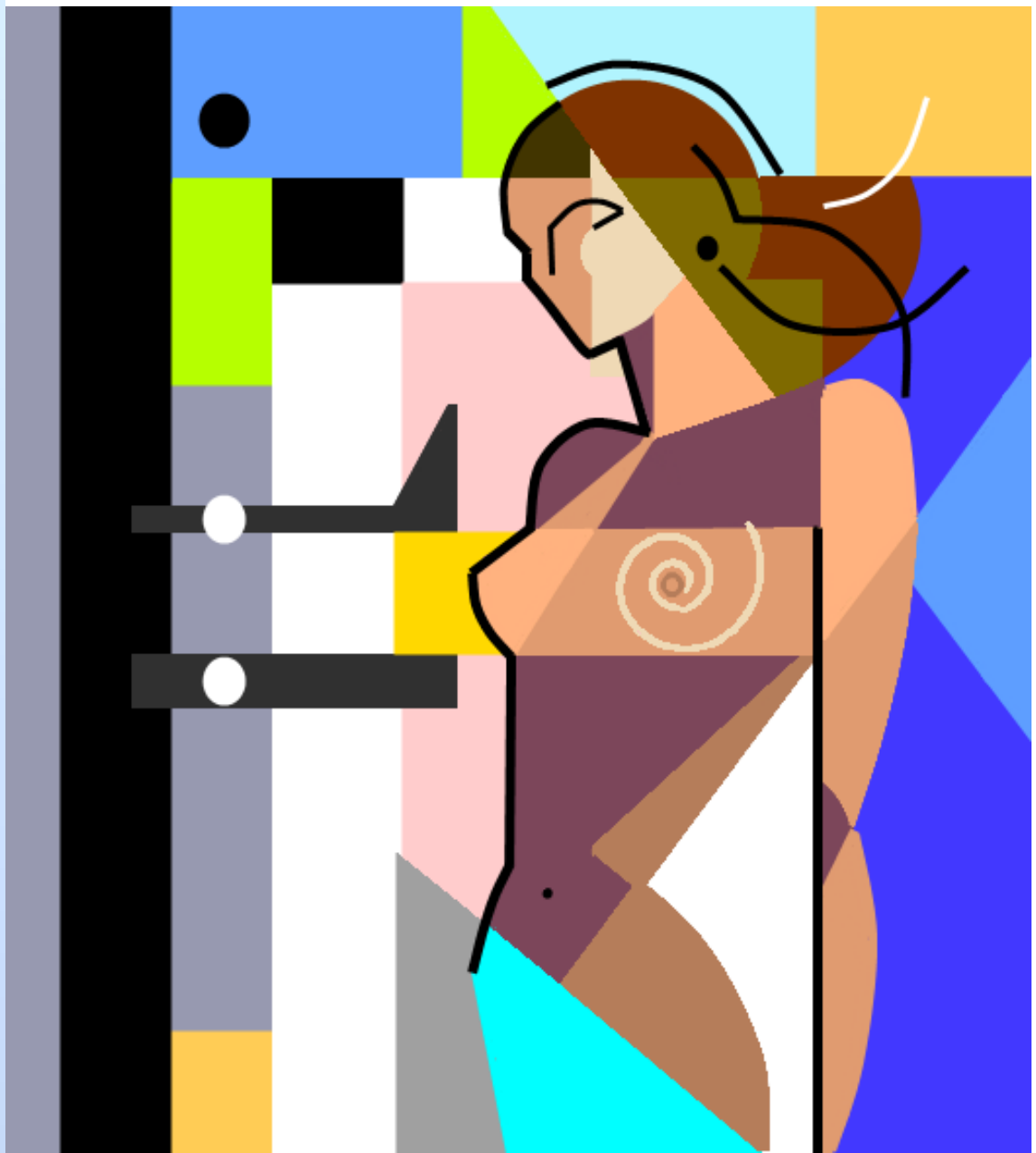




OvO: Borstkanker in beeld Motivatie van leerlingen

Naam: Renske Koning
Studentnummer: s0117889
datum: 27 november 2012
dagelijks begeleider: Henk Pol
tweede begeleider: Jan van der Veen

Voorwoord

Dit onderzoeksverslag is geschreven in het kader van het vak Onderzoek van Onderwijs ter afronding van de eerstegraads lerarenopleiding voor natuurkunde aan de Universiteit Twente te Enschede.

Het onderzoek is uitgevoerd op het OSG-erasmus in Almelo. De lessen zijn gegeven tijdens het verdiepingsuur natuurkunde aan de 5VWO klas.

Een deel van het onderzoek is uitgevoerd samen met Chiel Grijsen, eveneens bezig met de lerarenopleiding natuurkunde. Chiel, heel erg bedankt voor de samenwerking. Ik vond het fijn om samen met jou de module op te zetten en ons onderzoek vorm te geven. Ook bedankt voor het aanleveren van jouw data en voor de feedback op mijn werk.

Natuurlijk wil ik ook mijn begeleider vanuit de universiteit, Henk Pol, heel hartelijk bedanken voor zijn hulp. Tijdens de overlegmomenten heb je veel nuttige feedback gegeven en goede tips uitgereikt om mijn onderzoek te verbeteren. Dankjewel voor de ondersteuning tijdens het onderzoek. Jan van der Veen, bedankt dat je mijn tweede begeleider wilde zijn en mijn verslag en werk ook wilde beoordelen. Verder wil ik Lisette Ridders bedanken voor het doorlezen van mijn verslag en het aangeven van alle kromme zinnen en d-tjes en t-tjes.

Tenslotte natuurlijk de leerlingen die de lessenserie hebben gevolgd; Alexander, Dave, Eline, Esther, Loes, Marcelina en Tanja bedankt voor jullie medewerking.

Renske Koning

Samenvatting

Een belangrijk aspect van het lesgeven is het motiveren van de leerlingen om met de lessen mee te doen, hun huiswerk te maken en zo hun kennis uit te breiden. Dit onderzoek richt zich op het motiveren van de leerlingen door aandacht te besteden aan de relevantie van de lesstof. Relevantie is één van de vier factoren, die van belang zijn bij het motiveren van leerlingen. (Keller 1987)

Om het effect van de relevantie te kunnen onderzoeken is een lessenserie opgezet vanuit de context fotoakoestiek. Dit is een nieuwe veelbelovende techniek binnen de medische beeldvorming. Binnen de lessenserie wordt duidelijk gemaakt dat je natuurkunde nodig hebt om nieuwe technieken te ontwikkelen en dat het daarom van belang is om natuurkundige kennis te hebben.

Om het effect te onderzoeken is gebruik gemaakt van verschillende evaluatiemethodes. Er is gebruik gemaakt van lesevaluaties, interview met de leerlingen en twee enquêtes, ingevuld door de leerlingen.

De conclusie van het onderzoek luidt als volgt: De houding van de leerlingen is verbeterd door de lessenserie. De oorzaak hiervoor blijkt de grotere aandacht voor relevantie en context in de lessenserie te zijn. De leerlingen geven aan dat hierdoor duidelijk wordt waarom ze de stof moeten leren. Dit gegeven gebruiken ze als motivatie voor hun positieve beoordeling van de lessen.

Inhoudsopgave

Voorwoord.....	2
Samenvatting.....	3
1 Inleiding	5
2 Literatuuronderzoek	6
2.1 Het bereiken van motivatie.....	7
2.2 Motivatie binnen de lessenserie	8
3 Belang van het onderzoek	9
3.1 Beginsituatie.....	9
3.2 Ontwerpvraag.....	9
3.3 Doelstellingen.....	10
3.4 Onderzoeksvraag.....	10
4 Eisen aan het ontwerp.....	11
4.1 Eisen op het gebied van de motivatie	11
4.2 Cognitieve eisen	11
4.3 Inhoudelijke eisen aan de lessenserie:.....	12
4.4 Praktische eisen aan de inhoud van de lessenserie	12
4.5 Eisen aan de doelgroep	12
5 Methode van onderzoeken en evalueren / Materialen	13
5.1 Proefpersonen.....	13
5.2 Indeling van de module	13
5.3 Demonstratieproef.....	14
5.4 Lesindeling Fotoakoestiek	15
5.5 Dataverzameling.....	16
5.6 Analyse	18
6 Resultaten.....	19
6.1 Houding van de leerling	19
6.2 Motivatiefactoren binnen de lessenserie	23
7 Conclusie.....	26
8 Discussie.....	27
8.1 Proefpersonen.....	27
8.2 Toetsing en evaluatie	27
8.3 Ontwerpproces.....	27
8.4 Aanbevelingen.....	28
9 Procesevaluatie.....	29
10 Referenties.....	30
11 Bijlagen	31
11.1 Planning.....	31
11.2 Module	32
11.3 Lesvoorbereidingen en Evaluaties Renske	65
11.4 Lesvoorbereidingen en Evaluaties Chiel.....	70
11.5 Enquête	75
11.6 Ruwe data enquête Renske.....	78
11.7 Ruwe data Enquête Chiel	84
11.8 Interview Evaluatie Fotoakoestiek Renske.....	88
11.9 Interview Chiel	89
11.10 Resultaten Opgaven Chiel	90
11.11 Resultaten Opdrachten Renske.....	92

1 Inleiding

Het afgelopen halfjaar heb ik aan een aantal leerlingen van 5VWO de NiNa module medische beeldvorming onderwezen. Dit heb ik gedaan tijdens het extra uur verdiepende natuurkunde waar deze leerlingen voor hadden gekozen.

De module past binnen het VWO in het domein Communicatie. De centrale ideeën van dit domein zijn; *de verstrengeling van natuurkunde en technologie en informatie wordt getransporteerd via golven*. De kernconcepten die hierbij horen zijn *Materie, Energie en Ruimte en Tijd*.

Binnen deze module miste ik aandacht voor de ontwikkelingen in de beeldvorming en voor het inzicht in het proces van wetenschap.

Ik ben van mening dat aandacht voor deze aspecten een waardevolle toevoeging kunnen zijn voor de module. Door dit toe te voegen wordt de relevantie van de stof groter. Ook wordt het nut van natuurkunde in het algemeen op deze manier beter zichtbaar. Met dit onderzoek wordt onderzocht of hiermee de motivatie van de leerlingen verbeterd.

Het onderzoek is uitgevoerd in samenwerking met Chiel Grijzen. Het benodigde materiaal is door ons samen gemaakt. Vervolgens hebben we beiden de realisatie uitgevoerd op onze scholen, in mijn geval het OSG erasmus te Almelo. Chiel heeft zijn lessen gegeven aan de Schaersvoorde in Aalten.

Ook de analyse van de realisatie hebben we apart uitgevoerd. Hierbij heeft Chiel zich gericht op het cognitieve aspect en heb ik de motivatiecomponent uitgewerkt. Bij deze analyse hebben we natuurlijk dankbaar gebruik gemaakt van elkaars data. Ook hebben we regelmatig overleg gehad en elkaars stukken van feedback voorzien.

In het volgende hoofdstuk is de onderbouwing vanuit de literatuur voor de motivatie van leerlingen te vinden. Dit wordt gevolgd door het belang van het onderzoek in hoofdstuk 3. De eisen aan het ontwerp staan beschreven in hoofdstuk 4. Binnen hoofdstuk 5 wordt de onderzoeksmethode besproken. De resultaten kunt u vinden in hoofdstuk 6, gevolgd door de evaluatie in hoofdstuk 7 en in hoofdstuk 8 de discussie en conclusie. Het verslag wordt afgesloten met een procesevaluatie. De bijlages zijn aan het eind van het verslag te vinden.

2 Literatuuronderzoek

Vanaf het volgende schooljaar 2013/2014 wordt er op de middelbare scholen gewerkt met een nieuw programma, de Nieuwe Natuurkunde (afgekort tot NiNa). Doelstelling van dit programma is de leerlingen niet alleen inhoudelijk de nodige kennis bij te brengen, maar ze ook voor te bereiden op hun toekomstige beroep en studie. Hiernaast is er ook aandacht voor de scientific literacy van de leerlingen. De inhoudelijke kennis bestaat uit de basisprincipes en begrippen van het natuurwetenschappelijk denken en de natuurwetenschappelijke methode. Qua beroep en studie is het de bedoeling de technische instroom te vergroten en de leerlingen een beter beeld te geven van de inhoud van studie en beroepen. (Commissie Vernieuwing Natuurkundeonderwijs 2006) Scientific literacy wordt door Miller (1992) omschreven als: *“Kennis van wetenschappelijke termen en concepten; inzicht in het proces van de wetenschap; bewustzijn van de invloed van wetenschap en technologie op personen en op de samenleving”*. Deze kennis heeft de burger nodig voor het maken van keuzes in de democratie. De leerling moet leren wat de functie van natuurwetenschap en techniek in de hedendaagse maatschappij is en kennis hebben van de wisselwerking tussen onderzoek en toepassing. Binnen NiNa ligt de nadruk op het leren vanuit een context van hedendaagse natuur- en sterrenkunde.

In Natuurkunde Leeft geschreven door de Commissie Vernieuwing Natuurkundeonderwijs (2006) staat dit als volgt omschreven:

Omdat niet alle leerlingen in de N-profielen hun carrière zullen kiezen in wetenschap of techniek moet het profielvak natuurkunde zich richten op twee doelgroepen: op de toekomstige gespecialiseerde natuurwetenschappelijke en technische kenniswerkers en op de grotere groep van hoger opgeleiden voor wie natuurwetenschappelijke en technische kennis noodzakelijk is om te kunnen functioneren in de moderne kennismaatschappij. Gemeenschappelijk voor beide doelgroepen is dat leerlingen inzicht krijgen in de fysieke werkelijkheid om hen heen en de daarvoor noodzakelijke sleutelinzichten en -vaardigheden tot ontwikkeling brengen. Het gaat met name om probleemoplossende vaardigheden zoals ontdekken, analyseren, interpreteren en toepasbaar maken van natuurverschijnselen. Deze vaardigheden moeten zich op een natuurlijke manier kunnen ontwikkelen vanuit verwondering en betrokkenheid.

Vanuit deze insteek is de visie en het programma voor de nieuwe natuurkunde ontwikkeld. Hieruit zijn verschillende eisen voortgekomen voor de natuurkunde op de middelbare school. Zo moet de natuurkunde voorbereiden op vervolgstudies en bijdragen aan de persoonlijke ontwikkeling. Binnen onze module willen wij dit bereiken door:

- het experimentele karakter van de natuurkunde te laten zien;
- inhoud te bieden die van belang is voor de leerlingen als eindonderwijs en als voorbereiding op een vervolgstudie;
- verwevenheid in inhoud, werkwijze en toepassingen met andere natuurwetenschappelijke disciplines zichtbaar te maken;
- een nieuwe ontwikkeling te laten zien en hiermee in te spelen op de ontwikkelingen in de natuurwetenschappen en de technologie;
- ruimte te bieden aan de ontwikkeling van vaardigheden op het gebied van onderzoeken;
- een beeld te geven van één van de beroepsmogelijkheden

Al deze manieren om de natuurkunde nuttig bij te laten dragen aan de ontwikkeling van de leerlingen, zijn ook genoemd in de eisen voor het NiNa-programma.

NiNa wil leerlingen voorbereiden op een technische studie of beroep. (Commissie Vernieuwing Natuurkundeonderwijs 2006) Dit heeft volgens mij alleen zin als de leerlingen ook daadwerkelijk geïnteresseerd zijn in een wetenschappelijke carrière. Onderzoek heeft echter uitgewezen dat de leerlingen dit niet willen. Zo schreef Kitts (2009) dat leerlingen aangeven natuurkunde wel te kunnen maar er niets mee te willen. Ze vinden de natuurkunde interessant, ze worden ondersteund door hun ouders, het is niet te moeilijk en ook meisjes kunnen natuurkunde

volgens de leerlingen. De leerlingen geven echter aan dat ze geen wetenschapper willen zijn en dat ze geen wetenschappers kennen.

In een onderzoek door (Barmby, Kind et al. 2008) wordt genoemd dat de houding ten opzichte van wetenschap verslechtert met de jaren. De grootste verandering in houding is te zien in de houding ten opzichte van het leren van natuurkunde op school en dit beïnvloedt de houding ten opzichte van toekomstige participatie. Volgens Osborne, Simon et al. (2003) zijn veel leerlingen vervreemd van de wetenschap, zij wijten dit aan verschillende factoren. De oplossing voor dit probleem ligt volgens hen in het gebruiken van motivatie-onderzoek bij het bepalen van activiteiten in de klas.

2.1 Het bereiken van motivatie

Volgens het motivatiemodel van Keller (1987) zijn er vier factoren van invloed op de motivatie van leerlingen. Deze zijn aandacht, relevantie, vertrouwen en voldoening. De verwachting is dat leerlingen meer gemotiveerd worden wanneer een les voldoet aan één of meerdere van deze factoren. Hieronder wordt kort van elke factor aangegeven wat deze inhoudt en hoe je deze factor kan inbouwen in de les.

Aandacht

Aandacht is een belangrijke voorwaarde voor leren, zonder aandacht zal de leerling weinig leren.

Aandacht kan je op verschillende manieren verkrijgen: Door te beginnen met een feit dat in conflict is met wat de leerling al weet; door concrete voorbeelden te gebruiken; door te zorgen voor variatie in de lessen; door humor te gebruiken; door de leerlingen zelf te laten onderzoeken; door de leerling actief deel te laten nemen aan de les. Naast het krijgen van de aandacht is het ook van belang de aandacht te houden. Dit kan vooral bereikt worden door de leerling actief deel te laten nemen en te laten onderzoeken.

Relevantie

Het tweede aspect van motivatie is de relevantie. De motivatie van leerlingen gaat omhoog als duidelijk is waarom ze de stof moeten leren. Ook relevantie kan je op verschillende manieren aangeven. Een onderdeel van relevantie is het aangegeven van de connectie tussen de nieuwe stof en eerdere stof, eerdere ervaringen en interesses. Ook het aangeven van het leerdoel zorgt ervoor dat de leerlingen relevantie van de stof kunnen zien. Als derde is het van belang aandacht te besteden aan het toekomstige gebruik van de kennis. Relevantie kan ook duidelijk worden met het gebruik van rolmodellen, vraag een gastdocent, zet snellere leerlingen in als tutors en wees zelf enthousiast over het onderwerp. Ten slotte kan het helpen de leerlingen zelf keuzes te laten maken over de organisatie van het werk.

Vertrouwen

Ook vertrouwen is van belang voor de motivatie van leerlingen. Het vertrouwen dat hierbij het belangrijkste is, is het vertrouwen van de leerlingen in hun eigen kunnen. Dit kan bereikt worden door de leerlingen te leren realistische doelen te stellen. Hiervoor is het van belang er voor te zorgen dat de leerdoelen duidelijk zijn. Ook helpt het om opgaven aan te bieden met verschillende moeilijkheidsgraad. Ten slotte dient de docent de leerlingen te prijzen bij behaalde successen.

Voldoening

Het laatste aspect van invloed op de motivatie is voldoening. Voldoening wordt verkregen door de leerlingen intrinsiek of extrinsiek te belonen. Voldoening wordt ook verkregen wanneer de geleerde theorie snel kan worden toegepast in de praktijk. Om voldoening te bereiken moet je monitoren beperken tot het strikt noodzakelijke. Het is beter om de leerlingen zelf de bereikte prestaties te laten evalueren.

2.2 Motivatie binnen de lessenserie

Binnen de nieuwe natuurkunde is er vooral aandacht voor het aanbrengen van meer relevantie in de lessen. Dit komt ook terug in het context-concept principe, elk concept wordt gekoppeld aan een voor de leerlingen relevante context. Onderzoek door (Barmby, Kind et al. 2008) heeft aangetoond dat het aanbrengen van relevantie de houding van de leerlingen kan verbeteren. Binnen mijn onderzoek zal ik werken volgens het context-concept-principe en daarmee de relevantie duidelijk maken voor de leerlingen. Natuurlijk spelen ook de andere drie factoren, aandacht, vertrouwen en voldoening een rol binnen de lessen, maar aan deze factoren zal niet meer of minder aandacht worden besteed dan tijdens de normale lessen. Er wordt bijvoorbeeld wel gezorgd dat er net als in het standaard natuurkundeboek opgaven zijn van verschillend niveau, wat invloed heeft op het vertrouwen van de leerling. Op deze manier kan ik achteraf beoordelen of de motivatiefactor relevantie invloed heeft gehad op de motivatie van de leerlingen.

3 Belang van het onderzoek

3.1 Beginsituatie

Doel van de natuurkundelessen is niet alleen de leerlingen kennis bij te brengen, maar ook ze te leren dat natuurkunde een grote rol speelt in de samenleving. Het is zaak de leerlingen te interesseren voor de natuurkunde om hen heen. Hiernaast is het van belang de leerlingen te laten zien wat het nut is van wetenschappelijk onderzoek. Dit zal er voor zorgen dat ze positiever zijn over het gebruik van natuurkunde in hun werk. Wanneer je van plan bent later iets te doen met natuurkunde en inziet waarom je natuurkunde moet leren, zal je gemotiveerd zijn om deze natuurkunde te leren. Dit is een goede ontwikkeling, want er is niets zo moeilijk als het leren van wat dan ook aan ongemotiveerde leerlingen.

3.2 Ontwerpvrage

Binnen het onderwijs is onvoldoende aandacht voor de relevantie van de natuurkunde. Waarom is het belangrijk dat een leerling natuurkunde leert? Waarom hebben we ooit bedacht dat iedereen natuurkunde moet leren? Het is belangrijk om de leerlingen tijdens de lessen de relevantie van natuurkunde duidelijk te maken. De vraag is hoe we deze relevantie duidelijk kunnen maken aan de leerling. Hiernaast willen we ook weten of de motivatie daadwerkelijk omhoog gaat wanneer de leerlingen deze link tussen natuurkunde en samenleving kunnen leggen.

Er zijn twee manieren waarop we de leerlingen dit willen laten zien. Ten eerste door aan te geven hoe een onderzoek wordt opgezet en waarom er onderzoek wordt gedaan. Ten tweede door te tonen dat de stof uit hun leerboeken wordt gebruikt om tot een nieuwe techniek te komen.

Motivatie voor context (fotoakoestiek)

De context die we gebruiken is de fotoakoestiek, een nieuwe techniek binnen de medische beeldvorming. Het principe van fotoakoestiek is gebaseerd op het feit dat materialen uitzetten wanneer ze warmer worden. Bij fotoakoestiek zend je gepulseerd licht naar het materiaal, hierdoor neemt het volume van het materiaal telkens toe en weer af. Deze trilling van het materiaal veroorzaakt een geluidsgolf. Door deze geluidsgolf op te vangen, kun je bepalen waar het uitzettende materiaal zich bevindt.

We hebben gekozen voor het onderwerp fotoakoestiek, omdat we met dit onderwerp aandacht kunnen besteden aan de beide aspecten waarmee we de relevantie van de natuurkunde willen aan tonen. Ten eerste is fotoakoestiek een techniek waar momenteel onderzoek naar wordt gedaan. Bovendien is de techniek gebaseerd op het combineren van de concepten licht en geluid. Het is bij de fotoakoestiek goed mogelijk te laten zien dat het combineren van concepten, die de leerlingen bekend zijn, leidt tot een nieuwe toepasbare techniek. Vervolgens is het mogelijk om te zien of de houding van de leerlingen is verbeterd door het aantonen van deze relevantie.

Tweede reden voor dit onderwerp is dat het goed aansluit op de nieuwe module voor NiNa over Medische Beeldvorming. Dit maakt het ook in de toekomst mogelijk deze lessen eenvoudig in te passen in de NiNa-lessen. Mijns inziens is de lessenserie een nuttige aanvulling op de NiNa-module, omdat het de leerlingen inzicht geeft in het feit dat de medische beeldvorming geen stilstaand onderzoeksgebied is, maar een gebied waarin nog steeds gezocht wordt naar betere oplossingen. De module wordt binnen mijn lessen ingezet als vervolg en uitbreiding op de NiNa-module, die in het vorige kwartiel behandeld is. Het is overigens ook mogelijk de module los in te zetten, de NiNa module is geen vereiste voorkennis. Het onderzoek van Chiel beschrijft het gebruik van de module als geheel losstaande lessenserie.

Laatste reden om voor deze context te kiezen is onze achtergrond. Ik heb een achtergrond als Biomedisch Technoloog en ook Chiel, met wie ik heb samengewerkt, heeft deze studie gedaan. Wij

hebben daardoor een ruimere kennis van medische beeldvorming dan de gemiddelde docent natuurkunde. Bovendien heeft Chiel voor zijn afstuderen bij BMT onderzoek gedaan naar een toepassing van fotoakoestiek. Van deze expertise wilden wij graag gebruik maken bij ons OvO vandaar dat het ontwerp in de medische hoek ligt.

3.3 Doelstellingen

Het doel van de lessenserie fotoakoestiek is tweeledig. Ten eerste willen we met deze lessenserie de leerlingen een beeld geven van ontwikkelingen waarbij gebruik wordt gemaakt van natuurkunde, tevens willen we het nut van onderzoek duidelijk maken. Hieronder valt ook het informeren van de leerlingen over de huidige stand van zaken binnen het de medische beeldvorming. De wetenschap dat er aan elke manier van beeldvorming nog nadelen kleven en dat we daarom op zoek zijn naar vervangende of aanvullende technieken. Ook willen we de leerlingen laten zien hoe je door de combinatie van concepten een geheel nieuwe techniek kan ontwikkelen. Hiermee geef je de leerlingen twee duidelijke redenen voor het belang van het leren van de basisconcepten waarmee ze in het middelbaar onderwijs in aanraking komen.

Het eerste doel is daarmee dat de leerlingen de kennis over fotoakoestiek en onderzoeken tijdens de module moeten opdoen. Of dit doel wordt bereikt zal Chiel onderzoeken. Hiernaast is het doel van de serie dat de houding van de leerlingen ten opzichte van de natuurkunde verbeterd. Dit deel heb ik onderzocht en dit verslag focust zich daarom op de houding en motivatie van de leerlingen.

De doelstellingen die voor het onderzoek geformuleerd zijn, luiden als volgt;

- Leerlingen een beeld geven van de ontwikkelingen in het vak en van onderzoek
- De leerlingen laten zien hoe je door combinatie van relatief eenvoudige concepten een techniek kan ontwikkelen

Dit alles om het hoofddoel te bereiken; de leerlingen motiveren door hen te laten inzien dat natuurkunde overal is en niet alleen in de lessen.

3.4 Onderzoeksvraag

De hoofdvraag van mijn onderzoek luidt als volgt: Verbeterd 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?

Om een antwoord te vinden op deze vraag zal ik eveneens de volgende deelvragen beantwoorden:

- Krijgen de leerlingen met deze module een beter beeld van het hoe en waarom van natuurkundig onderzoek?
- Kunnen de leerlingen beter aangeven waar in de samenleving natuurkunde een rol speelt?
- Kunnen de leerlingen aangeven wat het nut is van onderzoek?
- Hebben de leerlingen na afloop van de lessenserie kennis over de techniek van fotoakoestiek en over onderzoeken?

Ik zal voor het beantwoorden van alle vragen gebruik maken van mijn eigen data, maar ook van de data die door Chiel verzameld zijn. Hiernaast zal ik voor het antwoord op de laatste deelvraag terugrijpen op het onderzoek van Chiel, dat zich geheel richt op het cognitieve aspect van het leren.

4 Eisen aan het ontwerp

Het programma van eisen volgt uit de doelstellingen van de lessenserie. De verzameling van eisen moet ervoor garant staan dat de doelstellingen behaald worden. Het programma van eisen is opgesteld in samenwerking met Chiel. Op deze manier hebben we ervoor gezorgd dat ons beider doelstellingen bereikt worden. In het programma van eisen zijn daarom twee categorieën van eisen te vinden, zowel de cognitieve doelstellingen als de doelstellingen op het gebied van motivatie worden genoemd.

4.1 Eisen op het gebied van de motivatie

Doelstelling van de lessenserie is dat de leerlingen erdoor gemotiveerd worden en dat hun houding ten opzichte van de natuurkunde verbetert. De belangrijkste eis aan de lessenserie is dat deze de relevantie van de natuurkunde laat zien. De relevantie wordt op verschillende manieren zichtbaar gemaakt. Allereerst wordt de leerlingen getoond dat de huidige stand van techniek nog niet perfect is, dit wordt getoond aan de hand van de huidige medische beeldvorming. Hiernaast besteedt de docent aandacht aan wetenschappelijk onderzoek. Het laatste aspect dat de relevantie aantoont, is een voorbeeld van huidig onderzoek waarin natuurkundige kennis wordt gebruikt bij het ontwikkelen van een nieuwe techniek. Het voorbeeld dat in de lessenserie gebruikt wordt is de fotoakoestiek.

4.2 Cognitieve eisen

Uit de motivatie-eisen volgen de cognitieve eisen voor de lessenserie. Wil de houding veranderen dan zijn er namelijk verschillende onderwerpen waarover de leerling kennis dient te vergaren. De verschillende cognitieve eisen staan hieronder puntsgewijs genoemd.

Na afloop van de lessenserie moet de leerling:

Voor en nadelen van de huidige technieken binnen de medische beeldvorming kunnen noemen.

- Schadelijke effecten
- Resolutie
- Kosten

Techniek achter het fotoakoestiek effect kunnen beschrijven.

- Lichtabsorptie (afhankelijkheid van materiaal en golflengte)
- Voortplanting van geluid
- Hoe je van licht geluid kan maken
- Hoe je van geluid een beeld kan maken

Een eenvoudig wetenschappelijk onderzoek op kunnen zetten.

- Hierbij onderscheid kunnen maken tussen observatie, inductie, deductie, toetsing en evaluatie.
- De leerling moet aan kunnen geven wat het belang is van het doen van onderzoek.

4.3 Inhoudelijke eisen aan de lessenserie:

De hierboven opgestelde eisen dienen vertaald te worden naar inhoudelijke eisen aan de lessenserie. In deze inhoudelijke eisen staat welke onderwerpen er tijdens de lessenserie behandeld moeten worden. Deze onderwerpen zijn zo opgesteld dat de leerlingen na afloop aan de cognitieve eisen voldoen en hiernaast een goede houding ten opzichte van de natuurkunde hebben ontwikkeld. De lessenserie moet de volgende onderwerpen bevatten.

- Stand van zaken medische beeldvorming
- Reden van onderzoek
- Hoe doe je onderzoek
- Inhoudelijke uitleg van Fotoakoestiek
 - o Concepten:
 - Reactie van weefsel op licht
 - Ultrasound (eventueel al eerder uitgelegd)
 - o Wijze van beeldvorming door combinatie van deze concepten
- Demonstratie van het principe

Op deze manier is de lessenserie zo opgezet dat het de leerling een goed beeld geeft van huidig onderzoek binnen de medische beeldvorming. Hiermee wordt de relevantie van natuurkunde inzichtelijk gemaakt, waardoor de leerlingen positiever zullen staan ten opzichte van een wetenschappelijke carrière. Een groot deel van de inhoudelijke eisen volgt uit de doelstelling van mijn onderzoek. De inhoudelijke uitleg van de fotoakoestiek is vooral van belang voor het onderzoek van Chiel, hij richt zich op de vraag of het mogelijk is de leerlingen de techniek achter de fotoakoestiek bij te brengen. Deze eis is echter in tweede instantie ook voor mij van belang, het uiteindelijk doel is namelijk dat de leerlingen de stof beter tot zich nemen omdat ze beter gemotiveerd zijn.

4.4 Praktische eisen aan de inhoud van de lessenserie

Naast de inhoudelijke eisen is het ook van belang om van te voren te bepalen welke instrumenten er gebruikt worden. Hieronder worden de verschillende instrumenten genoemd die tijdens de lessenserie gebruikt zullen worden:

- Drie lessen van 50 minuten, we hebben de studielast van de lessenserie beperkt omdat er sprake is van een uitbreiding van de reguliere stof. De belasting van de lessenserie moet niet zo groot zijn dat gebruik van de serie ervoor zorgt dat de reguliere lesstof in de knel komt. De wens is de stof binnen een blokuur te kunnen behandelen zo dat de module makkelijk ingepast kan worden tussen de reguliere lesstof.
- Bij de lessenserie hoort een module. In de module staan de theorie en opgaven over de verschillende onderdelen van de stof.
- Tijdens één van de lessen wordt een demonstratie gegeven. Dit om de fotoakoestiek dichterbij de leerlingen te brengen.

4.5 Eisen aan de doelgroep

Naast eisen aan het lesmateriaal zijn er ook eisen aan de doelgroep; het lesmateriaal wordt opgezet voor Vwo-leerlingen uit de bovenbouw. 4^e en 5^e klas leerlingen moeten er mee kunnen werken. We hebben voor deze doelgroep gekozen omdat jongere leerlingen niet de juiste voorkennis hebben. Om de stof binnen de aangegeven tijd te kunnen behandelen, is basiskennis vereist van de volgende onderwerpen: Geluid, Trillingen, Golven en Licht.

5 Methode van onderzoeken en evalueren / Materialen

Het onderzoek bestaat uit het maken van het materiaal voor de lessenserie, gevolgd door de realisatie van het onderzoek waarin de lessen worden gegeven. Voor de evaluatie wordt gebruik gemaakt van enquêtes, interviews, lesevaluaties en opdrachten, die de leerlingen gemaakt hebben. Binnen de analyse worden de evaluatiebronnen geanalyseerd. Hieruit worden conclusies getrokken met betrekking tot de gestelde doelstellingen.

5.1 Proefpersonen

Het onderzoek wordt uitgevoerd bij twee groepen. De uitvoering bij de eerste groep is door mijzelf gedaan, Chiel heeft de module onderwezen aan de tweede groep. Ik heb de lessenserie gegeven tijdens het verdiepende natuurkunde uur van 5VWO. Er zijn dit jaar zeven leerlingen die hiervoor hebben gekozen. Al deze leerlingen hebben meegedaan aan het onderzoek. De leerlingen hebben allemaal een natuurprofiel, ze volgen wiskunde, natuurkunde, scheikunde en biologie. Een deel van de leerlingen heeft wiskunde A en daarmee het profiel Natuur en Gezondheid, de andere leerlingen hebben wiskunde B en volgen het profiel Natuur en Techniek.

Chiel heeft de module fotoakoestiek gegeven tijdens de lessen NLT. Deze groep bestaat uit zes leerlingen. Binnen deze groep is meer variatie binnen de vakkenpakketten en daarmee de voorkennis van de leerlingen. In de groep van Chiel zitten drie leerlingen met alleen het profiel Natuur en Techniek, deze leerlingen hebben de natuurwetenschappelijke vakken Natuurkunde en Scheikunde. Twee van de leerlingen hebben beide natuur-profielen en de vakken Natuurkunde, Scheikunde en Biologie. Tot slot is er nog één leerling met het profiel Natuur en Gezondheid en de vakken Scheikunde en Biologie.

5.2 Indeling van de module

De module begint met een overzicht van de huidige technieken voor medische beeldvorming. In het eerste hoofdstuk wordt dit ingeleid met een uitleg waarom je in je lichaam wil kijken. Het tweede hoofdstuk beschrijft de verschillende technieken die hiervoor gebruikt worden. Het doel van dit hoofdstuk is het tonen van de voor- en nadelen van de techniek. Ook zien de leerlingen dat er geen perfecte techniek is. Hieruit kan worden geconcludeerd dat er nog steeds verbetering mogelijk is en dat er daarom onderzoek moet worden gedaan. We hebben ervoor gekozen om de nucleaire diagnostiek (PET en SPECT) niet te noemen in de module. Het zou te veel tijd kosten dit goed uit te leggen en deze uitleg draagt weinig bij aan het bereiken van de doelstellingen voor de lessenserie. De andere methodes zijn slechts kort behandeld, omdat het uitleggen van deze technieken niet het doel is van de module. De technieken worden alleen genoemd om duidelijk te maken dat er nog altijd onderzoek in de medische beeldvorming noodzakelijk is.

In het derde hoofdstuk wordt uitgelegd hoe je onderzoek doet. Er wordt genoemd dat onderzoek een cyclisch proces is en de verschillende stappen van onderzoek worden benoemd. Vervolgens zetten de leerlingen zelf een klein onderzoek op waarbij ze oefenen met het opstellen van een hypothese en het bedenken van een experiment.

Het vierde en het vijfde hoofdstuk gaan over fotoakoestiek. In hoofdstuk 4 wordt de fotoakoestiek ingeleid, in het vijfde hoofdstuk wordt ingezoomd op de techniek van fotoakoestiek. Het doel van deze hoofdstukken is de leerlingen te laten zien dat je door de koppeling van relatief eenvoudige concepten een nieuwe techniek kan ontwikkelen. Vandaar dat er wordt begonnen met een uitleg van het concept licht en vervolgens het concept geluid. Deze stof is voor de leerlingen grotendeels herhaling van de reguliere stof. Na de uitleg van de concepten wordt beschreven hoe je deze concepten kan combineren tot fotoakoestiek. Dit wordt gevolgd door een uitleg van het maken van plaatjes aan de hand van de ontvangen geluidsgolven. In de laatste paragraaf van het hoofdstuk wordt uitgelegd hoe je tumoren zichtbaar kan maken door gebruik te maken van de verschillende absorptiecoëfficiënten van weefsel en bloed. De module wordt afgesloten met een samenvattende

eindopdracht. Hier wordt de leerling gevraagd aan te geven wat het voordeel is van fotoakoestiek ten opzichte van röntgenstraling.

5.3 Demonstratieproef

In 2000 schreven Euler, Niemann et al. (2000) een artikel over het horen van licht. Daarin wordt beschreven dat het erg gemakkelijk is om het fotoakoestisch effect aan te tonen. Het enige wat je hoeft te doen is een stethoscoop vlakbij een brandende lamp houden (wel één op wisselstroom). Wanneer je dit doet zal je een geluid horen met een frequentie van 100 Hz.

Deze proef heeft 2 nadelen, ten eerste moet je een stethoscoop hebben en ten tweede is het bij deze proef mogelijk het effect op de verkeerde manier te verklaren. Studenten gaven na deze proef namelijk aan dat het geluid veroorzaakt werd door het botsten van de fotonen tegen het membraan aan, terwijl in werkelijkheid het geluid wordt veroorzaakt door het uitzetten van de lucht.

In datzelfde artikel wordt ook een tweede experiment beschreven dat deze twee problemen omzeilt. Dit experiment, dat wij gebruiken als onderdeel van de module, is hieronder beschreven:

Licht horen met een jampot

Neem een lege jampot (ongeveer 500ml) en maak een gat in het metalen deksel. Steek nu een kaars aan en houdt de vlam tegen de binnenkant van het glas. Probeer nu de helft van het glas te bedekken met roet, maar zorg dat de andere kant transparant blijft.

Doe nu het deksel weer op de jampot en houdt het gat dicht bij je oor. Laat het licht van een 60W-lamp (aansluiten op het lichtnet) op het roet vallen door de transparante kant van het potje. Je zult nu het geluid horen van het gepulseerde licht van de lamp. Dit is wat we fotoakoestiek noemen.



Figuur 1: Demonstratie fotoakoestiek

5.4 Lesindeling Fotoakoestiek

Aan de hand van de module is een lesindeling gemaakt. Hierbij was het uitgangspunt dat de gehele module in de lessen behandeld dient te worden. Bij het indelen kwamen we al snel tot de conclusie dat het niet mogelijk is alle stof in drie lessen te behandelen. Omdat we bij ons onderzoek naar de module als geheel willen kijken hebben we besloten het aantal lessen uit te breiden naar vier.

Verder is er bij de lesindeling rekening mee gehouden dat er voldoende tijd is voor de belangrijkste componenten van de module, namelijk het leren onderzoeken en het koppelen van de verschillende concepten.

Tijdens de eerste les krijgen de leerlingen informatie over de verschillende beeldvormingstechnieken die momenteel in het ziekenhuis worden gebruikt. Hierbij wordt ook aandacht besteed aan de nadelen van deze technieken. In de tweede les wordt 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 wordt de fotoakoestiek geïntroduceerd, de leerlingen wordt uitgelegd dat dit één van de technieken is waar nu onderzoek naar wordt gedaan. Tijdens de laatste les wordt ingegaan op het vormen van een afbeelding met behulp van fotoakoestiek. In de tabel hieronder is een korte opbouw te zien van de lessen. De meer uitgebreide lesvoorbereidingen zijn te vinden in de bijlage.

Tabel 1: Lesindeling

Les 1	
10 min	Enquête
15 min	Introductie borstkanker + technieken
20 min	Zelfstandig opg maken t/m 8 (alles inleveren) (Huiswerk opdracht 7)
Les 2	
10 min	Bespreken van tabel (opdracht7)
10 min	Koppeling – Waarom onderzoek – Laten zien cyclus
25 min	Opgaven maken onderzoek (tweetallen) Huiswerk – Hoofdstuk 4
Les 3	
12 min	Hoofdstuk4 “mooi” vertellen
10 min	Demo
8 min	Theoretische uitleg tot beeldvorming
25 min	Opgaven maken 17-25
Les 4	
10 min	Fotoakoestiek vanaf beeldvorming + koppeling borstkanker
20 min	Opgaven maken – tegelijkertijd interview In ieder geval eindopdracht moet gemaakt worden (huiswerk?)
15min	Evaluatie (eventueel inleveren met huiswerk)

5.5 Dataverzameling

Voor, tijdens en na afloop van de lessenserie worden data verzameld om de lessen te kunnen evalueren. Het doel van de evaluatie is erachter komen of de doelstellingen van de lessenserie bereikt zijn. Er wordt geëvalueerd of de houding van de leerlingen ten opzichte van natuurkunde is veranderd. Dit is de hoofdvraag van het onderzoek. Hiernaast wordt er ook gekeken of de leerlingen wat hebben geleerd van de module en wat hun mening is over de module.

Het uitvoeren van een enquête geeft een beeld van de mate waarin de doelstellingen bereikt zijn. Allereerst is het doel van de vragen het verkrijgen van een beeld van wat de leerlingen van de lessenserie vinden. Ten tweede een beeld van wat ze geleerd hebben van de lessenserie. Hierbij gaat het zowel om de verkregen kennis over fotoakoestiek als een eventueel veranderde houding ten opzichte van natuurkunde en wetenschap.

Ik heb de enquête zo ontworpen dat deze zowel vragen bevat die kunnen helpen bij het vinden van een antwoord op Chiels onderzoeksvragen als op die van mij. Op deze manier was het mogelijk het aantal enquêtes te beperken tot twee, eenmaal voorafgaand aan de lessenserie en eenmaal na afloop van de lessen.

Het is nodig om twee maal te enquêteren, omdat we willen meten of de lessenserie een verandering teweegbrengt. Onderwerp van de vragen van de nulmeting is kennis over onderzoek, natuurkunde en wetenschap en de mening van de leerling over deze drie onderwerpen. De enquête zal bestaan uit zowel open als gesloten vragen.

De vragen uit deze nulmeting zullen na afloop van de lessenserie nogmaals gesteld worden. Tijdens deze tweede meting zal de enquête ook vragen bevatten over de kennis die de leerlingen hebben opgedaan tijdens de lessen. Ook wordt in deze enquête de mening van de leerlingen gevraagd over de lessenserie.

De resultaten van de enquêtes worden aangevuld met een interview met enkele leerlingen. Dit interview wordt afgenomen na afloop van de lessenserie. Het onderwerp van dit interview is de mening van de leerlingen over natuurkunde/onderzoek en de lessenserie.

Samengevat zijn de vragen van de enquête op te delen in drie categorieën:

- (Hoe) is de houding van de leerlingen veranderd?
 - Zowel mening als kennis over onderzoek/natuurkunde
- Wat vonden de leerlingen van de lessenserie?
- Wat hebben ze geleerd?

Op de volgende pagina staat per onderdeel aangegeven wat er gevraagd wordt.

Hoe heeft de lessenserie de houding veranderd?

Dit deel bevat vragen over de houding van de leerlingen ten opzichte van wetenschap en natuurkunde. Er wordt gevraagd naar interesse, zelfvertrouwen en toekomstbeeld met betrekking tot deze vakgebieden.

Antwoord op deze vragen wordt verkregen door middel van zowel een enquête als een interview.

De vragen in de enquête komen uit een enquête naar interesse in natuurkunde van H.L. Tuan et al. Voor het interview zijn twee startvragen opgesteld, het is hierbij belangrijk goed door te vragen en hierbij de juiste vragen te stellen. Doel van het interview is erachter te komen wat de leerlingen denken over natuurkunde. Wanneer er tijd voor is kan het interview worden uitgebreid met vragen naar de mening van de leerling over de lessenserie of de kennis van de leerling. Het verkrijgen van informatie over deze laatste punten is echter niet het hoofddoel van het interview.

Vragen voor interview:

1. Wat is volgens jullie de reden dat je natuurkunde krijgt op school?
2. Wat moet je van natuurkunde leren?

(Wanneer ze moeite hebben antwoord te geven op gang helpen met; kennis/toepassen kennis/ begrip / formules)

Eventueel:

3. Wat vond je van de afgelopen drie lessen over onderzoek en fotoakoestiek?
4. Bespreking van de antwoorden gegeven bij de enquête

Wat vonden de leerlingen van de lessenserie?

Er wordt aan de leerlingen gevraagd of ze de lessenserie leuk, interessant en/of moeilijk vonden. Dezelfde vragen worden gesteld met betrekking tot de demonstratie.

Verder worden de volgende vragen gesteld:

- Hoeveel/wat heb je ervan geleerd?
- Als je altijd op deze manier natuurkunde zou krijgen, zou je het dan leuker/interessanter/moeilijker vinden?
- Wat vind je ervan om context-gebaseerde-natuurkunde te krijgen?

Deze vragen worden aan de leerlingen gesteld in een enquête, dit verkleint de kans op het geven van sociaal wenselijke antwoorden. Ook wordt zo voorkomen dat er sturende vragen gesteld worden aan de leerlingen.

Wat hebben de leerlingen geleerd?

Dit deel zal getest worden met behulp van toetsvragen. Niet alleen de foto-akoestische kennis moet getoetst worden, maar ook de kennis over het nut van wetenschap en onderzoek. Ook dient te worden getest of de leerling de concepten achter de fotoakoestiek heeft begrepen en weet hoe deze gecombineerd worden tot de beeldvormende techniek. Voor dit deel van de test wordt in het ideale geval een apart meetmoment genomen. Het onderdeel moet voor de leerling in ieder geval duidelijk los staan van de rest van de evaluatie.

Dit toetsmoment wordt ingebouwd in de huiswerkopdrachten die de leerlingen moeten maken. Analyse van de daar gegeven antwoorden zal inzicht geven in de opgedane kennis.

5.6 Analyse

Bij de analyse van de resultaten wordt gekeken of de lessenserie heeft geleid tot motivatie van de leerlingen voor natuurkunde. De antwoorden die de leerlingen hebben gegeven in de enquête worden geanalyseerd, hierbij is het belangrijk of er in de eindmeting een verandering is waar te nemen ten opzichte van de nulmeting.

Doel van de analyse is allereerst het krijgen van een antwoord op de vraag: Verandert de lessenserie de houding van de leerlingen ten opzichte van de natuurkunde. De vragen die hierover gesteld zijn, zijn op te delen in vier groepen die allen van een deel van de houding een beeld geven. Er zijn meerdere vragen gesteld met betrekking tot het nut van natuurkunde volgens de leerlingen. Daarnaast is de leerlingen gevraagd of ze natuurkunde leuk vinden; dit geeft een beeld van hun motivatie om natuurkunde te leren. Ook het zelfvertrouwen van de leerlingen (met betrekking tot natuurkunde) is bekeken. Ten slotte het toekomstperspectief; in hoeverre verwacht de leerling later natuurkunde te gaan gebruiken?

Voor al deze onderdelen geldt dat een positief antwoord een goede houding ten opzichte van natuurkunde inhoudt. Naast de antwoorden uit de enquête wordt ook gekeken naar de houding van de leerlingen tijdens de les en of ze gemotiveerd waren om tijdens de les met de stof aan het werk te gaan. Om op deze vraag een antwoord te krijgen worden de lesevaluaties geanalyseerd.

Naast deze directe resultaten wordt de lessenserie zelf ook nog beter onder de loep genomen. Er wordt gekeken welke aspecten oorzaak zouden kunnen zijn van de verbeterde houding en motivatie van de leerlingen.

Ook wordt er bij de analyse gekeken of er wordt voldaan aan de eisen die volgens Keller (1987) invloed hebben op motivatie. Dit zijn de volgende aspecten; Aandacht, Relevantie, Vertrouwen en Voldoening. In het literatuuronderzoek is besproken wat deze verschillende aspecten inhouden. Hieronder staat per aspect aangegeven welke vragen hiervan een beeld geven.

Ten eerste de relevantie, dit is het enige aspect waarbij we een verandering verwachten te zien tussen de lessenserie en de reguliere natuurkundelessen. Bij de analyse wordt bekeken of de leerlingen een andere mening hebben gekregen over de relevantie van de natuurkunde. Om hierop een antwoord te krijgen, worden de open vragen geanalyseerd; Wat is het nut van natuurkunde? Wat is het nut van natuurkundig onderzoek voor de samenleving? Waar kom jij in het dagelijks leven natuurkunde tegen? Ook wordt gekeken of de leerlingen het eens zijn met de stellingen: "Natuurkunde is nuttig" en "Het is belangrijk om natuurkunde te leren"

Van de andere drie aspecten verwachten wij geen verschil tussen de normale lessen en de gegeven lessenserie. De aspecten worden echter toch geanalyseerd, omdat een onbewuste verandering van deze aspecten ook invloed kan hebben gehad op de motivatie van de leerlingen.

Het eerste aspect is de aandacht. Is er hieraan evenveel aandacht besteed als bij normale lessen natuurkunde? Hiervoor moet de module vergeleken worden met het standaard studie boek en de reguliere lessen natuurkunde. Uit de lesevaluatie kan worden gehaald hoe de leerlingen reageerden op de module en lessen.

Het tweede aspect is vertrouwen, de vragen die hiervan een beeld geven zijn: "Ik ben goed in natuurkunde" en "ik weet veel van natuurkunde". Vertrouwen kan bereikt worden door te zorgen voor opgaven van verschillend niveau. Ook dit wordt bij de analyse bekeken

Ten slotte de voldoening, hiervoor wordt zowel gekeken naar de vragen over natuurkunde als over de lessenserie. De vragen die iets zeggen over voldoening zijn: "Natuurkunde is nuttig", "Natuurkunde is leuk", "Ik heb veel geleerd van de lessen fotoakoestiek", "De lessen waren nuttig/leuk" en "de demonstratie was nuttig/leuk". Voldoening kan ook extrinsiek zijn, in dit geval kan een positievere beoordeling in de vorm van een cijfer voor extra voldoening zorgen.

6 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de verschillende evaluaties van de lessenserie besproken. Hierbij wordt gekeken of de houding van de leerlingen veranderd is volgens de verschillende evaluaties. Hierbij wordt aandacht besteed aan de motivatie van de leerlingen en de door de leerlingen aangegeven relevantie van de natuurkunde.

Hiernaast wordt de lessenserie geëvalueerd om te bepalen in welke mate de verschillende motivatiefactoren in de lessen zijn voorgekomen. Wanneer de motivatiefactoren helder zijn kan een uitspraak worden gedaan over welke factoren de verandering in de houding veroorzaakt kunnen hebben. De ruwe data, verzameld met de evaluaties, kunnen worden gevonden in de bijlagen van het verslag.

6.1 Houding van de leerling

Het beeld over de houding van de leerling ten opzichte van de natuurkunde kan verkregen worden door de leerlingen hierover te ondervragen. Dit is gebeurd in de vorm van een enquête en een interview. De enquête is zowel voor als na de lessenserie afgenomen, het interview heeft plaatsgevonden na afloop van de lessen. De resultaten van de enquête, die zowel uit open als gesloten vragen bestond, en het interview zijn hieronder samengevat. De complete data is te vinden in de bijlage.

Mening over natuurkunde

De leerlingen zijn verschillende vragen gesteld om te bepalen wat hun mening over natuurkunde is. Deze vragen zijn voor en na de lessenserie gesteld, in de tabel te zien als de resultaten van de nul-eind-meting. In de tabel is te zien dat er niet veel verschuivingen zijn tussen de twee metingen. De leerlingen zijn iets positiever geworden over het nut van de natuurkunde, het leren van natuurkunde en of natuurkunde leuk is. Bij de laatste vraag “ik ga later natuurkunde gebruiken in mijn werk” is de grootste verandering te zien. Wanneer de antwoorden van de leerling zonder natuurkunde bij deze vraag niet worden meegenomen is zelfs sprake van een significante verandering.

Tabel 2: Mening van de leerlingen over natuurkunde

<u>Jouw mening over natuurkunde:</u>		volledig eens	eens	neutraal	oneens	volledig oneens
Natuurkunde is nuttig	nul	6	6	1		4,4
	eind	8	3	2		4,5
Het is belangrijk om natuurkunde te leren	nul	2	6	4	1	3,7
	eind	3	5	5		3,8
Natuurkunde is leuk	nul	1	6	5	1	3,5
	eind	2	5	5	1	3,6
Ik ga later natuurkunde gebruiken in mijn werk	nul		5	5	3	3,2
	eind	1	7	4		1 3,5

Het gemiddelde cijfer voor natuurkunde is van een $6,9 \pm 0,8$ naar een $7,2 \pm 0,8$ gegaan. Dit is geen significante verandering volgens t-toets. Wat wel opvalt, is dat de cijfers dichter bij elkaar te komen te liggen. De leerlingen die natuurkunde al leuk vonden, vinden dit nog steeds. De leerlingen die eerst een laag cijfer gaven beoordelen de natuurkunde nu vaak positiever. En is maar één leerling die bij de eindmeting een lager cijfer geeft dan bij de nulmeting. Over de lessenserie is deze leerling overigens wel positief, de verandering zou veroorzaakt kunnen zijn door het lastige onderwerp dat besproken werd tijdens de parallel gegeven normale natuurkundelessen.

Als motivatie voor het cijfer geven veel van de leerlingen aan dat ze het vak niet leuk vinden (8) en dat het moeilijk is (7). Daarentegen geven de leerlingen wel aan het vak nuttig te vinden. Het punt nuttig wordt in de eindmeting zelfs nog iets vaker genoemd dan bij de nulmeting. Twee leerlingen extra geven nu aan het vak nuttig te vinden en de leerling die het vak niet nuttig vond geeft dat bij de eindmeting niet meer aan. Bij de gesloten vragen is echter geen verandering te zien bij de antwoorden op de stelling “natuurkunde is nuttig”, zie hiervoor Tabel 2.

Relevantie natuurkunde in het algemeen

Naast de gesloten vragen over de mening ten opzichte van de natuurkunde is er een drietal vragen gesteld over het nut van de natuurkunde. De leerlingen is gevraagd een antwoord te geven op de volgende vragen:

- 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?

Deze vragen zijn zowel voor het begin van de lessenserie als achteraf gesteld, om te zien of de lessenserie invloed had op de ideeën van de leerlingen hierover. De leerlingen gaven uiteenlopende antwoorden op de verschillende vragen, de complete antwoorden zijn te vinden in bijlage 11.6 en 11.7.

Het nut van natuurkundig onderzoek is volgens de leerlingen uit Almelo het begrijpen van de wereld om ons heen. Na de lessenserie werd dit uitgebreid met het daarmee ontwikkelen van nieuwe technieken. De ontwikkeling van nieuwe technieken werd bij de andere klas al bij de nulmeting genoemd. Bij deze klas was geen verschil tussen de nul- en eind-meting, misschien dat dit aspect bij de lessen NLT al vaker naar voren is gekomen.

Op de tweede open vraag werden korte antwoorden gegeven, maar de leerlingen waren het wel allemaal eens op het nut van onderzoek voor de samenleving. De samenleving heeft natuurkunde nodig bij het ontwikkelen en het verbeteren van producten. Deze ontwikkelingen worden vervolgens door de samenleving gebruikt. Deze vraag werd niet anders beantwoord voor of na de lessenserie.

Ten slotte komen de leerlingen natuurkunde op verschillende plaatsen tegen. De één ziet de natuurkunde overal, de ander vooral bij sport en ook op school wordt veel natuurkunde gezien. Opvallend aan dit laatste antwoord is dat niet alle leerlingen natuurkunde tegen zeggen te komen in de producten die ze dagelijks gebruiken, terwijl ze wel antwoorden dat natuurkunde nodig is om diezelfde producten te ontwikkelen en te verbeteren.

Er is bij de open vragen een klein verschil te vinden tussen de antwoorden van de nulmeting en die van de eindmeting. Uit de antwoorden blijkt dat de leerlingen in Almelo een uitgebreider beeld hebben gekregen bij het nut van natuurkundig onderzoek.

Naast de open vragen zijn er ook gesloten vragen gesteld met betrekking tot de relevantie. In de gesloten vragen is gefocust op de relevantie van de lessenserie zelf. De resultaten hiervan zijn te zien in tabel 3. Opvallend aan de antwoorden is dat de leerlingen erg positief zijn over de lessenserie. De lessen werden nuttig genoemd, ze hebben er veel van geleerd en waren ook nog eens leuk om te volgen. De antwoorden op deze vragen geven aan dat de houding van de leerlingen ten opzichte van de lessen positief was, de leerlingen waren geïnteresseerd wat op zichzelf al een zeer positief resultaat is.

Tabel 3: Relevantie van de lessen

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

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

Er is als aanvulling op de open vragen is ook nog aan de leerlingen gevraagd wat ze van geleerd hebben dan de lessen. Hierop gaven zij de volgende antwoorden:

Negen van de dertien leerlingen noemen dat ze hebben geleerd hoe fotoakoestiek werkt. Enkelen noemen hierbij ook dat ze hebben geleerd wat de verschillen zijn tussen technieken voor medische beeldvorming. Twee leerlingen noemen dat ze hebben geleerd hoe je een onderzoek opzet. Eenmaal wordt genoemd dat je bij de lessenserie leert hoe natuurkunde wordt toegepast in het ontwikkelen van medische apparatuur. Ten slotte noemt één leerling dat hij heeft gezien dat biologie en natuurkunde met elkaar samenhangen.

De antwoorden op deze open vraag zijn niet geheel in overeenstemming met de antwoorden op de gesloten vragen. Zo wordt er bij de gesloten vragen door alle leerlingen aangegeven dat ze nu weten hoe je een onderzoek opzet. De oorzaak hiervan kan zijn dat de leerlingen bij de open vraag enkel hebben opgeschreven wat volgens hen het belangrijkste was van de lessenserie. Uit de gesloten vragen en de opdrachten blijkt dat de leerlingen meer hebben opgestoken dan wat ze noemen bij de open vragen.

Resultaten interview

Tijdens de laatste les van de serie heb ik de leerlingen kort geïnterviewd. En ze gevraagd of ze konden vertellen waarom ze dachten natuurkunde te krijgen op school. Ik heb deze vragen gesteld aan de twee en drietallen die al samen aan het werk waren.

Het eerste tweetal gaf als antwoord dat je natuurkunde leert omdat je daar veel regels en wetten leert. Deze helpen je om de wereld te snappen. Je kunt veel dingen berekenen met de kennis die je bij natuurkunde opdoet. Verder is het handig om natuurkunde te kunnen als je hier later in je werk iets mee wil gaan doen. Bijvoorbeeld als je wetenschapper of arts wordt. In het dagelijks leven kwamen de jongens natuurkunde tegen in hun telefoon, fiets en dat soort producten.

Het tweede tweetal deed natuurkunde omdat dat moest voor hun profiel. Eén van de twee gaf aan liever scheikunde te doen dan natuurkunde. Dit tweetal kwam niet verder dan dat het verplicht was.

Ze kwamen ook niet tot een uitgebreider antwoord met vragen als; waarom denk je dat de overheid heeft bedacht dat het een goed idee is om natuurkunde te onderwijzen op de scholen? Op de vraag of ze wel eens natuurkunde in het dagelijks leven tegenkwamen antwoorden ze dat ze dit weleens zagen bij sport (speerwerpen) of achtbanen.

Het laatste drietal kwam bij de eerste vraag met een vergelijkbaar antwoord als de heren van het eerste tweetal. Dit groepje heb ik ook gevraagd of ze weleens natuurkunde tegenkomen in het dagelijks leven. Hierover verschilden de meningen. De eerste leerling was hier totaal niet mee bezig, ze vond drie uur natuurkunde per week wel meer dan genoeg. Een ander gaf echter aan de natuurkunde ook buiten de les te gebruiken om dingen te verklaren, ze weet nu hoe een auto rijdt en dat wist ze vroeger niet. Na deze verduidelijking van natuurkunde buiten school gaven de andere twee van het groepje aan dit ook wel eens te hebben, maar daar waren ze dan niet bewust mee bezig.

De leerlingen uit Aalten vinden natuurkunde belangrijk om te kunnen onderzoeken, om verschijnselen te verklaren en voor algemene kennis. Ook gebruiken ze de natuurkunde bij andere vakken, vooral bij scheikunde. Van natuurkunde hebben ze geleerd hoe verschillende technieken werken. De jongens geven aan de ze bij natuurkunde graag de stof willen begrijpen en niet alleen de formules willen leren.

Samenvatting

Uit de resultaten van de enquête en het interview blijkt dat de houding van de leerlingen ten opzichte van de lessenserie erg goed is. Ze zijn hierover positief, het was nuttig, leuk en ze hebben er veel van geleerd. De houding ten opzichte van de natuurkunde is minder positief. Ook dit wordt nuttig gevonden en het is volgens de leerlingen belangrijk om het te leren, hun mening hierover is echter minder uitgesproken. Na afloop van de lessenserie is er wel een verschil te vinden in de houding, er geven bij de eindmeting meer leerlingen aan de ze van plan zijn natuurkunde in hun beroep te gaan gebruiken. Uit de data is niet te vinden of dit wordt veroorzaakt door een vergrote interesse in de natuurkunde of een breder beeld van wat de natuurkunde allemaal omvat. Maar in beide gevallen is dit een positief resultaat te noemen.

6.2 Motivatiefactoren binnen de lessenserie

De houding van de leerlingen wordt sterk beïnvloed door de motivatie van de leerlingen. De verandering van houding kan wellicht verklaard worden doordat de motivatie van de leerlingen veranderd is. Om hierover meer te kunnen zeggen heb ik gekeken of er aspecten aanwezig waren in de lessen die een mogelijke invloed kunnen hebben op de motivatie van de leerling. Zoals eerder genoemd zijn er volgens Keller (1987) vier aspecten die hierbij van belang zijn; Aandacht, Relevantie, Vertrouwen en Voldoening. Deze aspecten worden hieronder één voor één besproken.

Relevantie

Tijdens alle lessen is door de beide onderzoekers veel aandacht besteed aan de relevantie van de stof. Er is telkens duidelijk uitgelegd wat het doel van de lessen was en wat de leerlingen waarom moesten leren. Vooral tijdens de eerste twee lessen is er aandacht besteed aan de relevantie van natuurkunde in het algemeen. In de eerste les werd duidelijk dat huidige technieken nog niet perfect zijn. De tweede les focuste op het gebruik van natuurkunde binnen het onderzoek om producten te verbeteren. In de laatste twee lessen, waarin de fotoakoestiek werd uitgelegd, kwam de relevantie zijdelings aan bod. De leerlingen combineerden hier de hun bekende kennis tot begrip van de fotoakoestiek. In vergelijking met de reguliere natuurkundelessen werd er binnen de lessenserie meer aandacht besteed aan de motivatiefactor relevantie. De nadruk is meer gelegd op de context en het gebruik van concepten binnen deze context. In de vorige paragraaf over de houding van de leerling is besproken wat de mening van de leerlingen is over de relevantie van de lessenserie en van de natuurkunde in het algemeen. Hieruit blijkt dat de grotere aandacht voor de relevantie heeft geleid tot een beter beeld van de leerlingen. Natuurkunde wordt zowel voor als na de lessenserie nuttig gevonden en hiernaast geven de leerlingen vaker aan dat ze verwachten de natuurkunde te gaan gebruiken in hun werk.

Aandacht

Aandacht is een belangrijke voorwaarde voor leren, zonder aandacht zal de leerling weinig leren. In het literatuur onderzoek is beschreven op welke manieren je er voor kan zorgen de aandacht te krijgen. Tijdens de lessen hebben we verschillende van deze manieren gebruikt. In de eerste les zijn de leerlingen begonnen om zelf te onderzoeken en te bedenken wat de voor en nadelen van de huidige technieken zijn. Het onderwerp is concreet gemaakt door het te hebben over het onderzoek zoals dat nu gebeurt in Oldenzaal, Chiel heeft dit zelfs uitgebreid met het laten zien van filmpjes en mooie extra plaatjes van dit onderzoek. Binnen de lessen hebben we gezorgd voor genoeg variatie, wisselingen tussen instructie, OLG, filmpjes, opgaven maken en demonstratie. De demonstratie zorgde naast de variatie ook voor het concreet maken van het onderwerp. De leerlingen gaven aan dit te waarderen, ze hadden baat bij dit tastbare voorbeeld. De aandacht voor dit aspect van de motivatie was binnen de lessenserie niet groter dan bij andere lessen. Ook binnen de reguliere lessen maken de docenten gebruik van variatie tussen de werkvormen, ook binnen deze lessen komen het OLG, filmpjes en demonstraties aan bod.

Vertrouwen

De leerlingen hadden vaak de opgaven al af aan het eind van de les. Ook hadden ze niet veel hulp nodig bij het maken van de opgaven. Dit soort succeservaringen is goed voor het zelfvertrouwen van de leerlingen. Uit de antwoorden van de leerlingen in de enquête blijkt dat hun zelfvertrouwen qua natuurkunde niet is veranderd. Ze geven bij de eindmeting grotendeels dezelfde antwoorden als bij de nulmeting. Er is een minimale verschuiving te zien in de antwoorden, één van de leerling vind na afloop dat hij erg goed is in natuurkunde. Wat betreft het idee over de kennis van natuurkunde is te zien dat de leerlingen achteraf denken iets lager te scoren. Deze verschillen zijn echter niet significant. Een verklaring voor de verschuiving zou kunnen zijn dat de leerlingen tijdens de

lessenserie hebben gezien dat natuurkunde erg breed is, en vervolgens tot de conclusie kwamen dat er nog veel onderdelen van de natuurkunde zijn waarvan ze niet zo veel weten.

Kanttekening bij de gegevens in de tabel is dat er één leerling heeft deelgenomen aan de lessenserie die geen natuurkunde in haar pakket heeft, deze leerling blijkt duidelijk lager te scoren op vertrouwen dan de andere leerlingen.

Tabel 4: Zelfvertrouwen betreffende natuurkunde

		volledig eens	eens	neutraal	oneens	volledig oneens	
Ik ben goed in natuurkunde	nul		6	4	2	1	3,2
	eind	1	5	4	2	1	3,2
Ik weet veel van natuurkunde	nul		6	4	3		3,2
	eind		4	6	3		3,1

Voldoening

Aan het aspect voldoening is tijdens de lessen niet zo veel aandacht besteed. Wel zijn de leerlingen geprezen om hun werkhouding. Ook zijn de huiswerkopgaven gedeeltelijk al tijdens de lessenserie nagekeken, zo konden de resultaten al snel aan de leerlingen worden teruggekoppeld. De leerlingen kregen hierdoor een goed idee van de kwaliteit van hun werk.

In de enquête is de leerlingen gevraagd naar de leerdoelen die ze dachten bereikt te hebben, de antwoorden op deze vragen geven ook een beeld van de voldoening. De resultaten van deze vragen staan in de onderstaande tabel. De leerlingen geven aan veel geleerd te hebben tijdens de lessenserie en zeggen te weten hoe fotoakoestiek werkt en hoe je een onderzoek opzet. Dit wijst erop dat lessen serie voor genoeg voldoening heeft gezorgd wat betreft de leeropbrengsten.

Tabel 5: Mening over de lessenserie

<u>Jouw mening over de lessen serie (Data Almelo):</u>	volledig eens	eens	neutraal	oneens	volledig oneens
Ik heb veel geleerd van de lessen fotoakoestiek	3	3	1		
Ik snap hoe fotoakoestiek werkt	2	4	1		
Ik weet hoe je een onderzoek opzet		4	3		
<u>Jouw mening over de lessen serie (Data Aalten):</u>	volledig eens	eens	neutraal	oneens	volledig oneens
Ik heb veel geleerd van de lessen fotoakoestiek	5	1			
Ik snap hoe fotoakoestiek werkt	5	1			
Ik weet hoe je een onderzoek opzet		4	2		

Hiernaast is de leerlingen gevraagd wat voor cijfer ze aan de lessenserie geven. De leerlingen geven een 8,3 voor de lessenserie met een standaarddeviatie van $\pm 0,4$. Dit is significant hoger dan de cijfers die ze hebben gegeven voor natuurkunde in het algemeen. Als motivatie hiervoor wordt genoemd dat de lessen leuk, interessant, nuttig en leerzaam waren. De lessen waren leuk omdat er een duidelijke context was met goede voorbeelden; omdat het over iets echt nieuws ging en omdat het onderwerp aansprak. Sommige opdrachten waren wel moeilijk. Deze punten werden naast de enquête ook in het interview genoemd.

De leerlingen in Almelo vonden de lessen leuker dan de gewone natuurkunde. Deze lessen waren anders omdat het makkelijker en leuker was en omdat de context ze aansprak. Ook is er bij deze lessen meer tijd om uit te leggen, dit is het voordeel van een les met 7 leerlingen ten opzichte van

een klas met 21. De leerlingen gaven ook aan het fijn te vinden eerst uitleg te krijgen en daarna aan het werk te gaan. Dit was vooral voor de leerlingen die natuurkunde hebben van mijn collega een verandering ten opzichte van de normale lessen. Doorslaggevend voor het leuker zijn van de lessen was dat je bij deze lessen veel beter snapte waarover het ging en waarom je dat moest leren.

In Aalten gaven de leerlingen aan dat de serie ook zonder natuurkunde goed te maken is. De formules waren niet te moeilijk en het niveau was vergelijkbaar met normale natuurkunde lessen. Dit is een opvallend verschil met Almelo waar de leerlingen aangaven de stof van de module makkelijker te vinden. Het onderwerp werd op beide scholen interessant gevonden, en de leerlingen hadden er nog nooit over gehoord. De leerlingen van Chiel zagen een opvallende overgang tussen de biologie en de natuurkunde, in Almelo werd dit niet opgemerkt.

De resultaten lijken erop dat de voldoening bij de lessenserie groter was dan bij de reguliere lessen. De oorzaak hiervan is waarschijnlijk dat de leerlingen de lessen leuker en leerzamer vonden. Het idee dat je veel leert van het volgen van de les heeft een positieve invloed op de voldoening die de lessen de leerlingen geven.

Samenvatting

Voor de motivatiefactoren aandacht en vertrouwen geldt dat er hierin geen verschil is tussen de reguliere lessen en de gegeven lessenserie. Er is in de lessenserie geen extra aandacht besteed aan het trekken en houden van de aandacht of aan het kweken van vertrouwen bij de leerlingen. Dit is ook in de resultaten van de enquête terug te zien. Voor de andere twee motivatiefactoren is te zien dat er hierin wel een verschil aanwezig is. Voor de relevantie is dit niet meer dan logisch, dit was namelijk de insteek van het onderzoek. Het is mooi om te zien dat het is gelukt om door het toevoegen van de context de lessen relevanter te maken voor de leerlingen. Hiernaast is te zien dat de voldoening van de leerlingen eveneens groter is bij de lessenserie. Dit was van te voren niet het doel van de lessenserie, maar het is wel logisch dat ook hier een verandering is waar te nemen. De relevantie heeft er namelijk voor gezorgd dat de leerlingen de lessen nuttig vonden. En het volgen van een nuttige les, waarbij je het gevoel hebt veel te leren, geeft de leerlingen meer voldoening.

7 Conclusie

Met mijn onderzoek heb ik gekeken of de houding van leerlingen ten opzichte van de natuurkunde verandert, wanneer er lesstof wordt aangeboden vanuit een relevante context voor de leerlingen. Volgens onderzoek is relevantie namelijk één van de vier factoren die een les moet bevatten om de leerlingen te kunnen motiveren.

De relevantie is aangebracht in de stof door de lessen op te zetten vanuit het onderwerp fotoakoestiek. Dit is een nieuwe methode voor fotoakoestiek, die momenteel nog in ontwikkeling is. De lessenserie begint met het duidelijk maken van de imperfecties binnen de huidige methode. Vervolgens wordt uitgelegd dat perfectionering te bereiken is door onderzoek te doen. Het voorbeeld fotoakoestiek geeft vervolgens aan dat je bij het doen van onderzoek natuurkundige kennis kan gebruiken, zo worden bij de fotoakoestiek de concepten licht en geluid gecombineerd tot een nieuwe veelbelovende techniek.

Met verschillende evaluatiemethodes is onderzocht of deze aangebrachte relevantie de mening van de leerlingen heeft veranderd. Er is gebruik gemaakt van lesevaluaties en een interview met de leerlingen. Daarnaast hebben de leerlingen tweemaal een enquête ingevuld. Combinatie van deze verschillende methodes heeft geleid tot goede resultaten en de volgende conclusie:

De houding van de leerlingen is verbeterd door de lessenserie. De leerlingen geven aan dat ze de lessen leuk en nuttig vonden en zijn het na afloop van de lessenserie meer eens met de stelling “ik ga later natuurkunde gebruiken in mijn werk”. De oorzaak hiervan blijkt de grotere aandacht voor relevantie en context in de lessenserie te zijn. Dit heeft de leerlingen laten zien dat natuurkunde meer is dan wat er in hun studieboek staat. Naast de verbeterde houding is er nog een positief punt te noemen van het duidelijk maken van de relevantie. De leerlingen hebben namelijk ook zelf aangegeven deze context zeer te waarderen. Ze zeggen dat hierdoor duidelijk wordt, waarom ze de stof moeten leren en geven aan het gevoel te hebben dichter bij de stof te staan. Dit gegeven gebruiken ze als motivatie voor hun positieve beoordeling van de lessen.

8 Discussie

Zoals in de conclusie te lezen is, is de houding van de leerlingen ten opzichte van de natuurkunde verbeterd. Uit de resultaten volgt dat dit waarschijnlijk veroorzaakt wordt door het aanbieden van de stof binnen een relevante context. Hiernaast geven de leerlingen ook aan dat ze het waarderen dat hen duidelijk wordt gemaakt waarom ze de stof moeten leren en waar ze de natuurkunde tegen kunnen komen.

Er zijn echter wel wat kanttekeningen te plaatsen bij het onderzoek, allereerst was de proefpersoonpopulatie erg klein. Bovendien zou het kunnen zijn dat er een leereffect is opgetreden door het toetsen van de leerlingen. Het laatste punt dat de resultaten beïnvloed kan hebben, is het feit dat er is gewerkt met de pilot-versie van het materiaal. Er zaten hierdoor nog foutjes in de module. Deze drie punten worden hieronder besproken.

8.1 Proefpersonen

Ik heb de lessen gegeven tijdens het verdiepingsuur natuurkunde. Dit doet vermoeden dat de lessen zijn gegeven aan de leerlingen met een bovengemiddelde interesse in natuurkunde. In werkelijkheid bestonden de klas echter uit een gevarieerde selectie van de lichte 5V. Er zaten namelijk wat leerlingen bij die dachten dat het verdiepingsuur een ondersteuningsuur was en ook enkele leerlingen die deze les volgden omdat ze anders niet genoeg lessen hadden in een jaar.

Chiel heeft zijn lessen gegeven aan de NLT-klas op zijn school. In deze klas zit één leerling die geen natuurkunde heeft in haar pakket. Uit de resultaten is te zien dat ook voor deze leerling de lessen goed te volgen zijn en ook gaf zij aan de lessen interessant te vinden. Deze leerling antwoordt echter als enige ontkennend op de vraag “ik ga later natuurkunde gebruiken in mijn werk”. Uit dit antwoord blijkt dat het dan wel gelukt is om leerlingen die neutraal dachten over deze vraag meer te motiveren. Het is echter met deze vier lessen niet is gelukt de leerling die bewust geen natuurkunde heeft gekozen ervan te overtuigen dat ze dit later in haar werk wel tegen zal komen.

8.2 Toetsing en evaluatie

Verwachting was dat er misschien een ongewenst leereffect op zou treden doordat de open vragen over het nut van natuurkunde tweemaal gesteld werden. In de resultaten is hier gelukkig niets van te zien, simpelweg omdat er geen verandering was te zien in de antwoorden. Bij een herhaling of uitbreiding van dit onderzoek is het wel van belang hier bij stil te staan en te kijken of er een manier is om dit leereffect uit te sluiten.

Hiernaast is het bij een vervolgonderzoek van belang dat er wordt gewerkt met een controlegroep. In mijn onderzoek was hier geen sprake van, omdat we er vanuit gingen dat alleen de lessenserie invloed zou hebben op de houding van de leerlingen. Tijdens het onderzoek werd er echter een lastig onderwerp behandeld in de normale lessen. Het lijkt erop dat dit wel invloed heeft gehad op de houding van de leerlingen. Het antwoord op de vragen “ik ben goed in natuurkunde” en “ik weet veel van natuurkunde” (zie Tabel 4) zou negatief beïnvloed kunnen zijn door de lessen over elektromagnetisme, die tijdens het onderzoek aan de leerlingen werden gegeven.

8.3 Ontwerpproces

Bij de lessenserie is gebruik gemaakt van een eerste versie van de module. Tijdens het geven van de lessen liepen we nog tegen verschillende punten aan die verbeterd kunnen worden. Belangrijkste punt van aandacht is de onduidelijkheid van sommige opgaven. Het was de leerlingen niet altijd duidelijk wat ze moesten doen. Dit was niet bevorderlijk voor de motivatie. De negatieve invloed werd bij dit onderzoek beperkt omdat er werd gewerkt met kleine groepen. Hierdoor konden leerlingen snel geholpen worden en werd onzekerheid snel weggenomen. Het is van belang de opdrachten nogmaals te controleren op duidelijkheid voordat de module aan een andere/ grotere klas wordt aangeboden. Hiernaast ontbraken er nog enkele onderdelen in de eerste versie van de

module; de studiebelasting ontbrak, de illustratieverantwoording was niet toegevoegd. En de demonstratie was nog niet beschreven. Het ontbreken van deze onderdelen is vooral onhandig wanneer de module door andere docenten gegeven wordt. Ik verwacht dat het geen invloed heeft gehad op de relevantie van de natuurkunde en daarmee de resultaten van het onderzoek. Na afloop van de lessenserie zijn deze onderdelen alsnog aan de module toegevoegd, zoals te zien is in de bijlage.

8.4 Aanbevelingen

Uit mijn onderzoek is gebleken dat de motivatie van de leerlingen is verbeterd door het aanbieden van stof vanuit een relevante context. Binnen mijn onderzoek zijn er geen sterke significante veranderingen aan te tonen. De oorzaak hiervan ligt waarschijnlijk in de kleine groep waarop de module getest is. Ik beveel daarom aan het onderzoek nogmaals te doen met een grotere groep leerlingen. Binnen dit onderzoek zal ook een controlegroep moeten worden opgezet, die reguliere lessen krijgt in plaats van de medische beeldvorming. Er lijkt nu namelijk sprake te zijn van een beïnvloeding van de resultaten door het lastige natuurkunde-onderwerp dat tegelijk met het onderzoek werd onderwezen aan de leerlingen.

Voordat begonnen wordt met het vervolgonderzoek zullen er nog enkele aanpassingen kunnen worden gedaan aan de modules. Mijn aanbeveling is een korte docentenhandleiding te schrijven bij de module. Hieruit moeten de doelstellingen van de lessenserie blijken, zodat de docent de module met de juiste insteek onderwijst. Verder dient er in de handleiding een richtlijn te staan voor de stof per les en een omschrijving van de studielast. Hiernaast moeten de opdrachten nogmaals kritisch bekeken worden en eventueel worden aangepast qua formulering. Verder raad ik aan bij de lessen de vernieuwde module te gebruiken, waar de demo is ingevoegd en waarin de studielast voor de leerlingen te vinden is.

9 Procesevaluatie

Tijdens mijn onderzoek heb ik nauw samengewerkt met Chiel Grijssen. De oorspronkelijke reden om samen te werken aan ons OvO was dat we beide ons onderzoek over fotoakoestiek wilden doen. Chiel's drijfveer hiervoor was zijn achtergrond en afstuderen, waarbij hij onderzoek heeft gedaan naar fotoakoestiek. Ik wilde de fotoakoestiek gebruiken als uitbreiding op de module medische beeldvorming die ik op school had gegeven. Omdat het niet handig is met zijn tweeën tegelijk te proberen hetzelfde wiel uit te vinden, hebben we besloten samen te werken bij ons onderzoek.

Omdat er geen lesmateriaal is over de fotoakoestiek hebben wij dit zelf moeten ontwikkelen. Hiernaast moest er tegelijkertijd worden nagedacht over de dataverzameling, zodat er achteraf een analyse mogelijk was en het mogelijk werd een conclusie te trekken. Omdat Chiel al helemaal in de technische kant van de fotoakoestiek zat heeft hij het opzetten van de module op zich genomen. Terwijl hij daarmee bezig was heb ik bedacht hoe we de data konden verzamelen en de enquête opgesteld. Tussendoor hebben wij elke versie van elkaars werk bekeken en elkaar feedback gegeven. Zo hebben we ervoor gezorgd dat zowel de module als de dataverzameling van goede kwaliteit waren. Een voordeel van het effectief verdelen van het werk was dat er hierdoor tijd overbleef voor het ontwikkelen van een demonstratieproef. Dit heeft eveneens een positieve invloed gehad op de lessenserie.

Hoewel we met dezelfde context bezig waren, zijn Chiel en ik telkens bezig geweest met onze eigen doelstellingen. Chiel's doelstelling is bepalen of het mogelijk is om de leerlingen de techniek achter de fotoakoestiek bij te brengen. De doelstelling van mijn onderzoek was daarentegen kijken of de leerlingen gemotiveerd worden door het op context gebaseerde lesmateriaal. Bij het opstellen van de evaluatiemethodes hebben we ervoor gezorgd dat er onderzoek werd gedaan naar beide doelstellingen. We hoefden de leerlingen dus niet te vragen verschillende enquêtes in te vullen. Om dit mogelijk te maken hebben we ook in het latere stadium veel contact gehad. Verder hebben we ervoor gezorgd dat de module zo was ingedeeld dat er aan beide doelstellingen werd voldaan.

De analyse van de resultaten hebben we elk voor zich uitgevoerd. De reden hiervoor was dat de aspecten die we hiermee wilden aantonen redelijk ver van elkaar af lagen. Het was hierdoor mogelijk de analyse afzonderlijk uit te voeren, zonder dubbel werk te doen. Zoals af te leiden uit onze doelstellingen heeft Chiel heeft bij de analyse meer gericht op de cognitieve aspecten, ik heb me bezig gehouden met de motivatie. Deze opzet heeft ervoor gezorgd dat we beide aspecten grondig konden onderzoeken. We hebben bij onze analyses ook gebruik gemaakt van de data die door de ander verzameld was. Dit zorgde voor een verdubbeling van de proefpersonenpopulatie.

De oorspronkelijke opzet was dat we bij het schrijven van het eind verslag ook elkaars conclusies zouden gebruiken, om zo de resultaten beter te onderbouwen. Helaas is het niet gelukt om tot het eind van het proces in het zelfde tempo door te blijven werken, waardoor het voor mij niet maar haalbaar was om het resultaat van Chiel te verwerken in mijn verslag. Hiermee komen we ook aan bij het enige eventuele nadeel van het samenwerken aan een onderzoek. Het samenwerken zorgt ervoor dat je minder flexibel bent bij het doen van het onderzoek en bij het plannen van de verschillende activiteiten. Dit lijkt aan het eind van het traject wat negatief uit. Ik ben echter wel van mening dat het samenwerken ons tijdens het traject heeft geholpen. Door de samenwerking is het makkelijk om de goede kant op te blijven gaan met het werk en niet te veel zijspoorjes mee te pakken. Je word er door elkaar snel op gewezen als je dreigt de grote lijn te verliezen. Hiernaast heeft de inflexibiliteit van de planning en volgens mij voor gezorgd dat de uitloop van de planning en het verplaatsen van deadlines tot een minimum beperkt is gebleven.

10 Referenties

Barmby, P., P. M. Kind, et al. (2008). "Examining changing attitudes in secondary school science." International Journal of Science Education **30**(8): 1075-1093.

Commissie Vernieuwing Natuurkunde onderwijs (2006) Natuurkunde leeft.

Euler, M., K. Niemann, et al. (2000). "Hearing light." The Physics Teacher **38**(6): 356-358.

Keller, J. M. (1987). "Development and use of the ARCS model of instructional design." Journal of Instructional Development **10**(3): 2-10.

Kitts, K. (2009). "The paradox of middle and high school students' attitudes towards science versus their attitudes about science as a career." Journal of Geoscience Education **57**(2): 159-164.

Miller, J. D. (1992). "Toward a scientific understanding of the public understanding of science and technology." Public Understanding of Science **1**(1): 23-26.

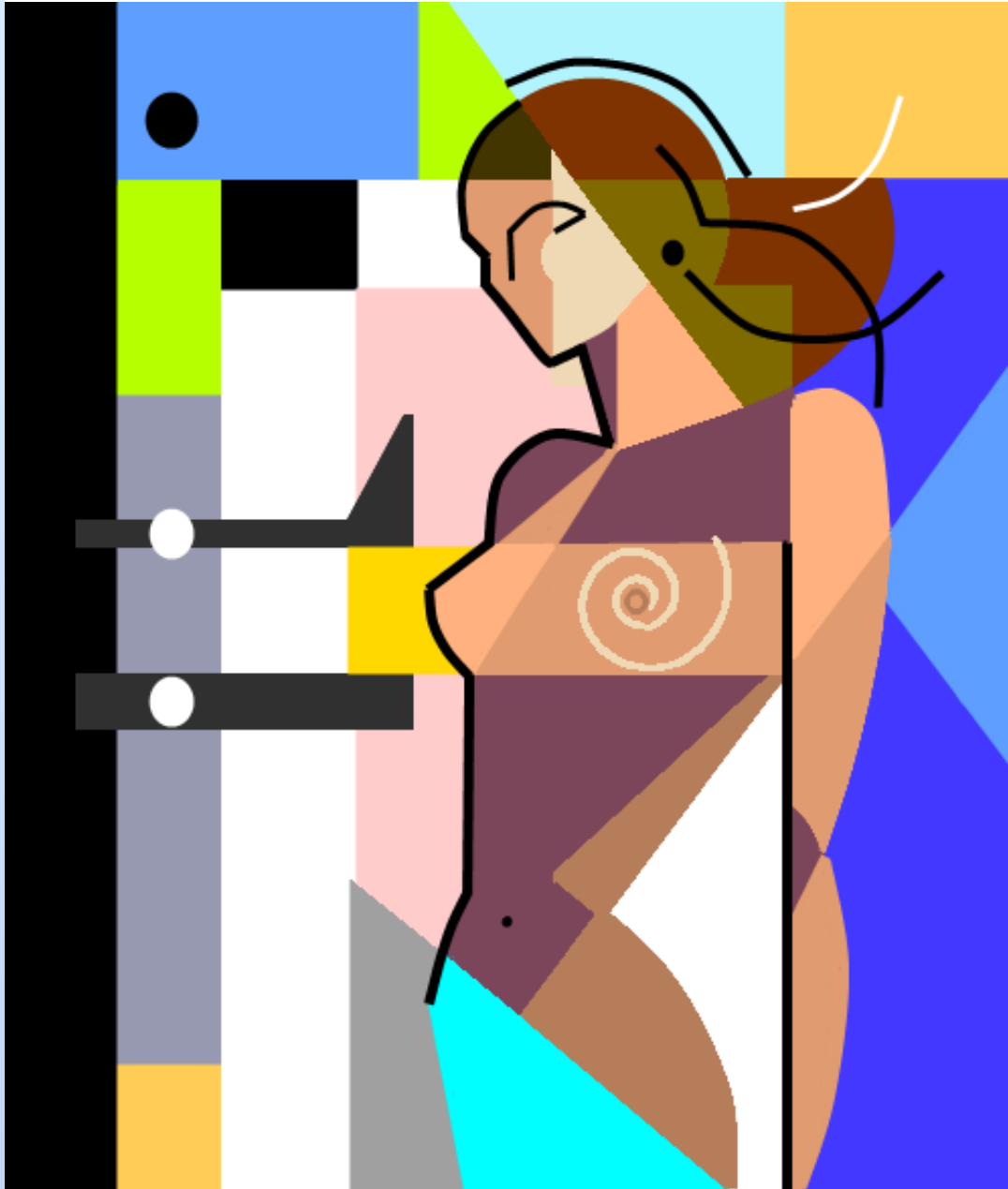
Osborne, J., S. Simon, et al. (2003). "Attitudes towards science: A review of the literature and its implications." International Journal of Science Education **25**(9): 1049-1079.

11 Bijlagen

11.1 Planning

Week 9-11	eerste opzet (onderzoeksvraag)
Week 12-14	inlezen • Module medische beeldvorming • Theorie ontwerp lessenserie • Vakinhoudelijk Foto-akoestiek
Week 15-20	ontwerpen • Leerdoelen • Inhoud • Evaluatie
Week 16	Leerdoelen + Opzet Lessenserie en Evaluatie
Week 17	Lessen + Module + Opgave (afspraak over Demo?)
Week 18	Concept Lessenserie en Evaluatie
Week 21-23	realisatie • geven van drietal lessen (inclusief demo)
Week 23	evaluatie leerlingen (enquête/interview)
Week 25	toetsing leerlingen (onderdeel proefwerk)
Week 28-32	verslaglegging

Het is niet gelukt ons helemaal aan de planning te houden. Globaal is de planning wel gevolgd, enkele onderdelen kosten echter meer tijd dan we hadden ingepland. Het ontwerpen de module liep iets uit, maar gelukkig was er nog iets ruimte om de realisatie op te schuiven. De realisatie heeft uiteindelijk plaats gevonden in de laatste weken van het schooljaar (week 22 t/m 25). De toetsing van de kennis van de leerlingen heeft uiteindelijk niet achteraf plaatsgevonden, maar in de vorm van het nakijken van de opdrachten. De verantwoordelijkheden over de onderdelen hebben Chiel en ik verdeeld. Aangezien Chiel vanuit zijn afstuderen al kennis had over fotoakoestiek en contact had met de mensen van de vakgroep BMPI heeft hij het theoretische deel over fotoakoestiek uitgewerkt. Ondertussen heb ik onderzocht hoe we leerlingen kunnen motiveren, hoe we wetenschappelijk onderzoek verwerken in de module en hoe we het onderzoek kunnen analyseren. Wel hebben we tijdens het schrijven van de module veel met elkaar overlegd en elkaar feedback gegeven. Het schrijven van het verslag hebben we tegelijk gedaan, maar wel grotendeels zelfstandig.



Borstkanker in beeld

Onderzoek in de Medische Beeldvorming

Fotoakoestiek

BORSTKANKER IN BEELD

OVER DEZE MODULE:

In deze module wordt behandeld op welke manieren ze in het ziekenhuis in je lichaam kunnen kijken. Je leert hoe de technieken werken en welke delen van het lichaam je ermee kan bekijken, deze worden beschreven in hoofdstuk 2. Hierin worden ook de voor- en nadelen van de technieken besproken. Doordat de huidige technieken nog steeds nadelen/ tekortkomingen hebben wordt er ook onderzoek gedaan naar nieuwe technieken. In hoofdstuk 3 wordt beschreven hoe nieuwe technieken ontwikkeld worden en hoe een onderzoek wordt opgezet. Een voorbeeld van een veelbelovende nieuwe techniek, voor borstkanker detectie is: fotoakoestiek. Deze techniek wordt geïntroduceerd hoofdstuk 4. De werking van deze techniek wordt uitgelegd in hoofdstuk 5. In dit hoofdstuk wordt ook verteld hoever het onderzoek hiernaar is en hoe we deze techniek in de toekomst mogelijk kunnen gebruiken. In hoofdstuk 6 wordt afgesloten met een eindopdracht.

COLOFON

Auteurs:	Chiel Grijsen & Renske Koning
Vak:	NLT/ Natuurkunde
Studie:	Science Education and Communication
Universiteit:	Universiteit Twente
Vakdidacticus:	Henk Pol
Scholen:	OSG Erasmus (Almelo) & CC Schaersvoorde (Aalten)
Versie:	Mei 2012

Ontwikkeld in het kader van Onderzoek van Onderwijs

Studiebelasting

De gehele module kan behandeld worden in 3 lessen van 50 minuten. Hiernaast wordt van de leerlingen verwacht een half uur per les bezig te zijn met het huiswerk. De studielast van de module komt hiermee op 5 uur.

1. INHOUDSOPGAVE

1.	Hoe groot is die tumor?????	4
1.1	Medische beeldvorming	5
1.2	Borstkanker-onderzoek	5
2.	Medische Beeldvorming: Technieken	6
2.1	Röntgenfoto	6
2.2	Mammografie	7
2.3	CT-scan	7
2.4	Echo	9
2.5	MRI	10
3.	Wetenschappelijk onderzoek	12
3.1	Hoe doe je dat? Onderzoeken	13
4.	Nieuw onderzoek: Fotoakoestiek	16
5.	Werking fotoakoestiek	18
5.1	Licht	19
5.2	Geluid	22
5.3	Licht + geluid = fotoakoestisch effect	23
5.4	Borst	30
6.	Eindopdracht	32

1. HOE GROOT IS DIE TUMOR?????

Wanneer je hard bent gevallen op je pols, wil je weten of het bot gebroken is. In dat geval moet je in het gips, bij een kneuzing is dit niet nodig. Ook zwangere vrouwen willen graag in hun lichaam kunnen kijken. Ze willen weten of hun kindje goed groeit en soms ook of het een jongetje of een meisje wordt. Bij patiënten met kanker zijn het de artsen die willen weten hoe het lichaam er van binnen uit ziet. Hun vragen kunnen zijn; 'hoe groot is de tumor?' of 'is de tumor gegroeid of gekrompen?'.

Om binnen in het lichaam van de patiënt te kijken gebruiken doctoren medische beeldvorming. Doctoren vinden hiermee soms de raarste voorwerpen in het lichaam van de patiënt:



FIGUUR 1: DEZE RÖNTGENFOTO LAAT ZIEN DAT EEN MEISJE MAGNETISCHE KOGELTJES HEEFT INGESLIKT. IN HAAR MAAG KWAMEN DE DELEN WEER AAN ELKAAR.



FIGUUR 2: EEN TANDARTS VOND HIER DE OORZAAK VAN DE TANDPIJN WAAR BOUWVAKKER PATRICK LAWLER OVER KLAAGDE. ER ZAT NAMELIJK AL 6 DAGEN EEN SPIJKER VAN 10 CENTIMETER IN ZIJN SCHEDEL ZONDER DAT HIJ HIER IETS VAN WIST

1.1 MEDISCHE BEELDVORMING

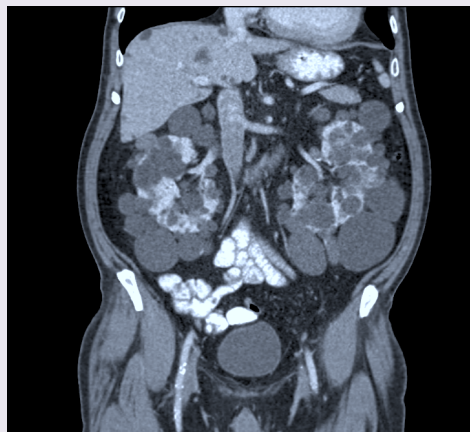
In de loop van de jaren zijn er staat meer manieren bedacht om het mogelijk te maken om in het lichaam te kijken. De oudste techniek is de röntgenfoto, uitgevonden door Wilhelm Röntgen in 1895. Later zijn er ook andere technieken bedacht. In het ziekenhuis wordt tegenwoordig gebruik gemaakt van onder andere de volgende technieken: röntgen, CT, MRI en echoscopie.

1.2 BORSTKANKER-ONDERZOEK

Borstkanker is een ziekte die veel voorkomt in Nederland, 1 op de 8 vrouwen krijgt hier in haar leven mee te maken. De methoden om borstkanker op te sporen zijn nog niet perfect. We kunnen nog steeds niet alle borsttumoren vinden. Wanneer borstkanker vroegtijdig wordt opgespoord kan het sterftepercentage door borstkanker worden verlaagd met 15 – 35 %. De behandeling is minder zwaar als je hier op tijd mee begint, het is daarom belangrijk dat we de tumoren goed kunnen opsporen. Hieronder volgt een samenvatting van de huidige beeldvormende technieken die worden gebruikt.

Opdracht 1

Oriëntatie: Welke technieken zijn afgebeeld in de onderstaande plaatjes?



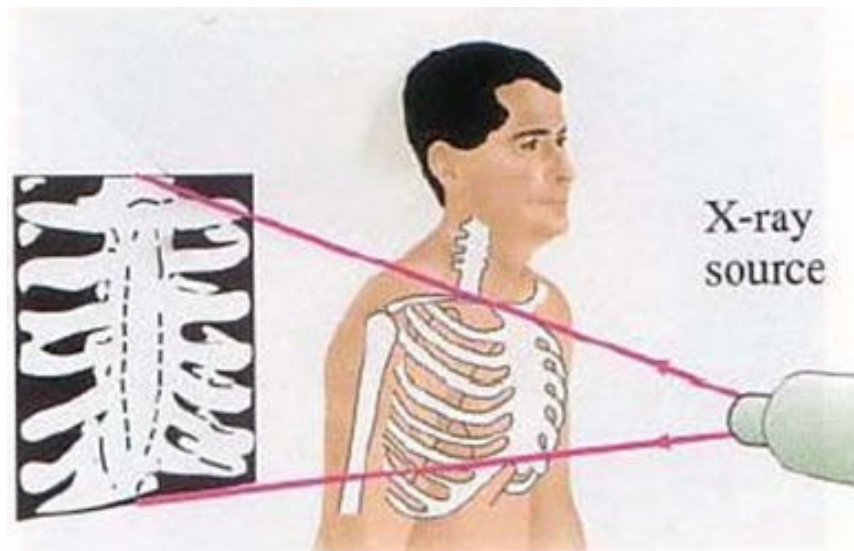
2. MEDISCHE BEELDVORMING: TECHNIEKEN

In het ziekenhuis worden verschillende methoden gebruikt om in het lichaam te kunnen kijken en om borsttumoren op te sporen. Deze worden hieronder beschreven.

2.1 RÖNTGENFOTO

Wanneer je been gebroken is, wordt hier een röntgenfoto van gemaakt. Bij zo'n foto wordt er röntgenstraling door het been gestuurd. Daarna wordt gemeten hoeveel straling er door het been heen komt. Sommige weefsels laten de straling volledig door, andere absorberen de straling. Bot laat weinig straling door. Huid, spieren en lucht houden de straling minder tegen. Wanneer de straling door het lichaam heen is gegaan komt het op een film. Hoe meer straling er op de film terecht komt hoe zwarter de film op deze plaats wordt. Bot is daarom wit op een röntgenfoto.

Röntgenstraling is elektromagnetische straling. Het is straling die uit lichtdeeltjes is opgebouwd, deze lichtdeeltjes noemen we fotonen. Het verschil tussen röntgenstraling en zichtbaar licht is de energie die de fotonen bevatten. De röntgenfotonen bevatten meer energie dan de fotonen in zichtbaar licht. Omdat ze een hogere energie hebben kunnen ze beter door stoffen heendringen. Het nadeel van het maken van röntgenfoto's is dat de lichtdeeltjes het lichaam kunnen beschadigen. De straling kan schade toe brengen aan je DNA. Beschadiging aan je DNA kan ervoor zorgen dat je cellen zich blijven vermenigvuldigen en dat je kanker krijgt. Deeltjes met nog meer energie dan röntgenfotonen worden gammadeeltjes genoemd. Deze deeltjes worden nog minder geabsorbeerd en zijn nog schadelijker voor het lichaam.



FIGUUR 3: ZO WORDT EEN RÖNTGENFOTO GEMAAKT.

Opdracht 2

- a. Röntgenfotografie is geschikt om mee in het lichaam te kijken. Teken hieronder het beeld van een been zoals je dat krijgt bij bestraling met verschillende soorten straling.

Zichtbaarlicht-straling	Röntgenstraling	Gammastraling

- b. Waarom is alleen röntgenstraling geschikt om op deze manier een beeld te maken van de binnenkant van je lichaam?

2.2 MAMMOGRAFIE

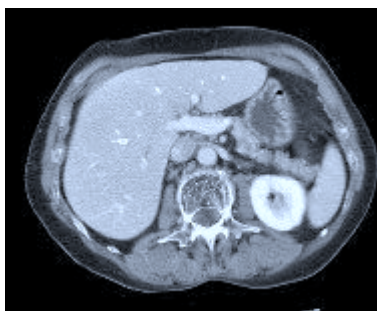
Röntgen wordt bij borstkanker gebruikt om tumoren op te sporen. Deze techniek wordt mammografie genoemd. In Nederland worden vrouwen tussen de 50 – 75 jaar tweejaarlijks uitgenodigd voor zogenoemd screening onderzoek. Dit onderzoek vindt plaats om borstkanker vroegtijdig op te sporen. In veel plaatsen komt er een busje langs. In dit busje kunnen röntgenfoto's worden gemaakt. Wanneer er door een foto's twijfel ontstaat of een vrouw misschien borstkanker heeft,



FIGUUR 4: MAMMOGRAFIE ONDERZOEK

wordt deze vrouw doorgestuurd naar het ziekenhuis voor verdere onderzoeken. In het ziekenhuis vindt dan uitgebreider onderzoek plaats en wordt afhankelijk van de gemeten foto's ook echoscopie en MRI gebruikt.

2.3 CT-SCAN



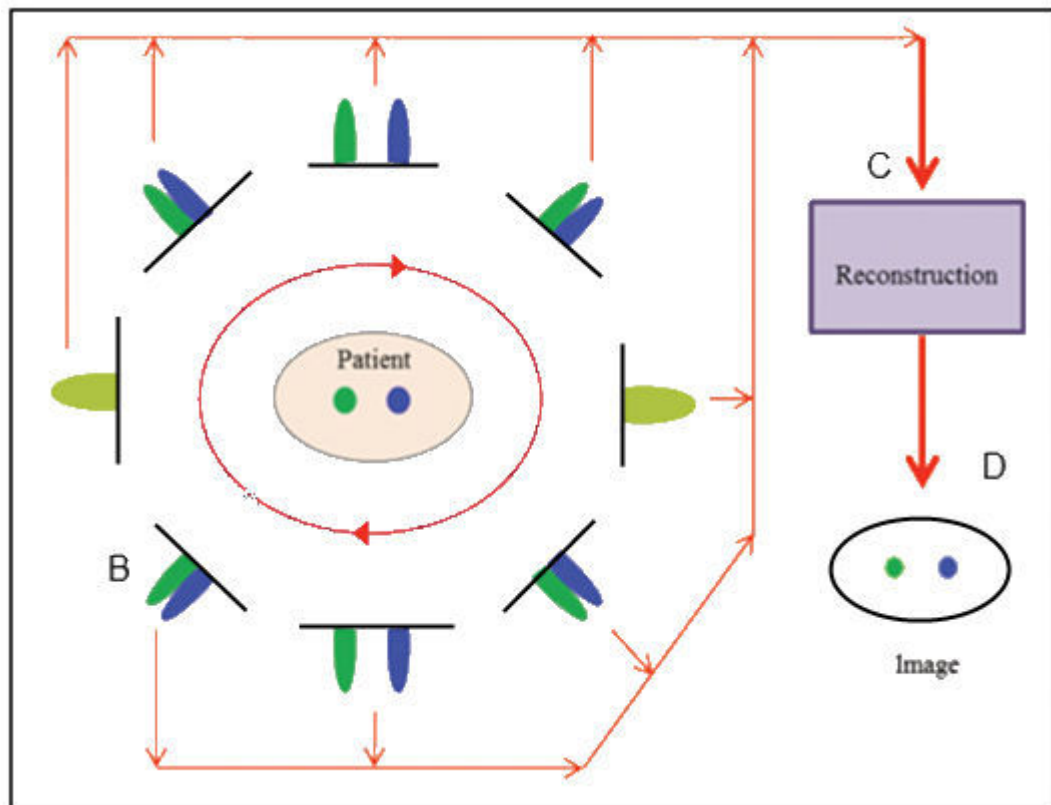
FIGUUR 5: CTSCAN VAN DE BUIK

Een speciaal soort röntgenfoto wordt gemaakt met een CT-scanner. CT is een afkorting voor 'computed tomography'. Bij een CT-scan/foto worden er meerdere foto's gemaakt vanaf verschillende kanten. Hiermee kan een doorsnede worden gemaakt van het lichaam, dit noemen we tomografie. De gemaakte foto's worden met elkaar gecombineerd en we kunnen op deze manier een 3D afbeelding van het lichaam maken.

Omdat je met een CT meerdere foto's maakt is het

mogelijk om de verschillende weefsels beter te onderscheiden. Een CT wordt daarom vaak gebruikt om tumoren in beeld te brengen. Een CT is schadelijker dan een röntgenfoto, omdat er meerdere foto's worden gemaakt. Dit is ook de reden waarom een CT niet wordt gebruikt bij borstkanker. Van de borst kan je net zulke goede foto's maken met mammografie, en dat is minder schadelijk voor de patiënt.

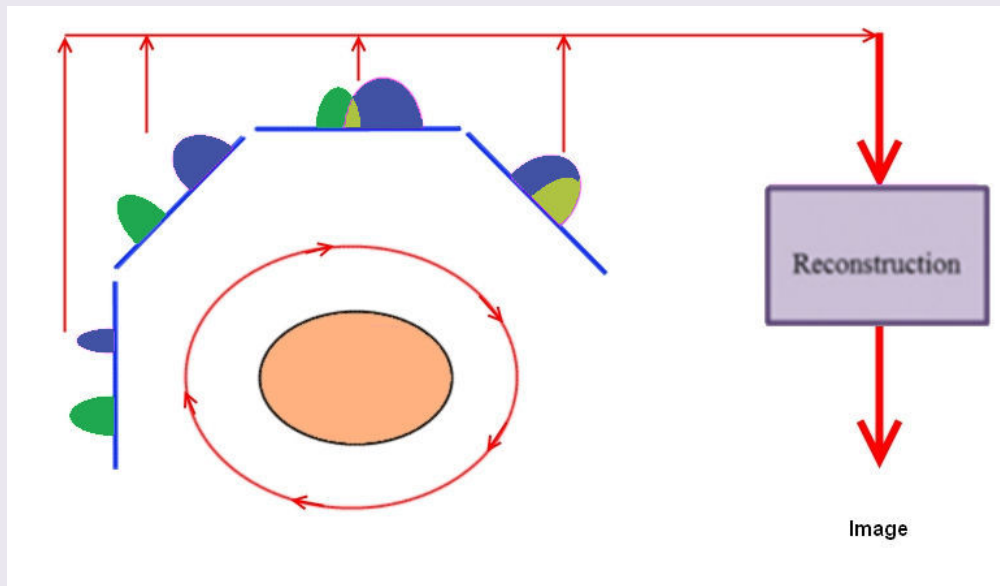
In Figuur 6 is in een schets weergegeven, hoe een CT scan wordt uitgevoerd.



FIGUUR 6: Bij een CT wordt er van verschillende kanten van het lichaam foto's gemaakt (A) . In dit geval worden er 8 foto's gemaakt (B). De informatie van de verschillende foto's wordt gecombineerd (C) tot een 3D beeld van het lichaam (D).

Opdracht 3

In figuur 6 staat weergegeven hoe een CT-image wordt gemaakt. Voer hieronder zelf de reconstructie uit en geef aan waar de tumor(en) zich bevinden in het lichaam.



2.4 ECHO

Echoscopie is een techniek waarmee structuren in het lichaam zichtbaar kunnen worden gemaakt. Het wordt onder meer gebruikt om te kijken naar ongeboren kinderen (foetussen), of om te kijken naar sportblessures. Echoscopie betekent letterlijk: kijken met geluid. Het geluid dat gebruikt wordt is ultrageluid: geluid dat zó hoog is dat de mens het niet meer kan horen. De frequentie hiervan is meer dan 1 MHz, 20kHz is de hoogste toon die mensen kunnen horen.

Dit geluid wordt uitgezonden door een echokop ('transducer'). De geluidsgolven verplaatsen zich door het lichaam. De golven worden teruggekaatst door structuren en organen in het lichaam. De teruggekaatste trillingsgolven kunnen zichtbaar worden op een scherm. Zo kan de arts de grootte, de vorm en eventueel de werking van een orgaan beoordelen.



FIGUUR 7: ECHOFOTO VAN ONGEBOREN KIND



FIGUUR 8: ECHO ONDERZOEK BORSTKANKER

Het voordeel van echoscopie is dat het een goedkope en veilige methode is om in het lichaam te kijken. Nadeel van de methode is dat je niet diep in het lichaam kan kijken, daarvoor worden de golven te veel teruggekaatst. Doordat bot en lucht alle golven reflecteren, kan het geluid hier niet goed doorheen dringen.

Opdracht 4

Waarom gebruiken we bij het kijken naar ongeboren kinderen echoscopie en geen röntgenonderzoek?

Opdracht 5

Waarom is het lastig je longen te meten met behulp van echoscopie?

2.5 MRI

MRI ('Magnetic Resonance Imaging') berust op het feit dat protonen (waterstofkernen) zich gedragen als kleine magneetjes. Wanneer deze waterstofkernen in een sterk magnetisch veld worden gezet, zenden de kernen radiogolven uit. Deze golven worden opgevangen en met de computer wordt een beeld gevormd.

Het menselijk lichaam bestaat voor het grootste gedeelte uit vet en water. Vet- en watermoleculen bevatten waterstofatomen. Je lichaam bestaat voor ongeveer 63% uit waterstofatomen en is daarmee geschikt voor MRI. Onderscheid tussen verschillende weefsel kan bij een MRI worden gevonden door het verschil in hoeveelheid waterstofatomen.

Het sterke magnetische veld van een MRI wordt gemaakt met behulp van grote spoelen. Het aan en uitzetten van deze spoelen maakt veel lawaai, dit is een nadeel van MRI. Bovendien zijn MRI-scanners erg duur. Omdat we bij een MRI scanner gebruik maken van een sterk magnetische veld kunnen we geen metaal gebruiken in de buurt van een MRI scanner. Bij een MRI scanner moeten de patiënten door een smalle buis, dit kan problemen op leveren bij mensen die claustrofobisch of zwaarlijvig zijn. Het grote voordeel van MRI is dat er geen schadelijke straling wordt gebruikt.

Opdracht 6

Waarom is het een nadeel dat we geen metaal kunnen gebruiken in de buurt van een MRI scanner?



FIGUUR 9: MRI BEELD VAN HOOFD EN NEK



FIGUUR 10: MRI ONDERZOEK BORSTKANKER

Opdracht 7

In de onderstaande tabel staan vier afbeeldingen van het lichaam. Welke afbeelding is op welke manier gemaakt? Hoe werkt deze techniek? En wat zijn de voor en nadelen?

Vul de onderstaande tabel in.

Beeld	Techniek	Principe	Geschikt voor	Voordelen	Nadelen
					
					
					
					

Opdracht 8

Waarom gebruiken we verschillende technieken om borsttumoren te detecteren?

3. WETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK

In de vorige paragraaf heb je gezien dat er verschillende methoden zijn om in het lichaam te kijken. Maar ook dat al deze methoden niet perfect zijn en allemaal hun eigen nadelen/ tekortkomingen hebben. Vandaar dat er ook nu nog onderzoek wordt gedaan naar nieuwe methoden voor medische beeldvorming. In kranten en op internet staan verschillend artikelen over nieuwe ontwikkelingen, een voorbeeld hiervan is gegeven in Figuur 11.

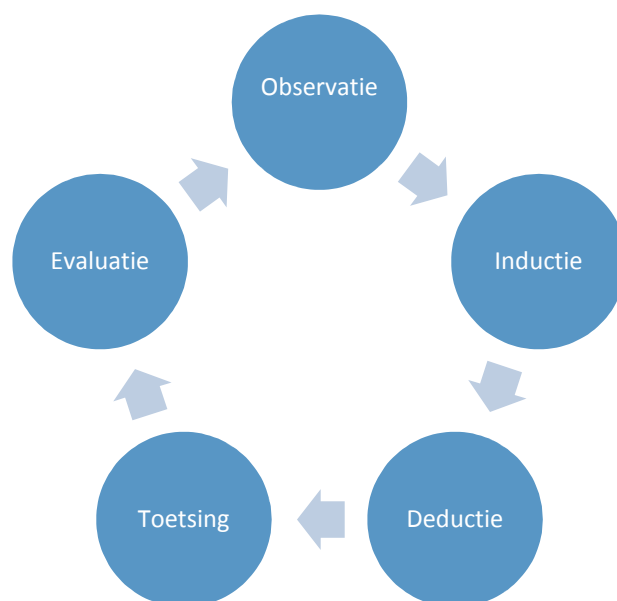


FIGUUR 11: ARTIKEL NU.NL 12-11-10

Opdracht 9

Waarom zou de nieuwe techniek, zoals die in bovenstaand artikel is uitgelegd, onschadelijk voor de gezondheid zijn?

Voor nieuw onderzoek volgen onderzoekers bepaalde stappen, deze zijn schematisch weergegeven in Figuur 12. In deze paragraaf wordt aan de hand van een voorbeeld uitgelegd hoe je een onderzoek aan de hand van dit schema kan uitvoeren.



FIGUUR 12: DE VERSCHILLENDE ONDERDELEN VAN ONDERZOEK

3.1 HOE DOE JE DAT? ONDERZOEKEN....

Nieuwe ontdekkingen beginnen met een **observatie**. Voorbeelden van observaties die met natuurkunde te maken hebben zijn de volgende:

- De maan ziet er elke avond anders uit.
- De zon gaat elke dag onder en komt dan weer op.
- De hoogte van het water van de zee is niet de hele dag constant.
- Wanneer je in de zon ligt wordt je bruin (of rood).
- Als ik door een bril kijk zie ik alles veel beter.

Opdracht 10

Bedenk zelf een observatie die in het bovenstaande rijtje past.

Dergelijke observaties zorgen ervoor dat mensen gaan nadenken en proberen een verklaring hiervoor te verzinnen. Dit doen kinderen van drie jaar al, ze vragen continu waarom dit? Waarom is dat zo?

Dit is een primitieve vorm van onderzoek doen. In de loop der jaren leer je steeds beter hoe je dingen kan onderzoeken. Je leert de juiste vragen te formuleren en zo bij de juiste antwoorden te komen. Bovendien weet je steeds beter te verwoorden waar je probleem over gaat.



FIGUUR 13: VOLLE MAAN EN NIEUWE MAAN

Na het doen van de observatie is de tweede stap van onderzoek het formuleren van de **probleemstelling**. Een voorbeeld van een probleemstelling is. "Hoe komt het dat de maan er niet altijd hetzelfde uit ziet, soms zie ik een ronde schijf, andere keren slechts een sikkel."

Opdracht 11

Formuleer de probleemstelling passend bij jouw observatie.

Wie weet welk probleem hij wil oplossen gaat op zoek naar informatie die hem daarbij kan helpen. Dit deel van onderzoek noemen we **informatie verzamelen** of **inductie**. Je bedenkt van je al weet over het onderwerp en gaat op zoek naar extra informatie. Hierbij kijk je op internet, in de bibliotheek of vraag je andere mensen wat ze weten. Aan de hand van de gevonden informatie stel je een **hypothese** op. In de hypothese beschrijf je wat jij denkt dat de verklaring kan zijn voor dat wat je hebt geobserveerd. Het beoordelen van de verkregen informatie en het opstellen van de hypothese noem je **deductie**.

In het geval van de maan kan je de volgende informatie verzamelen; de maan reflecteert het licht van de zon. De maan draait om de aarde. De maan is een bol. De hypothese die je formuleert kan dan bijvoorbeeld zijn; 'de maan ziet er anders uit omdat de aarde soms een deel van het licht tegenhoudt'

Opdracht 12

Formuleer een hypothese voor jouw observatie.

Hierna voer je een onderzoek uit, dit dient als **toetsing** van de hypothese. Het is daarom van belang dat een hypothese toetsbaar is. Je moet door middel van een experiment met zekerheid kunnen aantonen of je hypothese juist of onjuist is geweest.

De maanhypothese is te toetsen door een model te maken van een lamp (zon) en twee bollen (aarde en maan). Door deze ten opzichte van elkaar te bewegen kan je kijken of je de verschillende maanfasen kan maken.

Opdracht 13

Beschrijf hoe je jouw hypothese zou kunnen toetsen.

Na afloop van je onderzoek accepteer of verwerp je je hypothese. Bovendien **evalueer** je je onderzoek. Je kijkt of je nu daadwerkelijk je observatie kan verklaren en het probleem hebt opgelost. Ook beschrijf je eventuele vragen die tijdens het onderzoek zijn ontstaan. Vervolgens voer je een nieuw onderzoek uit. Er zijn verschillende redenen voor nieuw onderzoek. Zo kan je nieuw onderzoek doen om een andere/verbeterde hypothese te onderzoeken. Ook komt het vaak voor dat er veel nieuwe observaties worden gedaan tijdens het eerste onderzoek, welke je in een vervolgonderzoek probeert te verklaren.

In het geval van het maanonderzoek zal je merken dat je nooit een wassende maan kan krijgen doordat de aarde tussen maan en zon staat. Je zal daarom een nieuwe hypothese formuleren en ook deze onderzoeken.



FIGUUR 14: WASSENDE MAAN

Opdracht 14

De eerste geformuleerde hypothese "je ziet een deel van de maan omdat de aarde in de weg staat" moet worden verworpen, omdat hiermee de wassende maan (figuur 14) niet verklaard kan worden.

- Formuleer een alternatieve hypothese voor de verschillende maanfasen.
- Beschrijf hoe je deze hypothese zou kunnen toetsen.

In onderstaande figuur staat een recenter artikel over de nieuw ontwikkelde techniek weergegeven.

Eerste tests in ziekenhuis met Photoacoustic Mammoscope

Fotoakoestische technieken kunnen een waardevolle aanvulling vormen op echo's en röntgenfoto's bij de vaststelling van borstkanker. Dat blijkt uit de eerste tests bij patiënten waarbij gebruik is gemaakt van de Photoacoustic Mammoscope die door de Universiteit Twente is ontwikkeld. Vooral de verhoogde aanwezigheid van bloedvaten in en rondom een tumor is op deze manier goed in beeld te brengen, aldus onderzoeker Srirang Manohar van de groep Biophysical Engineering. De tests zijn uitgevoerd in het Medisch Spectrum Twente en de onderzoekers publiceren hun bevindingen op 13 september in het vakblad Optics Express.

FIGUUR 15: STUK UIT ARTIKEL MEDICALFACTS.NL 26-11-11

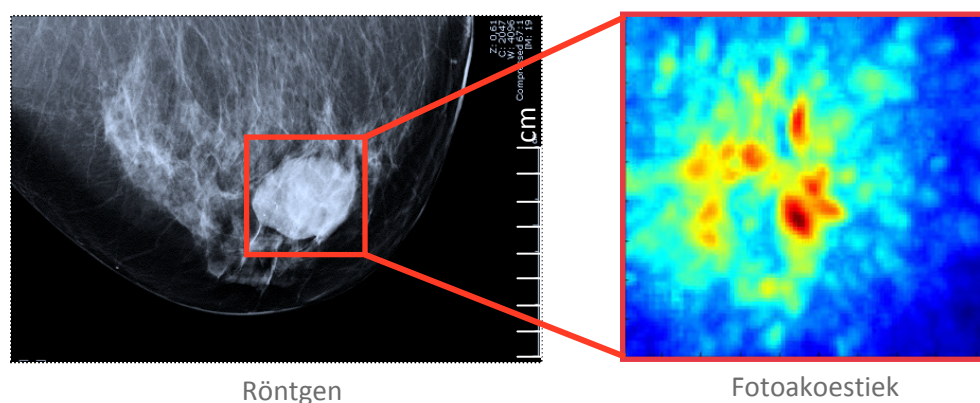
Opdracht 15

In welke fase van de verschillende onderdelen van onderzoek, bevindt zich de nieuwe techniek?

4. NIEUW ONDERZOEK: FOTOAKOESTIEK

We hebben in hoofdstuk 2 gezien dat de huidige beeldvormende technieken nog niet perfect zijn om tumoren in de borst op te sporen. Daarom doen verschillende bedrijven en universiteiten onderzoek naar nieuwe technieken. In hoofdstuk 3 zagen we al twee artikel over een nieuwe techniek die is ontwikkeld in Enschede. De onderzoeksgroep Biomedical Photonic Imaging (BMPI) van de Universiteit Twente onderzoekt of deze nieuwe techniek, genaamd fotoakoestiek, kan worden gebruikt bij het detecteren van borsttumoren. Bij BMPI is een apparaat ontwikkeld waarmee met behulp van fotoakoestiek, afbeeldingen van de borst kunnen worden gemaakt. Deze afbeeldingen geven informatie over de samenstelling van de borst en kunnen mogelijk tumoren weergeven.

Op dit moment wordt de nieuwe techniek getest in samenwerking met het ziekenhuis; Medisch Spectrum Twente (MST) in Oldenzaal. In dit ziekenhuis bevindt zich een centrum voor Mammacare, hier kunnen vrouwen met verdenking van borstkanker terecht. Zij krijgen op één dag alle onderzoeken én meestal de uitslag of zij borstkanker hebben of niet. Aan enkele van de onderzochte vrouwen wordt gevraagd of ze met het nieuwe onderzoek willen meedoen. Deze vrouwen worden naast dat ze onderzocht worden met de huidige technieken, ook onderzocht met behulp van fotoakoestiek. De resultaten van dit onderzoek worden hierna vergeleken met de resultaten van de andere onderzoeken. Op deze manier wordt gekeken wat er met de nieuwe techniek kan worden gemeten en wat de verschillen en overeenkomstigheden zijn met de huidige technieken. Waarschijnlijk zal fotoakoestiek de huidige technieken niet snel vervangen, maar de techniek moet worden gezien als een aanvulling. De diverse methoden kunnen elkaar versterken. In Figuur 16 is een voorbeeld gegeven van hoe een opname met behulp van röntgenstraling en fotoakoestiek met elkaar worden vergeleken.



FIGUUR 16: VERGELIJKING TUSSEN AFBEELDINGEN GEMAKT MET RÖNTGEN EN MET FOTOAKOESTIEK

Opdracht 16

- Maak met behulp van Figuur 16 een schatting van de grootte van de tumor.
- Wat zijn de overeenkomsten en verschillen tussen de röntgen en fotoakoestische opname die zijn afgebeeld in Figuur 16? Waardoor ontstaan deze verschillen?

Er is veel aandacht voor het nieuwe onderzoek. In hoofdstuk 3 hadden we al enkele artikelen gelezen, in Figuur 17 zijn nog enkele krantenkoppen weergegeven.



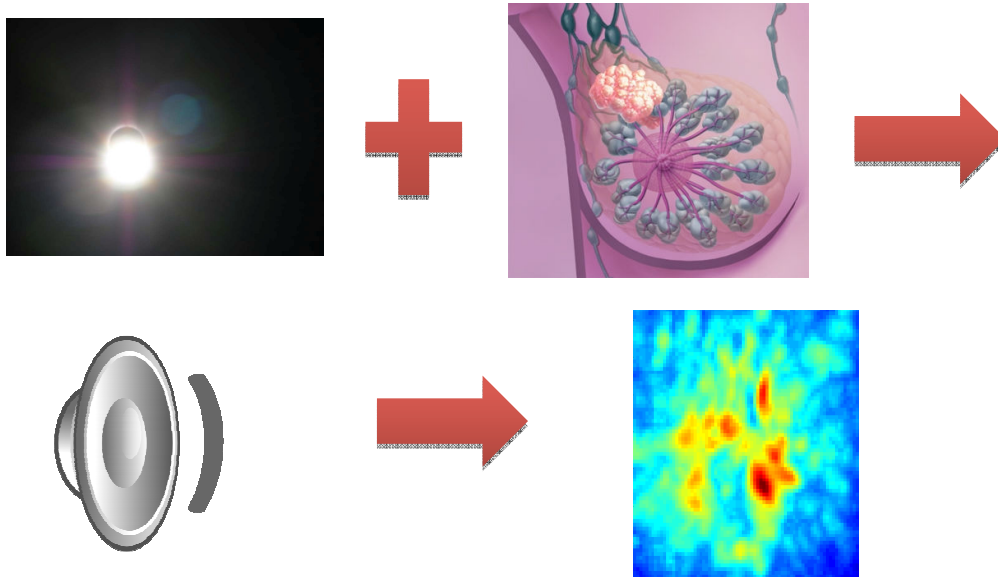
FIGUUR 17: ENKELE KRANTENKOPPEN OVER HET FOTOAKOESTISCH ONDERZOEK

Opdracht 17

Lees de bovenstaande krantenkoppen. Wat weet je allemaal al over de nieuwe techniek?

5. WERKING FOTOAKOESTIEK

Uit de krantenartikelen en de krantenkoppen uit de vorige hoofdstukken kunnen we halen dat de nieuwe techniek gebruik maakt van licht en geluid. Fotoakoestiek is een samenstelling van de woorden foto (licht) en akoestiek (geluid). Hoe deze technieken gecombineerd worden staat schematisch weergegeven in Figuur 18.



FIGUUR 18: SCHEMATISCHE WERKING FOTOAKOESTIEK

Opdracht 18

Omschrijf in woorden wat er wordt weergegeven in Figuur 18 (gebruik hierbij de woorden; beeld borst geluid en licht).

Om de werking van fotoakoestiek te begrijpen moeten we de verschillende achterliggende begrippen uit bovenstaande figuur begrijpen. Deze worden uitgelegd in de volgende paragrafen.

Experiment

> Hoe kan met licht geluid worden gemaakt?

Met dit experiment gaan we onderzoeken hoe we met een gloeilamp geluid kunnen maken in een appelmoespot.

Uitvoering

1. Maak een gat in de deksel van een appelmoespot.
2. Maak de binnenkant van de appelmoespot zwart met een walmende kaars.
3. Plaats de pot, met de gezwarte kant naar boven, boven een gloeilamp.
4. Plaats de deksel bij je oor en luister.

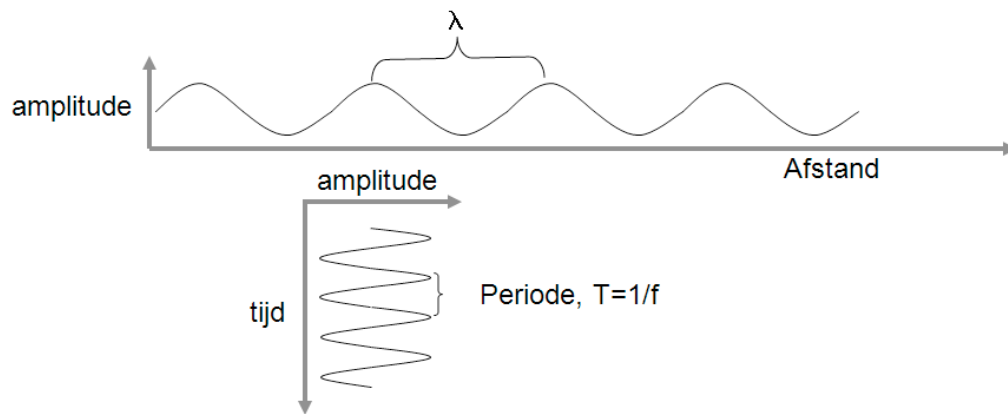


5.1 LICHT

Zonlicht bevat uit alle kleuren die wij met onze ogen kunnen zien. Een voorwerp is wit als het al het opvallende zonlicht weerkaatst en zwart als het niet weerkaatst. Een groen voorwerp kaatst vooral het groene licht terug en absorbeert de andere kleuren. Licht kunnen we zien als een golf. De kleur van licht is afhankelijk van de golflengte (λ) of frequentie (f) van het licht, deze twee grootheden hebben de volgende relatie met elkaar:

$$v = f \cdot \lambda$$

Hierbij is v de lichtsnelheid ($3,0 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$).



FIGUUR 19: GOLFLENGTE EN FREQUENTIE VAN EEN GOLF.

Opdracht 19

Welke golflengte en frequentie heeft rood licht?

Wanneer licht een molecuul bestraalt wordt een deel van het licht geabsorbeerd door het molecuul. De energie die het lichtfoton had wordt nu doorgegeven aan het molecuul. De opgenomen energie zorgt dat de molecuul meer gaat bewegen.

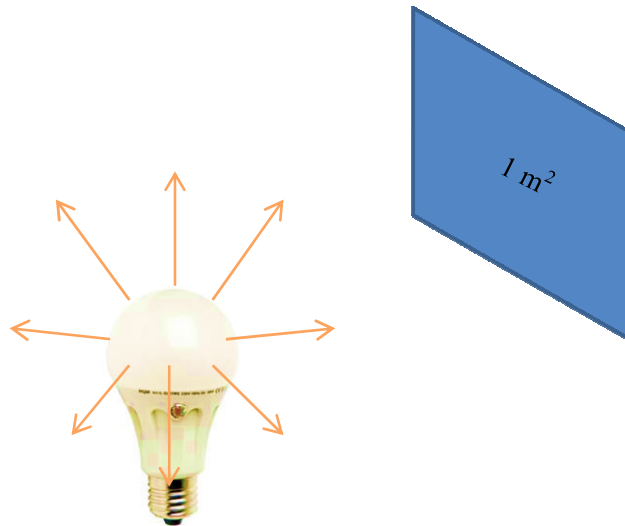
Opdracht 20

Maak de onderstaande zin kloppende door het juiste woord te kiezen:

Als moleculen van een stof sneller gaan bewegen, zal de temperatuur *stijgen/ dalen*.

Een lamp straalt lichtfotonen uit in alle richtingen. We kijken in Figuur 20 hoeveel licht wordt geabsorbeerd door een oppervlakte van 1 m^2 . Per seconden zorgt absorptie van licht voor een toename van energie (E) in dit oppervlakte. Met lichtintensiteit (I) meten de energie (E) per oppervlakte (A) per seconde. De eenheid van lichtintensiteit is W/m^2 .

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

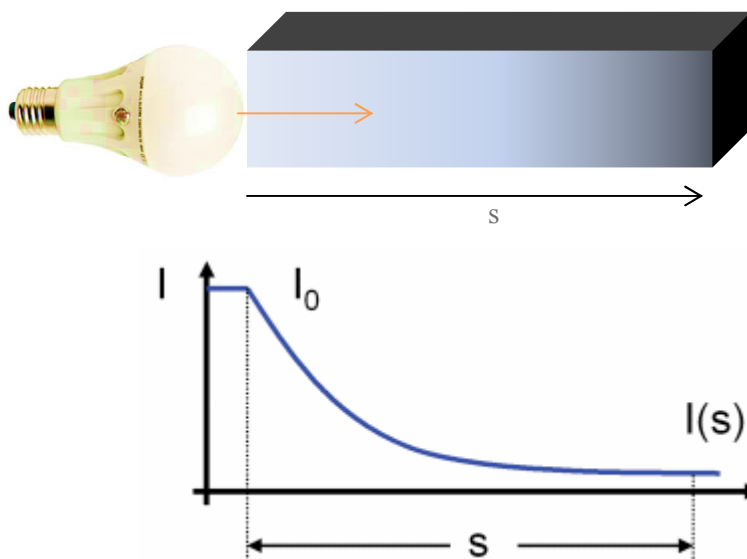


FIGUUR 20: LICHTINTENSITEIT OP EEN OPPERVLAKTE

Opdracht 21

We meten een lichtintensiteit van 10 W/m^2 . Wat is de energie die per seconde wordt geabsorbeerd door een oppervlak van 5 mm^2 ?

Wanneer licht door een materiaal gaat zal de intensiteit van het licht steeds verder afnemen doordat steeds meer fotonen zijn geabsorbeerd. In Figuur 21 zetten we een lamp voor een blokje. De lamp geeft een intensiteit die gelijk is aan $I(0)$. We meten op verschillende afstanden s de lichtintensiteit.



FIGUUR 21: LICHTABSORPTIE IN EEN BLOKJE

Met behulp van de gemeten grafiek bepalen we dat de lichtinsiteit op een afstand s van de lamp ($I(s)$) met de volgende formule kan worden berekend:

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

Of licht wordt geabsorbeerd is afhankelijk van het materiaal waar het licht doorheen gaat (bijvoorbeeld kleur materiaal) en de kleur van het licht van de lamp. Elk materiaal heeft daarom een andere μ_a horend bij een kleur van het licht, deze constante wordt de absorptiecoëfficiënt genoemd. Wanneer de absorptiecoëfficiënt groter is zal het licht beter worden geabsorbeerd door het materiaal.

Opdracht 22

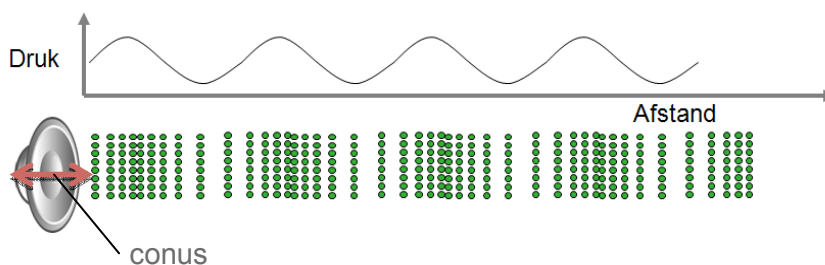
We sturen rood licht door glas en door steen. Welk materiaal zal hier de grootste absorptiecoëfficiënt hebben?

Opdracht 23

- Maak met je GR een grafiek van de intensiteit als functie van afstand s . Gebruik hiervoor: $I(0) = 1 \cdot 10^{-4} \text{ W/mm}^2$ en $s=0-100 \text{ mm}$ en $\mu_a = 0.014424 \text{ mm}^{-1}$ (absorptie geel licht in water, denk aan de juiste as-instellingen)
- Bepaal de intensiteit op 3 centimeter diepte.

5.2 GELUID

Een geluidsbox maakt geluid door de conus heen en weer te bewegen. De lucht wordt door de conus plaatselijk samengedrukt. Hierdoor ontstaat hier een hoge druk op deze plaats. De samengedrukte lucht geeft hierna haar energie af aan de naast gelegen lucht. Nu wordt op deze plaats een hoge druk gemeten. Deze drukverschillen resulteren in een geluidsgolf. De geluidsgolf verplaatst zich met de geluidssnelheid. Deze snelheid is in lucht: 343 ms^{-1} . Van de geluidsgolf kunnen we ook een golflengte en frequentie bepalen.



FIGUUR 22: GELUIDSGOLF VAN EEN GELUIDSBOX

Opdracht 24

- Is geluid een longitudinale of transversale golf?
We gebruiken een geluidsgolf van 1 MHz bij een echo meting.
- Wat is de golflengte van de gebruikte geluidsgolven?

5.3 LICHT + GELUID = FOTOAKOESTISCH EFFECT

In de vorige twee paragrafen hebben we een samenvatting gegeven over licht en geluid. Bij fotoakoestiek worden deze twee met elkaar gecombineerd, hoe we dit kunnen doen wordt in deze paragraaf uitgelegd.

De vloeistof in een thermometer zet uit wanneer de temperatuur van zijn omgeving hoger wordt en krimpt wanneer de temperatuur weer daalt (zie Figuur 23).

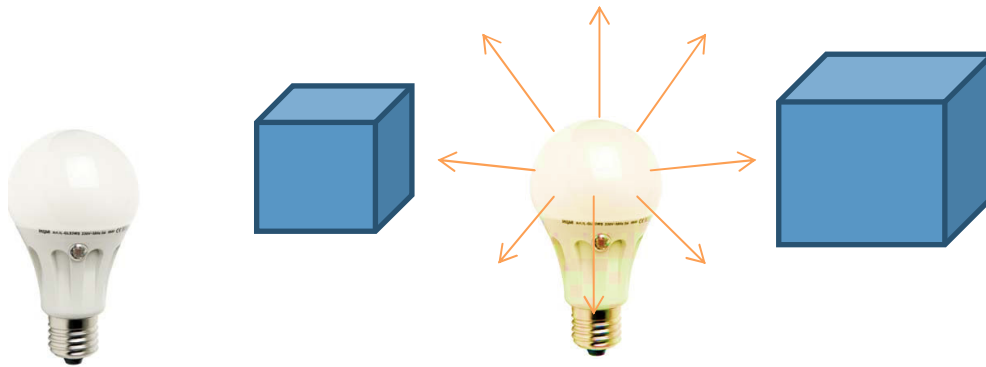


FIGUUR 23: THERMOMETER

Opdracht 25

Welke vloeistof gebruiken wij in de thermometer en waarom gebruiken wij deze vloeistof?

Wanneer een blokje wordt bestraald met een lamp zal hij licht absorberen. Dit zorgt ervoor dat de temperatuur van het blokje toeneemt. Hierdoor zal ook het volume van het blokje toenemen (zie Figuur 24).

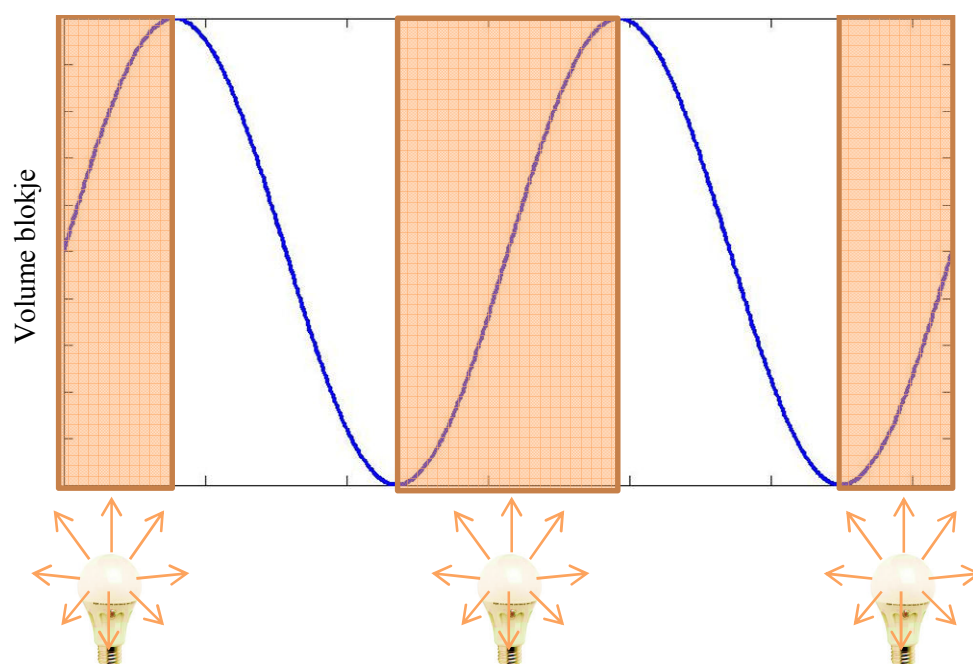


FIGUUR 24: UITZETTING VAN EEN BLOKJE BIJ LICHTABSORPTIE

Opdracht 26

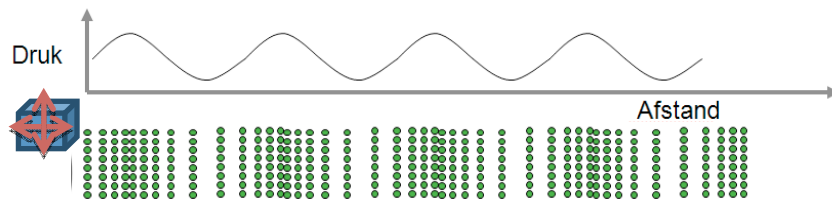
Welke kleur van het licht moeten wij gebruiken als we het volume van het blauwe blokje zoveel mogelijk willen laten toenemen?

Wanneer we de lamp aan- en uitschakelen zal het blokje uitzetten en weer krimpen. De grafiek in Figuur 25 laat een meting zien van het volume van het blokje wanneer de lamp aan of uit is.



FIGUUR 25: HET VOLUME VAN HET BLOKJE VERANDERT BIJ HET AAN- EN UITZETTEN VAN DE LAMP.

Een blokje zet uit en krimpt weer als we de lamp aan- en uitzetten. De lucht om het blokje zal dan ook uitzetten en weer krimpen. Op deze manier kunnen we ook een geluidsgolf met een knipperende lamp en een blokje maken (zie Figuur 26). Dit effect noemen we het fotoakoestisch effect.



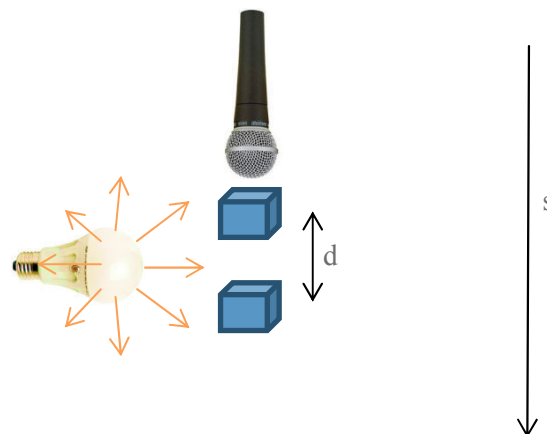
FIGUUR 26: GEMETEN DRUK VAN DE GELUIDSGOLF DIE ONTSTAAT DOOR EEN BLOKJE TE LATEN UITZETTEN EN WEER TE LATEN KRIMPEN MET BEHULP VAN EEN KNIPPERENDE LAMP

Opdracht 27

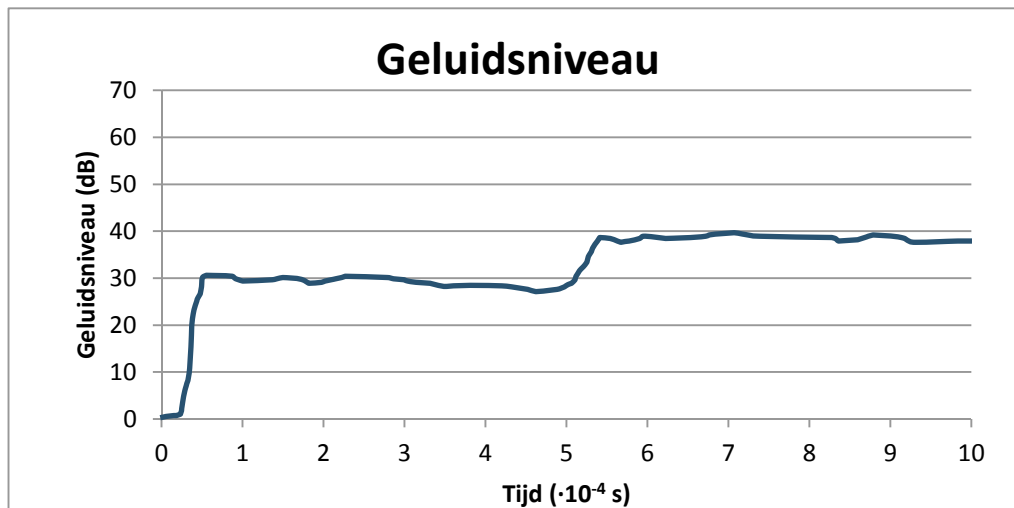
Ontstaat er ook geluid als we een blokje belichten met een lamp die niet knippert?

BEELDVORMING

Als we nu twee blokjes belichten met knipperende licht ontstaat bij beide blokjes een geluidsgolf (zie Figuur 27). We maken een opstelling waarbij we een microfoon plaatsen die de geluidsgolven kan meten. Deze microfoon zetten we aan wanneer de lamp begint met knipperen. Het resultaat van de meting is geplot in Figuur 28.



FIGUUR 27: TWEE BLOKJES BELICHT MET PULSEREND LICHT

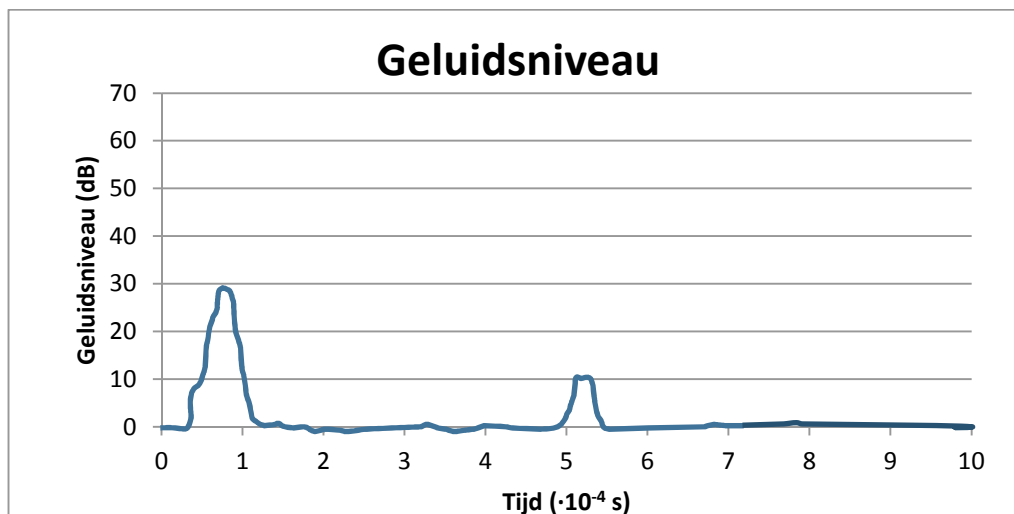


FIGUUR 28: GEMETEN GELUIDSNIVEAU VAN OPSTELLING VAN FIGUUR 27, DE LAMP KNIPPERT GEDURENDE DE HELE METING.

Opdracht 28

- Bepaal met behulp van Figuur 28, wanneer het bovenste blokje belicht is (zie Figuur 27).
- Bepaal met behulp van Figuur 28, de afstand d (zie Figuur 27).

Ook in Figuur 29 is een gemeten geluidsniveau weergegeven. Om dit resultaat te krijgen moet je de lamp één keer aan- en uitschakelen. Hierbij is weer de opstelling van Figuur 27 gebruikt.

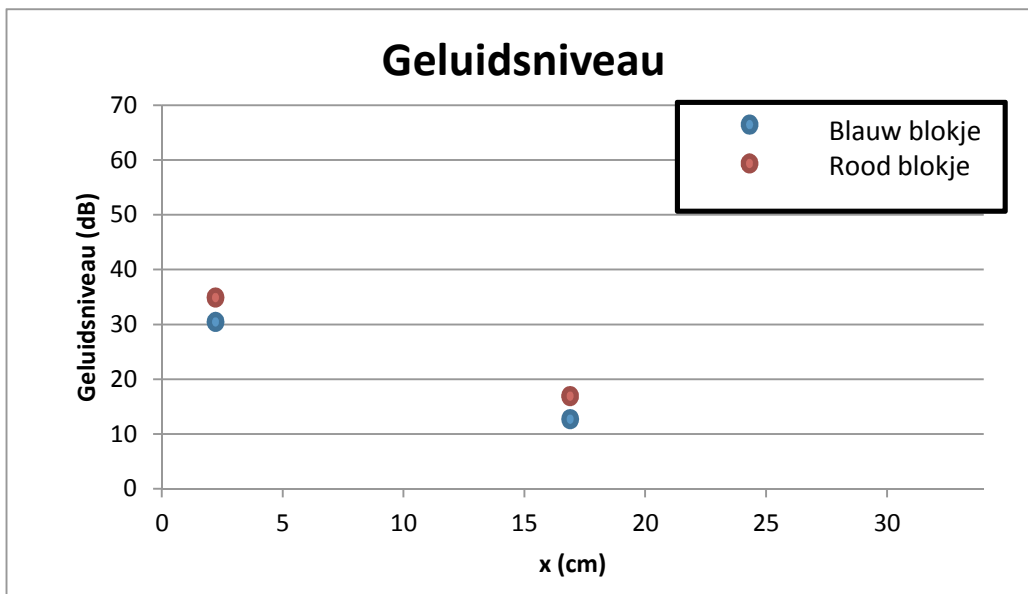


FIGUUR 29: GEMETEN GELUIDSNIVEAU VAN OPSTELLING VAN FIGUUR 27, HIERBIJ IS DE LAMP MAAR ÉÉN KEER AAN EN UITGESCHAKELD

Opdracht 29

- Verklaar het verloop van het geluidsniveau van de grafieken in Figuur 28 en Figuur 29.
- Teken de grafiek uit Figuur 29 met afstand langs de x-as.

We nemen aan dat een kort gemeten geluidsgolf van één blokje komt. Dit gebruiken we om het geluidsniveau en positie van een blokje weer te geven (zie Figuur 30). In deze figuur is ook een meting weergegeven, waarbij we nu rode blokjes hebben gebruikt in plaats van de blauwe blokjes.

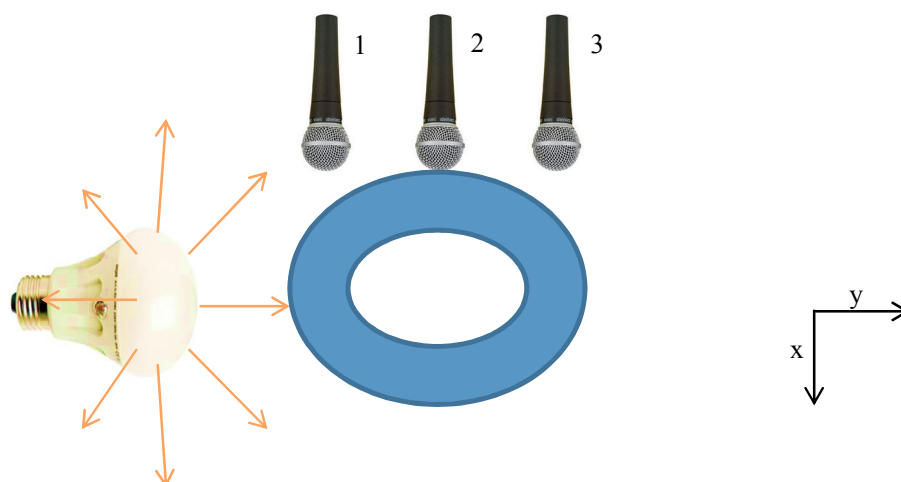


FIGUUR 30: GEMETEN GELUIDSNIVEAU VAN OPSTELLING VAN FIGUUR 27, HIERBIJ IS DE LAMP MAAR ÉÉN KEER AAN EN UITGESCHAKELD. DE METING IS GEDAAN VOOR BLAUWE BLOKJES EN VOOR RODE BLOKJES.

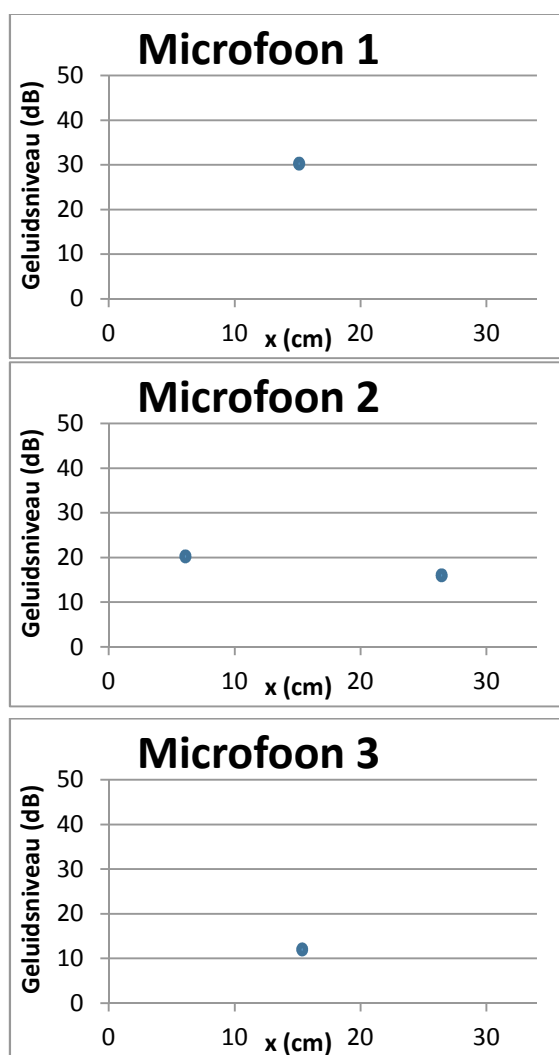
Opdracht 30

Wat kan de oorzaak zijn van het hogere geluidsniveau bij de rode blokjes?

We meten nu de plaats van de geluidsgolven die ontstaan bij belichting van een cilindervormig object. Voor deze meting plaatsen we de microfoon op drie verschillende posities (zie Figuur 31). De resultaten van de metingen staan weergegeven in Figuur 32.



FIGUUR 31: CILINDERVORMIG OBJECT OPSTELLING. DE MICROFOON IS BIJ DRIE VERSCHILLENDE METINGEN OP DRIE VERSCHILLENDE POSITIES GEPLAATST.

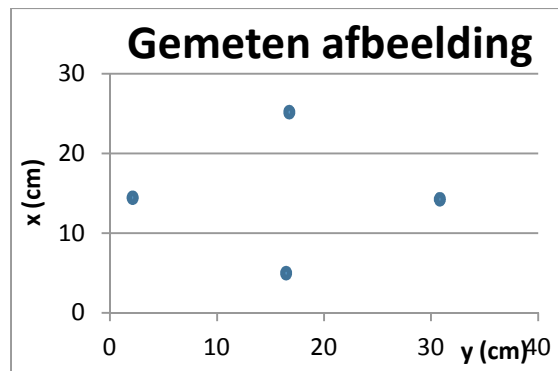


FIGUUR 32: GEMETEN GELUIDSNIVEAUS MET DE MICROFOON OP DRIE VERSCHILLENDE PLAATSEN HIERVOOR IS DE OPSTELLING UIT FIGUUR 31 GEBRUIKT

Opdracht 31

- Waarom zijn de geluidsniveaus van microfoon 1 en 2 verschillend?
- Waarom zijn de twee gemeten geluidsniveaus met microfoon 2 verschillend?

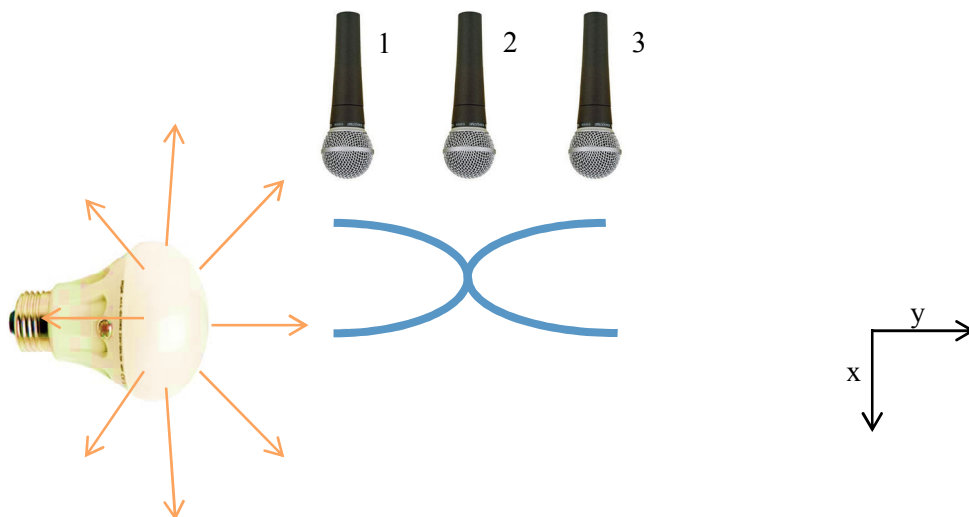
De positie van de microfoon, bij de drie metingen, hebben we ook bepaald. Met deze informatie en de metingen uit Figuur 32 hebben we Figuur 33 gemaakt.



FIGUUR 33: GEMAAKTE AFBEELDING UIT DE OPSTELLING VAN FIGUUR 31

Opdracht 32

We maken nu de opstelling zoals die is weergegeven in Figuur 34. De lengte van een pijl (x of y) is in het echt 1 cm. Maak voor de drie metingen grafieken waarbij je de geluidsniveaus tegen plaats uitzet.



FIGUUR 34: OPSTELLING VOOR VRAAG 31

Voor de fotoakoestische opnames kunnen we ook gebruik maken van een echokop. Deze echokop bestaat uit meerdere “microfoons” (± 124) op een rij (zie Figuur 35), waardoor we niet telkens één microfoon hoeven te verplaatsen.



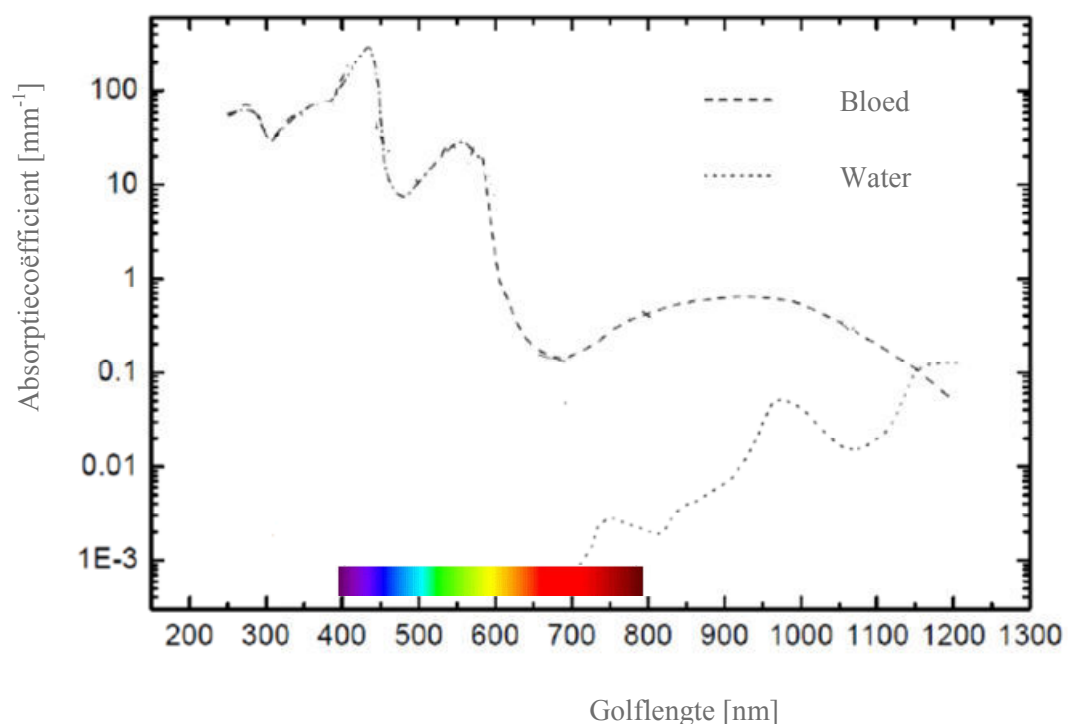
FIGUUR 35: ECHOKOP

Opdracht 33

De in Figuur 35 afgebeeld echokop is 40 mm breed. Wat is de breedte van één “microfoon” ongeveer?

5.4 BORST

In de borst bevinden zich verschillende soorten weefsels met elk hun eigen kleur en absorptiecoëfficiënt. De borst bevat veel bloed en water, hiervan is de absorptiecoëfficiënt tegen de golflengte van het licht geplot in Figuur 36. In de figuur zien we dat de absorptie van licht over het algemeen hoger is voor bloed dan voor water.



FIGUUR 36: ABSORPTIECOËFFICIENT TEGEN DE FREQUENTIE VAN HET LICHT VOOR WATER EN BLOED

Opdracht 34

We zenden licht vanuit een lamp met een intensiteit van: $I(0) = 1 \cdot 10^{-4} \text{ W/mm}^2$ en een golflengte van 1000 nm. Hierna gaat het licht eerst door 40 mm water.

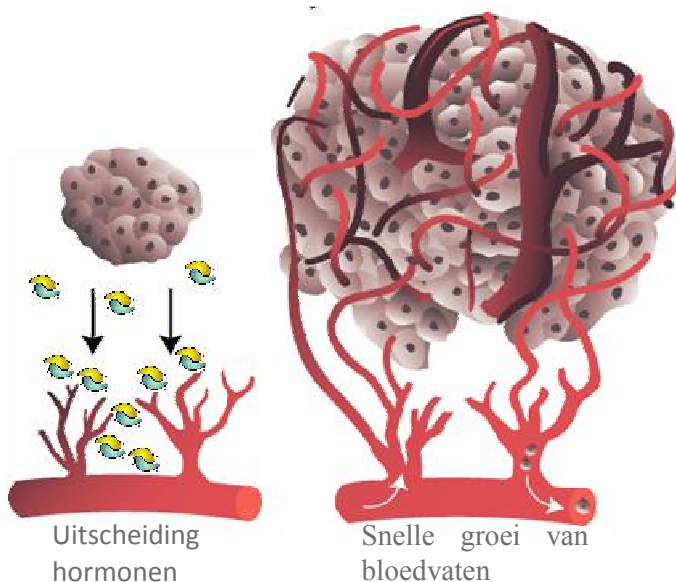
- Bereken de intensiteit van het licht nadat het water heeft gepasseerd.
Hierna gaat het licht door een bloedvat van 5 mm
- Bereken de intensiteit van het licht nadat het water en het bloedvat heeft gepasseerd.

Opdracht 35

De borst bestaat voornamelijk uit water; voor een bepaalde fotoakoestische meting moet minimaal 10 % van de begin intensiteit de tumor in de borst bereiken. Bepaal met behulp van Figuur 36 wat de maximale diepte is waarop je nog een tumor kunt meten.

Angiogenese

Wanneer een tumor in de borst groter wordt dan een paar mm, kunnen de bloedvaten in het borstweefsel niet meer genoeg zuurstof en voedingsstoffen leveren. Daarom gaan de tumor cellen zelf hormonen uitscheiden die zorgen voor een verhoogde groei van bloedvaten rondom de tumor. Dit proces heet angiogenese en is afgebeeld in Figuur 37. Door angiogenese is de hoeveelheid bloed rondom een tumor hoger dan in de rest van het borstweefsel.



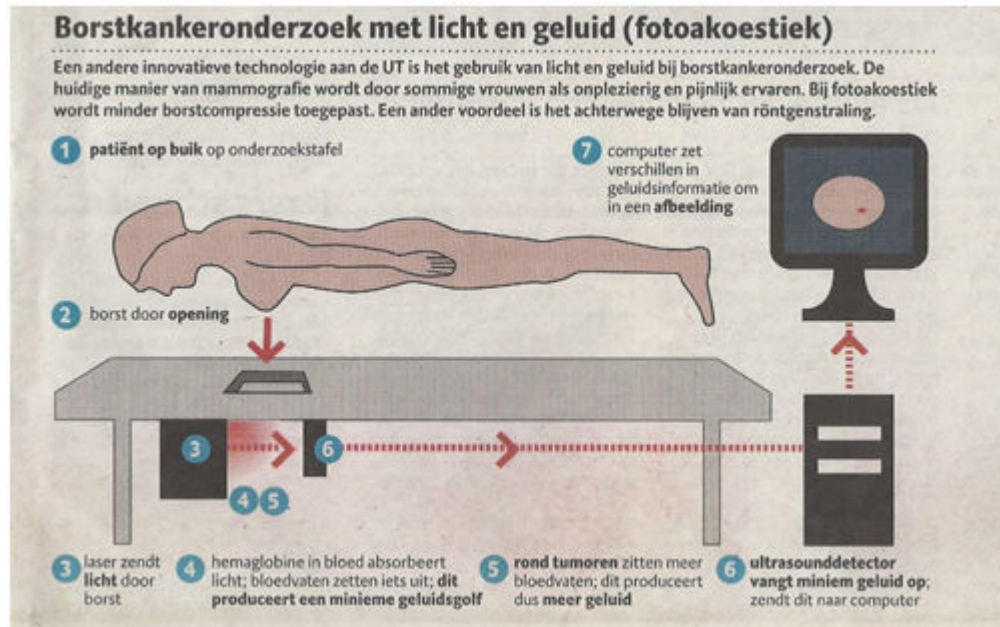
FIGUUR 37: ANGIOGENESE

Opdracht 36

Hoe kunnen we het fotoakoestisch principe voor meting van tumoren in de borst gebruiken?

6. EINDOPDRACHT

Zoals eerder is gezegd worden op dit moment fotoakoestische metingen uitgevoerd in een ziekenhuis in Oldenzaal. Hierover is een artikel geschreven in de TC Tubantia, zie Figuur 38.



FIGUUR 38: ARTIKEL TC TUBANTIA (17-01-12)

Opdracht 37

Bekijk stap 3 tot en met 6 in het artikel. Borstweefsel bestaat voor het grootste deel uit water. De afstand tussen de laser en de ultrageluid detector wordt bepaald door de dikte van de borst. De dikte van de borst is gemiddeld 60 mm.

- a. Wat zijn de geluidsnelheid en de lichtsnelheid in de borst ongeveer? Rondom een tumor bevinden zich veel bloedvaten. Een tumor bevindt zich bij een vrouw exact in het midden van de borst.
- b. Bereken hoelang het duurt voordat het licht de tumor bereikt.
- c. Bereken hoelang het geluid onderweg is van tumor naar detector.
- d. Bereken hoeveel tijd er zit tussen het uitzenden van het licht en het detecteren van het geluid.

Opdracht 38

De techniek die nu vooral in het ziekenhuis gebruikt wordt voor borstkanker onderzoek maakt gebruik van röntgenstraling. Beredeneer welke voordelen het gebruik van fotoakoestiek heeft ten opzichte van de huidige techniek die wordt gebruikt voor borstkankeronderzoek.

ILLUSTRATIEVERANTWOORDING

- Figuur 1: <http://ipcblog.org/wp-content/uploads/2011/11/magnetsXray.jpg>
Figuur 2: <http://www.nihonkairali.com/img/contents/Xray.jpg>
Opdracht 1: <http://www.fastraet.nl/images/Roentgenfoto%20hoofd.jpg>; Diagnostic Imaging Associates – Williamsville ; [http://nl.wikisage.org/wiki/Buik_\(buikholte\)](http://nl.wikisage.org/wiki/Buik_(buikholte));
Figuur 3: Module Medische Beeldvorming
Figuur 4: Hospital of Saint Raphael – New Haven
Figuur 5: <http://www.robotexpertisecentrum.nl/aandoeningen/darmkanker/onderzoeken/ct-scan.html>
Figuur 7: <http://artsinspe.artsennet.nl>
Figuur 8: <http://www.thebreastcaresite.com/tbcs/NewlyDiagnosed/TypesOfBreastCancer/index.htm>
Figuur 9: Module Medische Beeldvorming
Figuur 10: Boston breast diagnostic center – Bosten
Opdracht 7: <http://phicenter.org/what-is-limited-obstetrical-ultrasound/>;
http://artsinspe.artsennet.nl/upload/55299bd2-ed1a-4787-b5c1-40e4d0d7cb20_CT-scan.gif; <http://www.imagingpathways.health.wa.gov.au/includes/dipmenu/ankle/image.html>; http://www.digital-scan.nl/lichtbak-dia's_rontgenfoto's.html
Figuur 11: www.nu.nl
Figuur 13: <http://lucis.groepweb.nl/homepage/show/921864.jpg>;
Figuur 14: http://farm8.staticflickr.com/7033/6848222473_860b03c4ed_m.jpg
Figuur 15: Medicalfacts.nl
Figuur 16: Biomedical Photonic Imaging – Enschede
Figuur 17: De Telegraaf, Nu.nl, Volkskrant, TC tubantia, Kennislink
Figuur 18: Biomedical Photonic Imaging – Enschede; www.cancergrace.org;
Experiment: Euler, M.
Figuur 19: Jong, de N. Medical Acoustics – Enschede
Figuur 22: Jong, de N. Medical Acoustics – Enschede
Figuur 23: <http://www.lightlabsusa.com>
Figuur 26: Jong, de N. Medical Acoustics– Enschede
Figuur 35: <http://www.soundeklin.com/products/accessories/ultrasound-probes>
Figuur 36: Biomedical Photonic Imaging – Enschede
Figuur 37: <http://img.medscape.com/slide/migrated/editorial/cmecircle/2003/2629/images/hurwitz/slide03b.gif> (aangepast)
Figuur 38: TC Tubantia – Enschede

11.3 Lesvoorbereidingen en Evaluaties Renske

Over het algemeen zijn de lessen goed verlopen; de leerlingen deden goed mee, gingen goed aan het werk en gaven aan de stof interessant te vinden. Op het Erasmus heeft Renske 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. Wanneer je de stof in drie lessen wil behandelen zullen de leerlingen daartussen tijd moeten hebben om de opgaven thuis te maken. De hoeveelheid huiswerk blijft beperkt als de stof over vier lessen wordt verdeeld.

LES 1: Introductie Lessenserie

Tijd	Doel	Leerstof	Werkvorm	Activiteit docent	Activiteit leerling
2 min	Introductie lessenserie	Vorig kwartiel – Medische beeldvorming Dit kwartiel – ontwikkelingen hierbinnen Onderzoek voor mijn studie		Praat	
10min	Data verzamelen	Enquête 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 Niet perfect --- Oa niet voor borstkanker 1/8 vrouwen Belangrijk op dit goed op te kunnen sporen → Onderzoek Oldenzaal	Instructie	Praat	Luistert
2 min		Opbouw Module - Herhaling van de technieken - Hoe wordt onderzoek gedaan - Uitleg van nieuwe techniek -- Fotoakoestiek Hierbij module tonen	Instructie	Praat	Luistert
5 min		Vandaag Bestaande Technieken ■ Röntgen ■ CT ■ Mammografie ■ Echoscopie ■ MRI Uitleg principe en gebruik - Echoscopie – Echoput	OLG	Stelt vragen	Antwoord op vragen Denkt na

		- MRI – magnetisme			
25 min		Opgaven maken hoofdstuk 1+2 Alle opgaven inleveren --- (voor evaluatie module) Opdracht 7 telt mee voor de beoordeling		Rondlopen Waar nodig helpen	Opgaven maken
2	Afsluiting	Vandaag voor/nadelen gevonden. Volgende week onderzoeken			

Evaluatie les 1:

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. Enkel 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: Onderzoek

Tijd	Doel	Leerstof	Werkvorm	Activiteit docent	Activiteit leerling
5	Voorkennis ophalen	Opdracht 7	Bespreking /OLG	Praat	Luistert Geeft antwoord
3	Koppeling lessen	Technieken niet perfect – Onderzoek Vb: Fotoakoestiek	Instructie		
2	Leerdoel benoemen	Vandaag kijken hoe je onderzoek doet	Instructie		
10	Kern	Onderzoekscyclus (ahv voorbeeld maan) - Observatie - Inductie - Deductie - Toetsing - Evaluatie	Instructie	Praat	Luistert
	Leren	Opgaven t/m 15 (hoofdstuk 3)	Opgaven maken	Helpt, loopt rond	Overlegt, schrijft,

20	werken met theorie		(2-tallen)		denkt
5	Afsluiting	Je weet nu hoe je een onderzoek op moet zetten en uit welke stappen dit bestaat. Huiswerk is opgave 16+17, deze gaan over een onderzoek binnen de medische beeldvorming		Praat	Luistert

Evaluatie les 2:

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.

LES 3: Introductie Fotoakoestiek

Tijd	Doel	Leerstof	Werkvorm	Activiteit docent	Activiteit leerling
10min	Inspireren	Mooi verhaal over fotoakoestiek Hoe gebeurt het normaal gesproken Mammografie MRI Hoe gebeurt het nu in Oldenzaal Mammo Onderzoek -- Fotoakoestiek	Instructie	Praat	Luistert
10 min	Zichtbaar / Hoorbaar maken	Jampot + Gloeilamp	Demo		Luistert Verteld wat hij hoort
5		Uitleg fotoakoestiek (ahv demo): Licht -- Frequentie Absorptie van licht -- Absorptiecoëfficiënt Geluid --- Golven -- Conus	Instructie	Praat	Luistert
		Fotoakoestiek			

5		Licht – Temperatuur Uitzetten van materiaal Pulseren – geluid			
15		Opdrachten t/m 26			
2	Afsluiting				

LES3:

Deze les ben ik begonnen met het introduceren van de fotoakoestiek zoals deze in Oldenzaal gebeurt. 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 leerling 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 ongeveer de helft van de leerlingen het huiswerk nog niet had gemaakt en veel tijd besteedde aan de huiswerkopgaven.

LES 4: Natuurkundige uitleg fotoakoestiek

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

Evaluatie les 4:

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.

Wanneer de module nogmaals wordt behandeld zal de lesindeling in ieder geval anders kunnen, omdat er dan geen enquêtes en interview gedaan hoeven te worden. Alle stof zou dan iets naar voren geschoven kunnen worden. De indeling zou er als volgt uit kunnen zien:

Les 1: verschillende technieken en inleiding van onderzoek.

Les 2: opgaven over onderzoek en begin fotoakoestiek.

Les3: fotoakoestiek

Les4: terugkoppeling fotoakoestiek + onderzoek

11.4 Lesvoorbereidingen en Evaluaties Chiel

Les 1 Lesvoorbereiding

Wat is borstkanker en hoe kunnen we het onderzoeken? Wat zijn de nadelen/ tekortkomingen v/d verschillende technieken?

Zie presentatieles1.pptx

10 min	Enquête	Individueel per leerling
2 min	Introductie over mezelf + OvO	Leerling luistert
7 min	Borstkanker: ▪ Cijfers ▪ Borst anatomie ▪ Ziekte beeld Filmpje ontwikkeling borstkanker (http://www.youtube.com/watch?v=l2lRZuEK4Y0)	Discussie met leerlingen: ▪ Waardoor ontstaat borstkanker? ▪ Hoe wordt borstkanker bij vrouwen gemerkt? ▪ Waarom is het belangrijk dat we de kanker vroegtijdig opsporen? ▪ Hoe kunnen we borstkanker behandelen? ▪ ..
5 min	Korte introductie in technieken die op dit moment wordt gebruikt om voor borstkanker detectie	
20 min	Zelf werken aan opgave 1 t/m 8 (Medische beeldvorming: Technieken)	
5 min	Reflectie	▪ Welke technieken vinden jullie het beste om borstkanker te detecteren? ▪ Waarom gebruiken we meerdere technieken om borstkanker op te sporen? ▪ Zijn de huidige technieken al afdoende?

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: Les voorbereiding

Wat is wetenschappelijk onderzoek, waarom is doen we het en hoe voeren we het uit?

Presentatieles2.pptx

10 min	Bespreking tabel 7 lesmodule - Voor en nadelen detectiemethoden borstkanker - Belang nieuwe methode	Discussie met leerlingen
5 min	Artikel nu.nl over borstkanker lezen. Opdracht 9 samen maken: Waarom zou de techniek in het artikel onschadelijk voor de gezondheid zijn?, waarschijnlijke voordelen van de nieuwe techniek	
10 minuten	Hoe wordt een nieuwe techniek bedacht/ wat is wetenschappelijk onderzoek. - Verschillende afbeeldingen wanneer je op google zoekt naar onderzoek - Koppeling naar verschillende stappen in wetenschappelijk onderzoek: - Observatie - Inductie - Deductie - Toetsing - Evaluatie	Wat laten de verschillende afbeeldingen over wetenschappelijk onderzoek zien? (vrouw achter microscoop, mannen die formules op bord schrijven, kind dat leest, kikker waarmee de spieren worden bewogen door elektrische stroompjes te leveren) Waarom is het schema in een cirkel
22 min	Eigen wetenschappelijk onderzoek opstellen aan de hand van schema (opdracht 10 – 15)	
3 min	Groepjes aan elkaar hun onderzoek uitleggen	

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 meisjes 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 wilden 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 we er een vloed hebben.

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 wilden uitvoeren.

Les 3: Lesvoorbereiding

Presentatieles3.pptx

Welke nieuwe techniek wordt gebruikt bij het nieuwe borstkanker onderzoek en wat is het werkingsprincipe?

5 min	Onderzoek vanuit “simpele” waarnemingen: Demo	▪ Hoe zou het geluid geproduceerd kunnen worden? ▪ Hoe zouden we dit kunnen gebruiken bij borstkanker onderzoek?
15 min	▪ Filmpje Borstkanker onderzoek bij BMPI, Summier wordt uitgelegd dat we licht in de borst zenden en geluid meten ▪ Eigen ervaring tijdens onderzoek bij BMPI ▪ Schema fotoakoestiek, dit zijn de principes in filmpje genoemd we gaan deze verder onderzoeken	▪ Snappen wat er in dit filmpje gebeurt
25 min	▪ Leerling onderzoekt werking fotoakoestisch principe aan de hand van opdrachten 16 -26	▪
5 min	▪ Waarom ontstaat er geluid in het appelmoespotje ▪ Hoe zouden we dit kunnen gebruiken bij borstanker onderzoek	▪ Klassikaal

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 kostte 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: lesvoorbereiding

Presentatieles4.pptx

Hoe wordt het fotoakoestisch principe gebruikt om borstkanker in beeld te brengen?

10 min	Fotoakoestische principe: ▪ Bespreking opgave 15 – 26 ▪ Extra uitleg bij schema fotoakoestiek	▪ Hoe zouden we FA principe kunnen gebruiken bij de detectie van
--------	---	--

		borstkanker?
10 min	Tumor met fotoakoestiek: ▪ Absorptie van licht ▪ Temperatuur verhoging, uitzetting weefsel, druk opbouw ▪ Ultrageluidsgolf ▪ Angiogenese ▪ Absorptie bloed	▪ Waarom meer absorptie bij tumor? ▪ Waarom extra bloedvaten rondom een tumor? ▪ Welke golflengte zal er worden gebruikt?
25 min	▪ Leerlingen maken opgaven 27- 37 ▪ Leerlingen maken eindmeting ▪ Interviews met leerlingen	
5 min	▪ Afronding module	▪ Wat vonden jullie van de module? ▪ Wat heb je geleerd?

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 aanwezige 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.

11.5 Enquête

Nulmeting

Ik wil graag van je weten wat je vindt van natuurkunde en wat je denkt dat je daar mee kan. De antwoorden op de enquête zijn anoniem en 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 eens	eens	neutraal	oneens	volledig oneens
Natuurkunde is nuttig	☐	☐	☐	☐	☐
Het is belangrijk om natuurkunde te leren	☐	☐	☐	☐	☐
Natuurkunde is leuk	☐	☐	☐	☐	☐
Ik ben goed in natuurkunde	☐	☐	☐	☐	☐
Ik weet veel van natuurkunde	☐	☐	☐	☐	☐
Ik ga later natuurkunde gebruiken in mijn werk	☐	☐	☐	☐	☐

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

Bij het begin van de lessen over fotoakoestiek hebben jullie een enquête ingevuld over natuurkunde. Ik wil graag nogmaals van je weten wat je vindt van natuurkunde en wat je denkt dat je daar mee kan. De antwoorden op de enquête zijn anoniem en 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. Op de tweede pagina vind je vragen over de afgelopen lessenserie.

<u>Jouw mening over natuurkunde:</u>	volledig eens	eens	neutraal	oneens	volledig oneens
Natuurkunde is nuttig	☐	☐	☐	☐	☐
Het is belangrijk om natuurkunde te leren	☐	☐	☐	☐	☐
Natuurkunde is leuk	☐	☐	☐	☐	☐
Ik ben goed in natuurkunde	☐	☐	☐	☐	☐
Ik weet veel van natuurkunde	☐	☐	☐	☐	☐
Ik ga later natuurkunde gebruiken in mijn werk	☐	☐	☐	☐	☐

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?

.....

.....

.....

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	☐	☐	☐	☐	☐
Ik snap hoe fotoakoestiek werkt	☐	☐	☐	☐	☐
Ik weet hoe je een onderzoek opzet	☐	☐	☐	☐	☐
De lessen waren nuttig	☐	☐	☐	☐	☐
De lessen waren leuk	☐	☐	☐	☐	☐
De demonstratie was nuttig	☐	☐	☐	☐	☐
De demonstratie was leuk	☐	☐	☐	☐	☐

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:

.....

.....

.....

11.6 Ruwe data enquête 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.

Resultaten van de enquête

Nulmeting

Jouw mening over natuurkunde:

	volledig eens	eens	neutraal	oneens	volledig 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 eens	eens	neutraal	oneens	volledig 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 me soms af wat het nut er van is. Ik vond het jammer dat je in je pakket niet kon kiezen tussen na of sk	6,1	Ik vind het niet erg leuk vak, komt 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	7	Natuurkunde kan wel nuttig zijn, maar ik vind het niet zo leuk

		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

	Nulmeting			Eindmeting			
Leerling	Nut van onderzoek	Voor de samenleving	In het dagelijks leven	Nut van onderzoek	Voor de samenleving	In het dagelijks leven	
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 Veel producten	Inzicht en kennis verkrijgen	Hiermee kunnen nieuwe dingen worden uitgevonden, zoals fotoakoestiek	Bij sport 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 het karretje valt als hij/zijn over de kop gaat.	Dat men dingen kan verklaren, zodat men problemen op kan lossen	Dat er technieken ontwikkeld worden, waar iedereen beter van wordt	In achtbanen	
5	Zo doende ontdekken	Het zit in onze meest	In alles gepaard met	Om verschijnselen te		In alle dagelijkse	

OvO: Borstkanker in beeld: Motivatie van leerlingen

	we dat ongeschreven regels om ons heen en hoe we tot die regels zijn gekomen	dagelijks bezigheden /hobby's/ vervoersmiddelen en ga zo maar door	scheikunde zit het echt in bijna alles van een Iphone tot een zelfbestuurd robotje	verklaren/ te snappen die wij eerst voor onvoorspelbaar aanzagen		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	3	1		
Ik snap hoe fotoakoestiek werkt	2	4	1		
Ik weet hoe je een onderzoek opzet		4	3		
De lessen waren nuttig	2	5			
De lessen waren leuk	4	3			
De demonstratie was nuttig	3	3			
De demonstratie was leuk	4	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 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.

11.7 Ruwe data Enquête Chiel

1	Amy
2	Bart
3	Cees
4	Dirk
5	Edwin
6	Femke

Jouw mening over natuurkunde (nul):

	volledig eens	eens	neutraal	oneens	volledig oneens
Natuurkunde is nuttig	2356	14			
Het is belangrijk om natuurkunde te leren		2356	4	1	
Natuurkunde is leuk		23456		1	
Ik ben goed in natuurkunde		2345	6		1
Ik weet veel van natuurkunde		23456		1	
Ik ga later natuurkunde gebruiken in mijn werk		23	456	1	

Jouw mening over natuurkunde (eind):

	volledig eens	eens	neutraal	oneens	volledig oneens
Natuurkunde is nuttig	12356	4			
Het is belangrijk om natuurkunde te leren	3	2456	1		
Natuurkunde is leuk	3	245	16		
Ik ben goed in natuurkunde		2345	6		1
Ik weet veel van natuurkunde		2345	6	1	
Ik ga later natuurkunde gebruiken in mijn werk	2	56	34		1

	Amy	Bart	Cees	Dirk	Edwin	Femke
Cijfer 1	6	8	8	7,5	7,5	6
Cijfer2	6	8	8	7,5	7,5	7
Cijfer lessen	8	8	9	8	8	8

Jouw mening over de lessen serie:

	volledig eens	eens	neutraal	oneens	volledig oneens
Ik heb veel geleerd van de lessen fotoakoestiek	12356	4			
Ik snap hoe fotoakoestiek werkt	13456	2			
Ik weet hoe je een onderzoek opzet		1346	25		
De lessen waren nuttig	3	12456			
De lessen waren leuk	36	1245			
De demonstratie was nuttig		126	4		
De demonstratie was leuk		146	2		

Demo voor 3: niet voor toepassing, niet aanwezig in de les, rest van lessen wel aanwezig.

Motivatie voor dit cijfer:

	Nulmeting	Eindmeting
Amy	Het is wel nuttig voor onderzoek, maar persoonlijk interesseert het me niet.	Het is nuttig en handig, maar ik vind het niet leuk
Bart	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.
Cees	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.
Dirk	Interessant en goed voor de algemene kennis, maar volgens mij goed in te halen voor een eventuele opleiding.	Interessant, nuttig, maar voor verbetering vatbaar.
Edwin	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.
Femke	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
Amy	Nieuwe dingen ontdekken die iets verklaren of die mensen het leven beter maken.	Je kan er mensen mee helpen, wel indirect.
Bart	Je kijkt naar de mogelijkheden voor de toekomst, voor apparaten	Ja, want er is nog veel te onderzoeken en te verbeteren
Cees	Nieuwe technieken ontwikkelen, waarmee hulpmiddelen oid gemaakt kunnen worden.	Nieuwe technieken ontwikkelen
Dirk	Innovatie en nieuwe technieken die nuttig zijn of het leven makkelijker maken.	Het ontstaan van nieuwe technieken
Edwin	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.
Femke	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
Amy	Bepaalde gebeurtenissen kunnen nu worden verklaard waardoor we meer begrijpen.	De gezondheidszorg kan hierdoor verbeterd worden.
Bart	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
Cees	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.
Dirk	De producten die vanuit het onderzoek voortkomen zijn nuttig en/of aangenaam	Het ontstaan van nieuwe technieken.
Edwin	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.
Femke	Nieuwe technologieën	Nieuwe onderzoeken en nieuwe spullen

Waar kom jij in het dagelijks leven natuurkunde tegen?

	Nulmeting	Eindmeting
Amy	Zwaartekracht, wrijving en weerstand (op de fiets).	Zwaartekracht, krachten
Bart	In alles, denk maar aan de zwaartekracht. Maar ook alle apparaten en machines.	Overal
Cees	Overal in de bouw, sport, werken, attracties, gezondheidszorg, media, etc.	Overal
Dirk	Overal: wekker, telefoon, fiets, tas, computer, radio, etc.	Overal
Edwin	Overal, 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.	Overal, bij bijna alles is natuurkundig onderzoek vooraf gegaan.
Femke	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:

Amy	Hoe het onderzoek naar nieuwe manieren voor medisch onderzoek
Bart	Dat het een nieuwe manier is om menselijke kwalen te onderzoeken en dat het veel voordelen heeft.
Cees	Hoe de techniek werkt, toepassingen, etc.
Dirk	Verschillende beta richtingen komen samen: natuurkunde + biologie
Edwin	Hoe je met behulp van licht kanker kunt ontdekken door behulp van trillingen.
Femke	Hoe fotoakoestiek werkt en verschillende onderzoeksmogelijkheden

Motivatatie voor het cijfer

Amy	Het was leerzaam en leuk en goed te volgen, ook zonder natuurkunde.
-----	---

Bart	De lessen waren interessant , met goede voorbeelden.
Cees	Erg leuk en leerzaam
Dirk	Het was een leuke en interessante afwisseling
Edwin	Veel van geleerd, interessant
Femke	Was wel leuk om te doen, sommige dingen, opdrachten waren wel moeilijk

Heb je nog overige opmerkingen? Schrijf ze hier op:

Amy	-
Bart	-
Cees	Spelfouten, worden nader behandeld
Dirk	-
Edwin	-
Femke	-

Lessenserie van 4 + 1 lessen. Hier van zijn de tweede les en derde les een blok uur. Het blokuur werd gegeven als twee afzonderlijke lessen. Laatste les is extra toegevoegd om leerlingen opgaven tijdens de les af te laten maken.

11.8 Interview Evaluatie Fotoakoestiek 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: Uhmm, 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

11.9 Interview Chiel

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

Femke en Amy

- 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.

Edwin, Dirk, Cees Bart

- Is goed voor je algemene kennis
- Algemene beeldvorming
- Komt overal in terug

2. Wat moet je van natuurkunde leren?

Femke en Amy

- 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 Amy 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

Edwin, Dirk, Cees Bart

- 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

11.10 Resultaten Opgaven Chiel

Op gav e	Te mak kelijk	Mak kelijk	Moei lijk	Te mo eilij k	Commentaar
1		X	X		▪ Eerste twee makkelijk, derde plaatje CT of MRI kunnen ze niet zomaar verzinnen
2a		X			▪ Meeste leerlingen wel goed gemaakt. Paar leerlingen niet direct duidelijk wat er bij gammastraling gebeurt.
2b		X			▪ Duidelijk, absorptie, schadelijkheid
3			X	X	▪ Helpt leerlingen had de juiste oplossing, duidelijker als ze lijnen moeten tekenen waar vandaan en dan combineren. Leerlingen vonden het wel een leuke opdracht!
4		X			▪ Duidelijk, schadelijk
5			X		▪ Lucht wordt genoemd, maar niet veel leerlingen merken op dat je ribben ervoor zitten.
6		X			▪ Pacemakers, operaties, metalen kunstdelen, leerlingen kunnen veel voorbeelden noemen
7					▪ Als werkblad. Leerlingen goed mee bezig geweest
8			x		▪ Vb antwoorden: sommige overbodig, methoden niet geschikt, beperkingen van andere technieken worden aangevuld door anderen. Deze vraag in de les nog goed behandelen.
9					▪ Radiogolven onschadelijk, door iedereen gezien
10- 13					▪ 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.
14			X	X	▪ Vinden de leerlingen een erg moeilijke vraag en hebben ook niet veel kunnen antwoorden.
15		X			▪ Allemaal: evaluatie
16 a		X			▪ Leerlingen schatten goed aan de hand van wat is afgebeeld.
16 b		X	X		▪ Meeste leerlingen goed geantwoord. Extra vraag: en waardoor ontstaan deze verschillen.
17		X			▪ Duidelijk
18		X			▪ Goed ter discussie, ook behandelen in de klas
19		X			▪ Goed te doen, goed om te kijken waar de benodigde 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 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 a		X			Duidelijk, theorievraag
23 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 a			X		Discuseer vraag met leerlingen
28 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
33-34			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

11.11 Resultaten Opdrachten Renske

kennis bestaande technieken	de eerste vragen van de module zijn door alle leerlingen goed gemaakt. Wellicht werd dit veroorzaakt door het feit dat veel van de stof herhaling was van de voorkennis. Vergelijken met Chiel om te zien of dit het geval is
leren onderzoeken	deze vragen zijn minder goed gemaakt. Komt waarschijnlijk door dat de vragen erg open waren. Leerlingen gaven achteraf ook aan het onderzoeken nog niet helemaal onder de knie te hebben 3,7 gemiddeld op een schaal van 1 tot 5.
introductie fotoakoestiek	Het kostte de leerlingen veel tijd op opdracht 16 en 17 te maken. Uit de krantenkoppen kunnen ze weinig informatie halen
Fotoakoestiek	Bij deze opdracht kon nog niet iedereen de fotoakoestiek goed omschrijven conceptvragen zijn goed gemaakt, 21 was lastiger (dimensieanalyse) ook 23 was lastig, e werd niet herkend als natuurlijk logaritme. Aan het eind van de lessenserie zat het met de conceptkennis wel goed, opdrachten zijn goed beantwoord.
Beeldvorming	De eerste opgaven over de beeldvorming waren erg lastig en de grafiekjes zorgden voor veel vragen bij de leerlingen. In de ontstane discussies hierover merkte ik dat de leerlingen zo wel gedwongen werden er goed over na te denken en dat ze langzaam begonnen te begrijpen wat ze zagen. Het blijkt wel dat het lastig is om amplitude te koppelen aan afstand. Helemaal moeilijk werd het bij opgave 31. hierbij moet je zowel rekening houden met de afstand vanaf de lichtbron als de afstand tot de "microfoon". De opgave waarin je goed kon zien of de leerlingen de beeldvorming begrepen hebben is door de leerlingen overgeslagen (te moeilijk / te veel werk) de echte rekenvraag (opg 34) is moeilijk. De koppeling met de grafiek wordt niet goed gelegd.
kennis verbinden	de afsluitende vragen worden goed gemaakt. Ik heb wel mijn twijfels over het verkregen inzicht over het verschil in snelheid van geluid en licht.