstige werk. In het interview geeft ze aan dat ze zelfs in de eerste klas liever geen natuurkunde had willen hebben en de tijd van de natuurkundelessen liever aan talen had willen besteden. Samengevat blijkt uit de resultaten dat de leerlingen waarschijnlijk meer geleerd hebben over de samenhang tussen verschillende disciplines.

#### *Ik ben goed in natuurkunde*

Of het niveau van de module niet te hoog is, is getest met de vraag: *Ik ben goed in natuurkunde*. We willen hier geen negatieve verschuiving zien.

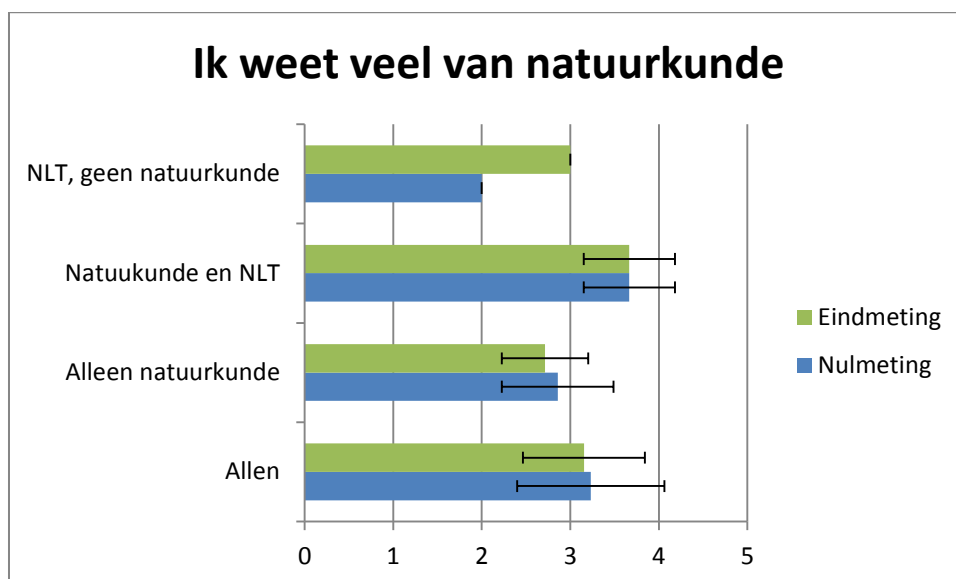


**Figuur 10:** Enquête resultaat: Ik ben goed in natuurkunde

We zien weinig verschuivingen in de resultaten. De *Alleen Natuurkunde* groep laat wel een positieve verschuiving zien.

#### *Ik weet veel van natuurkunde*

Doel van dit onderzoek is om kennisvermeerdering te verkrijgen bij de leerlingen. Hierbij willen we de leerlingen nieuwsgierig maken voor nieuwe onderwerpen. We willen het gevoel bij leerlingen creëren dat ze nog niet genoeg weten. Dit is getest met de vraag: *Ik weet veel van natuurkunde*, zie Figuur 11.

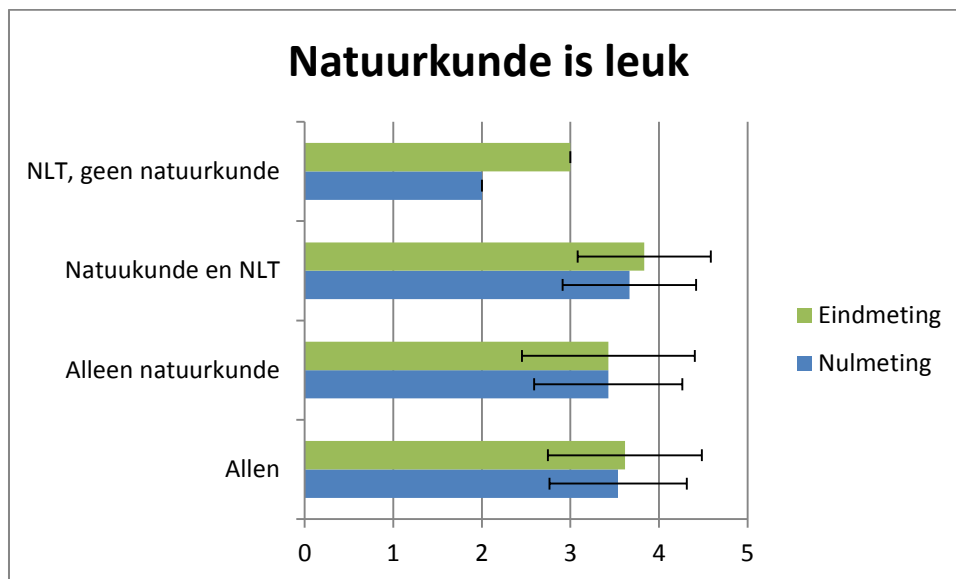


**Figuur 11:** Enquête resultaat: Ik weet veel van natuurkunde

Uit de resultaten blijkt bij de nulmeting dat de leerlingen gemiddeld meer het gevoel hebben dat ze veel weten over natuurkunde dan na de lessenserie. We hebben de nieuwsgierigheid van deze leerling verhoogd. Bij de *Natuurkunde en NLT* leerlingen zien we weinig verschil tussen de eindmeting en nulmeting. Dit kan worden verklaard doordat deze groep al veel nieuwe ontwikkeling ziet in hun eigen lessen.

### Natuurkunde is leuk

Als laatste hebben we getest of leerlingen natuurkunde leuker zijn gaan vinden na het geven van de module. Op motivatieveranderingen door de module zal Renske in haar verslag dieper op ingaan.



**Figuur 12:** Enquête resultaat: Natuurkunde is leuk

### Open vragen

We zien veel verschillen tussen de beantwoording van de open vragen bij de eindmeting en bij de nulmeting. Hieronder wil ik enkele opvallende resultaten beschrijven.

Een *Alleen natuurkunde* leerling beschrijft bij de nulmeting het nut van natuurkunde in het dagelijkse leven eerst beschrijft in termen van sport en koken. Bij de eindmeting geeft hij ook een biomedisch voorbeeld in de vorm van het ziekenhuis. Een ander voorbeeld is een *NLT, zonder natuurkunde* leerling die het nut eerst beschrijft als: *“Nieuwe dingen ontdekken die iets verklaren of die mensen het leven beter maken”* en bij de eindmeting aangeeft: *“Je kan er mensen mee helpen, wel indirect.”*. De leerlingen hebben een verbeterd beeld gekregen over de biomedische toepasbaarheid.

Bij een antwoord van een *Alleen natuurkunde* leerling wordt bij de nulmeting onderzoek beschreven door: *“Dat er handige dingen uitgevonden worden waar iedereen iets aan heeft”* en bij de eindmeting door: *“Dat men dingen kan verklaren, zodat men problemen op kan lossen”*. Bij dit antwoord zien we een verbeterd beeld over onderzoek.

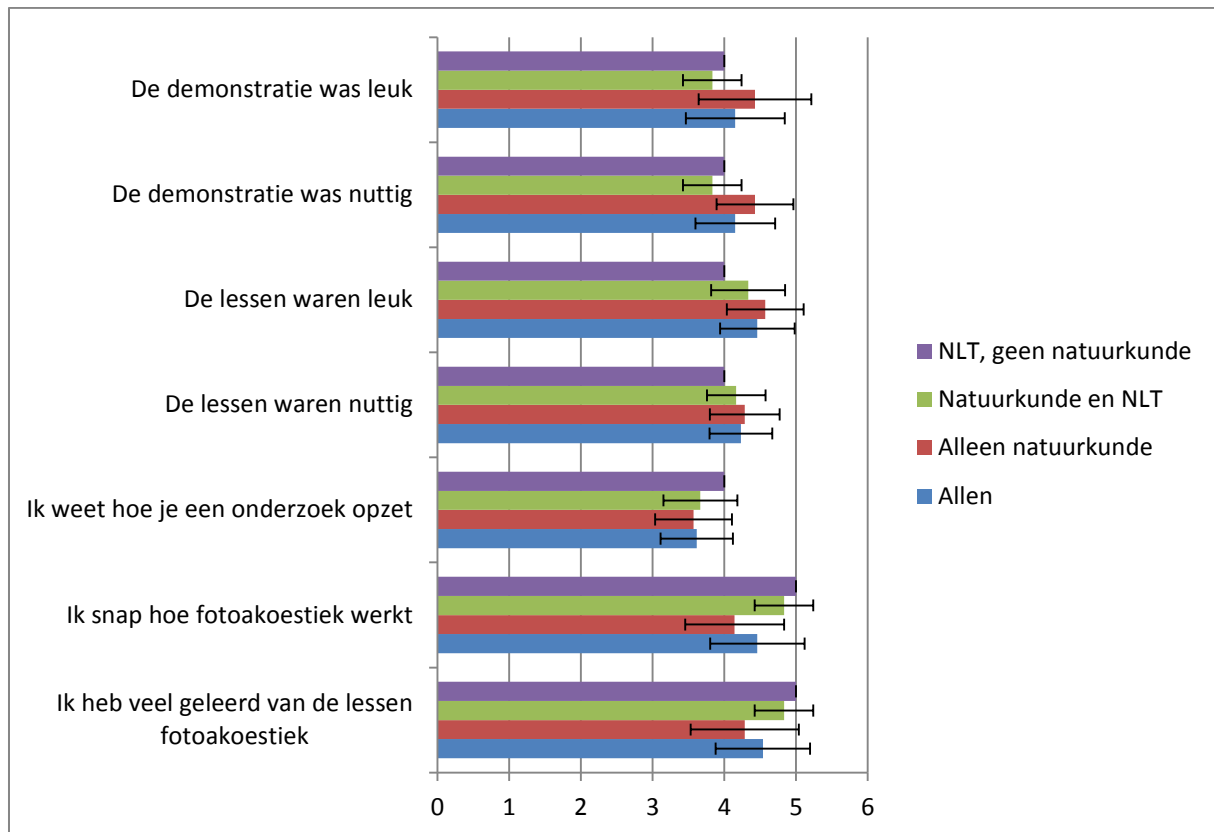
In de antwoorden van de open vragen is ook te zien dat bij leerling de samenhang tussen verschillende disciplines duidelijker is geworden. Een *NLT* leerling beschrijft bij de nulmeting het nut van natuurkundig onderzoek als: *“Bijna alle ontwikkelingen, vooral elektrische, hebben met natuurkunde te maken.”* en bij de eindmeting door: *“Natuurkunde zijn samen met de biologie en natuurkunde en scheikunde, de belangrijke vakken voor onderzoek.”*.

## Mening over module

In de enquête is ook naar de mening van de leerlingen over de module gevraagd. Hiernaast is ook de kennis over enkele zaken uit de module getest.

### Verschillende aspecten van de module

In gesloten vragen is naar de mening over verschillende aspecten van de module gevraagd (zie Figuur 13).



**Figuur 13:** Enquête resultaat: Mening over verschillende aspecten van de module

Op alle aspecten scoort de module volgens de leerlingen voldoende. De inhoudelijke uitleg van fotoakoestiek wordt door de leerlingen goed gewaardeerd. De leerlingen hebben het gevoel dat hun kennis is vermeerderd en dat ze snappen hoe fotoakoestiek werkt. Opvallend is dat de hoogste score door het meisje zonder natuurkunde wordt gegeven. De *Alleen natuurkunde* groep scoort op dit punt het laagst. Dit kan komen doordat de lessen aan deze groep anders zijn gegeven of omdat hun voorkennis verschilde met dat van de andere leerlingen. Een leerling van deze groep gaf in het interview het volgende aan: *“Hier krijg je uitleg en daarna ga je aan het werk. Normaal gesproken is het van “ga maar aan het werk” en is er geen uitleg. Maar het is best wel moeilijk dus dan lukt het niet en ook als het wordt uitgelegd snap ik het eigenlijk nog niet?”*. De uiteenzetting van wetenschappelijk onderzoek gaven de leerlingen het laagste cijfer, dit punt verdient nog extra aandacht. De demonstratie is positief ontvangen, maar kan nog interessanter worden gemaakt. De *Alleen natuurkunde* groep scoort op dit punt hoger dan de rest. Dit kan komen doordat Renske de demo anders heeft geïntroduceerd dan ik.

### *Welke onderwerpen geleerd tijdens de lessenserie*

Voor de module hebben we verschillende eindtermen gesteld waaraan de leerlingen moeten voldoen. De leerlingen hebben tijdens de eindmeting aangegeven wat ze van de lessen fotoakoestiek hebben geleerd. Ik heb bepaald hoeveel procent van de leerlingen een bepaalde eindterm benoemde in hun enquête, zie Tabel 4.

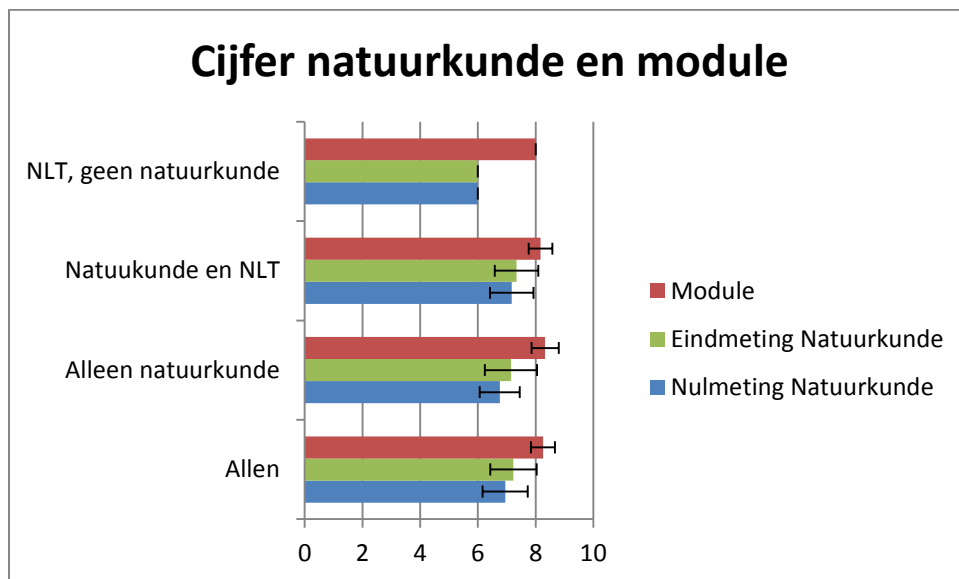
**Tabel 4:** Percentage leerlingen eindterm aangegeven in enquête

| % leerling                       | Allen | Alleen natuurkunde | Natuurkunde en NLT | NLT, geen natuurkunde |
|----------------------------------|-------|--------------------|--------------------|-----------------------|
| Beeldvormende technieken         | 23    | 43                 | 0                  | 0                     |
| Wetenschappelijk onderzoek       | 31    | 29                 | 17                 | 100                   |
| Fotoakoestische effect           | 70    | 86                 | 50                 | 0                     |
| Gebruik bij borstkankerdetectie: | 38    | 57                 | 17                 | 0                     |

Uit het resultaat blijkt dat de leerlingen gemiddelde het meeste het fotoakoestisch effect aangeven als geleerde stof. Vooral bij de *Natuurkunde en NLT* groep worden de andere onderdelen minder genoemd. Conventionele beeldvormende technieken zijn niet genoemd bij deze groep, bij de *Alleen natuurkunde* groep wel. Dit kan komen doordat de lessen voor de module bij de *Alleen natuurkunde* groep over beeldvormende technieken ging. Wetenschappelijk onderzoek is een onderwerp dat bij de NLT lessen vaker wordt besproken dan tijdens de natuurkunde lessen. Hiermee valt te verklaren dat dit onderwerp meer wordt besproken door de *Alleen natuurkunde* leerlingen dan door de *NLT* leerlingen.

### Cijfer voor natuurkunde

Ten slotte is aan de leerlingen gevraagd om een cijfer (1-10) voor het vak natuurkunde en de module te geven (zie Figuur 14).



**Figuur 14:** Enquête resultaat: Cijfer natuurkunde en module

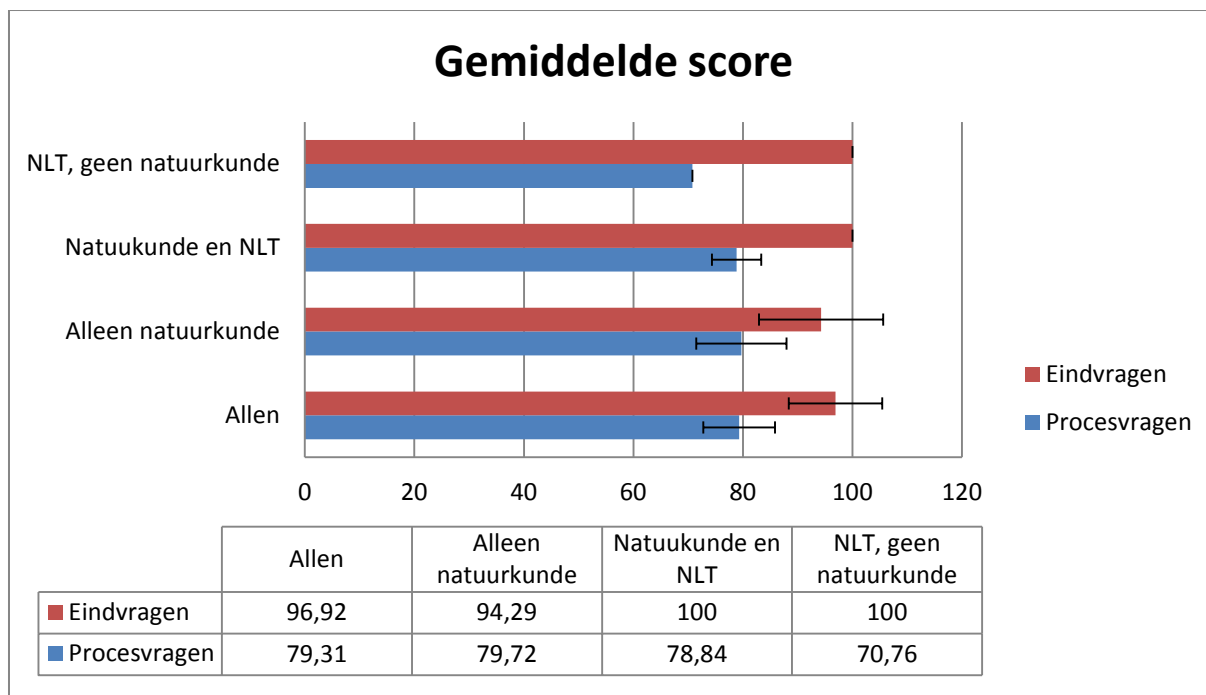
Gemiddeld hebben de leerlingen natuurkunde hoger gewaardeerd na het geven van de lessenserie dan ervoor. Bij de *Alleen natuurkunde* groep zien we het grootste verschil. In de motivatie die deze groep voor het cijfer van de eindmeting geeft geven twee leerling aan dat ze het cijfer hebben gegeven om de docent te motiveren: “kom op!” cijfer. Wanneer wordt gevraagd aan de leerling wanneer ze natuurkunde leuk vinden geven ze aan dat dit sterk afhankelijk is van de onderwerp/context keuze. Ze vinden dat op dit punt hun reguliere natuurkunde lessen nog verbeterd kan worden. Alle leerlingen hebben de module hoger gewaardeerd dan hun natuurkundelessen. De leerlingen hebben hier verschillende motivaties voor gegeven, samengevat zijn deze:

- De module is ook zonder dat je natuurkunde hebt goed te maken
- De gebruikte formules waren niet te moeilijk
- Het niveau was vergelijkbaar met dat van de normale natuurkunde lessen (*NLT* groep)
- Er was een duidelijk overlapping tussen biologie en natuurkunde
- Het onderwerp was erg interessant en de leerlingen hadden nog niet eerder van de techniek gehoord, hierdoor kregen ze het gevoel hebt dat ze iets nieuws leerden
- Er was meer tijd voor uitleg doordat de klas kleiner was dan tijdens de reguliere natuurkunde lessen (*Alleen natuurkunde* groep)
- De les was anders omdat er nu gebruik gemaakt van een context, waardoor het concreter en makkelijker te begrijpen was (*Alleen natuurkunde* groep)
- De vragen waren soms onduidelijk (*Alleen natuurkunde* groep)
- Opgaven waren wel moeilijk (*NLT* groep)
- Opgaven waren soms erg simpel (*Alleen natuurkunde* groep)



## Beoordeling vragen

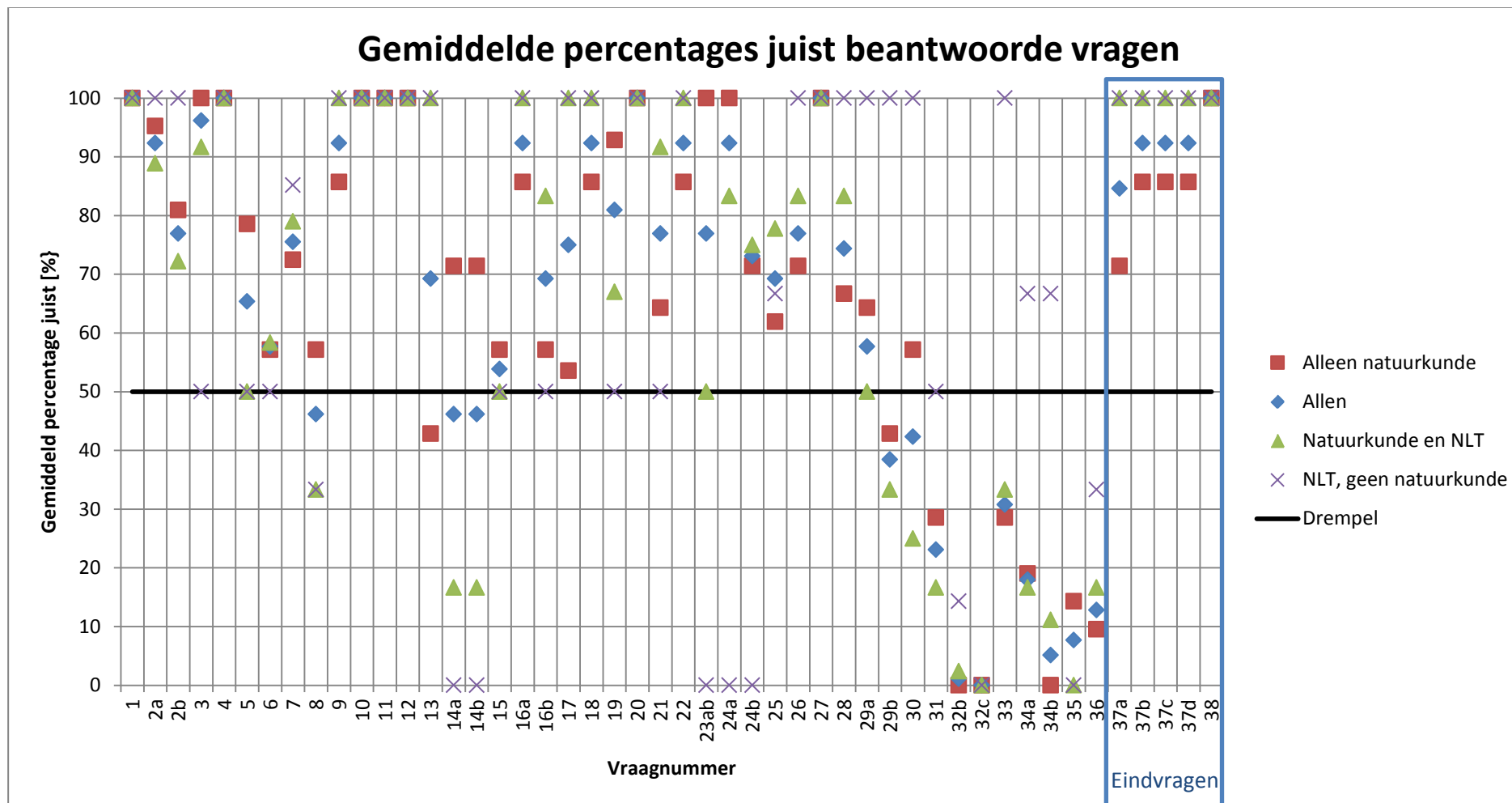
Voor alle vragen uit de module heb ik bepaald welke score de leerlingen hebben gehaald. De vragen zijn opgedeeld in vragen die tijdens het geven van de module zijn gesteld: procesvragen en die aan het eind van de module zijn gesteld: eindvragen. De gemiddelde scores van de leerlingen is bepaald (zie Figuur 15).



**Figuur 15:** Gemiddelde score vraagstukken uit module

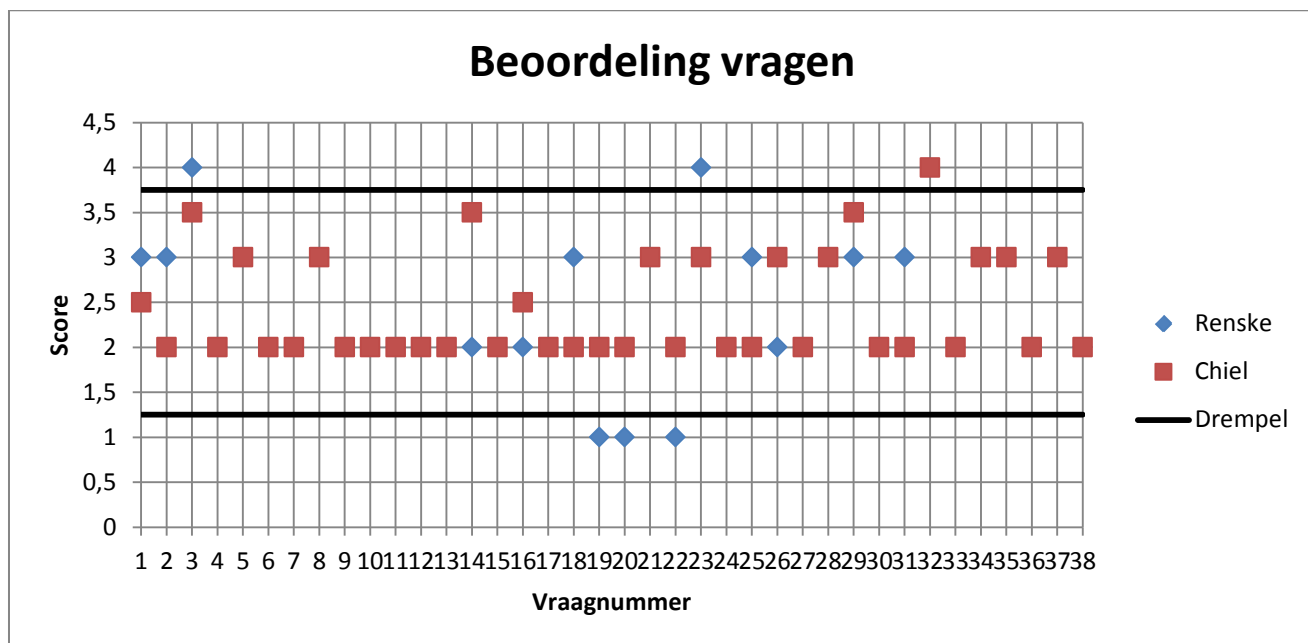
Gemiddeld hebben de leerlingen 97 procent van de eindvragen juist beantwoord een groot deel van alle leerlingen heeft aan de gestelde eindtermen voldaan. Tijdens het leerproces hebben de leerlingen gemiddeld een score van 79 procent gehaald. Het meisje zonder natuurkunde heeft tijdens het leerproces het laagst gescoord, maar heeft haar eindvragen wel goed gemaakt.

Voor de vragen hebben ik gesteld dat de score minstens 50 % moet zijn. Wanneer de vragen onder deze drempelwaarde komen verdienen ze extra aandacht (zie Figuur 16). Uit de antwoorden van de leerlingen blijkt dat dit de volgende vragen zijn: 8, 13, 14a, 14b, 23ab, 24a, 24,b, 29a, 29b, 30,31, 32b, 32c, 33, 34a, 34b, 35, 36. Hierbij moet worden opgemerkt dat door tijdgebrek de vragen 29b – 36 door een groot aantal leerlingen niet is gemaakt. Op de vraagstukken 24a tot 36 wordt gemiddeld lager gescoord dan op de overige opdrachten. Dit zijn de opdrachten waarbij meer natuurkunde kennis en vaardigheden nodig zijn en waarbij verschillende zaken moeten worden berekend.



**Figuur 16:** Gemiddelde percentages juist beantwoorde vragen

Aan de hand van de antwoorden die de leerlingen hebben gegeven op de verschillende vragen hebben Renske en ik afzonderlijk bepaald of een vraag: te moeilijk, moeilijk, makkelijk of te makkelijk is. Vragen verdienen de eerste aandacht als ze te moeilijk of te makkelijk zijn (Figuur 17).



**Figuur 17:** Beoordeling vragen, (1) Te makkelijk, (2) Makkelijk, (3) Moeilijk, (4) Te moeilijk

De vragen die beneden of boven de drempelwaarde vallen en extra aandacht verdienen zijn vraag: 3, 19, 20, 22, 23 en 32.

## 5. Conclusie

In het kader van Onderzoek van Onderwijs heb ik samen met Renske Koning een nieuwe lesmethode opgesteld voor het vak Natuurkunde. De eisen voor de nieuwe module volgden uit de aanbevelingen die zijn gesteld door de commissie NiNa. De module heeft als doel dat de samenhang tussen natuurwetenschappelijke vakken wordt versterkt en dat er een beeld wordt gegeven van natuurkunde in onderzoek. Als domein waarbinnen de nieuwe methode kan worden geplaatst hebben wij medische beeldvorming gekozen. Wij hebben voor dit domein een nieuwe context gevonden en uitgewerkt. Wij denken dat deze voordelen heeft ten opzicht van de conventionele contexten die bij de uitleg van medische beeldvorming worden gebruikt. Als context hebben wij fotoakoestiek gebruikt. Dit onderwerp kan goed uitgelegd worden als een combinatie van de al aanwezige natuurkunde kennis over: geluid en licht en heeft minder nieuwe theoretische kennis nodig dan MRI en CT. Het onderwerp laat zien dat met een relatief eenvoudige combinatie van natuurkundige principes interessante onderzoeken kunnen worden gedaan en het biedt veel mogelijkheden om de natuurwetenschappen te combineren. Aangezien de techniek nog in een vroeg stadium van onderzoek staat kan een beeld worden gegeven over natuurkundig onderzoek.

In mijn onderzoek heb ik de volgende vraag proberen te beantwoorden: *Kan het principe van fotoakoestiek als context gebruikt worden om kennis vermeerdering bij leerlingen te verkrijgen binnen het subdomein B2: Medische Beeldvorming?* Hierbij heb ik de volgende doelstellingen gesteld: (1) Verbeterd inzicht bij de leerlingen verkrijgen in het feit dat je door een combinatie van (natuurkundige) concepten een geheel nieuwe techniek kan ontwikkelen, (2) Verbeterd beeld bij de leerlingen verkrijgen over de samenhang tussen verschillende (bèta) disciplines, (3) Verbeterd inzicht bij de leerlingen verkrijgen over ontwikkelingen waarbij gebruik wordt gemaakt van de natuurkunde.

Voor de module hebben wij verschillende eindtermen gesteld, die de leerlingen moeten halen: Kennis over (conventionele) beeldvormende technieken, kennis over hoe wetenschappelijk onderzoek wordt verricht, theoretische kennis over het fotoakoestisch effect en gebruik van het fotoakoestisch effect bij borstkankerdetectie. De module die we ontwikkeld hebben behandelt deze stof in zes hoofdstukken, bevat een demo en 38 opgaven. De ontwikkelde lessenserie omvat vier lessen.

Om een antwoord te krijgen op de onderzoeksvraag hebben we de module getest op twee groepen leerling van 5 vwo: een groep natuurkunde leerlingen en een groep NLT leerlingen. Van de NLT leerlingen had één meisje geen natuurkunde in haar profiel. Voor het evalueren van de leerlingen hebben we verschillende evaluatiematerialen gebruikt. We hebben enquêtes voor en na de lessenserie afgelegd, hiernaast hebben we de leerlingen ook geïnterviewd. De uit de module gemaakte vraagstukken hebben de leerlingen aan het eind van de lessenserie ingeleverd.

Uit de resultaten van de evaluatie komen verschillende zaken naar voren. Door de kleine omvang van de geteste groepen is bij geen van de metingen een significant verschil aangetoond. De resultaten kunnen wel worden gebruikt als voorspeller. Verder onderzoek met grotere onderzoeksgroepen zal kunnen aantonen of we significante verschillen kunnen meten. Met onze context wilden we de brede toepasbaarheid en daarmee het nut van natuurkunde illustreren. Na de lessenserie beoordeelden de leerlingen het nut van natuurkunde positiever. Leerlingen die NLT hebben geven voor de lessenserie het nut al een hoger cijfer aangezien zij al meerder multidisciplinaire

onderwerpen hebben gezien. Het belang van natuurkunde hangt hiermee samen en ook hier zagen we dat de leerling na de lessenserie een hogere score geven. Wel was deze vraag sterk gekoppeld aan het feit of leerlingen natuurkunde later in hun werk gaan gebruiken. Het beeld over de samenhang tussen natuurkunde en andere vakken en daarmee de beoordeling van natuurkunde in de toekomstige baan van de leerlingen, was versterkt. Uit de resultaten bleek dat de nieuwsgierigheid van de leerlingen was verhoogd.

De leerlingen hebben de module op verschillende aspecten beoordeeld. Hieruit hebben wij geconcludeerd dat de demonstratie en de hoofdstukken over onderzoek in de toekomst de eerste aandacht verdienen. Opvallend was dat een meisje zonder natuurkunde een hoger dan gemiddelde score gaf aan de vragen: *Ik snap hoe fotoakoestiek werkt* en *Ik heb veel geleerd van de lessen fotoakoestiek*. Als gemiddelde cijfer hebben de leerlingen voor de lessenserie natuurkunde een  $6,9 \pm 0,8$  gegeven en na de lessenserie een  $7,2 \pm 0,8$ . De lessenserie gaven ze een  $8,3 \pm 0,4$ . De leerlingen hebben verschillende redenen genoemd waarom ze de lessenserie een hoger cijfer hebben gegeven dan hun regulier natuurkundelessen, zoals: duidelijke overlapping tussen biologie en natuurkunde en andere invulling van de les door context gebruikt. Door deze eigenschappen was de les concreter en makkelijker te begrijpen volgens de leerlingen.

De antwoorden die de leerlingen hebben gegeven op de vragen uit de module hebben we gebruikt om te testen of de kennis van de leerlingen met betrekking tot de door ons gestelde eindtermen was verhoogd. De gemiddelde eindscore was  $97 \pm 9 \%$  en dit ligt boven minimale waarde van  $50 \%$  die we hadden gesteld. Hiernaast hebben we ook per vraag gekeken of de drempelwaarde van  $50 \%$  werd gehaald. We hebben vragen gevonden die door de leerlingen niet goed waren te beantwoorden en die moeten worden aangepast. Aan de hand van de antwoorden op de vragen hebben we ook bepaald of het niveau van de vragen voldoende was, hiermee hebben van enkele vragen bepaald dat deze extra aandacht verdienen.

Concluderend hebben we een context gevonden die gebruikt kan worden om kennisvermeerdering binnen het domein B2 te verkrijgen bij vwo leerlingen.

## 6. Discussie

In de conclusie heb ik geconcludeerd dat we met fotoakoestiek een context hebben gevonden die gebruikt kan worden om kennisvermeerdering binnen het domein B2 te verkrijgen bij vwo leerlingen. Echter zijn er nog enkele punten die in acht moeten worden genomen.

### *Proefpersonen*

De module hebben we getest op 13 proefpersonen. Dit aantal was weinig en we konden geen significante verschillen tussen de metingen aan het begin en aan het eind van de lessenserie vinden. De proefpersonen bestonden uit een heterogene groep leerlingen. De leerlingen hadden allen scheikunde, maar ze volgden niet allemaal natuurkunde of NLT. Het was interessant om de verschillen tussen deze groepen leerlingen te onderzoeken, echter leverde dit ook veel variabelen in ons onderzoek op. Wij konden in ons onderzoek niet onderzoeken of er een verschil in score van de leerlingen bij onze module is als de leerlingen wel of geen scheikunde hebben. In ons onderzoek hebben we geen gebruik gemaakt van een controlegroep waarbij medische beeldvorming wordt uitgelegd volgens reguliere lessen en met de regulier methode.

### *Docenten*

De module is door ons zelf gegeven op de scholen waar wij in de dagelijkse praktijk ook lesgeven. Renske heeft de lessenserie getest op een klas waarbij ze de reguliere natuurkunde lessen ook verzorgd. Ik geef geen NLT, maar heb de module gegeven aan een groep NLT leerlingen. Bij Renske was de voorkennis van de leerlingen wel bekend en bij mij niet. Hiernaast was aan de groep van Renske voor de lessenserie medische beeldvorming uitgelegd en aan mijn groep niet. Hierdoor was de voorkennis van de twee groepen verschillend. Vooraf aan het geven van de lessenserie hadden we bepaald welke onderwerpen we per les zouden behandelen. Uit de analyse van de lessen is gebleken dat we de lessen niet op dezelfde manier hebben ingevuld. Wij waren beide docenten die zelf kennis in het vakgebied van de module hebben. Dit heeft als effect gehad dat wij aan de leerlingen veel informatie naast de module konden geven. Dit heeft geleid tot lessen die van elkaar verschilden.

### *Lessenserie*

Voor de lessenserie hadden we gesteld dat hij 4 uren mocht omvatten. Het bleek echter dat de module te veel opgaven bevatte om ze af te krijgen binnen deze uren. In enkele lessen was tijd over en in andere lessen hadden we tijd te kort.

### *Module*

We hebben de vraagstukken van de module geëvalueerd en hieruit bleek dat nog enkele vragen onduidelijk, te makkelijk of te moeilijk waren. De beschrijving van de studiebelasting, illustratieverantwoording en beschrijving van de demonstratie ontbraken in de versie van de module die aan de leerlingen is gegeven.

### *Evaluatiematerialen*

De gebruikte evaluatiematerialen waren duidelijk en waren een goed gereedschap om de leereffecten te testen. De eindvragen in de module waren door de leerlingen erg goed gemaakt. Waarschijnlijk was het niveau van deze opdrachten te laag en moeten de opdrachten meer de diepte in gaan.

## 7. Aanbevelingen

Uit de discussie volgen punten voor verder onderzoek. Hiernaast zijn er nog extra zaken die kunnen worden verricht.

### *Proefpersonen*

Bij een vervolg onderzoek is het aan te raden om het aantal proefpersonen te vergroten. Hierbij zal de groep leerlingen in eerste instantie een vergelijkbaar vakkenpakket moeten hebben. In een later stadium kan de module op een heterogene groep leerling worden getest zodat kan worden gekeken wat de effect zijn als de leerlingen de vakken: scheikunde, biologie, natuurkunde en NLT wel of niet hebben. Uit dit onderzoek kan geconcludeerd worden voor welke groep leerlingen de module op dit moment geschikt is. De voorkennis van de leerlingen zal vergelijkbaar moeten zijn. De lessenserie zal moeten worden gegeven voordat bij de leerlingen in hun natuurkundelessen medische beeldvorming is behandeld. Er wordt aangeraden om een controle groep te gebruiken waarbij medische beeldvorming wordt gegeven in reguliere lessen.

### *Docenten*

De lessen zullen op dezelfde manier moeten worden ingevuld. Aan te raden is om een docentenhandleiding te schrijven die aangeeft wat en met welke methode de stof in de les moet worden uitleggen. De tijdsverdeling binnen de lessen zal moeten worden aangepast zodat de leerlingen alle opgaven kunnen maken. Interessant is het om de module te laten geven door docenten die geen ervaring hebben in het veld van medische beeldvorming.

### *Module*

Enkele vraagstukken moeten worden verbeterd op moeilijkheidsgraad en/of op duidelijkheid. Nadat de module is gegeven aan de leerlingen zijn de vraagstukken en zijn beschrijving van de studiebelasting, illustratieverantwoording en beschrijving van de demonstratie toegevoegd.

### *Evaluatiematerialen*

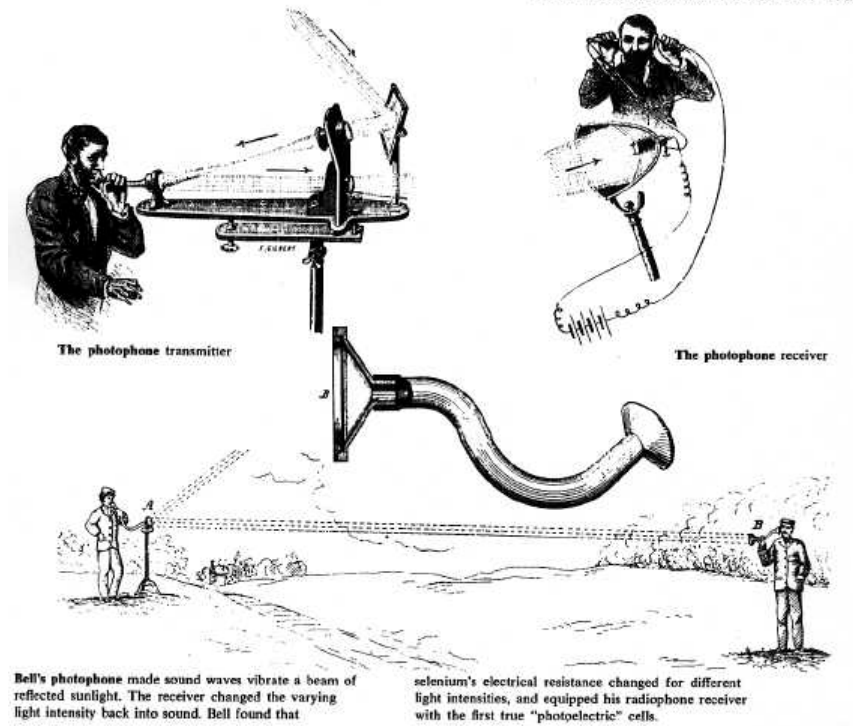
De moeilijkheidsgraad van de eindopdrachten moet worden verhoogd.

### *Onderbouw havo/vwo*

De context fotoakoestiek kan ook in de onderbouw gebruikt worden. Dit zou kunnen worden gebruikt bij het onderwerp optica. Een voorbeeld is te vinden in bijlage I.

### *Demo/ experiment*

Wij hebben in onze module een demo verwerkt die gebruikt kan worden bij de lessenserie. In de toekomst kan deze demo worden uitgebreid of kan worden gedacht aan een leerling practicum. De demo kan worden uitgebreid door met behulp van een microfoon het frequentiespectrum te bepalen. Verschillende appelmoespotten geven waarschijnlijk een ander spectrum. We zouden ook een potje kunnen nemen met verschillende soorten materialen hierin. Deze materialen beschijn je hierna met laserlicht en je meet met een microfoon het ontstane geluidssignaal. De materialen kun je laten variëren op verschillende eigenschappen zoals: kleur, vorm, ruwheid en je kijkt naar het verschil in geluidssignaal. Een voorbeeld voor een opdracht dat door leerlingen kan worden uitgevoerd is het onderzoeken van de zogenaamde Bell photophone (zie Figuur 18). Bell gebruikte het fotoakoestisch effect om een telefoon te ontwikkelen.



Figuur 18: Bell photophone (Guillemin, 1882)



## 4. Procesevaluatie

De opdracht hebben Renske en ik met zijn tweeën uitgevoerd en zoals ik in het voorwoord vertelde hadden we het niveau van het eindproduct niet gehaald als we de module individueel hadden geschreven. Ik had tijdens mijn afstudeeropdracht veel onderzoek gedaan naar fotoakoestiek en Renske was voor ons OvO bezig met het geven van de NiNa-module: Medische beeldvorming. Vanuit deze achtergrond kwamen we samen tot het ontwerp van de nieuwe module over fotoakoestiek en aan welke eindtermen deze module zal moeten voldoen.

Bij het ontwerpproces bleek het lastig om te bepalen welke onderwerpen wij in onze module wouden laten terugkomen. In eerste instantie kwam dit doordat wij de leerdoelen en eindtermen nog niet scherp hadden. Het bedenken hiervan kostte ons meer tijd dan verwacht. Het IDI-model heeft ons een structuur geboden waarmee wij aan de slag konden. Door het model gingen wij eerst nadenken over het eigenlijke probleem en de omgeving waarin deze plaatsvindt. Vanuit de literatuur kregen wij verschillende aanknopingspunten. Bij het vaststellen van de doelstelling was het lastig te bepalen waar de zwaartepunten moesten liggen. Wij hebben hierna drie doelstellingen bedacht die met een vergelijkbaar gewicht in de module moesten terugkomen. Toen we de eindtermen voor de module hadden bedacht hadden we snel verdeeld welke onderdelen Renske en welke delen ik zou uitwerken. Hierdoor konden we ons afzonderlijk in de onderdelen inlezen en zijn volgens ons de onderdelen verder verdiept dan wanneer deze individueel waren ingevuld. Bij het samenvoegen van de onderdelen waren we het niet over alle zaken eens en hebben we elkaars werk verbeterd en aangevuld. Hierdoor hebben we een module gekregen die volledig door ons beide is gecontroleerd en waar we beide achterstaan.

Ook bij het onderzoeksdeel van onze opdracht kwam het voordeel van het uitvoeren van een opdracht met zijn tweeën naar voren. We konden de module testen op twee verschillende groepen, waardoor we meer data hebben verzameld. Ook konden we ons bij het onderzoek op twee verschillende aspecten richten, zodat de data optimaal geanalyseerd kon worden. Door dat je met twee personen aan één opdracht werkt, moet je, je ook houden aan elkaars deadlines. Dit zorgt ervoor dat het tempo er beter in blijft dan wanneer je de opdracht alleen maakt. Bij het opstellen van de evaluatiemethoden hebben we goed nagedacht, over de vraag wanneer wij een bepaalde onderzoeksmethoden bij leerlingen wouden afnemen. We wilden data van voor, tijdens en na het leerproces. Door de combinatie van enquêtes, interviews en reproductieve, inzichtelijke- en toepassings- vragen hebben we een groot deel van het leerproces van de leerlingen in kaart kunnen brengen. Doordat er een duidelijke structuur in de data was aangebracht kon de evaluatie optimaal plaatsvinden.

Als conclusie wil ik geven dat in ons geval de samenwerking bij het OvO erg vruchtbaar was en dat ik de meerwaarde zie van deze samenwerking.

## Lijst met afkortingen

|      |                                               |
|------|-----------------------------------------------|
| BMPI | Biomedical Photonic Imaging                   |
| BMT  | Biomedische technologie                       |
| CoCo | Concept context                               |
| MST  | Medisch Spectrum Twente                       |
| NiNa | Nieuwe Natuurkunde                            |
| NLT  | Natuur Leven Technologie                      |
| OvO  | Onderzoek van onderwijs                       |
| PAM  | Twente Photoacoustic Mammoscope               |
| RIVM | Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu |
| SEC  | Science Education and Communication           |

## Bronnenlijst

- Baalen, H. v., & Eekelen, G. v. (2006). *Systematische Natuurkunde*. Amersfoort: Thiememeulenhoff Bv.
- Bennett J, H. S., Lubben F. (2003). A systematic review of the effects of context-based and Science-Technology-Society (STS) approaches in the teaching of secondary science: Review summary. *University of York, UK*.
- Biezeveld, H., & Mathot, L. (2007). *Stevin* Hoorn.
- Bruning, L. (2010). CoCo in de tweede fase - Wisselwerking tussen concepten en contexten.
- Commissie-Vernieuwing-Natuurkundeonderwijs-havo/vwo. (2010). Nieuwe Natuurkunde, advies-programma's voor havo en vwo.
- CEVO (2008). Werkversie Examenprogramma's natuurkunde havo en vwo. *Vernieuwing Natuurkunde onderwijs havo/vwo*.
- Euler, M. (2000). Hearing light. *The Physics Teacher*, 38.
- Guillemin, A. (1882). El mundo físico: gravedad, gravitación, luz, calor, electricidad, magnetismo, etc. Barcelona Montaner y Simon
- Heijblom, M., Piras, D, Manohar, S.G (2010). Visualisation of breast cancer with the first generation photoacoustic mammoscope (PAM 1) (Medische Spectrum Twente, Version 2 22 February 2010).
- Jose, J., Manohar, S., Kolkman, R. G. M., Steenbergen, W., & van Leeuwen, T. G. (2009). Imaging of tumor vasculature using Twente photoacoustic systems. *Journal of Biophotonics*, 2(12), 701-717. doi: 10.1002/jbio.200910025
- Meng-Lin, OH, Jung-Taek, XIE, X., . . . V., L. (2008). *Simultaneous Molecular and Hypoxia Imaging of Brain Tumors In Vivo Using Spectroscopic Photoacoustic Tomography : This noninvasive imaging technology, with high resolution and strong contrast, promises to open better understanding of the development of brain tumors and their treatment*. New York, NY, ETATS-UNIS: Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- Lindner, B. (2009). Medische Beeldvorming S. natuurkunde.nl (Ed.)
- Manohar, S. (2010). Sheets Biomedical optics 2009-2010. Enschede: University of Twente.
- Manohar, S., & et al. (2005). The Twente Photoacoustic Mammoscope: system overview and performance. *Physics in Medicine and Biology*, 50(11), 2543.
- Manohar S, K. A., Van Hespén J C G, Steenbergen W, & G, V. L. T. (2004). Photoacoustic mammography laboratory prototype: studies on breast tissue phantoms. *J. Biomed. Opt.*, 9(6), 1172.
- NLT, L. C. (2012). NLT, 2012, from <http://betavak-nlt.nl/>
- Plomp, T., Feteris, A., Pieters J.M. en Tomic W. (1992). *Ontwerpen van onderwijs en trainingen*. Utrecht: Uitgeverij Lemma B.V.
- Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap (2012). Rectificatie Examenprogramma natuurkunde vwo van 28 april 2012. *Staatscourant*, 11699.
- RIVM. (2010). Feiten en cijfers bevolkingsonderzoek borstkanker Retrieved August 2011
- UT (2012). Structuur van de opleiding - BMT. Verkregen via: <http://www.utwente.nl/>
- Valcke, M. (2010). *Onderwijskunde als ontwerpwetenschap*. Gent: Academia Press.
- Van Oers, B. (1998). From context to contextualizing. *Learning and Instruction*, 8(6), 473-488. doi: 10.1016/s0959-4752(98)00031-0
- Xu, M., & Wang, L. V. (2006). Photoacoustic imaging in biomedicine. *Review of Scientific Instruments*, 77(4), 041101-041101-041122.

## Bijlagen

### Bijlage A - planning

Tabel 5: Planning

| Weeknummer | Onderzoekspunten                                                                                                                                                         |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Week 9-11  | eerste opzet (onderzoeksvraag)                                                                                                                                           |
| Week 12-14 | Inlezen: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Module medische beeldvorming</li> <li>▪ Theorie ontwerp lessenserie</li> <li>▪ Vakinhoudelijk Fotoakoestiek</li> </ul> |
| Week 15-20 | ontwerpen <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Leerdoelen</li> <li>▪ Inhoud</li> <li>▪ Evaluatie</li> </ul>                                                          |
| Week 16    | Leerdoelen + Opzet Lessenserie en Evaluatie                                                                                                                              |
| Week 17    | Lessen + Module + Opgave + Demo                                                                                                                                          |
| Week 18    | Concept Lessenserie en Evaluatie                                                                                                                                         |
| Week 21-23 | realisatie <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ geven van drietal lessen (inclusief demo)</li> </ul>                                                                 |
| Week 23    | evaluatie leerlingen (enquête/interview)                                                                                                                                 |
| Week 25    | toetsing leerlingen (onderdeel proefwerk)                                                                                                                                |
| Week 28 +  | verslaglegging                                                                                                                                                           |

## Bijlage B - Lesformulieren

**Chiel**

### **Les 1:**

Het leerdoel van les 1 is:

*De leerling moet kunnen beschrijven wat borstkanker is en met welke technieken we het kunnen onderzoeken. De leerlingen moet de voor- en nadelen van de huidige beeldvormende technieken kunnen noemen.*

De opbouw van de les is te vinden in onderstaande tabel.

**Tabel 6:** Opbouw les 1

| <b>Tijd</b> | <b>Leerstof</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>Werkvorm</b>          | <b>Activiteit docent</b> | <b>Activiteit leerling</b>         |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 10 min      | Enquête                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Enquête invullen         | Passief                  | Vult enquête individueel in        |
| 2 min       | Introductie over mezelf en over OVO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                          | Praat                    | Luistert                           |
| 7 min       | Theorie over borstkanker: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cijfers</li> <li>▪ Borst anatomie</li> <li>▪ Ziekte beeld</li> </ul><br>Discussie met leerlingen: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Waardoor ontstaat borstkanker?</li> <li>▪ Hoe wordt borstkanker bij vrouwen gemerkt?</li> <li>▪ Waarom is het belangrijk dat we de kanker vroegtijdig opsporen?</li> <li>▪ Hoe kunnen we borstkanker behandelen?</li> </ul><br>Filmpje ontwikkeling borstkanker | Instructie/ OLG, filmpje | Praat/ vraagt            | Luister en beantwoord vragen       |
| 5 min       | Korte introductie in technieken die op dit moment wordt gebruikt voor borstkanker detectie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Instructie               | Praat                    | Luistert                           |
| 20 min      | Medische beeldvorming:           Technieken: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zelf werken aan opgave 1 t/m 8</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Opgaven maken            | Helpt en loopt rond      | Maakt opgaven en overlegt met mede |

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                    |     |        | leerlingen        |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|--------|-------------------|
| 5 min | Reflectie: <ul style="list-style-type: none"> <li>Welke technieken vinden jullie het beste om borstkanker te detecteren?</li> <li>Waarom gebruiken we meerdere technieken om borstkanker op te sporen?</li> <li>Zijn de huidige technieken al afdoende?</li> </ul> | OLG | Vraagt | Beantwoord vragen |

## Les 2:

Het leerdoel van les 2 is:

*Leerlingen moeten kunnen beschrijven wat wetenschappelijk onderzoek is en hoe het kan worden uitgevoerd.*

De opbouw van deze les is te vinden in onderstaande tabel.

**Tabel 7:** Opbouw les 2

| Tijd   | Leerstof                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Werkvorm | Activiteit docent | Activiteit leerling      |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------------|--------------------------|
| 10 min | Bespreking conventionele technieken (Tabel 7 module): <ul style="list-style-type: none"> <li>Voor en nadelen detectiemethoden borstkanker</li> <li>Belang nieuwe methode</li> </ul>                                                                                                                            | OLG      | Praat/<br>Vraagt  | Beantwoord, stelt vragen |
| 5 min  | Behandeling artikel nu.nl over borstkanker (opdracht 9 module): <ul style="list-style-type: none"> <li>Waarom zou de techniek in het artikel onschadelijk voor de gezondheid zijn?,</li> <li>Wat zijn waarschijnlijk voordelen van de nieuwe techniek</li> </ul>                                               | OLG      | Praat/<br>Vraagt  | Beantwoord, stelt vragen |
| 10 min | Hoe wordt een nieuwe techniek bedacht/ wat is wetenschappelijk onderzoek. <ul style="list-style-type: none"> <li>Verschillende afbeeldingen wanneer je op google zoekt naar onderzoek               <ul style="list-style-type: none"> <li>Wat laten de verschillende afbeeldingen over</li> </ul> </li> </ul> | OLG      | Praat/<br>Vraagt  | Beantwoord, stelt vragen |

wetenschappelijk  
onderzoek zien?  
(vrouw achter  
microscop, mannen  
die formules op bord  
schrijven, kind dat  
leest, kikker waarmee  
de spieren worden  
bewogen door  
elektrische stroompjes  
te leveren)

- Koppeling naar verschillende  
stappen in wetenschappelijk  
onderzoek:
  - o Observatie
  - o Inductie
  - o Deductie
  - o Toetsing
  - o Evaluatie
  - o Waarom is het schema  
in een cirkel?

|        |                                                                                            |               |                        |                                                           |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 22 min | Eigen wetenschappelijk onderzoek<br>opstellen aan de hand van schema<br>(opdracht 10 – 15) | Opgaven maken | Helpt en<br>loopt rond | Maakt<br>opgaven en<br>overlegt met<br>mede<br>leerlingen |
| 3 min  | Groepjes leggen aan elkaar hun eigen<br>onderzoek uit                                      | Discussie     | Stelt vragen           | Discussieert,<br>stelt vragen,<br>beantwoord              |

**Les 3:**

Het leerdoel van de les is:

*Leerlingen kan uitleggen wat het fotoakoestisch effect is.*

**Tabel 8:** Lesopbouw les 3

| <b>Tijd</b> | <b>Leerstof</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Werkvorm</b> | <b>Activiteit docent</b> | <b>Activiteit leerling</b>                    |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------------------------------------|
| 5 min       | Onderzoek vanuit “simpele” waarnemingen:<br>Demo <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hoe zou het geluid geproduceerd kunnen worden?</li> <li>▪ Hoe zouden we dit kunnen gebruiken bij borstkanker onderzoek?</li> </ul>                                                                                                                                         | Demo            | Legt uit en stelt vragen | Voert demo uit en beantwoordt vragen          |
| 15 min      | Onderzoek fotoakoestiek bij BMPI: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Filmpje Borstkanker onderzoek bij BMPI, Summier wordt uitgelegd dat we licht in de borst zenden en geluid meten</li> <li>▪ Eigen ervaring tijdens onderzoek bij BMPI</li> <li>▪ Schema fotoakoestiek, dit zijn de principes in filmpje genoemd we gaan deze verder onderzoeken</li> </ul> | OLG, filmpje    | Praat, vraagt            | Luistert, stelt vragen                        |
| 25 min      | Maken opgaven over de werking van fotoakoestisch principe (opdrachten 16 – 26)                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Opgaven maken   | Helpt en loopt rond      | Maakt opgaven en overlegt met mede leerlingen |
| 5 min       | Reflectie: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Waarom ontstaat er geluid in het appelmoespotje</li> <li>▪ Hoe zouden we dit kunnen gebruiken bij borstanker onderzoek</li> </ul>                                                                                                                                                                                | OLG             | Praat/ Vraagt            | Beantwoordt, stelt vragen                     |



**Les 4:**

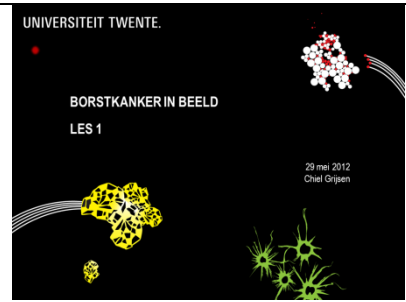
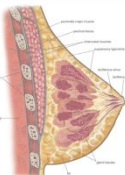
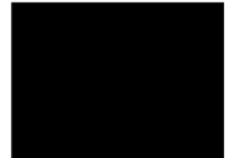
Het leerdoel van de les is:

*Leerlingen kunnen het fotoakoestische effect beschrijven en kunnen uitleggen hoe het effect wordt gebruikt voor borstkankerdetectie.*

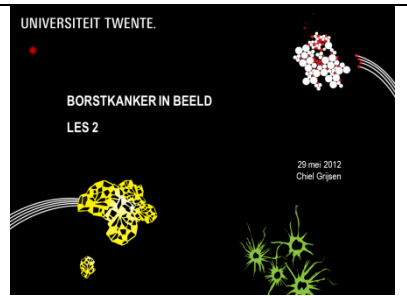
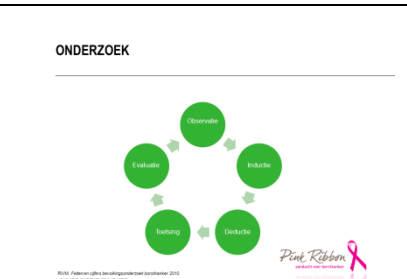
**Tabel 9:** Lesopbouw les 4

| <b>Tijd</b> | <b>Leerstof</b>                                                                                                                                                                                                                                           | <b>Werkvorm</b> | <b>Activiteit docent</b> | <b>Activiteit leerling</b>                    |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------------------------------------|
| 10 min      | Fotoakoestische principe: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bespreking opgave 15 – 26</li> <li>▪ Extra uitleg bij schema fotoakoestiek</li> <li>▪ Hoe zouden we FA principe kunnen gebruiken bij de detectie van borstkanker?</li> </ul>           | OLG             | Praat, stelt vragen      | Luistert, beantwoordt vragen                  |
| 10 min      | Tumor detectie met fotoakoestiek: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Absorptie van licht</li> <li>▪ Temperatuur verhoging, uitzetting weefsel, druk opbouw</li> <li>▪ Ultrageluidsgolf</li> <li>▪ Angiogenese</li> <li>▪ Absorptie bloed</li> </ul> | OLG             | Praat, stelt vragen      | Luistert, beantwoordt vragen                  |
| 25 min      | Leerlingen maken opgaven over tumor detectie met fotoakoestiek: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Leerlingen maken opgaven 27- 37</li> <li>▪ Leerlingen maken eindmeting</li> <li>▪ Interviews met leerlingen</li> </ul>                           | Opgaven maken   | Helpt en loopt rond      | Maakt opgaven en overlegt met mede leerlingen |
| 5 min       | Afronding module: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wat vonden jullie van de module?</li> <li>▪ Wat heb je geleerd?</li> </ul>                                                                                                                     | Discussie       | Stelt vragen             | Discussieert, stelt vragen, beantwoordt       |

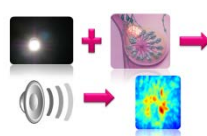
## Presentatie les 1

|                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>UNIVERSITEIT TWENTE.</p> <p><b>BORSTKANKER IN BEELD</b></p> <p>LES 1</p> <p>29 mei 2012<br/>Chad Grijen</p>                                                                                            | <p><b>BORSTKANKER</b><br/>OPSPORING</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Meest voorkomende vorm van borstkanker wereldwijd</li> <li>76.000 vrouwen in Nederland</li> <li>Kans om borstkanker te ontwikkelen: 1/8</li> <li>3.300 vrouwen sterven per jaar door borstkanker</li> <li>Vroegtijdige opsporing resulteert in een verlaging van sterftepercentage tussen: 15-35 %</li> </ul> <p><i>Pink Ribbon</i><br/>with you we win</p> <p><small>Wolke, P. &amp; van der Wal, A. (2011) Borstkanker. Universiteit Twente.</small></p> <p>Borstkanker in beeld: 29-10-2012 2</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <p><b>BORSTKANKER</b></p>  <p><small>Wolke, P. &amp; van der Wal, A. (2011) Borstkanker. Universiteit Twente.</small></p> <p>Borstkanker in beeld: 29-10-2012 3</p> |
| <p><b>BORSTKANKER</b></p>  <p><a href="http://www.youtube.com/watch?v=D2RZuEK4yQ">http://www.youtube.com/watch?v=D2RZuEK4yQ</a></p> <p>UNIVERSITEIT TWENTE.</p> <p>Borstkanker in beeld: 29-10-2012 4</p> | <p><b>BORSTKANKER</b><br/>OPSPORING</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mammografie vrouwen tussen: 50 – 75 jaar</li> <li>1 op de 100 verder onderzoek:</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">    </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <p>Röntgen</p> <p>Echoscopie</p> <p>MRI</p> </div> <p><small>Hospital of San Rafael, San Rafael, CA<br/>Hospital of San Rafael, San Rafael, CA<br/>Hospital of San Rafael, San Rafael, CA<br/>Hospital of San Rafael, San Rafael, CA<br/>Hospital of San Rafael, San Rafael, CA<br/>Hospital of San Rafael, San Rafael, CA<br/>Hospital of San Rafael, San Rafael, CA<br/>Hospital of San Rafael, San Rafael, CA<br/>Hospital of San Rafael, San Rafael, CA<br/>Hospital of San Rafael, San Rafael, CA</small></p> <p>UNIVERSITEIT TWENTE.</p> <p>Borstkanker in beeld: 29-10-2012 5</p> |                                                                                                                                                                                                                                                        |

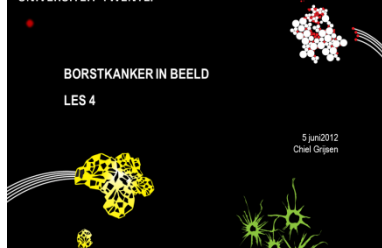
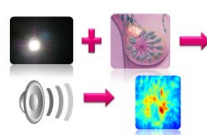
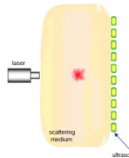
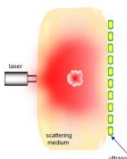
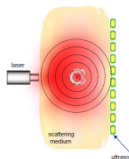
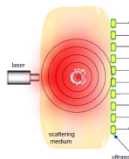
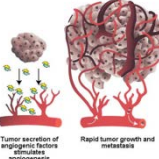
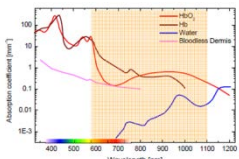
## Presenatie les 2

|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|   |  |  |
|  |                                                                                     |                                                                                      |

## Presentatie les 3

|                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>UNIVERSITEIT TWENTE.</p> <p><b>BORSTKANKER IN BEELD</b><br/>LES 3</p> <p>29 mei 2012<br/>Chiel Grigien</p>  | <p>NU.NL</p> <p><a href="http://www.zie.nl/video/algemeen/Universiteit-ontwikkel-pijpyn-borstkankerzoekim16z6of840">http://www.zie.nl/video/algemeen/Universiteit-ontwikkel-pijpyn-borstkankerzoekim16z6of840</a></p> <p>UNIVERSITEIT TWENTE.</p> <p>Borstkanker in beeld 29-10-2012 2</p> | <p><b>FOTOAKOESTISCHE EFFECT</b></p>  <p>UNIVERSITEIT TWENTE.</p> <p>Borstkanker in beeld 29-10-2012 3</p> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## Presentatie les 4

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>UNIVERSITEIT TWENTE.</p> <p><b>BORSTKANKER IN BEELD</b><br/>LES 4</p> <p>5 jun 2012<br/>Chiel Grigien</p>                                                                                                                                                                                                                                                | <p><b>FOTOAKOESTISCHE EFFECT</b></p>  <p>UNIVERSITEIT TWENTE.</p> <p>Borstkanker in beeld 29-10-2012 2</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <p><b>TUMOR MET FOTOAKOESTIEK</b></p>  <p>Van der Vaart, S. (2012). <i>Photoacoustic imaging of breast tumors</i>. University of Twente, Enschede.</p> <p>UNIVERSITEIT TWENTE. Internally inverse photoacoustic imaging using a clinical ultrasound imaging system 7-10-2012 3</p>                                                                                                                                                                                     |
| <p><b>TUMOR MET FOTOAKOESTIEK</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Absorptie van licht:</li> </ul>  <p>Van der Vaart, S. (2012). <i>Photoacoustic imaging of breast tumors</i>. University of Twente, Enschede.</p> <p>UNIVERSITEIT TWENTE. Internally inverse photoacoustic imaging using a clinical ultrasound imaging system 7-10-2012 4</p> | <p><b>TUMOR MET FOTOAKOESTIEK</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Absorptie van licht:</li> <li>Temperatuur verhoging</li> <li>Uitzetting weefsel</li> <li>Druk opbouw</li> </ul>  <p>Van der Vaart, S. (2012). <i>Photoacoustic imaging of breast tumors</i>. University of Twente, Enschede.</p> <p>UNIVERSITEIT TWENTE. Internally inverse photoacoustic imaging using a clinical ultrasound imaging system 7-10-2012 5</p> | <p><b>TUMOR MET FOTOAKOESTIEK</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Absorptie van licht:</li> <li>Temperatuur verhoging</li> <li>Uitzetting weefsel</li> <li>Druk opbouw</li> <li>Ultrasgeluidsgolf</li> </ul>  <p>Van der Vaart, S. (2012). <i>Photoacoustic imaging of breast tumors</i>. University of Twente, Enschede.</p> <p>UNIVERSITEIT TWENTE. Internally inverse photoacoustic imaging using a clinical ultrasound imaging system 7-10-2012 6</p> |
| <p><b>PHOTOACOUSTIC IMAGING</b></p>  <p>Van der Vaart, S. (2012). <i>Photoacoustic imaging of breast tumors</i>. University of Twente, Enschede.</p> <p>UNIVERSITEIT TWENTE. Internally inverse photoacoustic imaging using a clinical ultrasound imaging system 7-10-2012 7</p>                                                                          | <p><b>TUMOR MET FOTOAKOESTIEK</b></p>  <p>Van der Vaart, S. (2012). <i>Photoacoustic imaging of breast tumors</i>. University of Twente, Enschede.</p> <p>UNIVERSITEIT TWENTE. Internally inverse photoacoustic imaging using a clinical ultrasound imaging system 7-10-2012 8</p>                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

## Renske

### LES 1: Introductie Lessenserie

| Tijd  | Doel                     | Leerstof                                                                                                                                                                      | Werkvorm         | Activiteit docent | Activiteit leerling                |
|-------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------|------------------------------------|
| 2 min | Introductie lessenserie  | Vorig kwartiel – Medische beeldvorming<br>Dit kwartiel – ontwikkelingen hierbinnen<br>Onderzoek voor mijn studie                                                              |                  | Praat             |                                    |
| 10min | Data verzamelen          | Enquête<br>Mening over natuurkunde – vul in wat je denkt, er zijn geen goede of foute antwoorden                                                                              | Enquête invullen |                   | Invullen                           |
|       | Inspireren               | Introductie borstkanker + Technieken                                                                                                                                          | Instructie       | Praat             | Luistert                           |
| 3 min | Koppeling met voorkennis | Vorig kwartiel -- röntgen / SPECT<br>Niet perfect --- Oa niet voor borstkanker 1/8 vrouwen<br>Belangrijk op dit goed op te kunnen sporen → Onderzoek Oldenzaal                | Instructie       | Praat             | Luistert                           |
| 2 min |                          | Opbouw Module<br>- Herhaling van de technieken<br>- Hoe wordt onderzoek gedaan<br>- Uitleg van nieuwe techniek -- Fotoakoestiek<br><br>Hierbij module tonen                   | Instructie       | Praat             | Luistert                           |
| 5 min |                          | Vandaag Bestaande Technieken<br>■ Röntgen<br>■ CT<br>■ Mammografie<br>■ Echoscopie<br>■ MRI<br><br>Uitleg principe en gebruik<br>- Echoscopie – Echoput<br>- MRI – magnetisme | OLG              | Stelt vragen      | Antwoord op vragen<br><br>Denkt na |

### LES2: Onderzoek

| Tijd | Doel | Leerstof | Werkvorm | Activiteit docent | Activiteit leerling |
|------|------|----------|----------|-------------------|---------------------|
|------|------|----------|----------|-------------------|---------------------|

|    |                          |                                                                                                                                                                            |                          |                   |                            |
|----|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------|----------------------------|
| 5  | Voorkennis ophalen       | Opdracht 7                                                                                                                                                                 | Bespreking /OLG          | Praat             | Luistert<br>Geeft antwoord |
| 3  | Koppeling lessen         | Technieken niet perfect – Onderzoek<br><br>Vb: Fotoakoestiek                                                                                                               | Instructie               |                   |                            |
| 2  | Leerdoel benoemen        | Vandaag kijken hoe je onderzoek doet                                                                                                                                       | Instructie               |                   |                            |
| 10 | Kern                     | Onderzoekscyclus (ahv voorbeeld maan)<br>- Observatie<br>- Inductie<br>- Deductie<br>- Toetsing<br>- Evaluatie                                                             | Instructie               | Praat             | Luistert                   |
| 20 | Leren werken met theorie | Opgaven t/m 15 (hoofdstuk 3)                                                                                                                                               | Opgaven maken (2-tallen) | Helpt, loopt rond | Overlegt, schrijft, denkt  |
| 5  | Afsluiting               | Je weet nu hoe je een onderzoek op moet zetten en uit welke stappen dit bestaat.<br>Huiswerk is opgave 16+17, deze gaan over een onderzoek binnen de medische beeldvorming |                          | Praat             | Luistert                   |

### LES 3: Introductie Fotoakoestiek

| Tijd  | Doel       | Leerstof                                                                                                                      | Werkvorm   | Activiteit docent | Activiteit leerling |
|-------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------|---------------------|
| 10min | Inspireren | Mooi verhaal over fotoakoestiek<br>Hoe gebeurt het normaal gesproken<br>Mammografie<br>MRI<br>Hoe gebeurt het nu in Oldenzaal | Instructie | Praat             | Luistert            |

|        |                                  |                                                                                                                                         |            |       |                                         |
|--------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------|-----------------------------------------|
|        |                                  | Mammo<br>Onderzoek -- Fotoakoestiek                                                                                                     |            |       |                                         |
| 10 min | Zichtbaar /<br>Hoorbaar<br>maken | Jampot + Gloeilamp                                                                                                                      | Demo       |       | Luistert<br>Verteld<br>wat hij<br>hoort |
| 5      |                                  | Uitleg fotoakoestiek (ahv demo):<br>Licht -- Frequentie<br>Absorptie van licht --<br>Absorptiecoëfficiënt<br>Geluid --- Golven -- Conus | Instructie | Praat | Luistert                                |
| 5      |                                  | Fotoakoestiek<br>Licht – Temperatuur Uitzetten van<br>materiaal<br>Pulseren – geluid                                                    |            |       |                                         |
| 15     |                                  | Opdrachten t/m 26                                                                                                                       |            |       |                                         |
| 2      | Afsluiting                       |                                                                                                                                         |            |       |                                         |

#### LES 4: Natuurkundige uitleg fotoakoestiek

| Tijd | Doel                  | Leerstof                                                       | Werkvorm   | Activiteit<br>docent | Activiteit<br>leerling   |
|------|-----------------------|----------------------------------------------------------------|------------|----------------------|--------------------------|
| 5    | Voorkennis<br>ophalen | Herhaling stof vorige les                                      | OLG        | Vragen<br>stellen    | Denken<br>Antwoord<br>en |
| 5    | Leerdoel<br>benoemen  | Hoe maak je daar een plaatje van?<br><br>Echo = tijd → afstand | Instructie |                      |                          |
| 3    |                       | Absorptiecoëfficiënt<br><br>Materiaalafhankelijkheid           | Instructie |                      |                          |

|    |            |                                                             |                    |               |  |
|----|------------|-------------------------------------------------------------|--------------------|---------------|--|
|    |            |                                                             |                    |               |  |
| 3  |            | Angiogenese<br>Eigenschappen bloed (fig 36)                 | Instructie         |               |  |
| 15 |            | Opdrachten 27-37 (fig 36+37)                                | Zelfstandig werken | Opgaven maken |  |
| 15 |            | Enquête                                                     |                    |               |  |
|    | Afsluiting | Bedankt voor jullie inzet bij de lessen<br>Tot volgend jaar |                    |               |  |

## Bijlage C – Enquêtes

### Nulmeting

Ik wil graag van je weten wat je vindt van natuurkunde en wat je denkt dat je daar mee kan. De antwoorden zullen natuurlijk geen gevolgen hebben voor je cijfer voor natuurkunde.

De vragenlijst begint met enkele vragen naar jouw mening over natuurkunde. Hierna volgen een aantal open vragen waarbij we willen weten hoe jij over verschillende aspecten van natuurkunde, geneeskunde, wetenschap en onderzoek denkt.

| <u>Jouw mening over natuurkunde:</u>           | volledig<br>eens      | eens                  | neutraal              | oneens                | volledig<br>oneens    |
|------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Natuurkunde is nuttig                          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Het is belangrijk om natuurkunde te leren      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Natuurkunde is leuk                            | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Ik ben goed in natuurkunde                     | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Ik weet veel van natuurkunde                   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Ik ga later natuurkunde gebruiken in mijn werk | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Geef een cijfer voor natuurkunde tussen de 1 en 10

Motivatie voor dit cijfer:

.....

.....

.....

Jouw gedachten over onderzoek, natuurkunde, geneeskunde en wetenschap

Wat is het nut van natuurkundig onderzoek?

.....

.....

.....

Wat is het nut van natuurkundig onderzoek voor de samenleving?

.....

.....

.....

Waar kom jij in het dagelijks leven natuurkunde tegen?

.....

.....

.....



## Eindmeting

Ik wil graag van je weten wat je vindt van natuurkunde en wat je denkt dat je daar mee kan. De antwoorden zullen natuurlijk geen gevolgen hebben voor je cijfer voor natuurkunde.

De vragenlijst begint met enkele vragen naar jouw mening over natuurkunde. Hierna volgen een aantal open vragen waarbij we willen weten hoe jij over verschillende aspecten van natuurkunde, geneeskunde, wetenschap en onderzoek denkt.

| <u>Jouw mening over natuurkunde:</u>           | volledig<br>eens      | eens                  | neutraal              | oneens                | volledig<br>oneens    |
|------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Natuurkunde is nuttig                          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Het is belangrijk om natuurkunde te leren      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Natuurkunde is leuk                            | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Ik ben goed in natuurkunde                     | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Ik weet veel van natuurkunde                   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Ik ga later natuurkunde gebruiken in mijn werk | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Geef een cijfer voor natuurkunde tussen de 1 en 10

Motivatatie voor dit cijfer:

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

### Jouw gedachten over onderzoek, natuurkunde, geneeskunde en wetenschap

Wat is het nut van natuurkundig onderzoek?

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

Wat is het nut van natuurkundig onderzoek voor de samenleving?

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

Waar kom jij in het dagelijks leven natuurkunde tegen?

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

Naast je mening over natuurkunde in het algemeen, ben ik ook benieuwd naar wat je vond van de afgelopen lessen. Onderstaande vragen gaan over je mening over de lessenserie over onderzoek en fotoakoestiek.

| <u>Jouw mening over de lessen serie:</u>        | volledig eens         | eens                  | neutraal              | oneens                | volledig oneens       |
|-------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Ik heb veel geleerd van de lessen fotoakoestiek | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Ik snap hoe fotoakoestiek werkt                 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Ik weet hoe je een onderzoek opzet              | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| De lessen waren nuttig                          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| De lessen waren leuk                            | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| De demonstratie was nuttig                      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| De demonstratie was leuk                        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Van de lessen fotoakoestiek heb ik het volgende geleerd, schrijf kort alles op wat je hebt geleerd:

.....

.....

.....

Cijfer voor de lessen onderzoek en fotoakoestiek tussen de 1 en 10

Motivatie voor het cijfer

.....

.....

.....

Heb je nog overige opmerkingen? Schrijf ze hier op:

.....

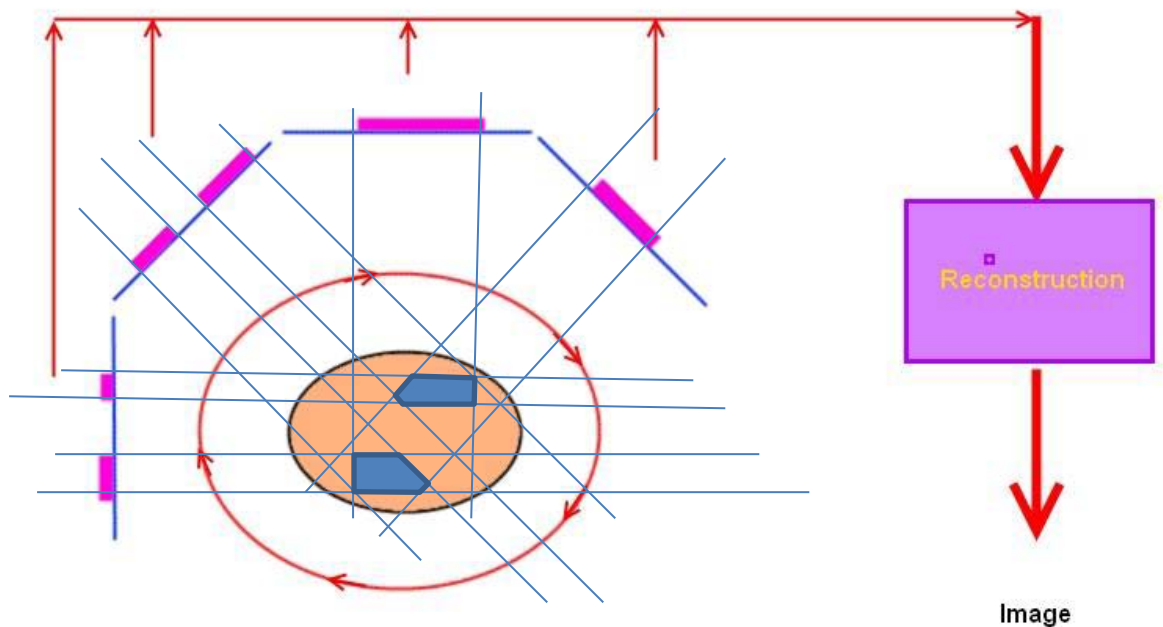
.....

.....

## Bijlage D – Antwoordmodel

Puntentelling is gesteld om te bepalen welk percentage van de vraag goed is en niet voor de beoordeling.

1. Röntgenografie (1), echoscopie (1) en CT (1) **3pt**
2. a. Zichtbare straling: teken been (1)  
Röntgenstraling: teken botten van been (1)  
Gammastraling: teken lichte absorptie in weefsels (1) **3pt**  
b. - Zichtbaar licht gaat niet door been heen (1)  
- Gammastraling heeft een te hoge energie en wordt te weinig door bot geabsorbeerd (1)  
- Röntgenstraling wordt door bot geabsorbeerd en gaat door de ander weefsels heen (1) **3pt**
3. Zie onderstaande afbeelding: één juist (1), twee juist (2) **2pt**



4. Blootstelling aan röntgenstraling kan schadelijk zijn voor het lichaam (kanker) en ben echoscopie gebruiken we geen schadelijke straling (1) **1 pt**
5. Er zit veel lucht in de longen (1) en de ribbenkast zit voor de longen (1) **2pt**
6. Hierdoor kunnen mensen met metalen voorwerpen in hun lichaam niet in een MRI scanner (bv. Metalen peacemaker) (1), we kunnen bij de MRI geen gebruik maken van metalen operatie-instrumenten (1) **2pt**
7. Zie onderstaande tabel: **27 pt**

| Beeld                                                                               | Techniek       | Principe                                                                                                                                                                                                                       | Geschied voor                                                | Voordelen                      | Nalen                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------|
|  | Röntgen<br>(1) | (1). Straling gaat dringt door sommige type weefsels heen en wordt door ander geabsorbeerd. (1) Van de lichtdeeltjes die door het lichaam gaan kan een beeld worden gemaakt. (1)                                               | Minimaal één voorbeeld bv: Botten (1)                        | Snellen relatief goedkoop (1)  | Schadelijke straling (1)                  |
|   | MRI (1)        | als kleine magneetjes. (1) Wanneer deze in een sterk magnetisch veld worden geplaatst zenden ze radiogolven uit. (1) Radiogolven zijn afhankelijk van samenstelling van het weefsel waarin zich de kernen bevinden. (1) Met de | Minimaal één voorbeeld bv: vet, spieren, zachte weefsels (1) | Geen schadelijk straling (1)   | Geen metalen voorwerpen, duur, lawaai (1) |
|    | CT (1)         | Meerdere Röntgenfoto's van verschillende kanten (1) met elkaar gecombineerd zodat een 3D beeld kan worden gemaakt. (1)                                                                                                         | Minimaal één voorbeeld bv: tumoren in weefsels (1)           | Betere beelden dan Röntgen (1) | Schadelijke straling (1)                  |
|    | Echoscopie (1) | Er wordt gebruikt gemaakt van geluid met een hoge frequentie. (1) Deze geluidsgolven worden ingezonden in het lichaam en met behulp van de teruggekaatste geluidsgolven wordt een beeld gevormd. (1)                           | Minimaal één voorbeeld bv: foetussen (1)                     | Geen schadelijk straling (1)   | Kunt niet diep in lichaam kijken (1)      |

8. Alle technieken hebben elk hun eigen voor- en nadelen en alle niet 100% zekerheid (1) bieden en elkaar versterken. De ene techniek is schadelijker dan de andere (1) en er moet over de kosten worden nagedacht (1). **3pt**
9. Er wordt gebruik gemaakt van radiogolven. **1pt**
10. *Eigen antwoord.* **1pt**
11. *Eigen antwoord*, verwoord een probleem. **1pt**
12. *Eigen antwoord*, verwoord een hypothese. **1pt**
13. *Eigen antwoord*, verwoord een toetsingsmethode. **1pt**
14. a. Hoek waaronder de maan vanaf de zon beschienen wordt ten opzicht vanaf van de hoek waarmee de maan van de aarde bekeken wordt. **1pt**  
 b. Houdt bovenstaande hoeken voor een tijd bij en leg de relatie met de schijngestalten. **1pt**
15. Toetsing (1) / evaluatie (1). **2pt**
16. a. Ongeveer 3 bij 4 cm (1 cm afwijking). **1pt**  
 b. Overeenkomst: Grootte van tumor. (1)  
 Verschillen: Bij fotoakoestiek zijn meerdere plekken van verschillend contrast te zien. (1) **2pt**
17. Pijnloos (1), ontwikkeld aan de UT (1), gebruikt voor borstkankeronderzoek (1), detectie met behulp van licht en geluid (fotoakoestiek) (1). **4pt**
18. Licht wordt naar een tumor gezonden. (1) Bij de tumor ontstaat geluid. (1) Met het geluid kunnen we een beeld maken. (1) **3pt**
19. BINAS tabel 19 A: golflengte: 600-800 nm (1), frequentie =  $0,46 \cdot 10^{15}$  Hz (1) **2pt**
20. Stijgen. **1pt**
21. Invullen:

$$I = \frac{E}{A \cdot t}$$

$$10 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = \frac{E}{5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot t} \quad (1)$$

$$\frac{E}{t} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ J/s} \quad (1) \quad \mathbf{2pt}$$

22. Meer licht absorptie in steen dus grotere absorptiecoëfficiënt. **1pt**
23. a/b.  $I = 6,49 \cdot 10^{-5} \text{ W/mm}^2$ . **1pt**
24. a. Geluid is een longitudinale golf. **1pt**  
 b. Invullen:  

$$v = f \cdot \lambda$$

$$0,343 \cdot 10^3 \text{ ms}^{-1} = 1,0 \cdot 10^6 \text{ Hz} \cdot \lambda \quad (1) \text{ of gebruik geluidssnelheid zachtweedsfel} = 1,540 \cdot 10^3 \text{ ms}^{-1}$$

$$\lambda = 0,343 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 0,34 \cdot 10^{-3} \text{ m} \quad (1) \quad \mathbf{2pt}$$
25. We gebruiken (gekleurde-) alcohol (of kwik) (1) omdat deze stof voldoende uitzet om te kunnen worden afgelezen (1), deze stof verandert niet van fase bij de temperaturen waar we de thermometer voor gebruiken. (1) **3pt**
26. Een complementaire kleur van blauw licht: geel **1pt**
27. Nee, want dan fluctueert het volume van het blokje niet en ontstaat er geen geluidsgolf. **1pt**
28. Als eerste bereiken de geluidsgolven vanuit het bovenste blokje de detector, hierna bereiken de geluidsgolven van het tweede blokje de detector en zullen de geluidsgolven elkaar versterken.

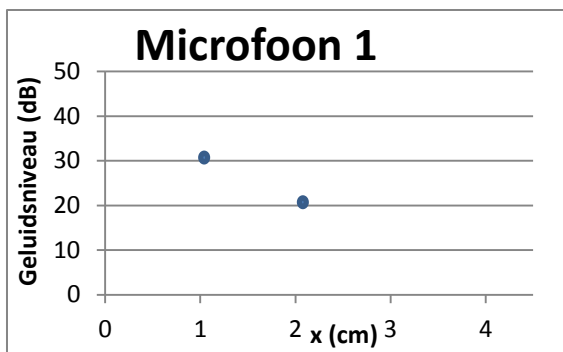
Vanaf  $0,5 \pm 0,2 \cdot 10^{-4}$  s bereiken de geluidsgolven van het eerste blokje de detector. (1)  
 Vanaf  $5,0 \pm 0,2 \cdot 10^{-4}$  s bereiken de geluidsgolven van het eerste blokje de detector. (1)  
 Verschil in tijd is  $4,5 \cdot 10^{-4}$  s.

$$d = v \cdot t$$

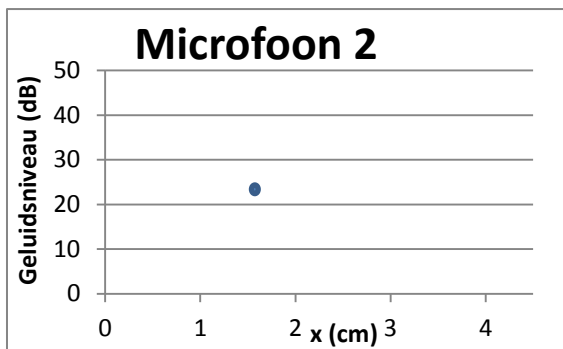
$$d = 0,343 \cdot 10^3 \text{ ms}^{-1} \cdot 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ s}$$

$$d = 0,15435 \text{ m} = 15 \text{ cm} \text{ (1) } \mathbf{3pt}$$

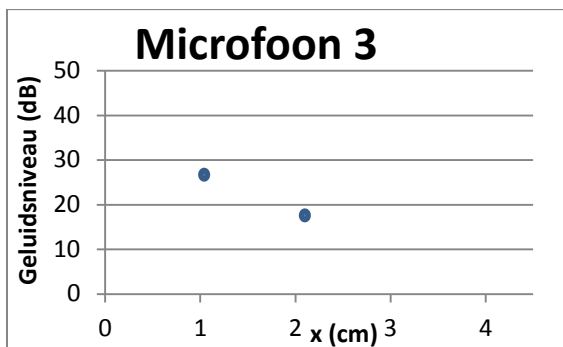
29. a.      Figuur 28: Als eerste bereiken de geluidsgolven vanuit het bovenste blokje de detector, hierna bereiken de geluidsgolven van het tweede blokje de detector en zullen de geluidsgolven elkaar versterken. (1)  
               Figuur 29: Nu zenden de blokjes maar één geluidsgolf uit. Geluidsgolf van het tweede blokje heeft een lagere sterkte omdat hij verder weg ligt. (1) **2pt**
- b.          Dan moet de tijds-as vermenigvuldigd worden met  $0,343 \cdot 10^3$ . **1pt**
30. Rood blokje absorbeert meer licht dan het blauwe blokje (1), dus mogelijk blauw licht gebruikt (1) **2pt**
31. Ze bevinden zich op verschillende plaatsten vanaf de lichtbron (1) en vanaf de detector (1). **2pt**
32. b.(Vraag a vervalst) Zie figuren:



(2)

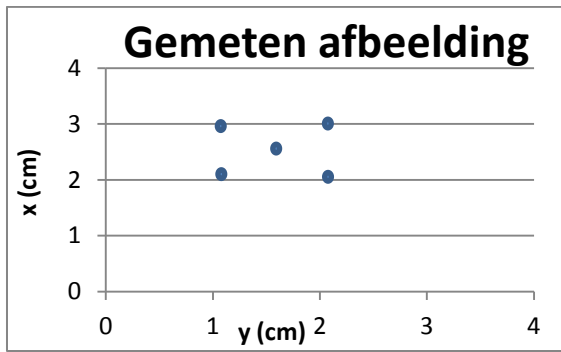


(1)



(2) **7 pt**

c.



(5) 5 pt

33. De breedte van één microfoon is:  $40 \text{ mm} / 124 = 0,32 \text{ mm}$ . **1pt**

34. a. Aflezen absorptiecoëfficiënt water bij licht van  $1000 \text{ nm}$ :  $0,04 \pm 0,01 \text{ mm}^{-1}$  (1)

$$I(s) = I(0) \cdot e^{-\mu_a \cdot s}$$

$$I(s) = 1 \cdot 10^{-4} \text{ W/mm}^2 \cdot e^{-0,04 \text{ mm}^{-1} \cdot 40 \text{ mm}} \quad (1)$$

$$I(s) = 2,01896518 \cdot 10^{-5} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ W/mm}^2 \quad (1) \quad \mathbf{3pt}$$

b. Absorptie van bloed bij licht  $1000 \text{ nm}$ :  $0,5 \pm 0,1 \text{ mm}^{-1}$  (1)

$$I(s) = I(0) \cdot e^{-\mu_a \cdot s}$$

$$I(s) = 2 \cdot 10^{-5} \text{ W/mm}^2 \cdot e^{-0,5 \text{ mm}^{-1} \cdot 5 \text{ mm}} \quad (1)$$

$$I(s) = 1,65726754 \cdot 10^{-6} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ W/mm}^2 \quad (1) \quad \mathbf{3pt}$$

35. Absorptiecoëfficiënt in water bij licht van  $1000 \text{ nm}$ :  $0,04 \pm 0,01 \text{ mm}^{-1}$  (1)

$$e^{-0,04 \cdot s} = 0,1 \quad (1)$$

$$s = 57,5646273 \text{ mm} = 6 \text{ cm} \quad (1) \quad \mathbf{3pt}$$

36. Bloed rondom een tumor absorbeert meer licht dan omringend weefsel. (1) Op deze plaats ontstaat een sterke geluidsgolf. (1) Door deze geluidsgolf te meten kunnen we de plaats van de tumor bepalen. (1) **3pt**

37. a. Lichtsnelheid:  $2,998 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$  (1), geluidssnelheid:  $1,529 \cdot 10^3 \text{ ms}^{-1}$  (1) **2pt**

b.  $t_l = x/c = 30 \cdot 10^{-3} \text{ m} / 2,998 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1} = 1,00066711 \cdot 10^{-10} = 1,007 \cdot 10^{-10} \text{ s}$  **1pt**

c.  $t_g = x/c = 30 \cdot 10^{-3} \text{ m} / 1,529 \cdot 10^3 \text{ ms}^{-1} = 1,96206671 \cdot 10^{-5} = 1,962 \cdot 10^{-5} \text{ s}$  **1pt**

d.  $t_t = t_l + t_g = 1,007 \cdot 10^{-10} + 1,962 \cdot 10^{-5} = 1,962 \cdot 10^{-5} \text{ s}$  **1pt**

38. Bij dit onderzoek wordt er geen gebruik gemaakt van schadelijke straling (1) en is minder pijnlijk voor de vrouw (1). **2pt**

## **Bijlage E – Lesevaluaties**

### **Renske**

Alle lessen zijn goed verlopen. De leerlingen deden goed mee, gingen goed aan het werk en gaven aan de stof interessant te vinden. Ik heb de module behandeld in vier lessen, waarbij er van de eerste en de laatste les een deel van de tijd gebruikt is om een enquête in te vullen. Deze enquête is geen onderdeel van de module, maar werd hier ingevuld om informatie te verzamelen over de module.

Wanneer deze module herhaald wordt in een andere groep is het ook aan te raden om hiervoor drie of vier lessen te nemen. De stof kan goed behandeld worden in drie lessen, die zal wel tot gevolg hebben dat de leerlingen meer huiswerk moeten maken.

Ik heb de lessen als volgt ingedeeld. Tijdens de eerste les kregen de leerlingen informatie over de verschillende beeldvormingstechnieken die momenteel in het ziekenhuis worden gebruikt. Hierbij werd ook aandacht besteed aan de nadelen van deze technieken. In de tweede les werd benoemd dat er nog steeds onderzoek wordt gedaan, omdat de technieken nog niet perfect zijn. Doel van deze les is het verschaffen van inzet in het opzetten van een onderzoek. Tijdens de derde les werd de fotoakoestiek geïntroduceerd, de leerlingen werd uitgelegd dat dit één van de technieken is waar nu onderzoek naar wordt gedaan. Tijdens de laatste les werd ingegaan op het vormen van een afbeelding met behulp van fotoakoestiek.

Evaluatie per les:

#### **LES1:**

In het voorbereidingsformulier is te zien wat er tijdens deze les is gebeurd. De voorbereiding was goed ingedeeld, ik heb precies de tijden aan kunnen houden die ik van te voren had ingeschat. De leerlingen luisterden goed naar de instructie en gaven goede antwoorden op de vragen die ik stelde. Hierna gingen ze enthousiast aan het werk met het maken van de opgaven. De opdrachten waren door de leerlingen zeer goed te doen, wellicht omdat we het in het vorige kwartiel al over een deel van de technieken hadden gehad. De leerlingen werkten goed samen en hielpen elkaar als ze er niet uitkwamen. De opdrachten waarbij ze het CT-beeld moesten construeren vonden ze wel lastig, er was een uitleg van het plaatje nodig om tot een antwoord te kunnen komen. Aan het eind van de les hadden de leerlingen de opdrachten zo goed als af. Enkelen hadden hierna een tussenuur en hebben tijdens dat uur door gewerkt aan de opdrachten, dit geeft aan dat ze enthousiast waren en het niet heel vervelend vonden de opdrachten te maken.

#### **LES2:**

Tijdens deze les ging het over het opzetten van een onderzoek. Ik ben begonnen met het bespreken van de opdracht waarin de nadelen van de verschillende technieken naar voren komen. Deze hadden de leerlingen erg goed gemaakt, ik hoefde hier dus maar weinig tijd aan te besteden. Vervolgens de stap gemaakt naar het doen van onderzoek. Ik heb de cyclus besproken en daarna zijn de leerlingen met de opdrachten aan het werk gegaan. Het bleek toen wel dat het belangrijk is de cyclus niet te snel er doorheen te jagen en de tijd te nemen om deze aan de hand van een voorbeeld uit te leggen. Ik had dit iets te snel gedaan, waardoor het niet goed was overgekomen. De leerlingen stelden hierover vragen tijdens het maken van de opdrachten. Aan het eind van de les was het duidelijker wat de verschillende stappen inhielden. Het bleek nog wel lastig om te bepalen in welke stap het



fotoakoestische onderzoek zich nu bevindt. Deze koppeling van de theorie met het praktische voorbeeld werd door de leerlingen moeilijk gevonden. De leerlingen waren deze les erg snel klaar met de opgaven, er was ruimte geweest om meer stof te behandelen.

#### LES3:

Deze les ben ik begonnen met het introduceren van de fotoakoestiek zoals deze in Oldenzaal gebeurd. De leerlingen vonden het interessant om te horen hoe het daar in het werk gaat en stelden hier ook vragen over. Vervolgens de vraag, hoe hebben ze ooit bedacht dat dit werkt en hoe het werkt. Om antwoord te krijgen op deze vraag de demo met jampotje uitgevoerd. De leerlingen kwamen één voor één naar voren om te luisteren naar de jampot. De eerste leerlingen begon direct na te doen wat ze hoorde, dit maakte het voor de volgende leerlingen makkelijk om het geluid te herkennen. Vervolgens heb ik aan de hand van de demo uitgelegd hoe de fotoakoestiek werkt. Dit konden de leerlingen goed volgen. Er ontstonden wel een mooie discussie over of het geluid nu 50 Hz of 100 Hz had. De opdrachten voor deze les waren er te veel, dit kwam ook omdat een groot deel van de leerlingen het huiswerk nog niet had gemaakt en hier veel tijd aan besteedde.

#### LES4:

Bij het begin van de les bleek direct dat het huiswerk moeilijk was geweest. De leerlingen hadden hier veel vragen over. Ik heb er veel (te veel?) tijd aan besteed om deze opdrachten duidelijk te krijgen. Hierna heb ik uitgelegd dat je bij een echoput aan de echotijd de diepte van de put kan meten. Bij fotoakoestiek werkt dit ongeveer hetzelfde. Ook de begrippen fotoakoestiek en angiogenese heb ik genoemd. Een volgende keer zou ik deze uitleg anders aanpakken. Bij het maken van de opgaven bleek namelijk dat de leerlingen het lastig vonden om te zien wat het effect van afstand was op tijd. En dan kwamen er ook nog vragen over het volume van het geluid. Dit vonden de leerlingen lastige opgaven. Ik denk dat dit beter was gegaan als ik hier (meer) uitleg over had gegeven. Omdat de leerlingen veel moeite hadden met de opgaven hadden ze alles nog lang niet af toen ik met de enquête wilde beginnen. Ik heb ze daarom gezegd dat ze de opdrachten later mochten inleveren en niet alles hoefden te maken. Uiteindelijk hebben de leerlingen ongeveer 5 opdrachten niet gemaakt.

#### **Evaluatie indeling van de lessen**

Bij de laatste les speelde de tijdsdruk een rol. Er moest eigenlijk te veel gebeuren in de les en er was ook geen echte mogelijkheid meer om iets uit te stellen. Deze les werd namelijk op de laatste dag voor de proefwerkweek gegeven. Dit is om te lossen door in les 2 al meer stof te behandelen. Er kan dan ook in les 3 al meer worden uitgelegd, zo is er meer ruimte in les 4.

## **Chiel**

### **Les 1: Evaluatie**

Les werd gegeven aan een groep 5vwo NLT leerlingen. Tijdens de NLT lessen van deze klas worden veel nieuwe lesmethoden gebruikt en getest. Zo maakt deze klas ook voor verschillende lessen gebruik van videoconferencing. Hiervoor is een speciaal lokaal ingericht waarbij de tafels aan elkaar geschoven zijn, waarbij één discussietafel ontstaat. Hiernaast is in dit lokaal een touch-tv aanwezig. De lessenserie werd gegeven in dit lokaal.

De leerlingen waren op tijd in de les aanwezig en gingen direct en serieus met de enquête aan de gang. Aan één kant van de tafel zaten de twee meisjes aan de andere kant de vier jongens. Hiernaast was de NLT – docente ook aanwezig.

De leerlingen hadden al een goed eigen beeld waarom borstkanker ontstaat en wat het is. Dit geldt vooral voor de leerlingen die biologie hadden gekozen. De leerlingen die geen biologie hebben moesten wat extra informatie over het ontstaan krijgen (DNA mutaties). Er werd goed mee gedaan en de leerlingen stelden veel vragen. Biologie als invalshoek werd door de klas goed ontvangen. Tijdens het afspelen van het filmpje was helaas het geluid in het lokaal defect. Vanuit de leerlingen werd goed opgemerkt aan de hand van het filmpje dat vroegtijdige opsporing van belang is. Ook bij dit onderwerp was het duidelijk dat de biologie leerlingen meer kennis hadden, over bijvoorbeeld het lymfvaten stelsel.

Er werd goed aan de opgaven gewerkt. Er was veel overleg tussen de leerlingen. Er werden weinig vragen gesteld en konden de leerlingen de opgaven zelf maken. Na 20 minuten hadden de meeste leerlingen de opgaven af.

De leerlingen hadden nog niet eerdere medische beeldvorming gehad tijdens natuurkunde. Eén meisje wist echter veel te vertellen over dit onderwerp omdat haar zus in een ziekenhuis als MRI – laborant werkte. Meerdere leerlingen hadden al gehoord hoe pijnlijk het huidig mammografisch onderzoek is. Aan het begin van de discussie vonden de leerlingen dat de huidige technieken afdoende waren, maar aan het eind zagen ze dat er tekortkomingen/ nadelen overbleven die misschien door een nieuwe techniek kunnen worden opgelost. Aan het eind van de les was het bij de leerlingen duidelijker waarom we verschillende technieken gebruiken en combineren.

De meeste leerlingen hadden na de les weinig/ geen huiswerk.

### **Les 2: Evaluatie**

Bij deze les was naast de leerlingen en NLT/Biologie- docente ook een Scheikunde docent aanwezig die interesse had in het onderwerp.

Tabel 7 hadden de leerlingen goed ingevuld (meer bij evaluatie vraagstukken). De nieuwe methode moest volgens de leerlingen makkelijk mee te nemen zijn (bijvoorbeeld bij onderzoek in een vrachtwagen die langs de verschillende plaatsen rijdt). Niet schadelijk voor gezondheid (geen ioniserende straling) en een goed beeld hebben (MRI heeft volgens de leerlingen een goed beeld) en niet pijnlijk

Uit het artikel haalden de leerlingen dat de nieuwe techniek niet pijnlijk is. Wat radiogolven precies waren was niet meteen duidelijk. Kon iets zijn met golven die ook voor de telefoonontvangst werden gebruikt.

De leerlingen hadden al vaker over wetenschappelijk onderzoek gehoord van hun scheikunde docent. Er kwamen vragen over hoe er onderzoek op de UT wordt uitgevoerd. Waarom er voor de onderzoeksterreinen wordt gekozen en waar de financiering vandaan komt. Hiernaast werkt ook gevraagd in hoeverre wetenschappelijk onderzoek commercieel is en moet zijn. Er werd gevraagd op welke wijze de waarde van wetenschappelijk onderzoek wordt ingeschat.

De afbeeldingen gaven het beeld weer wat de leerlingen ook van onderzoek hadden. Mensen in witte jassen die onder een microscoop dingen aan het onderzoeken waren.

De twee meisje gingen meteen enthousiast met de opdracht bezig om zelf een wetenschappelijk onderzoek op te zetten. Ze hadden als onderwerp waarom je ogen rood worden bij een foto met flits. Beide groepen vonden het jammer dat ze een onderzoek moesten bedenken, wat niet ze niet in de praktijk zouden uitvoeren. De jongens waren langer bezig en moesten meer worden aangespoord. Ze wouden eerst onderzoeken waarom een appel uit de boom viel. Hiervan werd door de docent gezegd dat het een te weinig uitdagend onderwerp was. Hierna hadden ze als onderwerp gekozen: waarom hebben ontstaan er vloed?

Beide groepen hadden een goed onderzoek opstelt en konden dit goed aan elkaar overleggen. De meisjes waren kritisch op de jongens over hoe ze onderzoek wouden uitvoeren.

### **Les 3: Evaluatie**

Bij deze les was naast de leerlingen en NLT/Biologie- docente ook een Scheikunde docent aanwezig die interesse had in het onderwerp.

Bij de demo was een zachte ruis te horen. Deze was alleen te horen als het in het lokaal volledig stil was. De leerlingen hadden meteen door dat het iets te maken had met de frequentie van het stroomnet waardoor je een tril hoort. Ook had het iets met licht absorptie te maken. Bij de demo koste het wel meer dan 5 minuten de tijd voor dat iedereen de ruis goed had gehoord. De leerlingen legden de link dat er meer absorptie in de tumor moet plaatsvinden.

Bij het filmpje gaf de docent zelf uitleg omdat geluid ontbrak. Na het filmpje kwamen vragen hoe het onderzoek in samenwerking met een ziekenhuis wordt gedaan. Veel vragen weer over de organisatorische kant van onderzoek.

De leerlingen gingen goed zelfstandig met de opdrachten bezig en hielpen elkaar zoveel mogelijk. Hierbij zaten de meisjes weer bij elkaar en de jongens bij de jongens. Er kwamen weinig vragen vanuit de leerlingen tijdens het maken van de opdrachten. De opdrachten hadden de meeste leerlingen binnen de tijd af.

Aan het eind van de les konden de leerlingen beter beschrijven hoe het geluid in het appelmoespotje ontstond. Waarschijnlijk zal volgens de leerlingen de tumor in de borst uitzetten.

#### **Les 4: Lesevaluatie**

Bij deze les was naast de leerlingen en NLT/Biologie- docente ook een Scheikunde docent aanwezig die interesse had in het onderwerp.

Opgaven 15 – 26 waren door alle leerlingen gemaakt. De leerlingen vonden de opdrachten moeilijker dan voorgaande opdrachten, er zat meer natuurkunde in.

Bij het meten van een tumor met fotoakoestiek werden vragen gesteld of het geen effect had of de signalen minder waren als de “boxjes” zich verder weg bevonden van de tumor. Ook werden er vragen gesteld hoe het licht bij de tumor aankwam. Hiernaast werd gevraagd of de afbeeldingen net zo mooi zouden zijn als bij MRI het geval was. Hierbij maakte de docent de aantekening dat we hier te maken hebben met een onderzoek en dat het apparaat nog in testfase is. Het is meer de bedoeling om het idee te testen. Grote commerciële bedrijven kunnen hier later verbeterde, uitontwikkelde producten van maken.

Voor de leerlingen was niet gelijk duidelijk welke golflengte gebruikt moest worden (penetratiediepte vs contrast). Was het duidelijk dat de absorptie bij de huid en in water zo laag mogelijk moest zijn. De leerlingen hadden de vraag waarom de absorptie bij zuurstof gebonden en zuurstof ongebonden hemoglobine verschilde. De aanwezig scheikunde docent wou hier in zijn les verder op ingaan.

De opdrachten kregen de leerlingen tijdens deze les niet af (deze zijn daarom op een later moment ingeleverd). De leerlingen vertelden dat ze het een leuke module vonden omdat het een onderwerp liet zien dat ze nog niet eerder hadden gezien en dat veel goede vooruitzichten voor de toekomst biedt.

## Bijlage F - Ruwe data enquêtes

### Renske

Gegevens van de leerlingen

|   | Profiel | Biologie | Natuurkunde | Scheikunde |
|---|---------|----------|-------------|------------|
| 1 | NG      | Ja       | Ja          | Ja         |
| 2 | NG/NT   | Ja       | Ja          | Ja         |
| 3 | NG/NT   | Ja       | Ja          | Ja         |
| 4 | NG      | Ja       | Ja          | Ja         |
| 5 | NG/NT   | Ja       | Ja          | Ja         |
| 6 | NG/NT   | Ja       | Ja          | Ja         |
| 7 | NG      | Ja       | Ja          | Ja         |

Alle leerlingen hebben de drie natuurwetenschappelijke vakken, Biologie, Natuurkunde en Scheikunde. Een deel van hen doet zowel het profiel NG als NT, de rest heeft wiskunde A en doet daarmee dus het profiel NT niet.

#### Nulmeting

Jouw mening over natuurkunde:

|                                                | volledig<br>eens | eens | neutraal | oneens | volledig<br>oneens |
|------------------------------------------------|------------------|------|----------|--------|--------------------|
| Natuurkunde is nuttig                          | 2                | 4    | 1        |        |                    |
| Het is belangrijk om natuurkunde te leren      | 2                | 2    | 3        |        |                    |
| Natuurkunde is leuk                            | 1                | 1    | 5        |        |                    |
| Ik ben goed in natuurkunde                     |                  | 2    | 3        | 2      |                    |
| Ik weet veel van natuurkunde                   |                  | 1    | 4        | 2      |                    |
| Ik ga later natuurkunde gebruiken in mijn werk |                  | 3    | 2        | 2      |                    |

Cijfer voor natuurkunde:  $6,8 \pm 0,6$

#### Eindmeting

Jouw mening over natuurkunde:

|                                                | volledig<br>eens | eens | neutraal | oneens | volledig<br>oneens |
|------------------------------------------------|------------------|------|----------|--------|--------------------|
| Natuurkunde is nuttig                          | 3                | 2    | 2        |        |                    |
| Het is belangrijk om natuurkunde te leren      | 2                | 1    | 4        |        |                    |
| Natuurkunde is leuk                            | 1                | 2    | 3        | 1      |                    |
| Ik ben goed in natuurkunde                     | 1                | 1    | 3        | 2      |                    |
| Ik weet veel van natuurkunde                   |                  |      | 5        | 2      |                    |
| Ik ga later natuurkunde gebruiken in mijn werk |                  | 5    | 2        |        |                    |

Cijfer voor natuurkunde =  $7,1 \pm 0,8$

#### Motivatie voor het cijfer

| Cijfer voor natuurkunde en motivatie voor dit cijfer |   |                                          |     |                                     |  |
|------------------------------------------------------|---|------------------------------------------|-----|-------------------------------------|--|
| Leerling                                             |   | Nulmeting                                |     | Eindmeting                          |  |
| 1                                                    | 6 | Ik vind het zelf niet echt leuk en vraag | 6,1 | Ik vind het niet erg leuk vak, komt |  |

|   |     |                                                                                                                                                                                           |     |                                                                                                                                                               |
|---|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |     | me soms af wat het nut er van is. Ik vond het jammer dat je in je pakket <b>niet</b> kon kiezen tussen na of sk                                                                           |     | door de leraar en de ingewikkelde opgaves die soms niet goed of niet worden uitgelegd                                                                         |
| 2 | 6   | Ik vind natuurkunde niet heel verschrikkelijk en ook wel nuttig, maar niet zo leuk.                                                                                                       | 7   | Natuurkunde kan wel nuttig zijn, maar ik vind het niet zo leuk                                                                                                |
| 3 | 7   | Het is fijn dat je voor dit vak niet veel hoeft te leren, maar je moet wel voldoende oefenen om het te snappen. Het ene onderwerp is leuker dan het andere.                               | 7,5 | Natuurkunde is handig/nuttig om dingen te begrijpen                                                                                                           |
| 4 | 6,5 | Als ik naar mezelf kijk, vind ik natuurkunde als vak niet iets waar ik elke week weer naar uitkijk. Het is niet dat ik het vak verschrikkelijk vindt, maar echt leuk is weer iets anders. | 6   | Het is een vak dat behoorlijk ingewikkeld kan zijn en dan is het niet bepaald leuk, maar als je iets doorhebt dan is dat natuurlijk wel gaaf                  |
| 5 | 7,8 | Gemiddelde van een 7,6 en een 8                                                                                                                                                           | 8,4 | Komop cijfer! Je kan het !!! (motiverend) Niet bang zijn!!                                                                                                    |
| 6 | 7   | Gemiddelde cijfer van pw's + het feit dat ik zo goed als geen hw maak maar wel oplet in de les                                                                                            | 8   | Hup cijfer je kunt het ik weet dat je het kan!                                                                                                                |
| 7 | 7   | Het is nuttig en belangrijk maar soms minder leuke onderwerpen.                                                                                                                           | 7   | Het is een nuttig en belangrijk vak, al is het soms wel moeilijk en sommige onderwerpen zijn een beetje saai. maar het is veel leuker dan aardrijkskunde ofzo |

Gedachten over onderzoek, natuurkunde, geneeskunde en wetenschap

|          | <b>Nulmeting</b>                                                      |                                                                                                |                                                                                                                                                                              | <b>Eindmeting</b>                                               |                                                                      |                                              |
|----------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Leerling | <b>Nut van onderzoek</b>                                              | <b>Voor de samenleving</b>                                                                     | <b>In het dagelijks leven</b>                                                                                                                                                | <b>Nut van onderzoek</b>                                        | <b>Voor de samenleving</b>                                           | <b>In het dagelijks leven</b>                |
| 1        | De mens helpen te overleven. Verder geen idee                         | Nieuwe machines en processen uitvinden. Zodat de mens van van alles is voorzien.               | Bij verschillende sporten en bijv. als ik aan het koken ben bijv. een weegschaal en op de speeltuin bijv. op een wipwap moet ik denken aan de hefboomwet                     | Nieuwe technieken ontwikkelen om te overleven                   | Nieuwe ontwikkelingen                                                | Ziekenhuis, wipwap op de speeltuin, achtbaan |
| 2        | Inzicht verkrijgen in natuurkundige processen                         | betere producten kunnen worden gemaakt mbv natuurkunde                                         | op school in veel producten                                                                                                                                                  | Natuurkundige processen beter begrijpen                         | In veel voorwerpen die we gebruiken in het dagelijks leven           | zie vorige vraag en op school                |
| 3        | Natuurkundige processen leren te begrijpen                            | Om nieuwe dingen uit te vinden en nieuwe producten te maken                                    | Bij gym (sporten), bijvoorbeeld bij speerwerpen<br>Veel producten                                                                                                            | Inzicht en kennis verkrijgen                                    | Hiermee kunnen nieuwe dingen worden uitgevonden, zoals fotoakoestiek | Bij sport<br>Op school natuurlijk            |
| 4        | Dat er handige dingen uitgevonden worden waar iedereen iets aan heeft | In veel apparaten komt natuurkunde terug. Kijk alleen maar naar krachten die overal op werken. | Attractieparken. Alle toestellen bijvoorbeeld achtbanen. veiligheid moet gegarandeerd worden voor bezoekers en met de natuurkunde kan je goed voorspellen wanneer iemand uit | Dat men dingen kan verklaren, zodat men problemen op kan lossen | Dat er technieken ontwikkeld worden, waar iedereen beter van wordt   | In achtbanen                                 |

|   |                                                                                                  |                                                                                                               |                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                    |                                                                                                                                               |                                                                                                                                               |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                                                                                  |                                                                                                               | het karretje valt als hij/zijn over de kop gaat.                                                                                                   |                                                                                                                                                    |                                                                                                                                               |                                                                                                                                               |
| 5 | Zo doende ontdekken we dat ongeschreven regels om ons heen en hoe we tot die regels zijn gekomen | Het zit in onze meest dagelijks bezigheden /hobby's/ vervoersmiddelen en ga zo maar door                      | In alles gepaard met scheikunde zit het echt in bijna alles van een Iphone tot een zelfbestuurd robotje                                            | Om verschijnselen te verklaren/ te snappen die wij eerst voor onvoorspelbaar aanzagen                                                              |                                                                                                                                               | In alle dagelijkse handelingen en gebruiksvoorwerpen                                                                                          |
| 6 | het beter begrijpen van de dingen om ons heen                                                    | nieuwe ontwikkeling die het dagelijks leven drastisch veranderen                                              | fietsen, computers, lenzen, school                                                                                                                 | Het maakt het dagelijks leven + de nieuwe uitvindingen mogelijk                                                                                    | De nieuwe ontwikkelingen brengen verbeteringen voor de samenleving                                                                            | Fietsen, lopen, schrijven, etc                                                                                                                |
| 7 | Beter begrijpen hoe de wereld in elkaar zit                                                      | Door natuurkundig onderzoek kunnen we bijv. manieren ontdekken waarop we beter medische onderzoek kunnen doen | Op heel veel plekken, bijv lezen (in brillen, camera), tv, (led)lampen, ook het licht dat we zien, weegschalen, elektrische apparaten, auto, fiets | De wereld beter begrijpen, waardoor je oplossingen kunt bedenken voor medische problemen, maar ook het ontwerpen van auto's, lezen, apparaten etc. | Medische toepassingen waar iedereen iets aan heeft. Verbeteren/ ontwikkelen van elektrische apparaten, auto's, maar ook bijv. Glasvezelkabels | Eigenlijk overal wel, dat dingen op de grond staan en een bepaalde kleur hebben is al natuurkunde. Verder TV, lampen, telefoon, apparaten.... |



| <u>Jouw mening over de lessen serie:</u>        | volledig eens | eens     | neutraal | oneens | volledig oneens |
|-------------------------------------------------|---------------|----------|----------|--------|-----------------|
| Ik heb veel geleerd van de lessen fotoakoestiek | 3             | <b>3</b> | 1        |        |                 |
| Ik snap hoe fotoakoestiek werkt                 | 2             | <b>4</b> | 1        |        |                 |
| Ik weet hoe je een onderzoek opzet              |               | <b>4</b> | 3        |        |                 |
| De lessen waren nuttig                          | 2             | <b>5</b> |          |        |                 |
| De lessen waren leuk                            | <b>4</b>      | 3        |          |        |                 |
| De demonstratie was nuttig                      | 3             | <b>3</b> |          |        |                 |
| De demonstratie was leuk                        | <b>4</b>      | 1        | 1        |        |                 |

Leerling 5 heeft laatste twee vragen niet ingevuld, omdat hij bij de demo niet aanwezig was.

| Van de lessen fotoakoestiek heb ik het volgende geleerd: |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Leerling                                                 | Antwoord                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 1                                                        | Hoe de nieuwe methode werkt<br>Verschillen tussen methodes                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 2                                                        | Hoe natuurkunde wordt toegepast in het ontwikkelen van medische apparatuur                                                                                                                                                                                                                                                |
| 3                                                        | Ik heb geleerd hoe deze techniek werkt en welke technieken er nu zijn om tumoren op te sporen. Ook weet ik nu wat alle voor- en nadelen van de technieken zijn. En hoe je een onderzoek opzet                                                                                                                             |
| 4                                                        | Dat er andere manieren zijn dan röntgenonderzoek om tumoren in de borst op te sporen. Dat fotoakoestiek niet pijnlijk is en werkt mbv licht en geluid                                                                                                                                                                     |
| 5                                                        | Je zend licht uit die verschillend wordt geabsorbeerd, waarbij meer opgenomen licht meer uitzetting veroorzaakt en dus een geluidsgolf met een hoger geluidsniveau. Tumoren die veel bloed nodig hebben zenden een sterkere geluidsgolf uit                                                                               |
| 6                                                        | dingen over geluid en licht                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 7                                                        | blauwe stof absorbeert geel & rood licht etc. wanneer licht geabsorbeerd word door een stof zet deze stof uit. wanneer het licht dan knippert komt er een geluidsgolf, bloedvaten absorberen veel licht dus zo kan aan de hand van licht&geluid een tumor opgespoord worden want er zitten veel bloedvaten rond een tumor |

| Cijfer voor de lessenserie en motivatie voor dit cijfer |     |                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Leerling                                                |     | Motivatie                                                                                                                                                                                                                                        |
| 1                                                       | 8   | het was leuk en leerzaam uit een duidelijk opgestelde lesbrief                                                                                                                                                                                   |
| 2                                                       | 8   | leuker dan gewone natuurkundelessen, meer context, dus concreter en makkelijker te begrijpen                                                                                                                                                     |
| 3                                                       | 8   | de lessen waren leuk en interessant, omdat je echt wat nieuws leert. Voor deze lessen had ik nog nooit van fotoakoestiek gehoord.                                                                                                                |
| 4                                                       | 8   | Ik vond de lessen leuk omdat het onderwerp me aansprak, voor mijn gevoel stond ik dichterbij het onderwerp                                                                                                                                       |
| 5                                                       | 8,8 | 8,6+9/2                                                                                                                                                                                                                                          |
| 6                                                       | 9   | hup cijfer ik weet dat je het kan                                                                                                                                                                                                                |
| 7                                                       | 8,5 | De lessen waren leuk & nuttig. I vond ze leuker/beter dan de natuurkunde lessen. Wel heb ik het idee dat we niet zo heel veel over onderzoek geleerd hebben en de vragen waren soms onduidelijk, maar de uitleg was verder goed en begrijpelijk. |

Cijfer voor de lessenserie =  $8,3 \pm 0,4$

| Overige opmerkingen |                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Leerling            |                                                                                                                                                                                                                                               |
| 1                   | Meer demonstreren is wel leuk zodat je dingen nog beter gaat begrijpen                                                                                                                                                                        |
| 2                   |                                                                                                                                                                                                                                               |
| 3                   | -                                                                                                                                                                                                                                             |
| 4                   |                                                                                                                                                                                                                                               |
| 5                   | Nee                                                                                                                                                                                                                                           |
| 6                   | Opgaven zijn soms wel heel erg simpel (steen/glas) maar soms ook heel erg onduidelijk ← 27                                                                                                                                                    |
| 7                   | Sommige vragen waren onduidelijk. o.a 3,16 (want je wist geen schaal), 22 (het is niet duidelijk dat het getal e wordt bedoeld) 27 door het rare begin vd grafiek, 28 omdat er bij de ene grafiek $10^{-4}$ en bij de andere $10^{-5}$ staat. |

## Chiel

**Tabel 10:** Enquêteresultaten nulmeting

| Jouw mening over natuurkunde (nul):            | volledig eens | eens  | neutraal | oneens | volledig oneens | gem. cijfer (1-5) |
|------------------------------------------------|---------------|-------|----------|--------|-----------------|-------------------|
| Natuurkunde is nuttig                          | 2356          | 14    |          |        |                 | 4,7±0,5           |
| Het is belangrijk om natuurkunde te leren      |               | 2356  | 4        | 1      |                 | 3,5±0,8           |
| Natuurkunde is leuk                            |               | 23456 |          | 1      |                 | 3,7±0,8           |
| Ik ben goed in natuurkunde                     |               | 2345  | 6        |        | 1               | 3,3±1,2           |
| Ik weet veel van natuurkunde                   |               | 23456 |          | 1      |                 | 3,7±0,8           |
| Ik ga later natuurkunde gebruiken in mijn werk |               | 23    | 456      | 1      |                 | 3,2±0,8           |

**Tabel 11:** Enquêteresultaten eindmeting

| Jouw mening over natuurkunde (eind):           | volledig eens | eens | neutraal | oneens | volledig oneens | gem. cijfer (1-5) |
|------------------------------------------------|---------------|------|----------|--------|-----------------|-------------------|
| Natuurkunde is nuttig                          | 12356         | 4    |          |        |                 | 4,8±0,4           |
| Het is belangrijk om natuurkunde te leren      | 3             | 2456 | 1        |        |                 | 4,0±0,6           |
| Natuurkunde is leuk                            | 3             | 245  | 16       |        |                 | 3,8±0,8           |
| Ik ben goed in natuurkunde                     |               | 2345 | 6        |        | 1               | 3,3±1,2           |
| Ik weet veel van natuurkunde                   |               | 2345 | 6        | 1      |                 | 3,5±0,8           |
| Ik ga later natuurkunde gebruiken in mijn werk | 2             | 56   | 34       |        | 1               | 3,3±1,4           |

**Tabel 12:** Resultaten cijfers uit enquête

|                                | Amber | Bas | Chris | Daan | Erik | Fenna | Gem. cijfer |
|--------------------------------|-------|-----|-------|------|------|-------|-------------|
| <b>Cijfer natuurkunde nul</b>  | 6     | 8   | 8     | 7,5  | 7,5  | 6     | 7,2±0,9     |
| <b>Cijfer natuurkunde eind</b> | 6     | 8   | 8     | 7,5  | 7,5  | 7     | 7,3±0,8     |
| <b>Cijfer lessenserie</b>      | 8     | 8   | 9     | 8    | 8    | 8     | 8,2±0,4     |

**Tabel 13:** Mening over de lessenserie

| Jouw mening over de lessen serie                | volledig eens | eens | neutraal | oneens | volledig oneens | gem. cijfer (1-5) |
|-------------------------------------------------|---------------|------|----------|--------|-----------------|-------------------|
| Ik heb veel geleerd van de lessen fotoakoestiek | 12356         | 4    |          |        |                 | 4,8±0,4           |
| Ik snap hoe fotoakoestiek werkt                 | 13456         | 2    |          |        |                 | 4,8±0,4           |
| Ik weet hoe je een onderzoek opzet              |               | 1346 | 25       |        |                 | 3,7±0,5           |

|                            |    |       |   |  |  |         |
|----------------------------|----|-------|---|--|--|---------|
| De lessen waren nuttig     | 3  | 12456 |   |  |  | 4,2±0,4 |
| De lessen waren leuk       | 36 | 1245  |   |  |  | 4,3±0,5 |
| De demonstratie was nuttig |    | 126   | 4 |  |  | 3,8±0,5 |
| De demonstratie was leuk   |    | 146   | 2 |  |  | 3,8±0,5 |

Motivatatie voor dit cijfer:

|       | Nulmeting                                                                                                                                                                                             | Eindmeting                                                                                                                |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Amber | Het is wel nuttig voor onderzoek, maar persoonlijk interesseert het me niet.                                                                                                                          | Het is nuttig en handig, maar ik vind het niet leuk                                                                       |
| Bas   | We hebben maar een paar toetsen, die zwaar meetellen, het zou fijn zijn als wat meer kleine toetsen hadden. Verder vind ik het leuk om met natuurkunde bezig te zijn.                                 | Ik vind natuurkunde wel leuk en ik wil werktuigbouwkunde gaan doen.                                                       |
| Chris | Natuurkunde kom je eigenlijk overal tegen, dus is het wel belangrijk. Dat ik het vak leuk vind draagt ook bij aan de hoogte van dit cijfer.                                                           | Het is leuk maar ook belangrijk om te weten.                                                                              |
| Daan  | Interessant en goed voor de algemene kennis, maar volgens mij goed in te halen voor een eventuele opleiding.                                                                                          | Interessant, nuttig, maar voor verbetering vatbaar.                                                                       |
| Erik  | Ik vind dit een van de leuke vakken, omdat ik er redelijk goed in ben. De proefjes spreken mij aan en de manier hoe je natuurkunde kan toepassen in het dagelijks leven spreekt mij ook heel erg aan. | Een heel belangrijk vak voor de maatschappij, veel ontdekkingen en uitvindingen die dankzij natuurkunde zijn uitgevonden. |
| Fenna | Ligt eraan wat voor onderwerp je hebt                                                                                                                                                                 | Het is wel belangrijk, maar ligt ook wel aan het onderwerp.                                                               |

### Jouw gedachten over onderzoek, natuurkunde, geneeskunde en wetenschap

Wat is het nut van natuurkundig onderzoek?

|       | Nulmeting                                                                       | Eindmeting                                              |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Amber | Nieuwe dingen ontdekken die iets verklaren of die mensen het leven beter maken. | Je kan er mensen mee helpen, wel indirect.              |
| Bas   | Je kijkt naar de mogelijkheden voor de toekomst, voor apparaten                 | Ja, want er is nog veel te onderzoeken en te verbeteren |
| Chris | Nieuwe technieken ontwikkelen, waarmee hulpmiddelen oid gemaakt kunnen worden.  | Nieuwe technieken ontwikkelen                           |

|       |                                                                                            |                                                                                                            |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Daan  | Innovatie en nieuwe technieken die nuttig zijn of het leven makkelijker maken.             | Het ontstaan van nieuwe technieken                                                                         |
| Erik  | Bijna alle ontwikkelingen, vooral elektrische hebben met natuurkunde te maken.             | Natuurkunde zijn samen met de biologie en natuurkunde en scheikunde, de belangrijke vakken voor onderzoek. |
| Fenna | Is handig voor de samenleving, om nieuwe dingen te ontdekken en om dingen beter te snappen | Om sommige dingen beter te snappen, en om dingen te kunnen ontdekken.                                      |

Wat is het nut van natuurkundig onderzoek voor de samenleving?

|       | Nulmeting                                                                                                                                                       | Eindmeting                                                                                                 |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Amber | Bepaalde gebeurtenissen kunnen nu worden verklaard waardoor we meer begrijpen.                                                                                  | De gezondheidszorg kan hierdoor verbeterd worden.                                                          |
| Bas   | Er worden veel nieuwe dingen ontworpen om dingen in het leven makkelijker te maken en daaraan hebben veel mensen iets.                                          | Ja, mensen hebben daar behoefte aan                                                                        |
| Chris | Door onderzoek ontwikkelde hulpmiddelen kunnen bijvoorbeeld lichamelijk gehandicapten mobieler worden gemaakt. Er zijn tal van andere toepassingen te bedenken. | Ontwikkelde technieken kunnen de mens helpen het leven makkelijker te maken.                               |
| Daan  | De producten die vanuit het onderzoek voortkomen zijn nuttig en/of aangenaam                                                                                    | Het ontstaan van nieuwe technieken.                                                                        |
| Erik  | De ontwikkelingen, niemand kan meer zonder een pc of mobiel.                                                                                                    | Natuurkunde zijn samen met de biologie en natuurkunde en scheikunde, de belangrijke vakken voor onderzoek. |
| Fenna | Nieuwe technologieën                                                                                                                                            | Nieuwe onderzoeken en nieuwe spullen                                                                       |

Waar kom jij in het dagelijks leven natuurkunde tegen?

|       | Nulmeting                                                                      | Eindmeting              |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Amber | Zwaartekracht, wrijving en weerstand (op de fiets).                            | Zwaartekracht, krachten |
| Bas   | In alles, denk maar aan de zwaartekracht. Maar ook alle apparaten en machines. | Overal                  |
| Chris | Overal in de bouw, sport, werken, attracties, gezondheidszorg, media, etc.     | Overal                  |
| Daan  | Overal: wekker, telefoon, fiets, tas, computer, radio, etc.                    | Overal                  |

|       |                                                                                                                                                     |                                                                   |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Erik  | Overall, alles wat je ziet heeft er wel iets mee te maken. Ook vind ik het wel leuk om te weten hoe hard je gaat als je ver van een flat afspringt. | Overall, bij bijna alles is natuurkundig onderzoek vooraf gegaan. |
| Fenna | Geluid, straling, zien, golven, snelheid                                                                                                            | Golven, geluid, onderzoeken, zien, snelheid                       |

Van de lessen fotoakoestiek heb ik het volgende geleerd, schrijf kort alles op wat je hebt geleerd:

|       |                                                                                                   |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Amber | Hoe het onderzoek naar nieuwe manieren voor medisch onderzoek                                     |
| Bas   | Dat het een nieuwe manier is om menselijke kwalen te onderzoeken en dat het veel voordelen heeft. |
| Chris | Hoe de techniek werkt, toepassingen, etc.                                                         |
| Daan  | Verschillende beta richtingen komen samen: natuurkunde + biologie                                 |
| Erik  | Hoe je met behulp van licht kanker kunt ontdekken door behulp van trillingen.                     |
| Fenna | Hoe fotoakoestiek werkt en verschillende onderzoeksmogelijkheden                                  |

Motivatie voor het cijfer

|       |                                                                        |
|-------|------------------------------------------------------------------------|
| Amber | Het was leerzaam en leuk en goed te volgen, ook zonder natuurkunde.    |
| Bas   | De lessen waren interessant , met goede voorbeelden.                   |
| Chris | Erg leuk en leerzaam                                                   |
| Daan  | Het was een leuke en interessante afwisseling                          |
| Erik  | Veel van geleerd, interessant                                          |
| Fenna | Was wel leuk om te doen, sommige dingen, opdrachten waren wel moeilijk |

Heb je nog overige opmerkingen? Schrijf ze hier op:

|       |                                    |
|-------|------------------------------------|
| Amber | -                                  |
| Bas   | -                                  |
| Chris | Spelfouten, worden nader behandeld |
| Daan  | -                                  |
| Erik  | -                                  |
| Fenna | -                                  |

## **Bijlage G - Interviews**

### **Renske**

Leerling 5 en 6

R: Jullie hebben nu vier jaar natuurkunde gehad. Waarom denk je dat je natuurkunde krijgt op school?

Je leert veel regels en wetten bij natuurkunde. Deze wetten helpen je om de wereld te snappen. Je kan veel dingen berekenen.

Verder is het handig om natuurkunde te kennen als je later wetenschapper of arts wordt.

Leerling 5: Ik zal nog nadenken over een heel filosofisch antwoord.

R: Waar komen jullie natuurkunde tegen in het dagelijks leven?

Leerling 5: Op heel veel plaatsen, in iPhones, computers

Leerling 6: En in fietsen, elektromotoren

Leerling 1 en 4

Wij doen natuurkunde omdat het verplicht is voor ons profiel. Leerling 1; ik zou graag willen dat je kan kiezen tussen natuurkunde en scheikunde, en dat natuurkunde niet verplicht is.

Op de vraag of ze konden bedenken waarom “men” had bedacht dat het een goed idee was om natuurkunde te doen konden ze geen antwoord geven.

Leerling 1 gaf wel aan de lessen fotoakoestiek veel leuker te vinden dan de gewone lessen, omdat je bij deze lessen veel beter snapte waarover het ging en waarom je dat moest leren.

R: En waar kom je natuurkunde tegen in het dagelijks leven?

Leerling 4: Uhm, in achtbanen en met sport.

Leerling 1: En op school natuurlijk

Leerling 2, 3 en 7

R: Waarom denken jullie dat je natuurkunde krijgt op school?

Leerling 7: Je leert natuurkunde, omdat je daarmee de wereld om je heen kan begrijpen.

Leerling 2: Het is ook nuttig voor je latere studie, bijvoorbeeld geneeskunde.

R: Komen jullie weleens natuurkunde tegen in het dagelijks leven?

Leerling 2: Dat heb ik eigenlijk nooit. Ik ben in het dagelijks leven helemaal niet bezig met natuurkunde. Drie uur in de week vind ik wel genoeg.

Leerling 7: Natuurkunde is nuttig omdat je er dingen mee kan verklaren. Bijvoorbeeld waarom een auto rijdt. Een paar jaar geleden zag ik een auto rijden en dacht ik hoe kan dat eigenlijk. Nu weet ik hoe het komt dat een auto rijdt.

Leerling 3: Dat heb ik af en toe ook wel.

Leerling 2: Ja ik toch ook, maar ik ben daar niet zo bewust mee bezig.

### **Wat vonden jullie van deze lessen?**

Deze vraag heb ik aan de hele groep in één keer gesteld, er kwamen zoveel antwoorden tegelijk dat ik geen tijd had om alle namen te noteren bij de antwoorden.

Leuker dan natuurkunde

Leerling 7: Hier krijg je uitleg en daarna ga je aan het werk. Normaal gesproken is het van “ga maar aan het werk” en is er geen uitleg. Maar het is best wel moeilijk dus dan lukt het niet en ook als het wordt uitgelegd snap ik het eigenlijk nog niet?

Wat maakt deze lessen dan zo anders?

Het is leuker    Makkelijker    Er is meer tijd om uit te leggen (door kleinere klas)    Context



## **Chiel**

1. Wat is volgens jullie de reden dat je natuurkunde krijgt op school?

### **Fenna en Amber**

- Is nodig als je wilt onderzoeken
- Natuurkunde is nodig om veel verschijnselen te verklaren, zoals golven
- Het is nodig voor algemene kennis
- Je gebruikt het bij andere vakken, zoals Scheikunde en Biologie. In de Scheikunde meer dan in de biologie.

### **Bas, Chris, Erik en Daan**

- Is goed voor je algemene kennis
  - Algemene beeldvorming
  - Komt overal in terug
2. Wat moet je van natuurkunde leren?

### **Fenna en Amber**

- Hoe verschillende technieken werken
- Meer de toepassingen, dan de formules (deze kun je ook van internet halen)
- Meer snappen waardoor verschillende zaken zo werken.
- Wanneer Amber kon kiezen had ze in de eerste klas geen natuurkunde willen hebben. Ze had liever meer taal lessen gehad. De natuurkunde werd ook wel tijdens techniek lessen gegeven. De natuurkunde die ze hier had gehad gebruikte ze weinig in haar dagelijkse leven

### **Bas, Chris, Erik en Daan**

- Liever de principes leren, meer begrijpen dan formules toepassen in de onderbouw
  - Er is een groot verschil met de natuurkunde die je in de bovenbouw krijgt, vergeleken met wat je in de onderbouw krijgt.
  - Liever in bovenbouw wel uitrekenen.
3. Over lessenserie

## **Allen**

- Ook zonder natuurkunde goed te maken
- Formules waren niet te moeilijk
- Niveau was vergelijkbaar met dat van de normale natuurkunde lessen
- Vraag 31 was niet meteen duidelijk
- Wel duidelijk overgang van biologie naar natuurkunde
- Leerlingen hadden nog geen lessen over medische beeldvorming gehad
- Onderwerp was erg interessant en de leerlingen hadden nog niet eerder van de techniek gehoord.
- Was leuk om te zien

## Bijlage H – Evaluatie van de vraagstukken

### Evaluatie Renske

| Opdracht | Te makkelijk | Makkelijk | Moeilijk | Te moeilijk |                                                                                                                                               |
|----------|--------------|-----------|----------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        |              |           | x        |             | derde plaatje moeten ze over nadenken, niet iedereen kan dit zelf verzinnen                                                                   |
| 2        |              |           | x        |             | nadenkvraag - leerlingen helpen elkaar                                                                                                        |
| 3        |              |           |          | x           | geen van de leerlingen lukte het om deze opgave zelfstandig op te lossen – vraag opdelen in deelvragen of duidelijker verwijzen naar de tekst |
| 4        |              | x         |          |             |                                                                                                                                               |
| 5        |              |           | x        |             | lucht/bot wat is het probleem?                                                                                                                |
| 6        |              | x         |          |             |                                                                                                                                               |
| 7        |              | x         |          |             | vorm van de vraag nodigt uit tot informatie zoeken, dit wordt dan ook gedaan (kopietjes maken als ze moeten inleveren)                        |
| 8        |              |           | x        |             | lastig om goede formulering te vinden                                                                                                         |
| 9        |              | x         |          |             |                                                                                                                                               |
| 10       |              | x         |          |             | voor meiden makkelijker dan voor jongens                                                                                                      |
| 11       |              | x         |          |             | moeilijkheid afhankelijk van vraag 10 – je kan het zo moeilijk maken als je zelf wil                                                          |
| 12       |              | x         |          |             |                                                                                                                                               |
| 13       |              | x         |          |             |                                                                                                                                               |
| 14       |              | x         |          |             |                                                                                                                                               |
| 15       |              | x         |          |             |                                                                                                                                               |
| 16a      |              |           |          |             | jammer dat getallen niet leesbaar waren                                                                                                       |
| 16b      |              | x         |          |             | Leerlingen kunnen zich hier erg makkelijk vanaf maken, incomplete antwoorden                                                                  |
| 17       |              | x         |          |             | Goed te doen                                                                                                                                  |
| 18       |              |           | x        |             | Niet door iedereen correct beantwoord                                                                                                         |
| 19 x     |              |           |          |             | BINAS zoeken                                                                                                                                  |
| 20 x     |              |           |          |             |                                                                                                                                               |
| 21       |              |           | x        |             |                                                                                                                                               |
| 22 x     |              |           |          |             |                                                                                                                                               |
| 23       |              |           |          | x           |                                                                                                                                               |
| 24       |              | x         |          |             | herhaling voor mijn leerlingen                                                                                                                |
| 25       |              |           | x        |             | formulering is lastig                                                                                                                         |
| 26       |              | x         |          |             | goede nadenkvraag                                                                                                                             |
| 27       |              | x         |          |             |                                                                                                                                               |
| 28       |              |           | x        |             | onduidelijk grafiekje                                                                                                                         |
| 29       |              |           | x        |             | b is onduidelijk                                                                                                                              |
| 30       |              | x         |          |             | goede nadenkvraag                                                                                                                             |
| 31       |              |           | x        |             | uitbreiden: geef een verklaring voor elk verschil                                                                                             |
| 32       |              |           |          |             | niet gemaakt/overgeslagen/moeilijk?                                                                                                           |
| 33       |              | x         |          |             |                                                                                                                                               |
| 34       |              |           | x        |             | koppeling met grafiek lastig                                                                                                                  |
| 35       |              |           | x        |             | overgeslagen/nietgemaakt                                                                                                                      |
| 36       |              | x         |          |             |                                                                                                                                               |
| 37       |              |           | x        |             | goed te doen, inzicht dat 'licht'tijd verwaarloosbaar is wordt ws niet verkregen                                                              |
| 38       |              | x         |          |             | goede afsluiter                                                                                                                               |

## Evaluatie Chiel

| Op<br>gav<br>e | Te<br>mak<br>kelijk | Mak<br>kelijk | Moei<br>lijk | Te<br>mo<br>eilij<br>k | Commentaar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------|---------------------|---------------|--------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1              |                     | X             | X            |                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Eerste twee makkelijk, derde plaatje CT of MRI kunnen ze niet zomaar verzinnen</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 2a             |                     | X             |              |                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Meeste leerlingen wel goed gemaakt. Paar leerlingen niet direct duidelijk wat er bij gammastraling gebeurt.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 2b             |                     | X             |              |                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Duidelijk, absorptie, schadelijkheid</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 3              |                     |               | X            | X                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Helpt leerlingen had de juiste oplossing, duidelijker als ze lijnen moeten tekenen waar vandaan en dan combineren. Leerlingen vonden het wel een leuke opdracht!</li> </ul>                                                                                                                                                                                                               |
| 4              |                     | X             |              |                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Duidelijk, schadelijk</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 5              |                     |               | X            |                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Lucht wordt genoemd, maar niet veel leerlingen merken op dat je ribben ervoor zitten.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 6              |                     | X             |              |                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Pacemakers, operaties, metalen kunstdelen, leerlingen kunnen veel voorbeelden noemen</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 7              |                     |               |              |                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Als werkblad. Leerlingen goed mee bezig geweest</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 8              |                     |               | x            |                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Vb antwoorden: sommige overbodig, methoden niet geschikt, beperkingen van andere technieken worden aangevuld door anderen. Deze vraag in de les nog goed behandelen.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                           |
| 9              |                     |               |              |                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Radiogolven onschadelijk, door iedereen gezien</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 10-<br>13      |                     |               |              |                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Meisje begonnen eerder met de opdracht en hadden een eigen onderwerp bedacht. Meisjes hadden voorbeeld goed uitgewerkt: Hoe zorg je ervoor dat je geen rode ogen hebt op de foto?. Jongens moesten meer worden aangespoord en begonnen uiteindelijk met de vraag: De zon en de maan trekken het water aan. Ze hebben wel meer tekening gemaakt van de situatie dan de meisjes.</li> </ul> |
| 14             |                     |               | X            | X                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Vinden de leerlingen een erg moeilijke vraag en hebben ook niet veel kunnen antwoorden.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 15             |                     | X             |              |                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Allemaal: evaluatie</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 16<br>a        |                     | X             |              |                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Leerlingen schatten goed aan de hand van wat is afgebeeld.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 16<br>b        |                     | X             | X            |                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Meeste leerlingen goed geantwoord. Extra vraag: en waardoor ontstaan deze verschillen.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 17             |                     | X             |              |                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Duidelijk</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 18             |                     | X             |              |                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Goed ter discussie, ook behandelen in de klas</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 19             |                     | X             |              |                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Goed te doen, goed om te kijken waar de benodigde</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

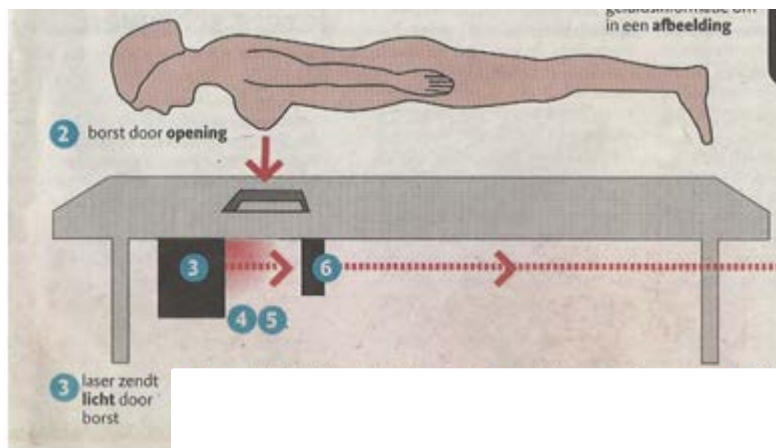
|           |  |   |   |   |                                                                                                                         |
|-----------|--|---|---|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|           |  |   |   |   | gegevens in Binas staan                                                                                                 |
| 20        |  | X |   |   | ▪ Goed om op te warmen voor de “moeilijker opgaven”                                                                     |
| 20        |  |   | X |   | ▪ Gelijke nummering. Leerlingen helpen elkaar met GR. Dan goed op te lossen                                             |
| 21        |  | X |   |   | ▪ Antwoorden goed. Weinig toelichting, hierna vragen.                                                                   |
| 22<br>a   |  |   | X |   | ▪ Niet iedereen kon even goed met GR omgaan. Maar de leerlingen kwamen eruit toen ze elkaar hielpen                     |
|           |  |   | X |   | ▪ Wanneer grafiek was geplot, makkelijk met trace, enkele leerlingen mee geholpen.                                      |
| 23<br>a   |  | X |   |   | ▪ Duidelijk, theorievraag                                                                                               |
| 23<br>b   |  | X |   |   | ▪ Duidelijk, invullen formule                                                                                           |
| 24        |  | X |   |   | ▪ Goede antwoorden. Water zie je niet genoeg. Kwik is gevaarlijk. Hadden ze al vaker gehoord.                           |
| 25        |  |   | x |   | ▪ Niet bij iedereen direct duidelijk dat je complementaire kleur moet hebben hier.                                      |
| 26        |  | X |   |   | ▪ Duidelijk                                                                                                             |
| 27        |  |   | X |   | ▪ Veel leerlingen vinden moeilijk welke tijdsinterval ze moeten gebruiken. Extra uitleg in les is hierbij nodig.        |
| 28<br>a   |  |   | X |   | ▪ Discussieer vraag met leerlingen                                                                                      |
| 28<br>b   |  |   |   | X | ▪ Door leerlingen niet goed beantwoord                                                                                  |
| 29        |  | X | X |   | ▪ Duidelijk, meeste leerlingen goed                                                                                     |
| 30        |  | X |   |   | ▪ Te simpele antwoorden, door verplaatsing van microfoon                                                                |
| 31        |  |   |   | X | ▪ Te moeilijk, anders formuleren                                                                                        |
| 32        |  | X |   |   | ▪ Makkelijk                                                                                                             |
| 33-<br>34 |  |   | X |   | ▪ Voor meisje met biologie te moeilijk, voor rest goed te doen. Niet direct duidelijk dat grafiek moet worden gebruikt. |
| 35        |  | X |   |   | ▪ Duidelijk                                                                                                             |
| 36        |  |   | X |   | ▪ Goed te doen                                                                                                          |
| 37        |  | X |   |   | ▪ Korte antwoorden, behandelen in klas                                                                                  |

# Project Borstkanker opsporen met licht (GRS)

---

## Deelvraag: Hoe krijgen we het (laser) licht op de juiste plaats bij de tumor?

Om borstkanker op te sporen met licht willen we zoveel mogelijk licht bij de tumor krijgen. Onderstaande afbeelding geeft weer hoe het licht bij de tumor komt.



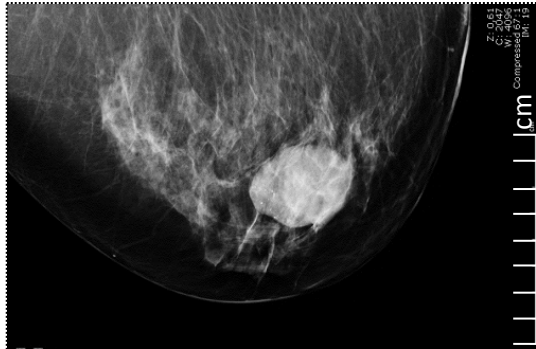
Tussen de laser en de borst kunnen we verschillende lenzen plaatsen.

We gaan voor twee patiënten onderzoeken welke lenzen we nodig hebben en hoe we de patiënten in het apparaat moeten plaatsen.

## Patiënt 1

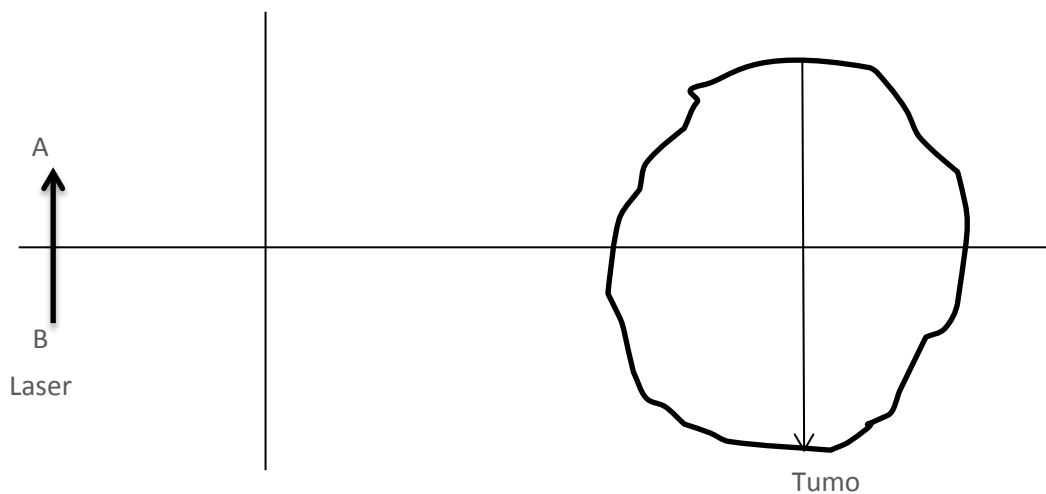
Geslacht: vrouw  
Leeftijd: 60 jaar

Van de patiënt is eerst een röntgenafbeelding gemaakt. Hiermee kunnen we zien hoe groot de tumor is.



Röntgenafbeelding

Hierna willen we de patiënt onderzoeken in het nieuwe apparaat. In onderstaande afbeelding is een schematische tekening van de situatie geschetst. Het licht uit de is laser weergegeven doormiddel van een pijl. Ook de tumor is geschetst, met hierin het beeld weergegeven door een pijl. De diameter van de laserbundel is 1,20 cm. De afbeelding is in verhouding met de werkelijkheid getekend.



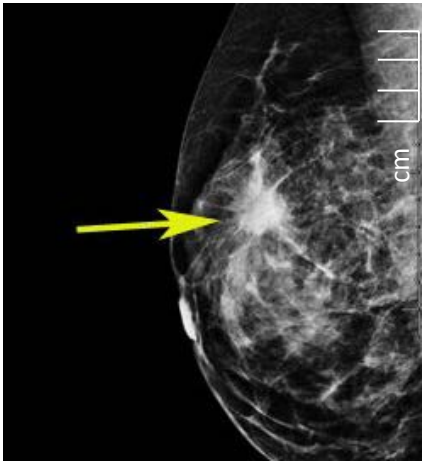
- Hebben we een plus of een min lens nodig, geef dit in bovenstaande figuur aan.
- Noteer beeldpunten  $A^*$  en  $B^*$  op de juiste plaats.
- Construeer de lichtstralen uit punt A en B in bovenstaande figuur.
- Geef de brandpunten in bovenstaande figuur aan.
- Bepaal met behulp van de röntgenafbeelding de werkelijke lengte  $A^*B^*$ .
- Bereken de benodigde vergroting  $N$ .
- Bepaal de brandpuntsafstand  $f$ , de voorwerp afstand  $v$  en de beeldafstand  $b$ .
- Bereken de benodigde lenssterkte.

## Patiënt 2

Geslacht: vrouw

Leeftijd: 57 jaar

Van de patiënt is een röntgenafbeelding gemaakt. Beantwoord dezelfde vragen als bij patiënt 1, maak hiervoor zelf een schematische tekening.



## **Bijlage J – Module**





