

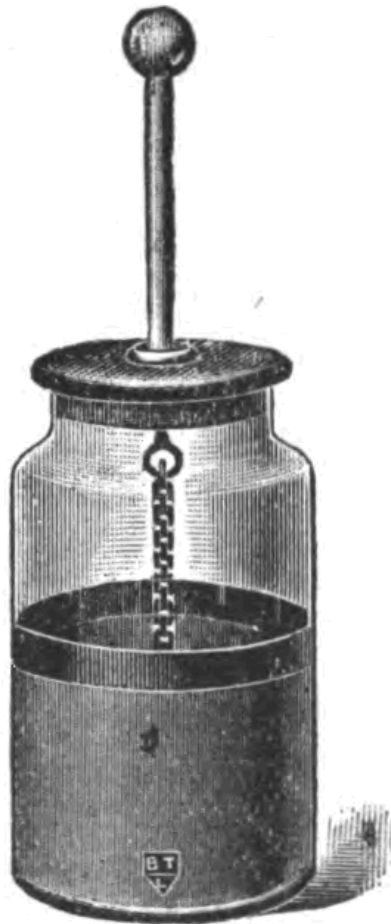
# De Combinatie van Wetenschapsgeschiedenis en Practica in de Natuurkundeles

David van Dijk

2302357

Natuurkunde

Onderzoek van Onderwijs (10 EC variant)



## Inhoudsopgave

1. Samenvatting.....	4
2. Inleiding.....	4
2.1. Algemene inleiding .....	4
2.2. Doelen.....	6
3. Vooronderzoek.....	7
3.1. Subvragen vooronderzoek:.....	7
3.2. Theoretisch kader .....	7
3.2.1. History and Philosophy of Science .....	7
3.2.2. Nature of Science.....	7
3.2.3. Inquiry learning.....	8
3.2.4. HPS, NOS, inquiry en practica in de lespraktijk.....	8
3.3. De context van het Nederlandse onderwijssysteem .....	10
3.4. Uitkomsten vooronderzoek .....	12
4. Methode.....	15
4.1. Procedure .....	16
4.1.1. Vooronderzoek.....	16
4.1.2. Ontwerpfase .....	16
4.1.3. Uitvoering en evaluatie.....	16
4.2. Respondenten.....	16
4.3. Instrumenten .....	17
4.3.1. Semigestructureerde leerlinginterviews.....	17
4.3.2. Lesobservaties.....	18
4.3.3. Klassengesprek.....	18
4.4. Analyse.....	18
4.5. Validiteit en betrouwbaarheid.....	19
5. Ontwerp .....	20
5.1. De zoektocht naar mogelijke toepassing van HPS in de context van dit ontwerponderzoek 20	
5.2. Opzet van de lessenserie .....	23
6. Resultaten .....	24
6.1. Wetenschapsgeschiedenis en practica maken lesstof begrijpelijker en interessanter?.....	24
6.2. Enthousiasme en betrokkenheid door wetenschapsgeschiedenis en practica .....	25
6.3. Wetenschapsgeschiedenis, practica en het stimuleren van kritisch denken .....	25
6.4. Leren over de ontwikkeling van natuurkunde met wetenschapsgeschiedenis en practica? 26	

7.	Conclusie en discussie.....	27
7.1.	De combinatie van wetenschapsgeschiedenis en practica maakt de stof voor veel leerlingen minder abstract.....	27
7.2.	De combinatie van wetenschapsgeschiedenis en practica enthousiasmeert en betreft de leerlingen bij de les .....	27
7.3.	De combinatie van wetenschapsgeschiedenis en practica heeft potentie voor het stimuleren van kritisch denken .....	28
7.4.	Kennis over ontwikkeling van natuurkunde was een neveneffect voor de leerlingen .....	28
7.5.	Algemene conclusie .....	29
7.6.	Beperkingen.....	29
7.7.	Aanbevelingen .....	30
8.	Nawoord.....	31
9.	Ethiek .....	31
10.	Referenties .....	32
11.	Bronnen afbeeldingen.....	35
12.	Bijlagen.....	36
	Bijlage A: Ontwerp lessenserie .....	36
	Bijlage B: Interviewleidraden semigestructureerde leerlinginterviews .....	48
	Bijlage C: Planning lesblok 4.....	49
	Bijlage D: interviewleidraad natuurkundedocent .....	51
	Bijlage E: Resultaten interview natuurkundedocent.....	51
	Bijlage F: transcripten semigestructureerde leerlinginterviews .....	69
	Bijlage G: overzicht gecodeerde uitspraken.....	91
	Bijlage H: Uitkomsten klassengesprekken.....	106
	Bijlage I: lesvoorbereidingsformulieren .....	107

## 1. Samenvatting

Dit ontwerponderzoek laat het proces van een *participative educational design research* naar de combinatie van wetenschapsgeschiedenis en practica in de Nederlandse natuurkundeles zien. Een vooronderzoek legt de theoretische achtergrond bloot, waarin de voordelen en uitdagingen van wetenschapsgeschiedenis in de les worden beschreven en laat zien dat *nature of science* en *inquiry* een belangrijke bijrol spelen. Samen met de specifieke eigenschappen van het Nederlandse natuurkundeonderwijs leidt het theoretisch kader tot een pakket van eisen voor het lesontwerp. In dit lesontwerp worden lessen over elektriciteit met daarin verschillende historische parallellen, demonstraties en practica beschreven. Deze lessen zijn uitgevoerd bij twee vwo 4 klassen, waarvan een selectie leerlingen vooraf en achteraf zijn geïnterviewd. In combinatie met mijn observaties en informatie uit klassengesprekken blijkt hieruit dat de combinatie van wetenschapsgeschiedenis en practica voor de leerlingen met name helpt met het onthouden van de stof, ze enthousiasmeert en betreft bij de les. Op het gebied van kennis over de *nature of science, inquiry* en de inhoud van wetenschapsgeschiedenis was de leeropbrengst betrekkelijk laag. De leerlingen gebruikten de historische aanpak met name als 'gereedschap' om de reguliere lesstof uit het boek beter te begrijpen en te onthouden.

## 2. Inleiding

### 2.1. Algemene inleiding

Het onderwerp van dit ontwerponderzoek is op mijn pad gekomen vanuit de combinatie van twee onderwerpen die mij beide erg interesseren en mijn ontwikkeling op het gebied van natuurkunde sterk hebben beïnvloed. Dit zijn wetenschapsgeschiedenis en practica. Mijn weg richting het vak van natuurkundeleraar was, net zoals bij veel van mijn medestudenten aan de Universiteit Twente, niet helemaal logisch. Met een achtergrond in Industrial Design Engineering stond de vakinhoud in eerste instantie best ver buiten mijn comfort zone, maar zeer zeker wel binnen mijn interessegebied. Tijdens de Minor Leren lesgeven werd ik onder andere door de bevlogen manier van lesgeven met behulp van demonstraties van Ed van den Berg geïnspireerd om ook in mijn lessen zo veel mogelijk naar praktische middelen te grijpen. Later volgde ik het vak Geschiedenis en Grondslagen bij Fokko Jan Dijksterhuis en Daan Wegener. Hierbij had ik ieder college weer een nieuwe revelatie. De ontstaansgeschiedenis van de wetenschap was zo anders en zo veel interessanter dan ik mij altijd had voorgesteld, en bood voor mij persoonlijk heel veel interessante en overkoepelende perspectieven op het vak natuurkunde. Het hielp mij steeds meer verbanden te doen begrijpen. Vanuit deze persoonlijke ervaring leek het me onwijs interessant om te onderzoeken hoe zowel wetenschapsgeschiedenis en practica in de natuurkundeles ingezet kunnen worden om leerlingen iets mee te geven van de ontstaansgeschiedenis van dat wat ze leren, maar tegelijkertijd ook om te onderzoeken of het mogelijk is om hiermee de stof inzichtelijker en minder abstract te maken. Ik verwachtte niet dit makkelijk zou worden, in tegendeel, het leek me vanaf het begin al ontzettend complex om dit als beginnend docent toe te passen. Echter werd ik zo enthousiast over het onderwerp dat alleen al mijn enthousiasme in de klas een positieve uitwerking op mijn leerlingen zou kunnen hebben.

Dit onderzoek, een ontwerp uitgevoerd door één onderzoeker en docent, ikzelf, nodigt uit om op een reflectieve en verhalende manier te schrijven. Juist omdat bij een onpersoonlijke, traditioneel academische toon, de ervaringen en interpretaties die dit onderzoek waardevol maken minder tot hun recht zouden komen. Door deze reflectieve, verhalende aanpak, die ik *participative educational design research* (PEDR) noem, kon ik de ervaringen en resultaten tot een coherent en boeiend verhaal maken.

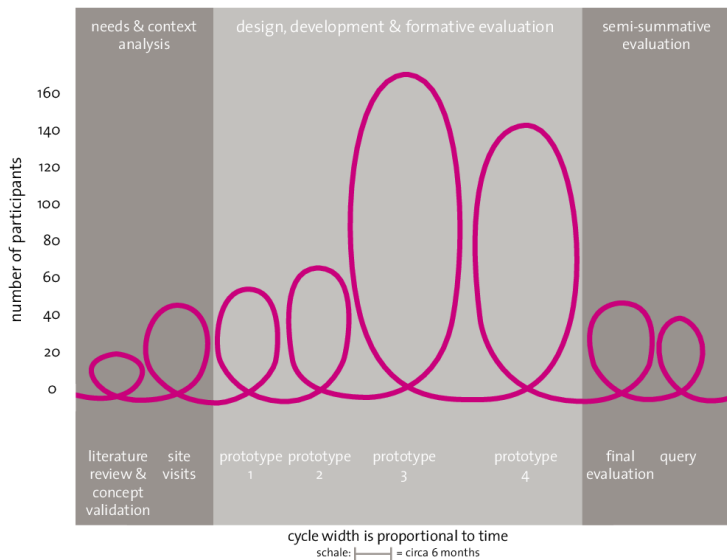
Met PEDR duid ik op een twist op *educational design research* (McKenney & Reeves, 2018) waarbij ik, de onderzoeker, een centralere rol in de inhoud van het onderzoek heb. Bij deze aanpak heb ik rekening gehouden worden met de impact de validiteit, betrouwbaarheid en generaliseerbaarheid van het onderzoek, hoe ik hiermee ben omgegaan, wordt later in de methode (sectie 4.5) beschreven.

Een algemeen praktijkprobleem bij het leren van natuurkunde is het gebrek aan een referentiekader voor de leerlingen om de stof mee aan hun belevingswereld te verbinden (Ekici, 2016), een kapstok om de stof aan op te hangen. Wellicht kan de combinatie van historie en practica deze referentiekaders versterken, bijvoorbeeld doordat de geschiedenis laat zien dat wetenschap mensenwerk is, maar het is natuurlijk een illusie dat een willekeurig historisch verhaal voor leerlingen gelijk een goed aansluitingspunt is op hun belevingswereld. Juist door te onderzoeken hoe practica en historie te combineren zijn ben ik opzoek gegaan naar manieren om deze referentiekaders te vorm te geven.

Behalve het versterken van de huidige inrichting van het curriculum, geeft dit onderwerp veel mogelijkheid tot verdieping en verbreding. Leerlingen leren nu vaak weinig over de aard van de wetenschap en de relatie tussen wetenschap en onze maatschappij, hoewel deze aspecten beschreven worden in domein A van de syllabus (*Syllabus Natuurkunde Vwo 2025*, 2023), zijn ze lastig op en centraal examen te toetsen. Het *washback effect* (Shohamy et al., 1996), zorgt er vervolgens voor dat wat niet getoetst wordt, minder aandacht krijgt in de les. Op die manier zijn de achtergrond en totstandkoming van de formules en wetten die leerlingen leren ze veelal onbekend, of althans in mijn lessen tot noch toe weinig aan bod gekomen.

Tijdens mijn huidige schoolstage heb ik vanaf februari tot aan de zomervakantie in schooljaar 23/24 twee vwo 4 klassen volledig overgenomen. Omdat ik deze leerlingen goed kon leren kennen en enige invloed had op de planning en invulling van de lessen was het voor de hand liggend om dit onderzoek bij hen uit te voeren. In het vierde blok van het schooljaar (vanaf de meivakantie) hebben we het onderwerp elektriciteit behandeld. Hierbij was ik enigszins gebonden aan het plan van toetsing en afsluiting (PTA) en de structuur en inhoud van het lesboek (*Systematische Natuurkunde*), maar kon ik bijvoorbeeld wel de volgorde en nadruk van onderdelen binnen dit onderwerp naar gelieve aanpassen. Het idee van het ontwerponderzoek was niet om de vakinhoud van het curriculum sterk te veranderen. Mijn doel was om met behulp van de historische en praktische aanpak de reguliere stof te behandelen.

Het onderzoek bestaat uit een vooronderzoek met als uitkomst een pakket van eisen en een ontwerponderzoek waarbij een lessenserie aan de hand van dit pakket van eisen wordt ontworpen, uitgevoerd en geëvalueerd. Het kan gezien worden als het begin van een *educational design research* (McKenney & Reeves, 2018). Om het onderzoek binnen de beschikbare tijd te kunnen uitvoeren blijft het bij de eerste drie cycli van het *educational design research* proces (figuur 1) zoals door McKenney & Reeves (2018) beschreven. Dit zijn: Een literatuuronderzoek, praktijkbezoeken (in mijn geval observaties en interviews) en een eerste prototype (een lessenserie) en de uitvoering daarvan.



figuur 1: Het proces van educational design research (Mckenney & Akker, 2005)

## 2.2. Doelen

Het hoofddoel van dit ontwerponderzoek was het ontwerpen, uitvoeren en evalueren van een lessenserie over elektriciteit voor vwo 4, waarbij het onderwerp behandeld wordt vanuit een invalshoek die de wetenschappelijke inzichten over wetenschapsgeschiedenis en practica binnen de natuurkundeles combineert. Hierbij wilde ik onderzoeken op welke manier de combinatie van wetenschapsgeschiedenis en practica ingezet zouden kunnen worden om de natuurkundeles te verbeteren door:

- de stof aan te bieden op een manier die meer aansluit bij de referentiekaders van de leerlingen en de stof minder abstract maakt
- de leerlingen te enthousiasmeren en meer te betrekken bij de les
- de leerlingen aan te sporen om kritisch te kijken naar hun observaties en meetresultaten
- de leerlingen mee te nemen in de ontwikkeling van de natuurkunde

Dit alles zonder dat dat ten koste zou gaan van het behandelen van de reguliere stof 'uit het boek'. Daarnaast had ik als doel voor mijzelf om uit te zoeken hoe een beginnend docent wetenschapsgeschiedenis en practica in de les kan toepassen. Hieruit zouden nuttige inzichten en tips voor andere docenten voort kunnen komen.

De beoogde uitkomst van dit onderzoek was het lesmateriaal voor deze lessenserie. Dit lesmateriaal, bestaat uit: voorbereidingsformulieren met lesplanningen, lesinhoud en literatuursuggesties. Daarnaast wilde ik aandacht besteden aan aanbevelingen wat betreft de combinatie van wetenschapsgeschiedenis en practica binnen het Nederlandse natuurkundeonderwijs, toegespitst op het onderwerp elektriciteit. Hierin speelde de gekozen aanpak, PEDR ook een rol, of zoals Mckenney & Reeves, p. (2018, p. 19) over educational design research schrijven: *“the design research process itself can also make a practical contribution, for example, by providing opportunities to those involved for reflection and learning.”* Ik hoopte met de praktijkervaring op een systematische wijze te leren over het verbeteren van mijn eigen lespraktijk en tegelijkertijd een kleine bijdrage te doen aan de kennisontwikkeling van dit onderwerp.

## 3. Vooronderzoek

### 3.1. Subvragen vooronderzoek:

Voor het vooronderzoek heb ik een aantal onderzoeksvragen opgesteld. Met deze onderzoeksvragen wilde ik achterhalen hoe en waarom het onderwerp van toegevoegde waarde kan zijn voor het onderwijs in Nederland, wat er al aan onderzoek is gedaan, hoe de verschillende sub-onderwerpen van dit ontwerponderzoek met elkaar samenhangen en hoe dit alles zich verhoudt tot de context van het Nederlandse natuurkundeonderwijs. De subvragen voor het vooronderzoek moeten niet gezien worden als onderzoeksvragen die ik gedurende dit onderzoek uitputtend en valide wilde beantwoorden. De subvragen vormen meer een beschrijving van perspectieven en zwaartepunten van het vooronderzoek die bij moesten dragen aan het opstellen van concrete ontwerpisen voor de lessenserie.

- Hoe kan de combinatie van *history and philosophy of science* (HPS) en practica bijdragen aan de lespraktijk op het gebied van voorbereiding op het CE, voorbereiding op vervolgstudie, en het stimuleren van het kritische denkvermogen?
- Waar ligt het snijvlak tussen HPS en practica?
- Welke rol speelt *nature of science* (NOS) bij de toepassing van de combinatie van HPS en practica?
- Welke rol speelt *inquiry learning* bij de toepassing van de combinatie HPS en practica?
- Wat zijn de specifieke eigenschappen van het Nederlandse curriculum en onderwijssysteem die invloed hebben op de mogelijke aanpak?
- Welk "type" leerling spreekt deze aanpak aan?

### 3.2. Theoretisch kader

Het theoretisch kader gaat over de relevante literatuur, *casestudies* en projecten omtrent de onderwerpen HPS, NOS, *inquiry* en practica. In combinatie met de invloed van het Nederlandse onderwijssysteem (sectie 3.3) en de context waarin deze ontwerpstudie is uitgevoerd, vormt het theoretisch kader de basis waaruit de ontwerpisen voortkomen (sectie 3.5).

#### 3.2.1. History and Philosophy of Science

Het belang van de implementatie van HPS in het onderwijs is volgens Matthews (2014) dat de wetenschappelijke kennis die de leerlingen op school leren tot zijn recht komt wanneer de leerling ook de filosofische en culture achtergrond van deze wetenschap meekrijgt. Anders dan wanneer de leerling leert over wetenschap als een collectie van uitgekristalliseerde feiten, theorieën en wetten, geeft HPS de combinatie van wetenschapsgeschiedenis en wetenschapsfilosofie. Op die manier bevat het zowel ontwikkeling als de aard van de wetenschap, die niet lineair of uitgekristalliseerd is. De verhouding tussen de twee vakgebieden is niet altijd zonder discussie en waar precies de grens tussen wetenschapsgeschiedenis en wetenschapsfilosofie is niet geheel duidelijk (Giere, 1973). Voor dit onderzoek voert deze discussie wat te ver, maar is het wel interessant om kritisch te zijn op mijn eigen denkbeelden en hoe deze de implementatie van HPS in mijn lespraktijk kunnen beïnvloeden.

#### 3.2.2. Nature of Science

Lederman (1992) beschrijft NOS (vrij vertaald) als: "de waarden en aannames inherent aan de ontwikkeling van wetenschappelijke kennis." Hiermee komt het dicht in de buurt bij de focus van wetenschapsfilosofie, maar ligt het iets meer richting van praktische methoden en de fundamentele principes van de wetenschappelijke *inquiry*. Het Nederlandse natuurkundeonderwijs op middelbare

scholen richt zich vooral op feiten, definities, concepten, theorieën en wetten. Dat is ook terug te zien in de lesboeken. NOS in het onderwijs bevat onderwerpen die buiten de inhoudelijke grenzen van ‘de leerstof uit het boek’ vallen, maar iets zeggen over de manier waarop wetenschap in elkaar zit, en ook hoe niet. Veel van de concepties over NOS, en de manier waarop de aard van de wetenschap traditioneel wordt uitgelegd zijn onjuist of incompleet geïnformeerd (Allchin, 2013). Deze (mis)concepties heersen zowel bij leerlingen als bij docenten met weinig ervaring en kennis omtrent NOS (Höttecke & Silva, 2011). Met deze misconcepties wordt geduid op ideeën over de absolute waarheid, afwezigheid van creativiteit en totale consensus tussen wetenschappers. In plaats van deze ideeën stelt een goede representatie van NOS, zoals Abd-El-Khalick & Lederman (2000) beschrijft, dat wetenschappelijke kennis: 1) *tentative is* (het kan veranderen); 2) *empirically-based is* (gebaseerd op afgeleid is van observaties in de echte wereld); 3) *subjectief is* (gebaseerd op theorieën); 4) gedeeltelijk leunt op menselijke gevolgtrekking; 4) Sociaal en cultureel ingebed is. Er zijn veel manieren om NOS in lessen te verwerken, zoals *historical cases*, *contemporary cases* en *student inquiry activities* (Allchin et al., 2014).

### 3.2.3. Inquiry learning

*Inquiry learning*, ofwel onderzoekend leren, is een leerstrategie waarbij de leerling door middel van authentieke wetenschappelijke activiteiten wordt geactiveerd om kennis over concepten en wetenschappelijke argumentatie op te doen (Lazonder, 2014). Historische experimenten zijn een manier om HPS toe te passen in het natuurkundeonderwijs. Het zorgt voor een overgang van historische verhalen naar wetenschap in actie. Vanuit deze invalshoek kun je lesactiviteiten bedenken die hierdoor kenmerken bevatten van NOS en waarvan de uitvoering leunt op een strategie waarin *inquiry* zowel de lesstrategie als het lesonderwerp is (Heering & Cavicchi, 2020).

### 3.2.4. HPS, NOS, inquiry en practica in de lespraktijk

De realisatie van het belang van HPS in het bètaonderwijs is geen nieuwe ontwikkeling. Matthews (2014) beschrijft uitvoerig het belang en de moeilijkheden van het implementeren van HPS in het bètaonderwijs. Zo beschrijft hij een achteruitgang in *scientific literacy* en het belang van HPS voor een gedegen wetenschappelijk opleiding: “*a good technical science education also requires some integration of history and philosophy into the program.*” (Matthews, 2014, p. 7). Volgens meerdere onderzoekers zijn de mogelijke voordelen van het gebruik *HPS* en *practica* het creëren van een beter begrip van de vakinhoud, het bijbrengen van een beter begrip van NOS en het enthousiasmeren van leerlingen over wetenschap (Henke & Höttecke, 2015; Höttecke & Silva, 2011). Door HPS en *practica* te combineren kunnen historische ontwikkeling, het gebruik van historische apparatuur, de denkbeelden van de leerlingen en de verwachtingen binnen het onderwijssysteem in de juiste balans samen komen (Heering, 2015; Höttecke & Silva, 2011; Kim & Ha, 2023; Kipnis, 1995). Ook kan het laten zien dat wetenschap vraaggestuurd is, net zoals veel activiteiten in de natuurkundeles. Zoals beschreven door Höttecke et al., p. (2012, p. 1247): “*History is not used as an assumed re-narration of past science, but used instrumentally for arranging complex learning environments where learning science as process and content, learning about general aspects of the NOS and the nature of scientific inquiry are enabled.*” Hierbij komt veelvuldig de combinatie van HPS en *practica* naar boven. Onder andere door middel van het repliceren van historische *practica* en apparatuur. Volgens Höttecke et al. (2012) zou het repliceren van historische experimenten en apparatuur ervoor zorgen dat de leerlingen een authentieke ervaring van experimenteren en een rijke context ervaren. Het voordeel ten opzichte van moderne apparatuur, is dat deze historische replica’s de leerling meer kunnen leren over het interpreteren van metingen. Volgens Höttecke et al. (2012) zorgt de ervaring met de materialen en omgang met apparatuur ervoor dat de connectie tussen theorie en verschijnsel versterkt wordt. Deze connectie tussen theorie en verschijnsel vinden we ook terug in het model van *world of ideas* en *world*



of *objects* van van den Berg (2013). Van den Berg beschrijft met dit model waarom veel *practica* niet het gewenste resultaat opleveren: leerlingen blijven vaak hangen in één van deze twee werelden. Terwijl het voor een succesvol leerproces belangrijk is dat er bij een practicum voortdurend tussen deze werelden genavigeerd wordt.

Het Europese History and Philosophy in Science Teaching (HIPST) project, beschreven door (Höttecke, 2012), had als doel het stimuleren van de implementatie van HPS in het onderwijs door de ontwikkeling van *casestudies*, met als beoogde resultaat het opleveren van materialen en inzichten die de verbinding tussen de academische wereld en de onderwijspraktijk leggen. De resultaten van dit HIPST project en de bijbehorende *casestudies* worden beschreven door Höttecke et al. (2009). Deze resultaten bevatten suggesties voor verscheidene lesstrategieën komen aan bod, zoals *guided inquiry*, het repliceren van historische apparatuur en experimenten, creatief schrijven, een 'reflectiehoek' voor NOS en historische rollenspellen. Ook bespreken Höttecke et al. het ontwikkelingsproces van een aantal *casestudies*. Waarbij voor dit onderzoek enkele relevante inzichten worden opgesomd:

- Het startpunt van een *casestudy* is de wetenschappelijke en historische inhoud die relevant is voor het curriculum, de persoonlijke voorkeur en expertise van de lesgevende docent.
- Vervolgens moet er een verhaallijn geconstrueerd worden die past bij het curriculum en die de aspecten van HPS, NOS en *inquiry* bevat. Zoals bijvoorbeeld de ontwikkeling van een theorie die later verworpen werd.
- Vervolgens moet de didactische structuur worden opgezet. Rekening houdend met:
  - Voorkomen dat de verhaallijn een *whiggish* (lineair, enkel als opeenvolging van succesvolle, revolutionaire ontdekkingen) representatie van wetenschaps-geschiedenis wordt
  - Het koppelen van het historisch narratief aan de inhoudelijke concepten die je de leerlingen verwacht worden te leren
  - De ideeën over NOS die je wil overbrengen

Hierbij geeft Höttecke et al. aan dat in de beschreven *casestudies*, alle docenten wel kennis hebben van HPS en NOS, maar dit door een gebrek aan vaardigheden en middelen niet toepassen. Aan de andere kant stellen Henke & Höttecke (2015) dat docenten zowel een gebrek aan kennis over HPS als ook aan mogelijke toepassingen hebben. Docenten kunnen problemen ervaren met voor hun wellicht onbekende didactische strategieën. Zo zouden de werkvormen die zich lenen voor de implementatie van HPS en NOS een verschuiving van *teacher-centred* naar *student-centred* activiteiten vereisen en kunnen docenten in combinatie met een gebrek aan epistemologisch begrip hun eigen problematische concepties meenemen in hun interpretatie van HPS.

Naast de inhoudelijke inzichten laten de onderzoeken in het HIPST project (Höttecke, 2012) vooral zien dat de implementatie van HPS (in combinatie met *practica*) een complexe taak is. Dit komt met name door de hoeveelheid op zichzelf al complexe onderdelen (NOS, HPS, *inquiry* en *practica*) die op de juiste manier gecombineerd moeten worden om het beoogde resultaat te behalen. Henke en Höttecke (2015) beschrijven de obstakels die de toepassing van HPS in de les bemoeilijken als

- een gebrek aan onderwijsmateriaal;
- een gebrek aan pedagogische en didactische kennis bij docenten;
- frictie met de naïeve denkbeelden van leerlingen die zijn ontstaan door de manier waarop zij tot dan toe bèta-onderwijs hebben gekregen.

Höttecke et al. (2012) voegt daaraan toe dat

- het lastig is om de lescultuur (de inhoud en manier waarop traditioneel lesgegeven wordt) op korte termijn te veranderen;
- docenten zolang de lespraktijk het niet van hen vereist de benodigde vaardigheden niet eigen maken, omdat ze vooral leren in de praktijk;
- en dat de curriculumstandaarden in het onderwijs geen substantiële steun aan een HPS-aanpak geven ten opzichte van een meer traditionele inhoud-gedreven aanpak.

Volgens Höttecke et al. (2012), moeten er om deze obstakels te overkomen een aantal cultuurverandering in het natuurkundeonderwijs (of bij een individuele onderwijzer) plaatsvinden. In plaats van een samenstelling van feiten en waarheden moeten we natuurkunde onderwijzen als een historisch proces, een ontwikkeling onder invloed van maatschappelijke context. Over de inhoud zou gediscussieerd moeten kunnen worden. Leerlingen moeten ondersteund worden om over deze wetenschappelijke ontwikkelingen zelf conceptueel te na te denken en hierover hun eigen ideeën te uiten. We hebben hier dus te maken met een dilemma. De manier waarop het Nederlandse examenprogramma het onderwijs dicteert zorgt voor frictie met HPS-implementatie, terwijl voor een succesvolle implementatie het juist belangrijk is dat HPS een integraal component van het vak wordt en niet een soort van versiering er bovenop (Henke & Höttecke, 2015; Kipnis, 1995). Casestudies zoals beschreven door Höttecke et al. (2012) zijn niet direct toepasbaar in het Nederlandse natuurkundeonderwijs. Vanwege het bovenstaande dilemma, maar ook doordat ze niet per definitie ontworpen zijn om binnen het bestaande curriculum te passen, maar vooral om verandering in het curriculumontwerp te inspireren. Ook is het belangrijk niet te verwachten dat misconcepties over bijvoorbeeld NOS makkelijk verholpen kunnen worden door HPS in de les toe te passen, zo laat Abd-El-Khalick & Lederman (2000) zien dat de denkbeelden van leraren in opleiding over NOS na een cursus over wetenschapsgeschiedenis nog nauwelijks veranderden. Om dit wel te verwachten van leerlingen op de middelbare school zou niet realistisch zijn. De literatuur vanuit het HIPST project (Höttecke, 2012), gaat weinig in op de verschillende type leerlingen en hun perceptie van deze aanpak. Wel wordt er veelvuldig gesteld dat leerlingen weerstand kunnen voelen omdat de aanpak en manier van denken sterk afwijkt van wat ze gewend zijn en verwachten van een natuurkundeles (eg. Höttecke et al., 2012). Hoe dit per leerling verschilt is speculatie, maar het zou niet verassend zijn dat leerlingen die behoefte hebben aan hele duidelijke uitleg van wat waar en wat niet waar is, deze aanpak lastig kunnen vinden. Verder wordt er in de literatuur wel vermeld dat het gebrek aan representatie van vrouwen in de geschiedschrijving demotiverend kan werken voor meisjes in de klas omdat zij zich niet vertegenwoordigd zien (Henke & Höttecke, 2015).

### 3.3. De context van het Nederlandse onderwijssysteem

Ook de specifieke eigenschappen van het Nederlandse natuurkundeonderwijs hebben invloed op de mogelijke implementatie van HPS. Zo zorgen de curriculumeisen in de bovenbouw en de opzet van het CE ervoor dat docenten zich gebonden voelen aan de focus op inhoud zoals deze in de methoden wordt aangeboden. Hoewel er, kijkend naar het examenprogramma voor het vwo (*Examenprogramma Natuurkunde Vwo 2026*, 2016), ook genoeg domeinen zijn die goed aansluiten bij de premisse van HPS, NOS en *inquiry*.

*Domein H. De kandidaat kan in voorbeelden die vallen binnen subdomeinen van het centraal examen fundamentele natuurkundige principes en wetmatigheden herkennen, benoemen en toepassen. Ook kan de kandidaat een model hanteren en de grenzen van de toepasbaarheid en betrouwbaarheid van een bepaald model voor een fysisch verschijnsel beoordelen. (Examenprogramma Natuurkunde Vwo 2026, 2016, p. 5)*

Domein H past goed bij de doelen van de HPS-aanpak. Het historisch perspectief kan helpen met het bepalen van de grenzen en toepasbaarheid van een model, juist omdat dit deel is van de historische ontwikkeling zelf. Daarnaast valt dit binnen kaders van NOS.

*Domein I. De kandidaat kan in contexten die vallen binnen subdomeinen van het centraal examen onderzoek doen door middel van experimenten en de resultaten analyseren en interpreteren. (Examenprogramma Natuurkunde Vwo 2026, 2016, p. 5)*

Vanzelfsprekend toepasbaar bij practica, maar juist het stukje *contexten* geeft aanleiding tot het gebruik van HPS. Bijvoorbeeld door een historisch experiment na te bootsen worden de concepten in de context geplaatst. Waarbij deze experimenten zowel aspecten van *inquiry* als NOS kunnen bevatten

*Domein A5. De kandidaat kan in contexten instructies voor onderzoek op basis van vraagstellingen uitvoeren en conclusies trekken uit de onderzoeksresultaten. De kandidaat maakt daarbij gebruik van consistente redeneringen en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden. (Examenprogramma Natuurkunde Vwo 2026, 2016, p. 2)*

De doelen van Domein A5, gericht op onderzoeksvaardigheden, lijken geschikt voor een aanpak vanuit van NOS en *inquiry*. Waarbij de combinatie met HPS dus goed verantwoord kan worden, door NOS en *inquiry* weer vanuit een historische perspectief vorm te geven.

*Domein A8. De kandidaat kan in contexten een voor de natuurwetenschappen relevant instrumentarium hanteren, waar nodig met aandacht voor risico's en veiligheid; daarbij gaat het om instrumenten voor dataverzameling en –bewerking, vaktaal, vakconventies, symbolen, formuletaal en rekenkundige bewerkingen. (Examenprogramma Natuurkunde Vwo 2026, 2016, p. 2)*

De totstandkoming van het instrumentarium, de vaktaal, conventies etc. is een historisch proces, daarom kan HPS een rol spelen bij dit domein.

*Domein A10. De kandidaat kan in contexten analyseren op welke wijze natuurkundige en technologische kennis wordt ontwikkeld en toegepast. (Examenprogramma Natuurkunde Vwo 2026, 2016, p. 2)*

Wellicht is dit het domein A10 degene die het meest vraagt om HPS. Juist door de historische parallellen te trekken kunnen ontwikkelingen worden geanalyseerd. De ontwikkeling van natuurkundige kennis (NOS) en de historische toepassing daarvan in technologie (HPS) kan door middel van practica met en een *inquiry* element gedoceerd worden.

Dit ontwerponderzoek is vanwege het feit dat ik in deze stageperiode les gaf aan twee vwo 4 klassen en me aan het PTA van de stageschoolmoest houden, gebonden aan toepassing binnen het subdomein elektrische systemen. Vanuit de syllabus (Syllabus Natuurkunde Vwo 2025, 2023), hieronder de relevante leerdoelen bij het subdomein elektrische systemen:

#### **Eindterm**

*De kandidaat kan in contexten elektrische schakelingen analyseren met behulp van de wetten van Kirchhoff\*. Daarbij kan de kandidaat energieomzettingen analyseren.*

#### **Specificatie**

*De kandidaat kan:*

- 1. het verschijnsel elektrische stroom uitleggen als verplaatsing van lading ten gevolge van een aangelegde spanning,*

- a. *de definities van stroomsterkte, spanning en soortelijke weerstand gebruiken;*
- b. *vakbegrippen: vrij elektron, ion, elementaire lading, spanningsbron, batterij, accu;*
- ~~2. *de wetten van Kirchhoff toepassen als wetten voor behoud van stroomsterkte in een punt en van spanning in een kring; \*\**~~
3. *stroomkringen analyseren en daarbij voor serie- en parallelschakelingen berekeningen maken over spanning, stroomsterkte, weerstand en geleidbaarheid,*
  - a. *bij gemengde schakelingen alleen beredeneren en eenvoudige berekeningen maken;*
  - b. *de juiste aansluitwijze van stroommeter en spanningsmeter toepassen;*
  - c. *de volgende componenten toepassen binnen een schakeling: diode, LDR, NTC, PTC, ohmse weerstand, lamp, motor, verwarmingselement, zekering, aardlekschakelaar;*
  - d. *vakbegrippen: stroomdeling, spanningsdeling, kortsluiting;*
4. *het vermogen en het rendement van energieomzettingen in een elektrische stroomkring analyseren,*
  - a. *berekeningen aan elektrische energie in joule en in kilowattuur;*
  - b. *minimaal in de contexten: lichtbronnen en apparaten in huis (gloeilamp, spaarlamp, LED, elektromotor, verwarmingselement en kWh-meter), energiegebruik, energiebesparing.*

*\* In de syllabus is dit beperkt tot de wetten zoals deze gelden in serie- en parallelschakelingen. Kandidaten hoeven een algemenere formulering dus niet te kennen.*

*\*\* Bovenstaand is te zien dat de wetten van Kirchhoff zelf geen onderdeel meer uitmaken van de stof, maar dat de leerlingen deze impliciet moeten kunnen toepassen in de regels over stroomsterkte en spanning in serie- en parallelschakeling.*

Deze leerdoelen zijn vrij breed en staan zoals hier beschreven geheel los van enig historisch narratief. Tegelijkertijd kan er met deze leerdoelen als basis gezocht worden naar historie waarin de wetenschappelijke ontwikkelingen geleid hebben tot ons van de concepten zoals in de leerdoelen beschreven.

### 3.4. Uitkomsten vooronderzoek

Het theoretisch kader laat zien dat er al veel onderzoek is gedaan naar dit onderwerp, maar dat de implementatie van HPS (in combinatie met practica) vanwege de in het theoretisch kader beschreven obstakels en complexiteit nog veel te wensen laat. Een van de doelen van HIPST project (Höttecke, 2012) was het maken van onderwijsmateriaal, zodat docenten gemakkelijker HPS zouden kunnen toepassen in hun lespraktijk. Deze resultaten zijn echter niet direct toepasbaar in de Nederlandse context. De grootste obstakels zijn hierbij een gebrek aan tijd en de limitaties opgelegd door het examenprogramma. Zo is het bijvoorbeeld moeilijk om een historisch narratief over elektriciteit op te zetten zonder het over elektromagnetisme te hebben, terwijl in de Nederlandse schoolboeken, en daarmee vaak het PTA, elektromagnetisme vaak pas in klas 5 wordt behandeld. Als antwoord op de belangrijkste vraag van dit vooronderzoek: Hoe kan de combinatie van HPS en practica bijdragen aan de lespraktijk? Durf ik op te maken dat er potentie is om door middel van HPS en practica een bijdrage te leveren aan het begrip van de stof voor het CE, maar dat dit sterk afhankelijk is van een toepassing waarin alle complexe factoren worden meegenomen. De kracht van HPS en daarmee NOS en *inquiry*, liggen echter meer bij de voorbereiding voor een vervolgstudie en het verbreden van het lesaanbod van enkel dat wat in het CE komt naar een meer algemene opleiding over wetenschappelijke kennis

en denken. Voor iedere wo-studie lijkt mij een beter begrip van de NOS en een goed uitgeruste gereedschapskist met onderzoeksvaardigheden gewenst. Deze kennis en vaardigheden zijn, zoals uit de literatuur blijkt, zeer geschikt om te behandelen vanuit het HPS-perspectief.

Met de resultaten van het vooronderzoek kon ik het uiteindelijke ontwerpdoel opstellen, waarbij de doelen van het onderzoek zelf, zoals in de inleiding beschreven nog steeds standhielden. Dit ontwerpdoel werd: Het ontwerpen, uitvoeren en evalueren van een lessenserie over elektriciteit voor vwo 4, waarbij het onderwerp behandeld wordt vanuit een invalshoek die de wetenschappelijke inzichten over HPS, practica, NOS en *inquiry* binnen de natuurkundeles combineert.

Voor dit onderzoek heb ik ook een andere natuurkundedocent geïnterviewd voor input en inspiratie. Het plan was is in eerste instantie om meer docenten te interviewen. Via mijn oude stageschool had ik wat connecties, waarvan één docent bereid was om geïnterviewd te worden. De ervaren docent noemde de volgende bedenkingen en obstakels:

- Is er wel genoeg tijd in de les voor deze aanpak?
- Weet je er als docent zelf wel genoeg van af?
- Kun je leerlingen van het nut van de aanpak overtuigen?
- Bij implementatie binnen een sectie. Kun je deze sectie van het nut overtuigen?
- Een goede voorbereiding is een voorwaarde
- Zorg voor goede ondersteuning van een technisch onderwijsassistent (TOA)
- Bereid de leerlingen voor, neem ze mee in het proces en communiceer duidelijk waarom en wat het voordeel van deze aanpak voor hen is

De transcriptie van dit gesprek is te vinden in Bijlage D: Resultaten interview natuurkundedocent.

Vanuit dit vooronderzoek ontstonden een aantal ontwerpisen, zie Tabel 1.

Tabel 1: Pakket van eisen

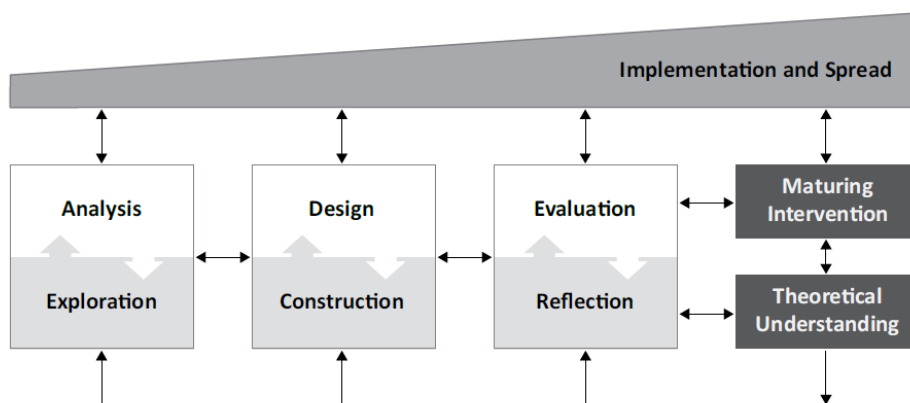
Pakket van eisen	
Ontwerpeisen	Op basis van
<b>Leerling-gericht</b>	
L1. Het ontwerp dient rekening te houden met de potentieel naïeve denkbeelden die leerlingen hebben over wetenschap(sgeschiedenis), en de daarbij ingebedde verwachtingen die ze van de natuurkundeles hebben.	De manier waarop het natuurkundeonderwijs meestal ingericht is zorgt ervoor dat leerlingen bepaalde verwachting hebben van een natuurkunde les (procedureel, algoritmisch) en dat dit is hoe natuurkunde en wetenschap in elkaar steekt (Heering, 2000a; Henke & Höttecke, 2015)
L2. Het ontwerp dient rekening te houden met de verschillen in behoeften tussen leerlingen	<i>“students want answers that can be memorized”</i> <i>“students have difficulties in dealing with an open situation”</i> (Heering, 2000a, pp. 369–370)
L3. Het lesontwerp moet de leerlingen van het nut van de aanpak overtuigen en ze enthousiasmeren en betrekken bij de les	-Interview met natuurkundedocent -Höttecke et al. (2012) -Ontwerpdoelen van dit onderzoek
L4. De leerlingen moeten leren hoe aspecten van de kennisontwikkeling over elektriciteit invloed hebben op wij nu naar het onderwerp kijken	Ontwerpdoelen van dit onderzoek
<b>Docent-gericht</b>	
B1. Het lesontwerp moet uitvoerbaar zijn	Ik ben een dergelijke docent

voor een docent met geringe ervaring met de toepassing van HPS en practica	-Input natuurkundedocenten -Gebrek aan ervaring bij docenten is één van de obstakels (Galili, 2012; Henke & Höttecke, 2015) en daarom interessant om een ontwerp te maken dat hier rekening mee houdt
<b>Contextgericht</b>	
C1. De uitvoering moeten binnen een lessenserie van maximaal 6 lessen passen (ca 2 schoolweken)	Onderzoeksplanning en de jaarplanning van de stageschool
C2. Het lesmateriaal bevat tenminste de binnen het PTA van vwo 4 op het Bataafs Lyceum opgedragen onderwerpen → elektriciteit.	PTA (wettelijke verplichting)
C3. Mogelijke fysieke materialen of middelen moeten gemaakt kunnen worden met de beschikbare middelen (minimaal budget). Materialen in het kabinet op het Bataafs Lyceum 3D-printer Laser snijder	Beschikbare middelen
<b>Didactisch</b>	
D1. Het lesontwerp moet een duidelijk plan bevatten hoe om te gaan met het verschil tussen gesloten en open aanpak (in vraagstelling)	<i>"When students are doing practical work, teachers experience strong contradictions in historical (closed-ended) and inquiry (open-ended) approaches and an ongoing tension between teaching towards and teaching with results from scientists of the past."</i> (Henke & Höttecke, 2015, pp. 378–379).
D2. De werkingsprincipes van (historische) practica en instrumenten moeten passen bij het niveau van het curriculum	Bij het reconstrueren van historische instrumenten is het van belang dat het werkingsprincipe past bij het niveau van het gegeven curriculum (Heering, 2015).
D3. De historische inbreng moet een realistische weergave zijn van wetenschapsgeschiedenis en wegblijven van <i>pseudo-science</i> en <i>whiggisch history</i>	<i>"...students' perspectives on and interest in science and its history should be enhanced. This actually means that a multiplicity of perspectives has to be considered: the researchers' (science, history and philosophy), the science teachers' (content to be covered, manageable instructional models) and the students' (interests, prior beliefs and ideas)."</i> (Höttecke et al., 2012, p. 1239)
D4. Het lesmateriaal moet laten zien dat wetenschap een continue ontwikkelend iets is, en dus absoluut nog niet "af". Dat wetenschap bevraagd en gecorrigeerd kan worden.	De mogelijkheid om wetenschap te bediscussiëren en te corrigeren moet niet alleen genoemd worden door de docent, maar door middel van voorbeelden en op een duidelijke manier worden overgebracht (Galili, 2012)

Ontwerp wensen	
W1. Het ontworpen lesmateriaal moet overdraagbaar zijn naar een andere natuurkundedocent.	-Gebrek aan bestaand lesmateriaal (Henke & Höttecke, 2015) -Bruikbaarheid van het onderzoeksresultaat

## 4. Methode

Dit onderzoek is een ontwerpstudie, waarbij ik de mogelijkheden van de toepassing van de combinatie van HPS en practica in de lespraktijk heb onderzocht. Hierbij leidde het vooronderzoek tot een pakket van eisen en een verfijnd ontwerpdoel. Aan de hand van deze eisen en de inzichten uit de literatuur heb ik lesmateriaal ontworpen. Dit lesmateriaal heb ik getest in de praktijk en met uitkomsten hiervan heb ik gereflecteerd op de doelen van de ontwerpstudie zoals beschreven in sectie 2.2. Deze ontwerpstudie heeft vorm van een *participative educational design research* (PEDR) gekregen. Ik zou PEDR een op educatie toegespitste vorm van *action research* noemen. *Action research* wordt door Denscombe p. (2017, p. 125) beschreven als: “een hands-on en kleinschalige onderzoeks aanpak” en als “niche voor professionals om hun handelen te verbeteren”. Perfect passend bij wat ik in dit onderzoek wilde doen. *Action research* karakteriseert zich door praktisch, veranderlijk, cyclisch en actief betrekking te zijn. Het ontwerpproces is verlopen volgens het *generic model for conducting design research in education* (figuur 2), beschreven door McKenney & Reeves, p. (2018, p. 83) als een dat model dat “alleen de essentiële elementen voor *education design research* bevat”. Dit duidt bijvoorbeeld op de trapezoïde waarin een toenemende mate van implementatie van de interventie en in elke fase interactie tussen het onderzoek en de praktijk plaatsvindt. Waar mijn onderzoek van dit model afweek is in het ontbreken van de stap *maturing intervention* en de terugkoppeling van *theoretical understanding* naar *analysis* en *exploration*. Met als reden dat het binnen de tijdspanne van het onderzoek niet mogelijk was om meerdere ontwerpcycli te doorgaan.



figuur 2: *Generic model for conducting design research in education* (McKenney & Reeves, 2018, p. 83)

In het vervolg beschrijf ik in 4.1. de procedure van het gehele onderzoek, waarna ik in 4.2 op de respondenten inga en in 4.3 de gebruikte instrumenten in detail beschrijf en onderbouw. In 4.4 ga ik uitbreid in op de analyse en in 4.5 behandel ik de validiteit en betrouwbaarheid van dit ontwerponderzoek

## 4.1. Procedure

### 4.1.1. Vooronderzoek

Het vooronderzoek was hoofdzakelijk een literatuuronderzoek met als doel het opstellen van een pakket van eisen waarmee vervolgens de lessenserie ontworpen kon worden. Tijdens dit literatuuronderzoek heb ik mijn tussentijdse bevindingen besproken met een collega natuurkundedocent voor feedback en inspiratie. Met dit literatuuronderzoek heb ik geprobeerd de vragen van het onderzoek te beantwoorden en een beeld te krijgen van de mogelijkheden en bestaande initiatieven voor HPS en NOS-onderwijs met historische elementen. Tijdens deze fase heb ik ook de zoals de eisen vanuit het examenprogramma en de mogelijkheden tot uitvoering op mijn stageschool onderzocht. De opbrengst van deze fase was een literatuuroverzicht, een overzicht van de relevante eigenschappen van het Nederlandse natuurkunde curriculum en een pakket van eisen voor het ontwerp.

### 4.1.2. Ontwerpfase

Met het pakket van eisen en de literatuur als bagage ben ik begonnen met het ontwerpen van een lessenserie. Dit ontwerpproces volgde de handreikingen vanuit de literatuur door op zoek te gaan naar wetenschapsgeschiedenis met een geschikte parallel aan de te behandelen stof volgens het PTA. Dit was geen lineair proces, ik ben veel heen en weer gegaan tussen ontwerp en literatuur om tot een geschikt lesontwerp te komen. Om dit lesontwerp verder te verfijnen, maar vooral om een uitgangspositie van de leerlingen op te nemen heb ik semigestructureerde interviews afgenomen met een subset van vijf leerlingen. In sectie 4.2 zal ik de karakteristieken en selectieprocedure van deze leerlingen verder beschrijven en in sectie 4.3.1 zal ik de keuze voor semigestructureerde interviews onderbouwen. Deze semigestructureerde interviews leverde kwalitatieve data op over de verwachtingen en concepties van de leerlingen. Het ontwerpproces was iteratief en volgde het proces van *ideation*, *conceptualization* en *realization*. Met *ideation* duid ik op een open en ongestructureerde eerste fase waarin ik alle mogelijkheden en ideeën als grove schets heb opgemaakt. Vervolgens heb ik in de *conceptualization* fase een selectie van deze ideeën gemaakt en gecombineerd tot een shortlist die concreet genoeg was om te vergelijken met het pakket van eisen en de literatuur. Hieruit volgde een overzicht met mogelijke practica, activiteiten en onderwerpen die in de lessen gebruikt konden worden. Vervolgens is omwille de tijdsrestrictie, in de *realization* fase een kleine selectie van deze ideeën uitgewerkt tot daadwerkelijke lessenserie.

### 4.1.3. Uitvoering en evaluatie

Na het afronden van het lesontwerp en de eerste serie leerlingeninterviews, ben ik begonnen met de uitvoering van de lessenserie. Uiteindelijk had een serie van vijf bruikbare lessen voor het onderzoek. Deze lessen, over de onderwerp statische elektriciteit, stromende elektriciteit en weerstand, heb ik uitgevoerd bij twee vwo 4 klassen. Een klas met 25 leerlingen en een klas met 18 leerlingen. Deze leerlingpopulatie zal ik verder beschrijven in sectie 4.2. Iedere les heb ik opgenomen in de beveiligde omgeving van Iris Connect om mijzelf de mogelijkheid te geven deze achteraf terug te kijken. Na iedere les heb ik in de lesvoorbereidingsformulieren mijn observaties en inzichten samengevat. Een interessante mogelijkheid, gecreëerd door de uitvoering bij twee klassen, was de mogelijkheid om kleine aanpassingen te doen na de eerste uitvoering van een les. Waar mogelijk heb ik dit gedaan omwille het verbeteren van bijvoorbeeld de structuur, duidelijkheid of planning van de les.

## 4.2. Respondenten

De belangrijkste respondenten in dit onderzoek waren de leerlingen van twee vwo 4 klassen van het Bataafs Lyceum te Hengelo. Deze twee klassen, één van 25 en één van 18 leerlingen hadden de volgende relevante kenmerken:



- De klas met 25 leerlingen stond op het moment van uitvoering gemiddeld een heel punt hoger voor natuurkunde dan de klas met 18 leerlingen
- Er zaten zowel leerlingen met wiskunde A als wiskunde B in beide klassen
- Atheneum- en Gymnasiumleerlingen zaten evenredig verspreid over de twee klassen
- Leerlingen met een natuur en gezondheid en/of een natuur en techniek profiel waren evenredig verspreid over de twee klassen
- De klas met 25 leerlingen stond op het moment van uitvoering gemiddeld een heel punt hoger voor natuurkunde dan de klas met 18 leerlingen
- De verhouding jongens/meisjes was bij beide klassen ongeveer 50-50

Naast deze klassen is er een selectie van vijf beschikbare leerlingen voor en na de lessenserie geïnterviewd om hun verwachtingen en ervaringen uitvoerig te kunnen bespreken. Deze leerlingen hadden de volgende relevante kenmerken:

- 4 meisjes 1 jongen
- 3 van 5 leerlingen stonden gemiddeld hoger dan het klassengemiddelde
- deze leerlingen waren allen enthousiast over het vak natuurkunde en deden doorgaans goed mee in de les

Omdat dit onderzoek een *participative educational design research* is, wil ik mijzelf ook beschrijven als respondent. De reden hiervoor is omdat mijn relevante kenmerken van invloed zijn op het ontwerpen, uitvoeren en evalueren van het ontwerp. Deze relevante kenmerken zijn:

- Beginnend natuurkundedocent met minder dan een jaar (stage)ervaring
- Geeft voor het eerst les in de bovenbouw
- Nog geen ervaring met onderzoek of de toepassing van HPS, NOS en *inquiry* in de les

### 4.3. Instrumenten

#### 4.3.1. Semigestructureerde leerlinginterviews

Ik heb gekozen om met een subset van leerling voor en na het uitvoeren van het lesontwerp een semigestructureerd interview af te leggen. Het doel van dit interview was om een idee te krijgen van de verwachtingen die leerlingen vooraf bij het onderwerp hadden. Zodat er achteraf met deze zelfde leerling gekeken kon worden hoe zij de lessen hebben ervaren en hoe dit zich verhoudt tot de verwachtingen die ze vooraf hadden. Voor dit onderzoek heb ik gekozen voor semigestructureerde interviews. Volgens Denscombe, p. (2010, p. 190) zijn semigestructureerde interviews geschikt wanneer je als interviewer flexibel wil zijn in de te bespreken onderwerpen, de geïnterviewde ruimte wil geven antwoorden en ideeën uit te werken en je op zoek bent naar open antwoorden met een nadruk op het uitbreiden op interessante aspecten.

Ik heb gekozen de interviews één-op-één af te nemen om een authentiek beeld te krijgen van de denkbeelden van de verschillende respondenten. Bij het afnemen van deze interviews heb ik rekening gehouden met de setting en hoe mijn opstelling de leerling zou kunnen beïnvloeden. Zo heb ik gezorgd voor een veilige ruimte waarin de leerlingen vrijuit konden praten. Ik ben schuin tegenover de leerlingen gaan zitten, zodat ik zowel mijn notities als de leerling goed kon aankijken. Bij zowel het voor- als het na-interview heb ik alvorens te beginnen de leerlingen nogmaals expliciet verteld over de vrijwillige deelname en de anonieme dataverwerking. Ook heb ik benadrukt dat ze zo eerlijk mogelijk mogen zijn en dat hun meningen mijn beeld op hen als leerling niet negatief beïnvloedt. Tijdens de interviews heb ik er bewust op gelet om de leerlingen uit te laten praten wanneer nodig, aan te sporen met een prikkelende vraag wanneer het te lang stilviel en de antwoorden van de leerlingen met regelmaat samen te vatten en met hen te checken.

Tijdens de interviews heb ik notities en geluidsopnamen gemaakt. Met de geluidsopnamen heb ik de interviews getranscribeerd, door deze eerst door *Word* zelf te laten transcriberen en vervolgens zelf de transcripties te doorlopen om deze te verbeteren. Hierbij heb ik de uitspraken zoveel mogelijk intact gelaten en enkel voorzichtig herschreven wanneer dit nodig was om het leesbaar te maken. Zo schrijft Denscombe, p. (2010, p. 276) over intelligent verbatim transcribing: “it also means that the raw data get cleaned up a little by the researcher so that they can be intelligible to a readership who were not present at the time of the recording.” Tijdens het transcriberen heb ik een overzicht gemaakt van opvallende uitspraken per leerlingen.

#### 4.3.2. Lesobservaties

Tijdens gegeven lessen heb ik als lesgevende docent ook de rol als participerende observator gehad. Dit heb ik gedaan door de ervaringen vanuit mijn eigen perspectief vast te leggen, al dan niet achteraf met behulp van video opnamen. Hierbij lette ik op het gedrag van de leerlingen. Ik heb gekozen voor observaties omdat *participant observations* volgens McKenney & Reeves, p. (2018, p. 179): “De observator in staat kan stellen om waardevolle ervaring in de eerste hand mee te maken en, waar mogelijk, kan laten participeren in de interventie; dit is essentieel om *pilots* en *tryouts* te begrijpen.”

Omdat ik zelf tijdens de lessen bezig was met lesgeven, kon ik niet altijd gelijk notities maken. Dit heb ik gedaan op de momenten in de les waarop de leerlingen zelfstandig aan het werk waren en direct na afloop van de lessen. Hierbij keek ik naar:

- Mate van succesvolle uitvoering lesplanning
- Leerlingparticipatie
- Sfeer in de klas
  - Rust/onrust
  - Durven leerlingen vragen te stellen
  - Staan de leerlingen open voor de (nieuwe) aanpak
- Type en hoeveelheid vragen van de leerlingen
  - Vragen op inhoud of vragen op organisatie
- Opmerkingen van leerlingen

#### 4.3.3. Klassengesprek

Na de uitvoering van het lesontwerp en na de afname van de na-interviews met de leerlingen heb ik een klassengesprek met de klassen gehouden over de lessen. Dit heb ik bewust na de na-interviews gedaan om te voorkomen dat deze leerlingen door deze discussie beïnvloed zouden worden. Dit klassengesprek volgde de structuur van denken-delen-uitwisselen. Waarbij de leerlingen de volgende instructie kregen:

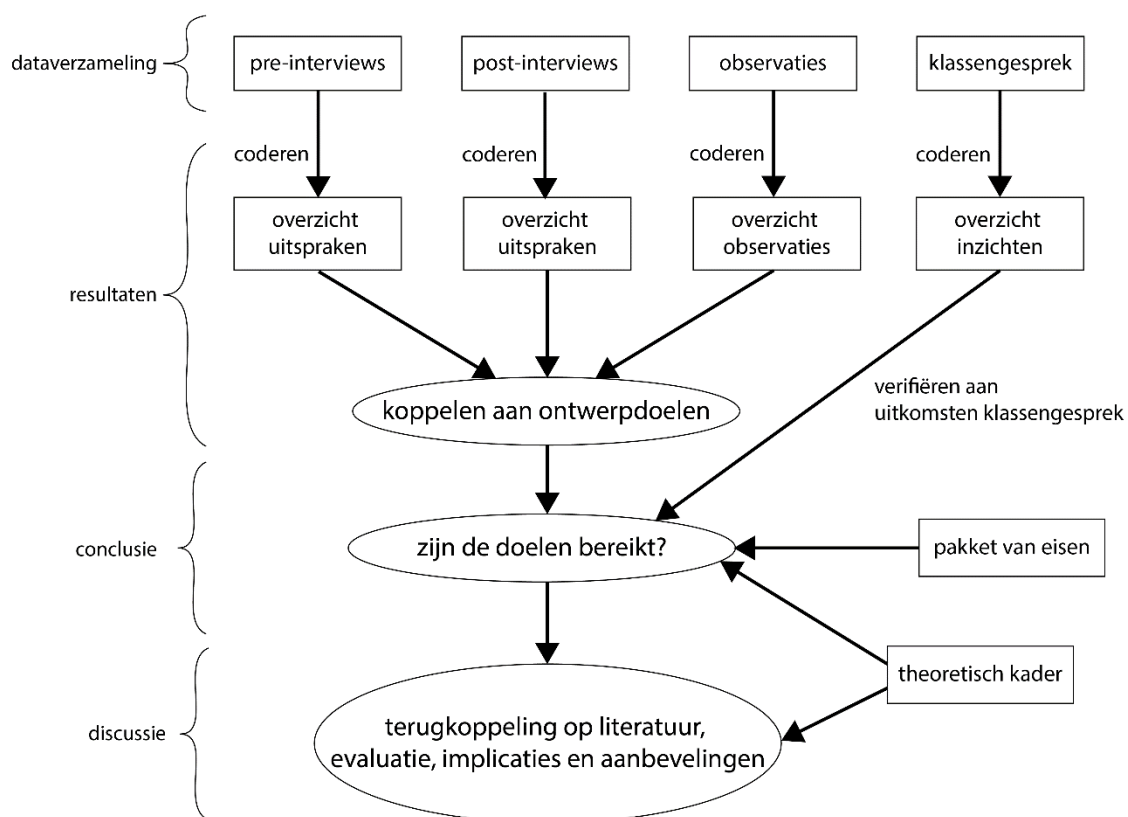
- Hoe vond je de lessen ten opzichte van de ‘normale lessen’?
- Wat zou je graag terug zien komen en wat niet?
- Wat neem je mee van deze lessen?

Met deze activiteit wilde ik het algemene sentiment van de klas over deze lessen peilen. Nadat de leerlingen een paar minuten na konden denken heb ik ze enkele minuten laten discussiëren in de groepjes waarmee ze aan tafel zaten. Deze groepjes ben ik klassikaal afgegaan voor hun feedback, waarbij er ruimte was voor dialoog.

### 4.4. Analyse

Nadat de interviews getranscribeerd waren heb ik deze kwalitatieve data geanalyseerd. Om de data te kunnen analyseren heb ik deze eerst een overzicht gemaakt waarin de data heb samengevat. Dit zijn

de uitspraken uit de interviews met leerlingen en mijn observaties tijdens de gegeven lessen. Omdat ik gekozen heb voor semigestructureerde interviews kon ik de interviewresultaten niet gelijk met elkaar en met mijn gestelde doelen vergelijken. Daarom heb ik gekozen voor een combinatie van inductief en deductief coderen, zoals beschreven in het *SAGE Handbook of Qualitative Data Analysis* (Flick, 2013), omdat ik te maken had met een voorbedachte thema's, maar ook tijdens het coderen nieuwe thema's en patronen wilde kunnen ontdekken. In figuur 3 heb ik een schematische weergave opgesteld van het proces dat ik gevolgd heb bij de verzameling en analyse van de data. De uitgangspositie was het coderen van de data uit de verschillende verzamelmethode op de thema's: HPS, NOS, *inquiry* en 'organisatie en structuur'. Hier kwamen later de thema's 'enthousiasme en engagement' en 'effect op leren' bij. Met dit als overzicht kon ik de resultaten met elkaar vergelijken en ordenen per ontwerpdoel van dit onderzoek. Vervolgens heb ik de resultaten voor een deel vergeleken met de resultaten van het klassengesprek om een grove inschatting van de generaliseerbaarheid te kunnen maken. Door de resultaten te toetsen aan het pakket van eisen, het theoretisch kader en de gestelde ontwerpdoelen, heb ik beschreven in hoeverre de doelen bereikt zijn.



figuur 3: Het gevolgde proces van dataverzameling en analyse

#### 4.5. Validiteit en betrouwbaarheid

Zoals beschreven in sectie 2.1, nam ik als onderzoeker een prominente rol in dit onderzoek. Mijn ervaringen, observaties en interpretaties vormden een belangrijk deel van de dataverzameling en -analyse. Deze participatieve aanpak, die ik PEDR heb genoemd, beïnvloedde zowel de validiteit als de betrouwbaarheid van het onderzoek.

Gezien de kleine onderzoekspopulatie en de grote hoeveelheid variabelen was kwantitatief onderzoek niet geschikt. Daarom is gekozen voor een kwalitatieve aanpak. Dit bood de mogelijkheid om diepgaande inzichten te verkrijgen en op flexibele wijze onderzoek te doen naar diverse aspecten.

Tegelijkertijd vereiste dit een kritische blik op de resultaten. Mijn persoonlijke betrokkenheid als onderzoeker bood een diepgaand begrip van de ervaringen van de deelnemers. Dit stelde mij in staat om causale verbanden en onderliggende mechanismen te beschrijven die bij een meer afstandelijke onderzoeksopzet wellicht over het hoofd gezien zouden worden, wat de validiteit ten goede kwam. De subjectieve aard van deze aanpak kan echter vragen oproepen over de nauwkeurigheid van de bevindingen. Om dit te ondervangen, heb ik voortdurend gereflecteerd op mijn eigen vooroordelen en mijn interpretaties te allen tijde gebaseerd op de verzamelde data.

De persoonlijke, participatieve methode (PEDR) en de kleine onderzoekspopulatie kunnen de betrouwbaarheid van het onderzoek onder druk zetten. Om de betrouwbaarheid te vergroten, heb ik de volgende stappen ondernomen:

- Bevindingen ter validatie gedeeld met de deelnemers.
- Willekeurige selectie van deelnemers voor interviews.
- Triangulatie toegepast bij de data-analyse, waar mogelijk. Dit gebeurde door mijn observaties als onderzoeker te vergelijken met de uitspraken tijdens leerlinginterviews en de input tijdens klassengesprekken.

Deze stappen verhogen de betrouwbaarheid binnen de context van deze ontwerpstudie. De overdraagbaarheid en repliceerbaarheid in een andere context blijven echter beperkt.

Bij het trekken van conclusies was het belangrijk om kritisch te blijven ten opzichte van mijn eigen interpretaties. De individuele verhalen en anekdotes maakten het moeilijk om eenduidige causale verbanden vast te stellen. Bovendien was de impact van contextuele factoren in deze ontwerpstudie moeilijk te definiëren. Daarom ben ik, zoals aanbevolen door McKenney & Reeves (2018) voor kleinschalig kwalitatief onderzoek, terughoudend geweest met het generaliseren van de bevindingen. Om de betrouwbaarheid te vergroten, heb ik gestreefd naar transparantie in de methode en uitvoering. Dit rapport, de lesvoorbereidingsformulieren, getranscribeerde interviews en divers ondersteunend materiaal dienen ter onderbouwing. Door zorgvuldig te werk te gaan, kritisch te blijven op mijn eigen vooroordelen en transparant te zijn in mijn aanpak en verslaglegging, denk ik dat er voldoende voordelen zijn om deze aanpak te verantwoorden.

## 5. Ontwerp

### 5.1. De zoektocht naar mogelijke toepassingen van HPS in de context van dit ontwerponderzoek

Uit het pakket van eisen bleek dat het niet realistisch was om voor dit onderzoek een lessenserie voor het gehele onderwerp elektriciteit te ontwerpen. Ik moest dus een keuze voor een specifiek deel maken. Het is een logische eerste ingeving om te kijken naar de concepten die in het examenprogramma voorkomen en daar een historisch parallel bij te zoeken. Als tussentijdse conclusie heb ik moeten vaststellen dat het in de context van dit onderzoek door de factoren, tijd, ervaring, middelen en kennis niet mogelijk is om een historisch experiment mét historische apparatuur één op één na te bootsen in de klas. De Nederlandse context, waarin het examenprogramma een leidende rol speelt, en de context waarin dit onderzoek wordt uitgevoerd (een stageschool), maken het heel lastig om te schuiven met de verdeling van de stof over de jaren. Wanneer ik bijvoorbeeld de kans had gehad om een geheel PTA te maken, zou ik mogelijkheden zien om de in dit onderzoek beschreven aanpak te verspreiden over meerdere jaren. Dit geeft je als docent de mogelijkheid om je stapsgewijs te verdiepen in de in de theorie, maar nog veel belangrijker, het maakt het mogelijk om vaardigheden en kennis over HPS, NOS en inquiry te verspreiden over de tijd. Hiermee zou ik doorlopende leerlijn willen

ontwerpen waarin toegewerkt wordt naar een steeds hoger niveau en waarin over de tijd meer mogelijkheden ontstaan om de HPS, *inquiry* en NOS een integraal onderdeel van de les te maken.

Terug naar de realiteit van dit ontwerponderzoek. Hierin was de bovenstaande niet mogelijk. Daarom heb ik met de onderstaande belemmerende factoren rekening moeten houden:

- De in de literatuur beschreven practica nemen veel tijd in beslag (enkele lesweken) en richten zich op een heel specifiek deel van het onderwerp elektriciteit. In combinatie met de eisen vanuit het PTA waren deze practica geen optie.
- Er zijn veel experimenten mogelijk voor het onderwerp elektriciteit, maar het is erg moeilijk om historische experimenten te doen zonder een sterk elektromagnetisch aspect of zonder enkel op statische elektriciteit te richten. In het geval van dit onderzoek is het niet gewenst om een sterk elektromagnetisch karakter aan het onderzoek te geven, wederom vanwege het PTA. Een focus op statische elektriciteit is interessant en inzichtelijk, maar moeilijk te verantwoorden vanwege de geringe representatie van statische elektriciteit in het examenprogramma.

Ondanks deze belemmeringen zag ik twee manieren om alsnog de combinatie van HPS en practica door te zetten. Dit waren:

1. Het zoeken naar historische practica die wel binnen de randvoorwaarden passen
2. Het verruimen van de eisen omtrent historische nauwkeurigheid van het practicum zelf

Met dit in gedachten heb ik in Tabel 2 een overzicht van mogelijke experimenten/practica en demonstraties opgesteld.

Tabel 2: Mogelijke experimenten/practica met historisch parallel

Experiment/practicum	Tijd	Historische waarde	Uitvoerbaarheid	Aansluiting bij curriculum	Mogelijke aanpassing
Een Leidsche fles maken <a href="https://www.rug.nl/sciencelinx/leerlingen/diyscience/proefjes/afleveringennatuurkunde/aflevering063">https://www.rug.nl/sciencelinx/leerlingen/diyscience/proefjes/afleveringennatuurkunde/aflevering063</a>	1 les	Goed, alleen geen directe kopie experiment	Goed	Matig, vooral op statisch elektriciteit	Gebruiken om experiment Cavendish weerstand na te bootsen
Positieve en negatieve lading onderscheiden met elektroscop	1 les	Goed, alleen geen directe kopie experiment	Medium (hoeveelheid materiaal)	Goede opstap naar stromende elektriciteit en conventie stroomrichting.	Uitvoeren als demonstratie en leerlingen laten voorspellen en verklaren
Oersted's ontdekking elektromagnetisme met een torsiebalans	Afhankelijk van bijvoorbeeld zelf maken torsiebalans. 2 lessen	Uitstekend	Goed	Focus op elektromagnetisme niet heel gewenst	Versimpeld uitleggen om 'gat' in historisch narratief te dichten
Galvani Volta experiment <a href="https://backyardbrains.com/experiments/Galvani_Volta">https://backyardbrains.com/experiments/Galvani_Volta</a>	-	Goed	Slecht	Historie chemische batterij Uitstekend	Als video laten zien, omdat dode kikkers of kakkerlakken niet heel handig/ethisch zijn in de les
Het maken van een zuil van Volta	1 les	Goed	Goed	Uitstekend	Gebruiken om vragen over serie- en parallelschakelingen, stroomrichting en interne weerstand te beantwoorden
Repliceren experiment wet van Ohm	Afhankelijk van nauwkeurigheid reproductie	Uitstekend	(Slecht)	Uitstekend	In plaats van directe nabootsing gebruik maken van moderne apparatuur om een vergelijkbaar (versimpeld) <i>inquiry</i> proces te bewerkstelligen

## 5.2. Opzet van de lessenserie

Om binnen de eisen uit het pakket van eisen te blijven ben ik op zoek gegaan naar een mogelijke lessenserie van circa zes lessen. Hierbij was mijn intentie om elke les de volgende elementen te laten bevatten:

- Een introductie van het onderwerp vanuit de historie eindigend met prikkelende vraag
- Een naar een antwoord door middel van experiment/demo/practicum met daarbij een element van *inquiry*
- Discussie van de ontwikkeling van de kennis en het historisch narratief en hoe dit zich relateert aan de visie van de leerlingen op natuurkunde en wetenschap (NOS)
- Een koppeling van de historische context aan de stof uit het lesboek

Vanuit het vooronderzoek bleek dat leerlingen behoefte kunnen hebben aan een duidelijke uitleg over de reden en het nut van deze voor hen afwijkende lessen. Om dit te ondervangen heb ik voor de eerste les klassikaal uitleg gegeven over mijn plannen. Hierbij heb ik de leerlingen verteld dat ze niet bang hoeven te zijn dat de natuurkundeles een geschiedenisles ging worden en dat we alle kennis die ze nodig hebben voor de toets zouden behandelen.

In Bijlage B: 'Planning lesblok 4', is de planning van het gehele lesblok en de verdeling van de onderwerpen over de lessen te zien. In Bijlage H: 'lesvoorbereidingsformulieren' zijn de lesplannen voor de gegeven lessen inclusief samenvatting van de observaties en reflecties op de individuele lessen te vinden. Waar mogelijk heb ik beschreven hoe er tussentijds aanpassing aan de lessen zijn gedaan. Bijvoorbeeld wanneer er nog een lesuur tussen de twee klassen zat en deze gebruikt kon worden om last-minute aanpassingen te doen. De lessen zijn opgedeeld in twee delen: 1) van statisch naar stromend, 2) geleidbaarheid. De reden voor deze verdeling was het vergemakkelijken van de koppeling aan de lesstof uit het boek. In de volgende sectie volgt een beknopte beschrijving van deze lessen. De volledige lesbeschrijvingen en lesvoorbereidingsformulieren inclusief werkbladen staan in Bijlage A: 'Ontwerp lessenserie' en in Bijlage I: 'lesvoorbereidingsformulieren'.

In de eerste les over statische elektriciteit was het doel om het onderwerp elektriciteit te introduceren en de nieuwsgierigheid van de leerlingen te wekken. De les begon met een demonstratie van het statisch laden van glas en rubber en het detecteren van deze lading met een elektroscop. Hierbij hoorde een historische introductie over het begrip elektriciteit, met voorbeelden zoals bliksem en barnsteen en de zwavelbollen van Otto von Guericke. Vervolgens bestond de les uit een *inquiry* opdracht over het verschil tussen positieve en negatieve ladingen. De leerlingen werden hierbij gestimuleerd om na te denken over de conventie positief en negatief en de eigenschappen van deze ladingen. Door deze kennis te koppelen aan het moderne begrip van een overschot of tekort aan elektronen kon ik de koppeling met de lesstof uit het boek maken.

In de tweede les werd de overgang gemaakt van statische naar stromende elektriciteit. De les begon met een terugblik op de eerste les en een bespreking van de resultaten. Vervolgens heb ik een demonstratie gegeven met de Leidse fles en werd de oorsprong van de conventie van de stroomrichting uitgelegd door terug te kijken op de *inquiry* opdracht met de elektroscop uit de eerste les. Het verhaal van Galvani en Volta over *animal electricity* werd besproken en de leerlingen kregen de opdracht om zelf een zuil van Volta te maken, zonder duidelijk recept. Hiermee wilde ik ze stimuleren op zelf via een *trial and error* tot een werkende batterij te komen. Ik sloot de les af door toepassingen en impact van de eerste batterij te bespreken.

De derde les introduceerde ik het concept van weerstand en de wet van Ohm. Het doel was om de leerlingen begrip te laten krijgen van de relatie tussen spanning, stroomsterkte en weerstand.

Klassikale experimenten werden uitgevoerd om deze concepten te demonstreren, en de leerlingen bedachten hoe ze deze grootheden konden meten. Door eerst weer een stapje terug naar Cavendish te maken. Cavendish onderzocht de eigenschappen van geleiders door zichzelf schokken van een Leidse fles aangesloten op verschillende zoutoplossingen te geven. Door een weergave van dit experiment in de klas na te bootsen en de leerlingen voorspellingen en een gedachtenexperiment hierover te laten doen kon de discussie over meten in het verleden worden gehouden. Hoe kon men nou meten zonder onze moderne meetapparatuur? Deze les werd afgesloten met het narekenen van een bewering van Cavendish over de weerstand van water en ijzer. Op deze manier kon de koppeling tussen historie en lesstof uit het boek gemaakt worden.

In de vierde les werden de leerlingen voorbereid op het uitvoeren van een *inquiry* practicum over de wet van Ohm. Hierbij moesten ze zelf bedenken hoe ze het practicum gingen uitvoeren waarbij ze de spanning en stroomsterkte zouden meten bij verschillende geleiders. De historische context en impact van meetnauwkeurigheid werden besproken om de leerlingen goed voor te bereiden op het practicum.

De vijfde les bestond uit het uitvoeren en analyseren van het practicum over weerstand. De leerlingen voerden het practicum uit met materialen zoals multimeters, nichroomdraden, ijzerdraad en een variabele spanningsbron. Ze interpreteerden de meetgegevens en koppelden deze aan de wet van Ohm. De les eindigde met een klassikale bespreking en feedback op de uitgevoerde experimenten.

## 6. Resultaten

De resultaten van dit onderzoek worden in het volgende stuk per onderzoeksdoel (sectie 2.2) beschreven. Deze resultaten zijn een combinatie van extracten uit de semigestructureerde leerlinginterviews, mijn lesobservaties en feedback uit de klassengesprekken.

### 6.1. Wetenschapsgeschiedenis en practica maken lesstof begrijpelijker en interessanter?

Vanuit de semigestructureerde leerlinginterviews gaven meerdere leerlingen aan dat verhalen en praktische toepassingen de lesstof begrijpelijker maakte. Zoals leerling 4 verwoordde: "Ja want je snapt veel beter waar iets vandaan komt en hoe ze erop gekomen zijn dat iets zo is waardoor het wel makkelijker gebruiken is."

De geschiedenis werkte volgens enkele leerlingen als een geheugensteun om formules en de logica achter concepten te onthouden. Leerling 3 beaamt: "Ik denk ja als een soort ezelsbruggetje een beetje, het geeft je makkelijker de link naar de formule en wat er mee gebeurt." Hierover zegt leerling 1: "...als ik die verhaaltjes heb dat ik dan een soort van de dubbele kans heb om eraan te denken." Of zoals leerling 5 vertelde: "Ja vooral met formules dan inderdaad denk ik gewoon dat je dan snapt van. Oh, daar komt de formule vandaan en zo werkt ie." Leerling 4 beaamt: "Ik vond het op zich wel leuk, omdat je heel veel praktische dingen erbij zag hoe het gebruikt werd en aangetoond werd."

De leerlingen stelden tijdens de gegeven lessen meer vragen en wedervragen dan ik van ze gewend was. Ze stelden vragen naar de implicaties van de besproken wetenschapsgeschiedenis. Ook de aandacht en interactie tijdens de uitleg leek groter dan in andere lessen. Meerdere leerlingen die in eerdere lessen op mij over kwamen als niet bijzonder sterk in natuurkunde, toonden interesse en begrip. Bijvoorbeeld bij de demonstratie met de elektroscopie waarbij een leerling opmerkte: "Dit is toch hetzelfde als met een ballon over je haar, maar een ballon is rubber, dat geleid niet."

Ik observeerde dat leerlingen met wedervragen kwamen waarin ze vroegen naar de implicaties van wat ik ze over de geschiedenis vertelde. De leerlingen waren ondanks de relatief lange uitlegtijd



aandachtiger en interactiever dan ik bij andere lessen gewend was. In de klassengesprekken gaven de leerlingen aan de geschiedenis wel leuk te vinden, volgens hen vooral als ik ze een verhaal vertelde, en ze geen jaartallen hoefde te onthouden, omdat ze dan een beeld kregen bij de stof. Wel gaven ze aan de koppeling aan de lesstof uit het lesboek dan lastiger te vinden omdat ze niet precies weten wat ze dan moesten onthouden en wat het met het lesboek te maken had.

## 6.2. Enthousiasme en betrokkenheid door wetenschapsgeschiedenis en practica

Uit de leerlinginterviews bleek dat de combinatie van wetenschapsgeschiedenis en practica de leerlingen meer enthousiasme en meer betrokkenheid hebben ervaren. Zo verwoordde leerling 1: "Wacht even. Dit is echt een overhoring. Voor mijn gevoel wel, want daar heb ik nog over nagedacht. Ja over dat ze niet de middelen hadden om echt te meten, dus dat ze gingen met aan de hand van water [refereerde naar het experiment van Cavendish], dat vond ik interessant. Het is niet echt fout, maar laat het verschil met nu zien." Leerling 2 beaamde: "Die lesstof die snap ik allemaal wel dus dan is iets achtergrondinformatie wel leuk, iets interessanter."

Zelf observeerde ik dat de praktische elementen van de lessen met enthousiasme werden ontvangen. Leerling 2 vertelde: "Ja, dat vond ik wel leuk dan ja, dan raak je dan toch wel wat gemotiveerder van. Dan interesseert het je wat meer wat er allemaal gebeurt, zo ervaar ik het dan." Leerling 3 beaamde: "Makkelijker te volgen ja in ieder geval ik val niet in slaap want het is niet saai." Leerling 4 voegde toe: "Ik vond het op zich wel leuk, omdat je heel veel praktische dingen erbij zag hoe het gebruikt werd en aangetoond werd."

De leerlingen gaven aan dat de combinatie van wetenschapsgeschiedenis en practica de lessen interessanter maakte. Leerling 2 vat dit samen: "Nou ja, wat interessanter door dat er meer practica waren vooral en dat er iets meer achtergrondinformatie werd gegeven. Wat het ook interessant maakt." Leerling 3 beaamde: "Van oh ja, ik vond wel leuker dan de lessen die we hiervoor hadden, ja gewoon in de onderbouw en met [andere natuurkundedocent]. Ja, ik vind het wel gewoon interessanter en makkelijk om te volgen." Leerling 5 voegde toe: "Sowieso wel de proefjes, de dingen die je laat zien. Zo'n fles [Leidse fles] ik vind dit wel interessanter dan gewoon formules en opdrachtjes weer maken."

Deze sentimenten werden bevestigd in de klassengesprekken. Leerlingen spraken uit te waarderen dat ze betrokken werden bij de lessen. Wel observeerde ik in de lessen dat de leerlingen niet gewend waren dat er in de les zo veel actie van ze verwacht werd. Hier moesten ze, bleek ook uit het klassengesprek, eerst aan wennen, maar ze vonden het over het algemeen uiteindelijk wel leuk. De uitleg duurde volgens sommige leerlingen wel wat lang, waardoor er weinig tijd over was voor huiswerk. Zo stelde leerling 3 in het leerlinginterview: "Ja niet per se anders of zo. Het was nu gewoon ja iets langer uitleg dan eerst het eerst. Echt 10 minuten uitleg en de rest van dat is gewoon werken en nu was het meestal andersom nog 10 minuten aan het eind werken dus [meer] uitleg." Leerling 5 plaatste in het leerlinginterview ook een kanttekening bij het nut van de aanpak: "Dat [zie] ik niet helemaal. Het is leuk om te zien waar de formules vandaan komen, maar uiteindelijk is het gewoon. Je leert de formules en dan is het gebruik je die en dan is dat het."

## 6.3. Wetenschapsgeschiedenis, practica en het stimuleren van kritisch denken

Uit de leerlinginterviews bleek dat de combinatie van wetenschapsgeschiedenis en practica signalen gaf van kritisch denken bij leerlingen. Zoals leerling 1 verwoordde: "Wacht even. Dit is echt een overhoring. Voor mijn gevoel wel, want daar heb ik nog over nagedacht. Ja over dat ze niet de middelen hadden om echt te meten, dus dat ze gingen met aan de hand van water [refereerde naar experiment Cavendish], dat vond ik interessant. Het is niet echt fout, maar laat het verschil met nu zien." Leerling 3 beaamt: "Ik [had] in het begin het al ja soort van een soort stomme beetje ja, dit moet je extra werk

gaan doen, Maar het maakt het wel makkelijker om, zeg maar ook te snappen waar het practicum over gaat. In plaats van dat je gewoon maar wat doet en dan nog een conclusie moet bedenken." Leerling 4 voegt toe: "Veel met zelf nadenken hoe iets werkt en bedenken hoe je dingen moet oplossen en zo dat wel leuk. En dan sla je het ook beter op."

De observaties tijdens de lessen bevestigden de signalen uit de interviews. Leerlingen moesten wennen aan de openheid van de aanpak, die ik er met de *inquiry*-elementen bewust in had gestopt. Met name de vraag of ze nou het goede antwoord gevonden hadden bleef terugkomen. Tegelijkertijd bleek uit de leerlinginterviews dat de openheid, maar vooral het formatieve karakter, meerdere leerlingen het gevoel gaf niet naar het juiste antwoord toe te hoeven werken en in plaats daarvan zich te richten op het begrijpen van het proces. Zo stelt leerling 1: "Als het voor een cijfer is, dan wil je ook zeg maar stel je weet, je moet een bepaalde Formule aankomen, dan ga je ook stiekem wat resultaten aanpassen in plaats van nadenken. Wat is er fout? Wanneer [andere docent] stopt er altijd tijdsdruk op. Eigenlijk had ik dat niet verwacht ook zelf, maar dat het niet voor een cijfer was eigenlijk zorgde dat ik zelf [ging] nadenken wat nou?"

Uit de klassengesprekken kwam naar voren dat sommige leerlingen deze openheid konden waarderen en anderen juist helemaal niet. Zo stelde een leerling: "Ja, maar nu moet ik zelf nadenken hoe het helemaal moet." Terwijl leerling 2 in het leerlinginterview uitsprak nog meer uitdaging te willen: "Nou ja, dat vond ik op zich wel leuk. Het enige was dat ik eigenlijk liever had gehad was dat er niet alsnog een stappenplan was, maar dat we het echt helemaal zouden moeten verzinnen. Ik had graag nog meer zelf willen doen."

#### 6.4. Leren over de ontwikkeling van natuurkunde met wetenschapsgeschiedenis en practica?

Dit ontwerponderzoek heeft laten zien dat het binnen de context van het Nederlandse natuurkundeonderwijs een mogelijkheid is om wetenschapsgeschiedenis en practica te combineren. Het lesontwerp bevat verscheidene praktisch-historische elementen die zich relateren aan de stof uit de syllabus en het lesboek. In dat opzicht kan het ontwerp (sectie 5) gezien worden als het resultaat bij dit onderzoeksdoel. De mate van succes en implicaties worden in de conclusie en discussie besproken (sectie 7).

In de leerlinginterviews spraken de leerlingen vooral uit hoe ze de toepassing van wetenschapsgeschiedenis en practica gebruikten (sectie 6.1 en 6.2), maar niet echt wat ze van de deze ontwikkeling mee hebben kregen of zullen onthouden. Zo stelde leerling 3: "Ja, je weet nu wel meer gewoon van het verleden hoe het tot stand is gekomen." Over de toepassing van de kennis zei leerling 5: "Het is leuk om te zien waar de formules vandaan komen, maar uiteindelijk is het gewoon. Je leert de formules en dan is het gebruik je die en dan is dat het." Verder spreken de leerlingen soms uit dat ik wel genoeg aandacht aan de getoetste lesstof moet besteden, aldus leerling 3: "Het had misschien nog net iets meer stof uit het boek mogen zijn." Hier en daar sprak een enkele leerling zich uit over een reflectie op de wetenschapsgeschiedenis. Zo stelde leerling 1: "Ja over dat ze niet de middelen hadden om echt te meten, dus dat ze gingen met aan de hand van water [refereerde naar experiment Cavendish], dat vond ik interessant. Het is niet echt fout, maar laat het verschil met nu zien." Dit leidde later in een klassengesprek naar een gesprek over meten, wat meten is en hoe men dat vroeger deed. Hierbij merkte ik verwarring en verbazing, leerlingen spraken uit nog niet eerder nagedacht te hebben over hoe je nou de spanning kan meten zonder voltmeter.

## 7. Conclusie en discussie

### 7.1. De combinatie van wetenschapsgeschiedenis en practica maakt de stof voor veel leerlingen minder abstract

De resultaten laten zien dat de combinatie van wetenschapsgeschiedenis en practica in dit ontwerponderzoek volgens verschillende leerlingen een manier kan zijn om de stof begrijpelijker te maken, de stof beter te kunnen onthouden en een beeld bij de stof te kunnen krijgen. Vanwege de hoeveelheid uitspraken en de positieve reactie van een groot aantal leerlingen durf ik de voorzichtige conclusie te trekken dat de combinatie van wetenschapsgeschiedenis en practica voor sommige leerlingen een manier kan zijn om de stof meer bij hun referentiekaders te laten aansluiten. Dit kan zijn in de vorm van eens geheugensteunen, waardoor formules en concepten makkelijker te onthouden zijn. Het is echter niet uit te sluiten dat dit effect ook beïnvloed wordt door een toename in aandacht en interactie in de les. De leerlingen stellen meer vragen en geven aan aandachtiger te zijn tijdens de lessen. Hoewel er ook leerlingen waren die aangaven de meerwaarde niet helemaal in te zien, denk ik dat het lesontwerp en de uitvoering voor het grootste deel heeft voldaan aan ontwerpeisen L1 en L3 (zie sectie 3.5). Voor ontwerpeis L1 betekent dit dat er wel rekening is gehouden met de verwachtingen van de leerlingen voor een natuurkundeles, of er ook genoeg rekening is met de potentieel naïeve denkbeelden zal ik later in sectie 7.4 bespreken. Over het rekening houden met verschillende behoeftes van leerlingen (ontwerpeis L2) en het acht nemen van de verschillen in een open- en gesloten aanpak (ontwerpeis D1), valt nog te betwisten in hoeverre het ontwerp en de uitvoering hieraan hebben voldaan. Sommige leerlingen gaven aan behoefte te hebben aan meer structuur, met name bij de praktische activiteiten. Terwijl er ook leerlingen waren die juist behoefte hadden aan meer vrijheid in hun onderzoekende aanpak. Hieruit concludeer ik dat er binnen het ontwerp en de uitvoering nog ruimte is voor een duidelijker onderbouwde didactische aanpak, waaronder het toepassen van differentiatie. De literatuur gaat weinig in op het exacte effect op aansluiting op de referentiekaders van leerlingen. Een mogelijke verklaring is dat de literatuur meer focus legt op het doceren van HPS op zichzelf. Anders dan in deze ontwerpstudie, waar HPS voor de leerlingen meer als een 'gereedschap' fungeerde. De literatuur (Cavicchi, 2012; Heering & Cavicchi, 2020; Henke & Höttecke, 2015; Höttecke & Silva, 2011), leggen vooral de nadruk op de moeilijkheden die de leerlingen met de aanpak kunnen hebben. Waar ik de beschreven moeilijkheden voor een deel herken, zoals de onwennigheid met de aanpak. Zie ik de afschrikkende werking van geschiedenis voor sommige leerling zoals door Heering (2000b) beschreven niet helemaal terug en benoemen de leerlingen vooral de positieve aspecten van de aanpak als het minder abstract maken, begrijpelijker en beter kunnen onthouden van de stof.

### 7.2. De combinatie van wetenschapsgeschiedenis en practica enthousiasmeert en betreft de leerlingen bij de les

Uit de leerlinginterviews, lesobservaties en klassengesprekken blijkt dat de combinatie van wetenschapsgeschiedenis en practica in deze context lijkt te zorgen voor een verhoogd enthousiasme en betrokkenheid bij de leerlingen. Leerlingen geven aan dat ze de lessen interessanter vinden en meer gemotiveerd zijn door de praktische elementen en de achtergrondinformatie over wetenschappelijke ontdekkingen. Ze waarderen de actieve deelname en de afwisseling van de lesopzet, hoewel sommigen van hen aangeven te moeten wennen aan de langere uitleg en de verminderde tijd voor huiswerk. Over het algemeen lijkt deze aanpak, in de context van dit ontwerponderzoek, ervoor te zorgen dat de leerlingen meer betrokken zijn en de lessen als minder saai ervaren. Ook hieruit concludeer ik dat aan ontwerpeis L1 is voldaan. Waar de literatuur het belang van het overtuigen van de leerlingen van het nut van de aanpak benadrukt (Höttecke et al., 2012), laten de resultaten van deze ontwerpstudie zien dat dit er bij deze lessenserie relatief weinig overtuiging nodig was. De leerlingen

waren over het algemeen enthousiast. Niet alle leerlingen waren overtuigd van het inhoudelijke nut van HPS, maar zagen het vaak wel als nuttig 'gereedschap' voor het onthouden en begrijpen van de stof uit het boek. Heering (2015) beschrijft hoe eenzelfde lesontwerp bij verschillende scholen in heel verschillend enthousiasme van de leerlingen kan resulteren. Daarom is het in deze ontwerpstudie van belang om voorzichtig om te gaan met de generaliseerbaarheid van de resultaten. De ontworpen lessenserie zou bij een andere klas of op een andere school heel anders ontvangen kunnen worden, afhankelijk van de contextuele factoren die hier van invloed op zijn. Zoals de voorkennis van de leerlingen en hun verwachtingen van het natuurkundeonderwijs mede gevormd door de lesscultuur op school.

### 7.3. De combinatie van wetenschapsgeschiedenis en practica heeft potentie voor het stimuleren van kritisch denken

De resultaten uit de leerlinginterviews, lesobservaties en klassengesprekken laten zien dat, in de context en met de opzet van dit ontwerponderzoek, sommige leerlingen aangeven kritischer te kijken naar hun observaties en meetresultaten. De leerlingen moeten wennen aan de openheid van de aanpak en de focus op het begrijpen van het proces in plaats van het vinden van het juiste antwoord. Dit formatieve karakter van de lessen lijkt de leerlingen de ruimte te geven om fouten te maken en van deze fouten te leren, wat hen wellicht de ruimte geeft om hun kritisch denkvermogen te ontwikkelen. Hoewel sommige leerlingen deze aanpak waarderen, hebben anderen moeite met de openheid en geven de voorkeur aan meer structuur. Bij deze uitkomsten moet de kanttekening geplaatst worden dat de leerlingen vooral uitspreken dat het verschil in werkwijze vooral komt door het open karakter (*inquiry*) en het feit dat de practica formatief (niet voor een cijfer) waren. De precieze rol van geschiedenis en practica in deze context is lastig te definiëren. Wat de rol van de verschillende aspecten van het lesontwerp en de uitvoering is bij het remediëren van naïeve denkbeelden van leerlingen over wetenschap en wetenschapsgeschiedenis (ontwerpeis L1) is dus niet met zekerheid te zeggen. Wel durf ik te stellen dat deze ontwerpstudie heeft laten zien dat de combinatie van wetenschapsgeschiedenis en practica een goede voedingsbodem kan zijn voor dergelijke formatieve *inquiry* activiteiten. Dit komt overeen met de premisse van de in sectie 3.2.4 besproken *casestudies* binnen het HIPST project (Höttecke, 2012). De voordelen die de literatuur aandraagt op het gebied van kritisch denken andere hoger orde denkvaardigheden (Heering, 2000a; Höttecke & Silva, 2011), zijn in deze ontwerpstudie niet concreet genoeg aangetroffen om conclusies over te trekken. Dat komt niet alleen doordat deze studie naar niet genoeg op was toegespitst, maar ook omdat deze doelen meer een ideaalbeeld vormen. Ook andere *casestudies* zoals die vanuit het HIPST project (Höttecke, 2012), laten zien het bereiken van deze idealen een uitdaging is.

### 7.4. Kennis over ontwikkeling van natuurkunde was een neveneffect voor de leerlingen

De resultaten uit de leerlinginterviews, lesobservaties en klassengesprekken laten zien dat de combinatie van wetenschapsgeschiedenis en practica potentie heeft om leerlingen mee te nemen in de ontwikkeling van de natuurkunde, hoewel de focus van de leerlingen meer lijkt te liggen op de praktische toepassing en het begrijpen van formules. Reflecties op de historische ontwikkeling van natuurkundige kennis komen minder naar voren. De lessen leidden tot meer gesprekken over wetenschappelijke methoden en historische meetmethoden, maar de koppeling met de getoetste lesstof was voor sommige leerlingen nog onduidelijk. Hoewel het lesontwerp rekening hield met de implicaties van HPS op onze visie op het vak natuurkunde (ontwerpeis L4), is het lastig om te zeggen of dit in de uitvoering ook tot zijn recht is gekomen. Ook ontwerpeisen D3 en D4 over het overbrengen van een realistisch beeld van wetenschap en wetenschapsgeschiedenis zitten wel verwerkt in het lesontwerp, zijn in de uitvoering behandeld, maar leverden onvoldoende resultaten om een wezenlijke

conclusie over te trekken. Dit suggereert dat, hoewel deze ontwerpstudie laat zien dat de combinatie van wetenschapsgeschiedenis en practica in potentie waardevol kan zijn, er nog werk nodig is om deze elementen beter te integreren in de lesstof en toetsing. De werkingsprincipes van historische apparatuur dienden volgen ontwerp D2, gebaseerd op (Höttecke et al., 2012), te passen bij het niveau van het curriculum. Het ontwerp en de uitvoering hebben laten zien dat het vinden van geschikte historische parallellen en apparatuur in de context van het Nederlandse onderwijs een uitdaging was. Een deel van de gebruikte apparatuur was historisch en paste bij het niveau van het curriculum, maar op sommige punten moest hier omwille de uitvoerbaarheid van worden afgeweken. Uit de resultaten bleek dat veel leerlingen de aanpak van deze ontwerpstudie meer als een gereedschap om stof te onthouden gebruiken dan een dat ze het vergaren van kennis over HPS en NOS als doel op zich zien. Dit hoeft niet per se slecht te zijn als leerlingen alsnog onbewust de kennis van HPS en NOS opdoen. Uit de resultaten is echter niet op te maken dat bij deze ontwerpstudie het geval is. Een factor die hierbij van belang kan zijn geweest is de mate waarin de lesinhoud toewerkte naar de doelen van de syllabus, het *washback effect* (Shohamy et al., 1996). Hieruit concludeer ik dat deze ontwerpstudie een andere uitwerking had dan de beoogde uitwerking van de *casestudies* uit de literatuur (Höttecke, 2012). Waar de literatuur een sterke nadruk legt op het belang van het bijbrengen van kennis over HPS (eg. Höttecke & Silva, 2011), ligt de nadruk van deze ontwerpstudie zoals eerder beschreven nog iets dichter bij het traditionele curriculum. Hierdoor lijkt de leeropbrengst op het gebied van HPS niet bijzonder hoog.

### 7.5. Algemene conclusie

De combinatie van wetenschapsgeschiedenis en practica in de natuurkundeles is over het algemeen positief ontvangen door de leerlingen in deze ontwerpstudie. De resultaten van het ontwerponderzoek wijzen uit dat deze aanpak de stof begrijpelijker maakt en helpt bij het onthouden van concepten doordat de lesinhoud meer aansluit bij de referentiekaders van leerlingen. Veel leerlingen vonden de lesstof minder abstract en hadden meer aandacht en interactie. Hoewel niet alle leerlingen de meerwaarde volledig inzagen en sommige van hen uitspraken meer structuur te willen, terwijl anderen graag nog meer vrijheid hadden gehad. Dit wijst op de vraag naar een meer gedifferentieerde didactische aanpak. Leerlingen vonden de lessen interessanter en motiverender door de afwisseling en actieve deelname, ondanks dat sommigen moesten wennen aan langere uitleg en minder tijd voor huiswerk. Wat betreft kritisch denken over observaties en meetresultaten, waardeerden sommige leerlingen de openheid van de aanpak omdat het ruimte gaf om fouten te maken en hiervan te leren. Anderen hadden moeite met deze openheid en wilden meer structuur. De combinatie van wetenschapsgeschiedenis en practica heeft potentie om leerlingen mee te nemen in de ontwikkeling van de natuurkunde, hoewel de focus vaak lag op praktische toepassingen en begrip van formules. De koppeling met getoetste lesstof was soms onduidelijk, wat aangeeft dat verdere integratie nodig is. De leerlingen gebruiken de aanpak vooral als hulpmiddel voor het onthouden van de stof, wat benadrukt dat het lesontwerp verder verfijnd moet worden om meer leeropbrengst op het gebied van HPS en NOS te bewerkstelligen.

### 7.6. Beperkingen

Zoals beschreven in de methode (sectie 4) beperkte deze studie zich tot een relatief kleine groep respondenten binnen één context. Hierbij had de persoonlijke betrokkenheid van mijzelf als onderzoeker de nodige invloed op de validiteit en betrouwbaarheid van de resultaten, dit heb ik uitvoerig besproken in sectie 4.5. Behalve deze methodologische beperkingen zorgde de context ook voor praktische beperkingen. Zo was er een beperkte vrijheid in onderwerpkeuze en duur van de uitvoering besproken in sectie 3.3 en 3.5.

Voor de leerlinginterviews zijn vijf beschikbare leerlingen voor en na de lessenserie geïnterviewd. Idealiter zou ik deze groep groter hebben gemaakt en volledig willekeurig, door middel van lootjes, hebben gekozen. Echter, op het moment van de planning van de eerste interviews hadden de leerlingen een hele drukke periode met uitwisselingen, opdrachten en toetsen. Hierdoor was het erg lastig om mijn streven voor een ruime willekeurige selectie van leerlingen die de leerlingpopulatie van de klassen vertegenwoordigden te interviewen. Deze selectie kan de resultaten mogelijk beïnvloed hebben omdat de leerlingen die vrijwillig aan een interview mee wilden doen een bovengemiddelde interesse in het vak natuurkunde hadden. Of de verhouding jongens/meisjes van belang was voor de uitkomsten van dit onderzoek is niet te zeggen. Deze selectie van leerlingen voor de leerlinginterviews is niet per se van invloed op de validiteit of betrouwbaarheid van de informatie die zij als individu gaven, alleen op de generaliseerbaarheid van deze informatie. Zo stelt Denscombe, p. (2010, p. 181) "It depends on whether the overall aim of the research is to produce results which are generalizable."

Deze methodologische en contextuele beperking betekenen een beperking van de implicaties van deze ontwerpstudie. De ontwerpstudie laat geen grote discrepanties zien met de verwachtingen vanuit de literatuur (sectie 3.2). Wel geeft het een beter inzicht in de mogelijkheden en beperkingen van de implementatie van HPS in de Nederlandse context. De aspecten die hier volgens deze ontwerpstudie nog de meeste aandacht vereisen zijn: de integratie binnen de curriculumdoelen van het Nederlandse natuurkundeonderwijs, de exploratie van historische parallellen, bronnen, experimenten en activiteiten, en het in kaart brengen van didactische strategieën die zich binnen de Nederlandse context lenen tot het overbrengen van kennis over HPS en NOS.

### 7.7. Aanbevelingen

Uit de implicaties van de uitkomsten volgen enkele suggesties voor verder onderzoek. De beschreven ontwerpstudie laat enkel mijn proces tot een lessenserie zien. Hierachter zit een creatief en persoonlijk proces. Het zou interessant zijn om te zien hoe verschillende Nederlandse natuurkundedocenten lessenseries zouden vormgeven en uitvoeren in hun verschillende contexten. Om dit te kunnen bewerkstelligen denk ik dat er eerst meer generaliseerbaar onderzoek gedaan zou moeten worden naar de implicaties voor het Nederlandse natuurkundeonderwijs van de resultaten uit het in theoretisch kader (sectie 3.2) beschreven, voornamelijk Duitse onderzoek. De beschikbare kennis en materialen die een Nederlandse natuurkundedocent op dit moment kan toepassen in de les zijn nog summier. Daarom zou een serie Nederlandse *casestudies* heel behulpzaam kunnen zijn. Hiermee wil ik niet suggereren dat ik afraad aan een individuele docent om deze aanpak uit te proberen, echter denk ik wel dat een meer gecoördineerde aanpak vanuit de academische wereld zou helpen. De literatuur laat een tal van *casestudies* zien. Echter, deze *casestudies* zijn heel anders beschreven dan deze ontwerpstudie. Het zou voor mij en daarmee denk ik ook voor andere docenten heel fijn zijn om meer literatuur tot onze beschikking te hebben die vanuit dit participatieve en persoonlijke perspectief schrijft. Op die manier krijg je meer inzicht in de keuze die je als ontwerpende docent moet maken. Ook vind ik dat de literatuur relatief veel speculeert over de effecten en meningen van leerlingen over de interventies. Hier en daar worden uitspraken geciteerd, maar een echt beeld van de ervaringen van leerlingen krijg je niet. Ik zeg niet dat ik daar in dit onderzoek helemaal in geslaagd ben, maar ik denk wel dat ik meer laat zien hoe de ervaringen in de praktijk zijn.

Ik zou iedere natuurkundedocent aanraden om zich eens te verdiepen in de wetenschapsgeschiedenis. Pak er een boek bij, zoals de *Kleine Geschiedenis van de Wetenschap* (Vermij, 2006). Ik durf te stellen dat er voor iedere docent morgen al een kans is om iets van wetenschapsgeschiedenis in de les toe te passen. Ik wil overigens niet suggereren dat docenten allemaal foute of naïeve denkbeelden van de wetenschapsgeschiedenis hebben. Wel denk ik dat de meeste van ons nog onvoldoende bewust en met gereedschappen uitgerust zijn om deze kennis over te brengen op onze leerlingen. Ik zou het



aanraden om wanneer je zelf met dit onderwerp bezig wil gaan in de les, om het in eerste instantie meer te richten op één specifiek aspect of onderwerp. Om een voorbeeld te geven, als ik terugkijk op mijn werk, zou ik achteraf wellicht beter de focus hebben kunnen leggen op een enkel experiment, zoals het nabootsen van een zuil van Volta. Dit enkele experiment kun je dan veel beter uitwerken en op die manier kun je denk ik meer gebalanceerde didactiek krijgen, waarin de combinatie van HPS, NOS en *inquiry* meer tot zijn recht kan komen. Juist wanneer je onderzoeksgegevens wil verzamelen lijkt het me makkelijker om dat bij een enkel duidelijk afgebakend experiment te doen. Op die manier hebben de respondenten ook de focus op dit experiment en kunnen ze gericht evalueren en op details ingaan.

Er zijn veel mogelijkheden om dit onderwerp verder te onderzoeken. Je zou bijvoorbeeld meer specifiek kunnen onderzoeken hoe HPS en NOS elkaar kunnen versterken in de Nederlandse context, *casestudies* kunnen doen met tal van historische experimenten met een *inquiry* element, of kunnen kijken naar het belang van *storytelling* vaardigheden bij docenten om de historische verhalen goed over te kunnen brengen. Waar dit onderzoek vanwege de randvoorwaarden enkel naar het onderwerp elektriciteit heeft gekeken, zijn er wellicht bij andere onderwerpen nog wel veel meer mogelijkheden. Zo zie ik veel potentie bij klassieke mechanica, maar ook bij de basis van de thermodynamica (ideale gaswet) en de eigenschappen van stoffen en materialen. Tal van interessante historische narratieven met een grote maatschappelijke impact spelen hier een rol. Denk alleen al aan alle mogelijkheden omtrent de industriële revolutie en de ontwikkeling van de stoommachine. Al met al hoop ik hiermee enkele van de vele mogelijkheden te hebben benoemd. Ik hoop dat er meer docenten zijn die het aandurven om eens te gaan experimenteren met HPS. Het is een uitdaging, maar de verrijking die het biedt maakt het de moeite meer dan waard.

## 8. Nawoord

Al snel tijdens het ontwerpen van de lessenserie werd duidelijk wat voor uitdaging ik voor mijzelf had uitgekozen. De complexiteit, die aan de hand van literatuur ook wel te verwachten was viel niet mee. Het inpassen van geschikte verhalen, experimenten en opdrachten binnen de context van de lespraktijk waar je niet de volledige vrijheid hebt wat betreft planning in invulling van het curriculum is simpelweg moeilijk! Daarnaast had ik zelf als leek zijnde op het gebied van wetenschapsgeschiedenis veel tijd nodig om het gevoel te krijgen de kennis over HPS en NOS voldoende te beheersen. Alsnog zat ik tijdens het ontwerpproces regelmatig met mijn handen in mijn haren omdat ik niet meer overzag hoe ik verder moest. Terugkijkend op mijn eigen handelen zie ik veel dingen die ik achteraf anders zou willen doen. Tegelijkertijd zie ik ook een leerproces waarin ik een hele steile leercurve heb gevolgd. Dit was op sommige momenten frustrerend omdat ik bij elke volgende stap eigenlijk weer terug wilde om mijn vorige stap te verbeteren. Al met al was een waardevol proces dat mij heeft laten zien dat ik nog veel kan leren op zowel het gebied van onderzoek als over de onderwerpen die in deze ontwerpstudie zijn onderzocht, maar ook dat er nog ontelbaar veel interessante mogelijkheden zijn, waarmee ik in de toekomst als hopelijk onderzoekende docent mee aan de slag kan gaan.

## 9. Ethiek

Alle deelnemers zijn zowel schriftelijk als mondeling geïnformeerd over het onderzoek en hun vrijwillige deelname die ten alle tijden stopgezet kan worden. Als toevoeging hierop is voor alle minderjarige deelnemers ook schriftelijk toestemming van de ouders/verzorgers verkregen. Daarnaast is voor de respondenten zowel schriftelijk als mondeling uitgelegd hoe de (het afzien van) deelname aan het onderzoek geen negatieve gevolgen heeft voor hun leerproces en hun beoordeling. Om ervoor te zorgen dat alle leerlingen zich op hun gemak voelden bij het opnemen van de lessen is dit nogmaals met hen besproken en was er de mogelijkheid om buiten het camerabeeld om deel te nemen aan de les.

Alle gegevens zijn op het moment van transcriberen onmiddellijk geanonimiseerd door middel van het toewijzen van een nummer aan elke deelnemer, waarbij het overzicht van nummer en leerling alleen in het fysieke bezit is van de onderzoeker. Dit alles is goedgekeurd in de ethiekaanvraag onder nummer 240137.

## 10. Referenties

- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). The influence of history of science courses on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1057–1095. [https://doi.org/https://doi.org/10.1002/1098-2736\(200012\)37:10<1057::AID-TEA3>3.0.CO;2-C](https://doi.org/https://doi.org/10.1002/1098-2736(200012)37:10<1057::AID-TEA3>3.0.CO;2-C)
- Allchin, D. (2013). Teaching the nature of science. *Perspectives and Resources*. St. Paul, MN: SHIPS Education Press.
- Allchin, D., Andersen, H. M., & Nielsen, K. (2014). Complementary approaches to teaching nature of science: Integrating student inquiry, historical cases, and contemporary cases in classroom practice. *Science Education*, 98(3), 461–486.
- Binnie, A. (2001). Using the History of Electricity and Magnetism to Enhance Teaching. *Science & Education*, 10(4), 379–389. <https://doi.org/10.1023/A:1011213519899>
- Cavicchi, E. (2012). Peter Heering and Roland Wittje (eds): Learning by Doing: Experiments and Instruments in the History of Science Teaching. *Science & Education*, 21(9), 1375–1380. <https://doi.org/10.1007/s11191-012-9467-3>
- Denscombe, M. (2010). *The good research guide: For small-scale social research projects*. McGraw-Hill Education (UK).
- Ekici, E. (2016). “ Why Do I Slog through the Physics?” Understanding High School Students' Difficulties in Learning Physics. *Journal of Education and Practice*, 7(7), 95–107.
- Examenprogramma natuurkunde vwo 2026*. (2016). <https://www.examenblad.nl/2026/vwo/vakken/exacte-vakken/natuurkunde-vwo>
- Flick, U. (2013). *The SAGE handbook of qualitative data analysis*. Sage.
- Galili, I. (2012). Promotion of Cultural Content Knowledge Through the Use of the History and Philosophy of Science. *Science & Education*, 21(9), 1283–1316. <https://doi.org/10.1007/s11191-011-9376-x>
- Geddes, L. A., & Hoff, H. E. (1971). The discovery of bioelectricity and current electricity The Galvani-Volta controversy. *IEEE Spectrum*, 8(12), 38–46.
- Giere, R. N. (1973). History and philosophy of science: Intimate relationship or marriage of convenience? *The British Journal for the Philosophy of Science*, 24(3), 282–297.
- Heering, P. (2000a). Getting Shocks: Teaching Secondary School Physics Through History. *Science & Education*, 9(4), 363–373. <https://doi.org/10.1023/A:1008665723050>
- Heering, P. (2000b). Getting Shocks: Teaching Secondary School Physics Through History. *Science & Education*, 9(4), 363–373. <https://doi.org/10.1023/A:1008665723050>
- Heering, P. (2015). Make–Keep–Use: Bringing Historical Instruments into the Classroom. *Interchange*, 46(1), 5–18. <https://doi.org/10.1007/s10780-015-9228-8>



- Heering, P., & Cavicchi, E. (2020). Teaching About Nature of Science Through Historical Experiments. *Science: Philosophy, History and Education*, 609–626. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-57239-6\\_33](https://doi.org/10.1007/978-3-030-57239-6_33)
- Henke, A., & Höttecke, D. (2015). Physics Teachers' Challenges in Using History and Philosophy of Science in Teaching. *Science & Education*, 24(4), 349–385. <https://doi.org/10.1007/s11191-014-9737-3>
- Höttecke, D. (2012). HIPST—History and Philosophy in Science Teaching: A European Project. *Science & Education*, 21(9), 1229–1232. <https://doi.org/10.1007/s11191-011-9435-3>
- Höttecke, D., Henke, A., & Riess, F. (2009). *Case Studies for Teaching and Learning with History and Philosophy of Science: Exemplary Results of the HIPST project in Germany*. . <https://fliphtml5.com/gqbv/tdqc/basic>
- Höttecke, D., Henke, A., & Riess, F. (2012). Implementing History and Philosophy in Science Teaching: Strategies, Methods, Results and Experiences from the European HIPST Project. *Science & Education*, 21(9), 1233–1261. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9330-3>
- Höttecke, D., & Silva, C. C. (2011). Why Implementing History and Philosophy in School Science Education is a Challenge: An Analysis of Obstacles. *Science & Education*, 20(3), 293–316. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9285-4>
- Jungnickel, C., & McCormmach, R. (2016). Electricity. In *Cavendish: The Experimental Life (Second revised edition 2016)*. Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften. <https://doi.org/10.34663/9783945561065-12>
- Kim, M., & Ha, S. (2023). Challenging Modeling for Ohm's Law through Open-Ended In-depth Inquiry. *Science & Education*. <https://doi.org/10.1007/s11191-023-00417-8>
- Kipnis, N. (1995). *BLENDING PHYSICS WITH HISTORY*.
- Kipnis, N. (2009). A Law of Physics in the Classroom: The Case of Ohm's Law. *Science & Education*, 18(3), 349–382. <https://doi.org/10.1007/s11191-008-9142-x>
- Lazonder, A. W. (2014). Inquiry Learning. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen, & M. J. Bishop (Eds.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (pp. 453–464). Springer New York. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5\\_36](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_36)
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331–359. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/tea.3660290404>
- Matthews, M. R. (2014). *Science teaching: The contribution of history and philosophy of science*. Routledge.
- Mckenney, S., & Akker, J. (2005). Computer-based support for curriculum designers: A case of developmental research. *Educational Technology Research and Development*, 53, 41–66. <https://doi.org/10.1007/BF02504865>
- McKenney, S., & Reeves, T. (2018). *Conducting educational design research*. Routledge.
- Shohamy, E., Donitsa-Schmidt, S., & Ferman, I. (1996). Test impact revisited: Washback effect over time. *Language Testing*, 13(3), 298–317.

*Syllabus natuurkunde vwo 2025*. (2023). Examenblad.

<https://www.examenblad.nl/2025/vwo/vakken/exacte-vakken/natuurkunde-vwo>

Tsokos, K. A. (2014). *Physics for the IB Diploma Coursebook with Free Online Material*. Cambridge University Press.

van den Berg, E. (2013). The PCK of Laboratory Teaching: Turning Manipulation of Equipment into Manipulation of Ideas. *Scientia in Education*, 4(2), 74–92.

Vermij, R. (2006). *Kleine geschiedenis van de wetenschap*. Uitgeverij Nieuwezijds.

## 11. Bronnen afbeeldingen

Afbeelding Leidse fles titelpagina:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Leyden\\_jar#/media/File:Leyden\\_jar\\_engraving.png](https://en.wikipedia.org/wiki/Leyden_jar#/media/File:Leyden_jar_engraving.png)

figuur 4: Barnsteen met een fossiel <https://www.nationalgeographic.com/science/article/what-is-amber-fossils-science>

figuur 5: <https://youtu.be/gxpl2J6EdIk>

figuur 6: <https://www.youtube.com/watch?v=q-YhR3G2rew>

figuur 7:

<https://web.archive.org/web/20230128103725/https://www.seattleu.edu/scieng/physics/physics-demos/electricity-and-magnetism/electrostatics---electroscope/>

figuur 8: <https://www.rug.nl/education/courses/other-education/radiation-protection/a-z/a-z-data/capacitance>

figuur 9: <https://wellcomecollection.org/articles/WsT4Ex8AAHruGfXR>

figuur 10: [http://en.wikipedia.org/wiki/Thunder\\_house](http://en.wikipedia.org/wiki/Thunder_house)

figuur 11: [https://backyardbrains.com/experiments/Galvani\\_Volta](https://backyardbrains.com/experiments/Galvani_Volta)

figuur 12: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Arc\\_light\\_and\\_battery.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Arc_light_and_battery.jpg)

figuur 13: <https://www.exploratorium.edu/snacks/penny-battery>

## 12. Bijlagen

### Bijlage A: Ontwerp lessenserie

#### Deel 1: van statisch naar stromend

Het doel van dit eerste deel was om een introductie van statische naar stromende elektriciteit te maken aan de hand van de in Tabel 3 opgestelde onderwerpen.

Tabel 3: Koppeling tussen HPS en de lesmethode voor deel 1. Van statische naar stromende elektriciteit.

HPS-doel	Lesmethode en syllabus
<p>Het behandelen van de ontwikkelingen die hebben geleid tot kennisniveau vlak voor Georg Ohm.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- De oude Grieken met barnsteen, elektron</li><li>- Leidsche fles om te laten zien dat lading opslaan revolutionair was. Het idee van elektrische vloeistof. <b>DEMO</b></li><li>- Elektroscoop om positief en negatieve lading en de later conventie stroomrichting toe te lichten. <b>DEMO</b></li><li>- Galvani en Volta controverserend rondom aard van elektriciteit</li><li>- Zuil van volta en impact op de ontwikkelingen <b>PRACTICUM</b></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- <i>het verschijnsel elektrische stroom uitleggen als verplaatsing van lading ten gevolge van een aangelegde spanning,</i><ul style="list-style-type: none"><li>o <i>de definities van <b>stroomsterkte, spanning</b> en soortelijke weerstand gebruiken;</i></li><li>o <i>vakbegrippen: <b>vrij elektron, ion, elementaire lading, spanningsbron, batterij, accu;</b></i></li></ul></li></ul>

#### Les 1: statische elektriciteit en de elektroscoop

Het doel van deze eerste les was om het onderwerp elektriciteit te introduceren en de leerlingen nieuwsgierig te maken. Zoals ik eerder heb beschreven zitten de meeste lesmethoden en zo ook Systematische Natuurkunde, die ik in de klas gebruikte, zo in elkaar dat ze qua volgorde eerst geleidbaarheid, stroomsterkte, spanning, weerstand etc. behandelen en dan pas in de het boek van de vijfde klas de stap maken naar elektromagnetisme en daarbij een stukje statische elektriciteit behandelen. Het boek van het Internationaal Baccalaureaat gebruikt hiervoor, naar mijn mening een logischer volgorde (Tsokos, 2014). Ik heb de keuze gemaakt om mijn lessen over elektriciteit wel te introduceren vanuit statische elektriciteit, omdat er op die manier een veel logischer parallel met de historische ontwikkelingen gemaakt kon worden. Het inhoudelijke doel van deze eerste les was om het verschil tussen positieve en negatieve lading te behandelen door middel van het statisch laden van glas en rubber en deze lading te detecteren met een elektroscoop. De keuze voor deze demonstratie kwam voort uit het feit dat het een makkelijk uit te voeren activiteit is, die inzicht kan geven in de concepten lading, de conventie van positieve en negatieve lading en uitnodigend is voor een *inquiry* element, zie Tabel 2: Mogelijke experimenten/practica met historisch parallel Tabel 2. Bij deze les heb ik hier een daar een beetje van de vloeistoftheorieën van Gilbert en du Fay gebruikt om de historische ontwikkeling te duiden. Wel ben ik voorzichtig geweest met hoe ik deze bracht, om de leerlingen niet te veel te verwarren.

Voordat ik hiermee begon heb ik de leerlingen eerst een historische introductie van het onderwerp gegeven. Deze begon met de prikkelende vraag: Hoe lang weten mensen al iets over elektriciteit?

Het idee van deze vraag was om het onderscheid tussen het bestaan van het verschijnsel en het menselijk begrip ervan te maken. Zo verwachtte ik hierbij dat leerlingen met antwoorden zoals “er was altijd al bliksem” zouden komen. Hiermee zouden we de discussie over hoe men er nou achter kon komen wat die bliksem was kunnen voeren. Mijn volgende vraag aan de klas was of iemand wist wat het materiaal in figuur 4 is.



figuur 4: Barnsteen met een fossiel <https://www.nationalgeographic.com/science/article/what-is-amber-fossils-science>

Na een discussie over het materiaal barnsteen kon ik een video over de eigenschappen van dit materiaal laten zien (figuur 5).



figuur 5: Schermafbeelding uit video over statisch geladen barnsteen <https://youtu.be/gxpl2J6EdIk>

Met bij deze video de vraag: Hoe denken jullie de oude Grieken dit materiaal noemde? De oude Grieken noemde barnsteen elektron. Hiermee kon wederom een discussie gehouden worden over of de Grieken dan al wisten wat elektronen waren.

Vervolgens nam ik een flinke stap in de tijd. Hierbij legde ik uit dat men deze verschijnselen van aantrekking en afstoting in de tussen tijd wel waarnam, maar deze niet kon verklaren en ook niet op een gestructureerde manier probeerde te verklaren. Er werd nog geen echt onderzoek naar gedaan.

Pas toen Gilbert zo rond 1600 liet zien dat een kompasnaald aangetrokken werd door een stuk amber waarover gewreven werd, begon elektriciteit echt onderzocht te worden (Binnie, 2001). Wat die elektriciteit was en waar het uit bestond wist men nog niet. De theorie van Gilbert was dat deze

materialen (*electrics*) een soort elektrische vloeistof bevatte. Op deze vloeistof ben ik later teruggekomen bij de uitleg over de Leidse fles.

Omdat de leerlingen al een keer eerder over de Maagdenburger halve bollen van Otto von Guericke hadden gehoord, heb ik ze eerst nog een video over de zwavelbol van von Guericke laten zien (figuur 6). Niet om het verschijnsel van initiële aantrekking en uiteindelijke afstoting volledig uit te leggen, maar meer om ze een te intrigeren. Daarnaast was het een amusant idee dat von Guericke veel moeite stopte in het maken van deze zwavelbollen, die hij in een glazen mal goot alvorens deze mal open te breken, terwijl hij ook de glazen mal zelf had kunnen gebruiken als materiaal.



figuur 6: Schermafbeelding uit de video waarin een plusje boven een statisch geladen zwavelbol zweeft  
<https://www.youtube.com/watch?v=q-YhR3G2rew>

Na deze introductie van het onderwerp ben ik verdergegaan met wat ik een demonstratie met een *inquiry* element noem. Deze activiteit, waarin we bezig gingen met hen onderscheiden van positieve en negatieve lading door middel van een elektroscop, diende verschillende doelen. Het voornaamste doel was de stap van lading, naar positieve en negatieve lading. Hierbij kon ik ook gelijk een parallel trekken naar een bekend 'probleem' bij de leerlingen, namelijk de conventie van de stroomrichting. Bij de demonstratie kregen de leerlingen een werkblad, hierbij moesten ze voor iedere stap opschrijven wat ze observeerden en wat ze hier voor initiële verklaring bij gaven. Hier heb ik de nadruk gelegd op dat hun verklaring nog niet sluitend hoefde te zijn. De demonstratie bestond uit de volgende stappen:

1. Introductie van de elektroscop. Ik stelde dat dit een apparaat was dat elektrische lading kan detecteren, maar vertelde verder niet precies hoe.
2. Een rubber staaf statisch geladen met een doek (dat kon je horen aan het knetteren)
  - a. De staaf in de buurt gebracht van de elektroscop zodat deze uitweek
  - b. De staaf tegen de elektroscop aanbewogen zodat deze achteraf in de uitgeweken stand bleef staan
  - c. De elektroscop met mijn vinger geaard, zodat deze weer terug naar de rustpositie kwam
3. Stap 2 herhaald voor een glazen staaf
4. Nu herhaalde ik stap 2b, de elektroscop stond in de uitgeweken stand na aangeraakt te zijn door de rubberen staaf. Nu raakte de elektroscop aan met de glazen staaf in de buurt, waardoor de wijzer terug naar de rustpositie bewoog.

Bij al deze stappen beschreef ik eerst wat ik zou gaan doen en kregen de leerlingen eerst tijd om na te denken over hun verwachtingen. Na afloop heb ik alle situaties op het bord geschetst en ben ik met de klas hun verwachtingen en verklaring na gelopen. Deze uitleg koppelde de historie aan de stof uit het lesboek door in te gaan op positieve en negatieve lading in de vorm van (een tekort aan) elektronen. Om nog een beetje extra verwondering te creëren sloot ik deze activiteit af met door de elektroscop nogmaals uit te laten wijken en deze te neutraliseren door middel van een brandende lucifer.



figuur 7: het ontladen van een elektroscop met een lucifer.

<https://web.archive.org/web/20230128103725/https://www.seattleu.edu/scieng/physics/physics-demos/electricity-and-magnetism/electrostatics---electroscope/>

Vervolgens heb ik deze les afgesloten door de koppeling met de lesstof uit het boek te maken door te vertellen dat we met de kennis van nu weten we dat iets negatief geladen is wanneer het een overschot aan elektronen heeft en positief wanneer het een tekort aan elektronen heeft. Dat we deze lading  $Q$  meten in Coulomb (C) en dat de lading van één elektron gelijk is aan  $1,602 \cdot 10^{-19}C$ .

De beweging van deze elektronen door een geleider noemen we stroom  $I$  in Ampere (A). En de meegegeven hoeveelheid energie in Joule per hoeveelheid lading in Coulomb (C), noemen we de spanning  $U$  in Volt (V).

$$I = \frac{Q}{t} \text{ (Coulomb per seconde)}$$

$$U = \frac{\Delta E}{Q} \text{ [Joule per Coulomb]}$$

Ten slotte heb ik nog een laatste koppeling terug naar de geschiedenis gemaakt. Door terug te koppelen op de elektrische vloeistof en het erover te hebben dat het helemaal niet zo gek zou zijn om deze elektrische vloeistof, zoals men er toen over dacht, op te slaan in een fles. Deze Leidse fles (figuur 8) komt later in de lessenserie terug en heb ik hier dus niet volledig toegelicht, wel liet ik het werkingsprincipe kort zien door mijzelf een schok te geven.



figuur 8: Leidse fles <https://www.rug.nl/education/courses/other-education/radiation-protection/a-z/a-z-data/capacitance>

## Les 2: van statisch naar stromend

De tweede les had als doel om de stap van statische naar stromende elektriciteit te maken aan de hand van het verhaal van Galvani en Volta en het zelf maken van een zuil van Volta.

Deze les begon met een terugblik op les 1, de resultaten van het klassikale 'experiment' met de elektroscop zijn nogmaals besproken. Hiermee kon gelijk de conventie van de stroomrichting verklaard worden, door de keuze van Benjamin Franklin voor het benoemen van glas als positief, terwijl we nu weten dat statisch geladen glas juist een tekort aan elektronen heeft.

De Leidse fles kwam hier ook weer aan bod. Opnieuw heb ik deze voorzichtig opgeladen met een Wimhurst machine alvorens mijzelf een schok te geven. De rol van deze ontwikkelingen in de maatschappij kon hiermee ook besproken worden. Zo heb ik besteed het aan het gebruik van deze demonstraties voor vermaak van de gegoede burgerij (figuur 9). Zoals de *electric kiss* (het completeren van de stroomkring van een Leidse fles door middel van een kus) en het zogenaamde donderhuisje, waarbij een Leidse fles voor een blikseminslag op een modelhuisje met een stuk vuurwerk erin veroorzaakt (figuur 10).



figuur 9: Electric showmen <https://wellcomecollection.org/articles/WsT4Ex8AAHruGfXR>





figuur 10: Een donderhuisje [http://en.wikipedia.org/wiki/Thunder\\_house](http://en.wikipedia.org/wiki/Thunder_house)

Na deze amusante introductie ben ik verdergegaan met het hoofddoel van deze les, de stap van statische naar stromende elektriciteit. Daarvoor heb ik eerst benadrukt en laten zien hoe een Leidse fles werkt en dat je deze iedere keer weer opnieuw moet opladen voordat deze een harde, maar korte schok geeft. Niet de manier waarop wij elektriciteit tegenwoordig voornamelijk toepassen.

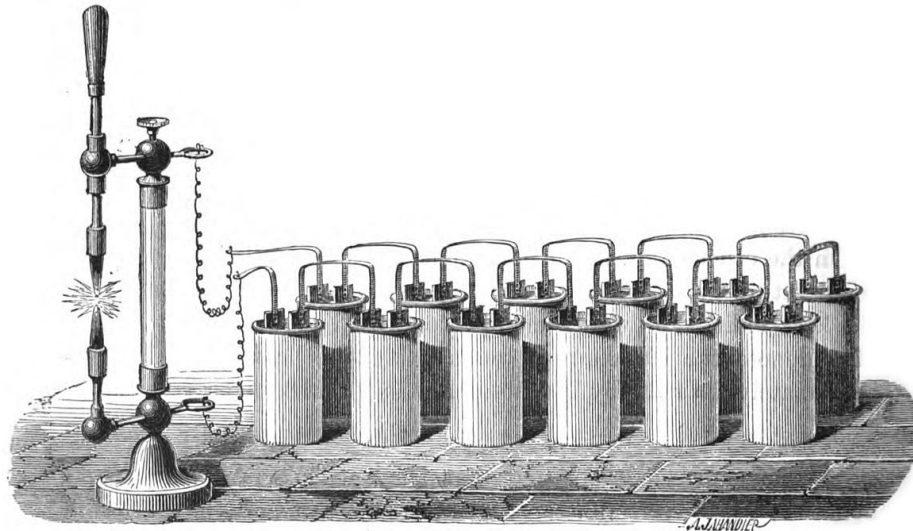
Het verhaal van Volta en Galvani (Geddes & Hoff, 1971), diende hierbij als opstapje naar de ontdekking van de zuil van Volta, de eerste batterij. De voornaamste les die ik uit dit verhaal wilde halen was de zoektocht naar wat elektriciteit nou eigenlijk is en hoe men hier discussie en onenigheid over had. Waar we nu zeggen, logisch dat dat elektriciteit is, was dat toen niet het geval. Bij Volta en Galvani uit zich dat in een discussie over of de beweging van een kikkerpoot bij het aanraken van de spieren en zenuwen met verschillende metalen veroorzaakt wordt door elektriciteit, zoals in de cartoon in figuur 11 laat zien.



figuur 11: De discussie tussen Volta en Galvani [https://backyardbrains.com/experiments/Galvani\\_Volta](https://backyardbrains.com/experiments/Galvani_Volta)

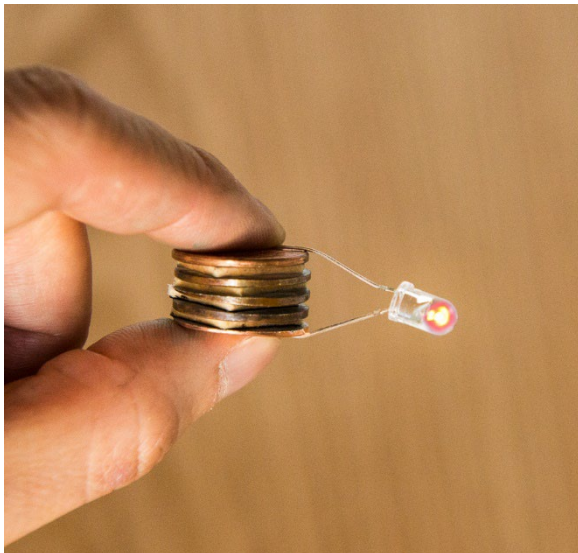
Hoewel beide mannen het op bepaalde punten niet bij het juiste eind hadden (Geddes & Hoff, 1971), zorgde hun discussie wel voor de ontdekking van de eerste batterij door Volta. Deze batterij die een

continue bron van elektriciteit gaf was van grote impact op de ontwikkeling van het onderzoek naar elektriciteit, maar ook voor bijvoorbeeld de scheikunde. Hierbij heb ik de leerlingen gevraagd of ze een idee hebben waarvoor je een batterij bij scheikunde kan gebruiken (elektrolyse). Ook heb ik de discussie over het nut van een batterij in een tijd zonder apparaten met ze gevoerd. Een voorbeeld van een vroege toepassingen van de zuil van Volta die ik hierbij heb aangehaald is die van de *arc light*, elektrische verlichting waarbij een vonkboog tussen koolstofelektroden de lichtbron vormt (figuur 12).



figuur 12: Schets van de *arc light* van Humphry Davy [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Arc\\_light\\_and\\_battery.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Arc_light_and_battery.jpg)

De rest van deze les hebben de leerlingen besteed aan het proberen om een zuil van Volta na te bootsen. Hiervoor gaf ik ze geen instructie wat betreft de manier waarop deze geconstrueerd diende te worden, enkel wat begeleidende vragen. De materialen die ze hiervoor tot hun beschikking hadden waren: stevig papier, koperen 5 cent munten, verzinkte ringen, azijn, een voltmeter, een LED.



figuur 13: Een zuil van Volta die een LED doet branden <https://www.exploratorium.edu/snacks/penny-battery>

De leerlingen konden zelf blijven experimenteren totdat ze een werkende batterij hadden. Hierbij ging de klassendiscussie over de aard van deze elektriciteit, waarom het op deze manier gestapeld moet worden, het effect van het vergroten van de stapel en de polariteit van de stapel. Afsluitend konden alle groepjes hun stapels samenvoegen en de spanning hierover meten. Het idee hierachter was om

een goed uitgangspunt te hebben voor een discussie over interne weerstand met de leerlingen die extra uitdaging konden gebruiken.

## Deel 2: Geleidbaarheid

Het volgende deel maakt de stap naar geleidbaarheid en weerstand. Tabel 4 laat de koppeling tussen de HPS-doelen en de leerdoelen uit de syllabus zien.

Tabel 4: Koppeling tussen HPS en de lesmethode voor deel 2, geleidbaarheid

HPS-doel	Lesmethode en syllabus
<p>Het behandelen van de ontwikkeling van de wet van Ohm.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Weerstand meten Leidse fles op gevoel (Cavendish), <math>R = \rho A/L</math> <b>DEMO</b></li> <li>- De wet van Ohm aan de hand van metingen met moderne apparatuur afleiden, <math>U = IR</math> <b>PRACTICUM</b></li> <li>- De limieten van de wet van Ohm, inquiry naar niet-ohmse weerstand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>het verschijnsel elektrische stroom uitleggen als verplaatsing van lading ten gevolge van een aangelegde spanning,</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>o <i>de definities van stroomsterkte, spanning en <b>soortelijke weerstand</b> gebruiken;</i></li> <li>o <i>vakbegrippen: vrij elektron, ion, elementaire lading, spanningsbron, <b>batterij, accu</b>;</i></li> </ul> </li> <li>- <i>stroomkringen analyseren en daarbij voor serie- en parallelschakelingen berekeningen maken over <b>spanning, stroomsterkte, weerstand en geleidbaarheid,</b></i> <ul style="list-style-type: none"> <li>o <i>bij gemengde schakelingen alleen beredeneren en eenvoudige berekeningen maken;</i></li> <li>o <i>de juiste aansluitwijze van stroommeter en spanningsmeter toepassen;</i></li> <li>o <i>vakbegrippen: <b>stroomdeling, spanningsdeling, kortsluiting</b>;</i></li> </ul> </li> </ul>

### Les 3: geleidbaarheid aan de hand van het experiment van Cavendish

#### Materialen:

- Leidse fles
- Wimshurst machine (om Leidse fles voldoende mee op te laden)
- Draadjes met alligator clips
- Bekertjes water met keukenzout

#### Leerdoelen:

De leerdoelen voor de leerlingen zijn hieronder beschreven met mogelijkheden om deze leerdoelen te checken:

- De leerlingen kunnen door middel van inquiry een historisch practicum als gedachte experiment reconstrueren  
→ *Klassendiscussie*
- De leerlingen intuïtief inzicht geven over het concept weerstand met het experiment van Cavendish

→ Oefenopgave en/of klassendiscussie

- De leerlingen kunnen rekenen met de formule van soortelijk weerstand  
→ Oefenopgave

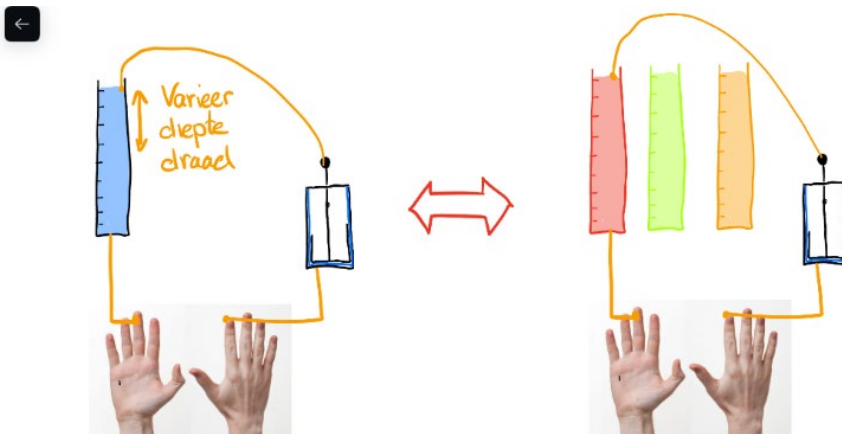
In de vorige eerdere les heb ik de stap van statische elektriciteit naar stromende elektriciteit gemaakt door de leerlingen een zuil van Volta te construeren. Deze les ging over de geleidbaarheid van materialen. Of, zoals we het omgekeerde daarvan noemen, de weerstand. Daarvoor heb ik gebruik gemaakt met Cavendish, die door middel van het voelen van de sterkte van schokken door verschillende zoutoplossing onderzoek deed naar geleidbaarheid.

### Wie was Cavendish?

Cavendish meldde in 1775 aan de Royal Society: 'Electricity meets with no more resistance in passing through a piece of iron wire 400 000 000 inches long than through a column of water of the same diameter only one inch long.'

Hij was tot deze conclusie gekomen doordat hij experimenten deed waarin hij een Leidse fles (laten zien) gebruikte en hier schokken door te krijgen. Hij wisselde steeds de geleider/weerstand en voelde hoe sterk de schok was (figuur 14).

*"For the purpose of comparing one conducting solution with another, he first prepared six equally charged Leiden jars. He then took shocks from six discharges passing alternately through one solution and then the other, judging whether the shock of the second solution was greater or less than that of the first, the solution causing the greater shock having the least resistance. To make a finer judgment, he adjusted the wire in one of the solutions to make their resistances more nearly equal and then repeated the experiment. By equalizing the shocks in this way, he was able to decide exactly what length of the second solution was equivalent to the length of the first solution. By designating a certain solution as a standard, he could compare the resistances of all of the solutions, in this way measuring them."* (Jungnickel & McCormach, 2016, p. 233)



- Draad verplaatsen totdat beide schokken even "hard" zijn.

figuur 14: Simpele representatie van het experiment van Cavendish

**Inquiry-vraag:** Hoe zou hij met de volgende middelen een experiment hebben kunnen opzetten om tot dit inzicht te komen?

- Een Leidse fles, steeds opgeladen met dezelfde hoeveelheid lading
- Verschillende soorten, diameters en lengtes metaal
- Een buis met water dat in hoogte gevarieerd kan worden

Vervolgvrage: Hoe kon hij er nou voor zorgen dat hij kon de schokjes kon vergelijken? Moeilijk onthouden hoe hard een schok 5 minuten was? Is het voelen van schokjes een goede meetmethode? Waarom wel of niet?

Oefenopdracht (zie ook dia's in bijlage)

Met de kennis van nu, zien we dat Cavendish best wel dicht in de buurt bij de formules en wetten die nu gebruiken kwam. Kunnen we met de kennis van nu berekenen of zijn uitspraak over de weerstand van water t.o.v. ijzer nauwkeurig was?

$$R_{ijzer} = R_{water}, \quad A_{ijzer} = A_{water}, \quad \frac{l_{ijzer}\rho_{ijzer}}{A_{ijzer}} = \frac{l_{water}\rho_{water}}{A_{water}},$$

$$l_{ijzer}\rho_{ijzer} = l_{water}\rho_{water}$$

$$\frac{l_{ijzer}\rho_{ijzer}}{l_{water}} = \rho_{water}$$

$$\rho_{water} = \frac{100 * 10^{-9} * 400 * 10^6}{1} = 40 \Omega m$$

Nu weten we dus door een combinatie van historie en de formules die we nu nog steeds gebruiken dat de weerstand afhangt van het materiaal en de vorm volgens,

$$R = \frac{\rho l}{A} [\Omega]$$

### Afsluiting

De volgende les gaat over het verband tussen stroomsterkte en spanning in een geleider. Dit is wat Cavendish probeerde te doen, maar waar hij nog niet helemaal de middelen voor had. Men wist toen bijvoorbeeld nog helemaal niet wat spanning of stroom was. In plaats daarvan dachten ze dat er iets van een vloeistof door de draad stroomde en dat de sterkte van schok afhankelijk was van de snelheid van deze vloeistof. Dat idee komt ons nog steeds best bekend voor, het is namelijk best een handige metafoer om over elektriciteit te praten, en het heeft geleid tot de uitvinding van de Leidse fles, waarin deze "vloeistof" kan worden opgeslagen.

### Les 4: Voorbereiden practicum weerstand

#### **Materialen:**

- 2x multimeter
- Nichroomdraden 0,2mm in verschillende lengtes
- IJzerdraad 0,2mm
- Variabele spanningsbron (12v; 1,5A)
- Voldoende kabels en alligator clips
- Werkblad

#### **Leerdoelen:**

De leerdoelen voor de leerlingen zijn hieronder beschreven met mogelijkheden om deze leerdoelen te checken:

- De leerlingen kunnen door middel van inquiry een practicum opstellen
- Leerlingen kunnen de wet van Ohm toepassen

#### **Extra toevoeging op inhoud les:**

Deze les wordt het practicum voorbereid dat deze en de volgende les zal worden uitgevoerd. De verwachting is dat de leerlingen deze les bedenken **HOE** en **WAT** ze gaan meten en dat ze de eerste metingen gaan doen. Volgende les is tijd voor het meten, het verwerken van de gegevens en het beantwoorden van vragen.

### Brug Volta en Ohm

Vorige les is besproken hoe Cavendish iets probeerde te zeggen over weerstand door schokken te voelen. Nu is statische elektriciteit zoals die uit een Leidse fles, niet per se de makkelijkste manier om dit te doen. Maar in de tijd van Cavendish was dat wat hij voor handen had.

Met de komst van de zuil van Volta, de eerste batterij, werd het mogelijk om verder onderzoek te doen naar hoe elektriciteit werkt. Eén van de vragen die men zich hierbij stelde was hoe stroomsterkte en spanning zich tot elkaar verhouden. Met daarbij weer de kanttekening dat het begrip spanning en stroomsterkte toen nog niet uitgedacht was, maar men het meer had over kracht als spanning en snelheid van de vloeistof als stroomsterkte. Wat deze vloeistof was, wist men niet.

Het practicum gaat dus over het verband tussen de spanning over en de stroomsterkte door verschillende geleiders.

### Voorbereiden practicum

Hoewel dit practicum geen accurate representatie is van een historisch experiment, zoals die van Georg Ohm, heb ik de beschrijving hier wel toegevoegd omdat het een logische continuatie is vanuit de in de vorige lessen besproken historische context. De werkwijze van dit practicum moesten de leerlingen zelf gaan bedenken. De nadruk lag op het nadenken en beschrijven hoe en wat er gemeten gaat worden. Dit had als reden dat ik een *inquiry* element wilde inbouwen om formules niet alleen als trucje toe te passen, maar om te begrijpen hoe de grootheden met elkaar samenhangen.

### Les 5: Uitvoeren en bespreken practicum weerstand

#### **Materialen:**

- 2x multimeter
- Nichroomdraden 0,2mm in verschillende lengtes
- IJzerdraad 0,2mm
- Variabele spanningsbron (12v; 1,5A)
- Voldoende kabels en alligator clips
- Werkblad

#### **Leerdoelen:**

De leerdoelen voor de leerlingen zijn hieronder beschreven met mogelijkheden om deze leerdoelen te checken:

- De leerlingen kunnen door middel van inquiry een practicum uitvoeren  
→ *Directe feedback tijdens de les en/of analyseren van ingeleverde werk*
- Leerlingen kunnen meetgegevens interpreteren en koppelen aan de wet van Ohm  
→ *Klassengesprek, directe feedback tijdens de les en/of analyseren van ingeleverde werk*

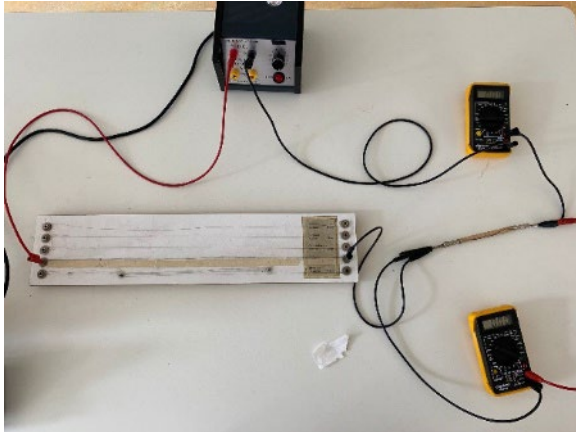
Activiteit	Docent	Leerling	Benodigde tijd
Binnenkomst en planning	Alvast werkbladen materialen klaargezet	Ophalen werkblad en materialen	5min
Uitvoeren practicum	Ondersteunend	Uitvoeren	Gehele les
Differentiatie:		Verdiepende opdracht	



Reflectie op practicum en klassendiscussie		Input klassendiscussie	10min
--	--	------------------------	-------

**Extra toevoeging op inhoud les:**

Tijdens de derde les is er ruim de tijd om het practicum uit te voeren, de vragen te beantwoorden en deze klassikaal te bespreken. Tevens is er de mogelijkheid voor leerlingen die snel klaar of extra uitdaging nodig hebben een verdiepende opdracht naar de originele experimenten van de wet van Ohm te doen aan de hand van secundaire bron die dit proces beschrijven. Deze opdrachten zijn ook gegeven in het werkblad (te vinden in de bijlage "Practicumblad weerstand"). De opstelling die de leerlingen nodig hebben voor het practicum is gegeven in Figuur 15.



Figuur 15: Opstelling practicum

Klassendiscussie

Stel open activerende vragen aansluitend bij de input vanuit de klas. Bespreek verwachtingen en vergelijk deze met uitkomsten. Laat de leerlingen hier mogelijke redenen voor vinden. Afsluiting met: *"A law once confirmed by some phenomena and later found to contradict other phenomena remains 'partially true', that is, true within the original range of applications rather than 'false'."*(Kipnis, 2009, p. 379).

## Bijlage B: Interviewleidraden semigestructureerde leerlinginterviews

Doel van het interview: Inzicht krijgen in wat een leerling verwacht van een natuurkundeles en hoe de interventie met wetenschapsgeschiedenis en practica hier in past.

Deze vragen dienen enkel als leidraad om het gesprek op gang te houden, indien het gesprek een andere richting op gaat is dat ook prima.

Vind je het okay als ik dit interview opneem zodat ik het later rustig kan terugluisteren en transcriberen? Je antwoorden zullen anoniem worden verwerkt in het onderzoek.

**Introductie:** Mijn onderzoek gaat over het gebruiken van een combinatie van wetenschapsgeschiedenis en practica in de natuurkundeles. Dat betekent dat ik voor het komende blok (elektriciteit) de lessen zo wil geven dat we ook kijken hoe de stof die we leren tot stand is gekomen. Door te kijken hoe wetenschappers in het verleden werkten, hoe ze tot hun ontdekkingen en resultaten kwamen. Ik wil hierbij de focus leggen op de combinatie van deze geschiedenis met practica in de les.

Ik wil hier wat vragen over stellen zodat ik een beeld heb van de verwachtingen die jullie als leerlingen kunnen hebben bij deze aanpak. En zodat ik achteraf met jullie kan reflecteren op de lessen en hiervan kan leren

- Als je dit zo hoort, wat is dan je eerste indruk van dit plan?
- Ben je bekend met wetenschapsgeschiedenis, wat is het eerste dat in je opkomt? Zou je kunnen uitleggen wat jouw beeld hiervan is?
- Lijkt het je interessant om beter te weten hoe natuurkunde zoals wij die in de les behandelen tot stand is gekomen?
  - Waarom wel of niet?
- Denk jij dat meer kennis van hoe dingen (bijvoorbeeld wetten en formules) tot stand zijn gekomen in de geschiedenis je zou kunnen helpen met het begrijpen van de stof?
  - Op welke manier denk je dat het je wel, of juist niet zo kunnen helpen?
- Ben je van mening dat wetenschapsgeschiedenis een deel van de lesstof bij natuurkunde zou moeten zijn? Of misschien ook bij andere bètavakken?
- Wellicht denk je nu, geef mij maar een “gewone ouderwetse” natuurkundeles of ben je misschien juist benieuwd enthousiast over deze aanpak.
  - Wat zou voor jou de belangrijkste voorwaarde zijn om deze aanpak een succes te noemen?
    - Dit kan gaan over inhoud, juist heel erg op geschiedenis of maar een beetje
    - Werkdruk of hoeveelheid stof?
- Zijn er nog dingen die we nu niet besproken hebben maar die wel in je op zijn gekomen?

### Terugkoppeling op pre interview

- Hoe vond je de lessenserie? Je mag helemaal eerlijk zijn, ik vind het vooral interessant om erachter te komen hoe ik dingen in de toekomst zou kunnen verbeteren?
- In het eerste interview noemde je een aantal punten die jou belangrijk leken bij deze aanpak. Zullen we die even langsgaan en steeds kijken hoe jij daar nu op terugkijkt?
- Waren er dingen die anders waren dan je had verwacht? Beter of slechter, of anders



- Wat neem je mee van deze lessenserie? Wat heb je geleerd?
- Hoe zou het een volgende keer verbeterd kunnen worden?

#### Bijlage C: Planning lesblok 4

Week	Les	Inhoud	Huiswerk voor deze les
20	1	-	-
	2	Bespreken voorkennis quiz Introductie onderwerp  Positieve en negatieve lading met elektroscop <b>DEMO</b>  Leidse fles <b>DEMO</b>	
	3	Van statisch naar stromend  Conventie stroomrichting  Stroom en spanning  Meten van stroomsterkte en spanning  Zuil van Volta <b>PRACTICUM</b>	1, 2, 3, 4
21	1	(tweede pinksterdag)	
	2	Bespreken hw  Weerstand “voelen” met de Leidse fles (Cavendish)  Vorbereiden practicum wet van Ohm (inquiry)	5,6,7
	3	Inquiry wet van Ohm <b>PRACTICUM</b>  -differentiatie: inquiry interne weerstand spanningsbron	9, 10, 11
22	1	Inquiry wet van Ohm <b>PRACTICUM</b>  -differentiatie: inquiry interne weerstand spanningsbron	12, 13
	2	Serie- en parallelschakeling regels mbv zuil van volta <b>DEMO</b>	14, 15
	3	Gemengde schakelingen	16, 17, 18
23	1	Gemengde schakelingen	19, 20, 21
	2	Gemengde schakelingen	

	<b>3</b>	Elektrische componenten	
<b>24</b>	<b>1</b>	De historie van de LED en het verhaal van de blauwe LED	
	<b>2</b>	Elektrische componenten  Overeenkomst condensator en Leidse fles	
	<b>3</b>	Vermogen, rendement en opwekking (Tesla vs Edison)	
<b>25</b>	<b>1</b>	Vermogen, rendement en opwekking (Tesla vs Edison)	
	<b>2</b>	Vermogen, rendement en opwekking (Tesla vs Edison)	
	<b>3</b>	Huisinstallatie (Tesla vs Edison)	
<b>26</b>	<b>1</b>	Huisinstallatie (Tesla vs Edison)	
	<b>2</b>	Uitloop en zelftoets	
	<b>3</b>	Uitloop en zelftoets	
<b>27</b>		Toetsweek	

## Bijlage D: interviewleidraad natuurkundedocent

Introductie van het onderwerp

Toestemming consent formulier

Wat is je achtergrond?

Wat is je ervaring met het toepassen van HPS in natuurkundelessen?

En met de combinatie HPS en practica?

Wat zijn volgens jou de voor- en nadelen van HPS (en practica) in de natuurkundelessen?

Mogelijk obstakels/belemmeringen?

Wat kun je doen om deze obstakels/belemmering te overkomen?

Wat moet een lessenserie met HPS en practica tenminste bevatten om volgens jou succesvol te zijn?

Heb je nog andere tips of aanbevelingen?

## Bijlage E: Resultaten interview natuurkundedocent

Introductie van het onderwerp

Toestemming consent formulier

Wat is je achtergrond?

Interesse in hoe de wereld werkt van jongs af aan

Technisch opgegroeid

Na mavo graag met mensen en techniek bezig

Combinatie mooi bij natuurkunde

Bachelor windesheim 2<sup>e</sup> graad

Lesgegeven op vmbo jarenlang

Wilde graag meer over natuurkunde weten. 1<sup>e</sup> graads in Utrecht gaan doen met veel plezier. Stage bij UU en gekeken naar zwarte gaten en gravitatiegolven. Veel geleerd. Wel geleerd dat onderzoek niet voor hem is.

Nu les mavo havo vwo. Klas 3 tm 5. Vanaf volgend jaar ook klas 6. Alle niveaus gehad.

Wat is je ervaring met het toepassen van HPS in natuurkundelessen?

Helpt heel erg bij beeldvorming en enthousiasmeren. Kinderen zijn mini wetenschappers terwijl ze nog niks weten. Meenemen in verhaalvorm. Meegezogen. Waar komt het vandaan. Vraagstelling.

Doet het snel. Straling en radioactiviteit. Laatste 150 jaar. Vanaf waar zijn we begonnen.

Sleutelfiguren. Namen, oorlogen. Toepassing. Bij materialen, zoek verband met huidige denkbeelden (avatar).

Puur als enthousiasmeren of ter introductie van een onderwerp. In klassengesprek wel IIn betrekken. Zoeken naar leerlingmisconcepties. Leerlingen hebben allemaal levenservaring. Dat gebruiken.

En met de combinatie HPS en practica?

Nee. Steeds meer moderniseren bij practica. Nieuwe apparatuur. Arduino's etc. Wel gebruik oude apparatuur. Maakt niet sterk de koppeling

Wat zijn volgens jou de voor- en nadelen van HPS (en practica) in de natuurkundeles?

Reproduceren lijkt heel tof om te reproduceren. Michelson morley? Bijna wel projectvorm voor nodig.

Tijdsbesteding tijdens de les. Te weinig tijd en historie kost meer tijd

Je moet je er als docent ook eerst zelf weer in verdiepen

Je moet het nut ervan kunnen overbrengen

Leerlingen zien het nut er niet van in

Je moet collega's binnen sectie ook zien te overtuigen van de meerwaarde

Mogelijk obstakels/belemmeringen?

Wat kun je doen om deze obstakels/belemmering te overkomen?

Openheid en transparantie. Meenemen in het proces. Meerwaarde en wat het oplevert laten merken. Realistisch over hoeveel tijd het gaan kosten.

Wat moet een lessenserie met HPS en practica tenminste bevatten om volgens jou succesvol te zijn?

Goede voorbereiding.

Ondersteuning TOA

Leerlingen goed leren voorbereiden. Meenemen in het proces. Planning en verwachtingen duidelijk maken

Leerlingen de meerwaarde ervan laten inzien en er enthousiast erover te maken.

Specifiek een onderdeel eruit pakken en daarop experimenteren en daarop verder uitbouwen. Lange termijnvisie

Heb je nog andere tips of aanbevelingen?

Zie bovenstaand

Transcriptie

0:1:1.159 --> 0:1:31.559

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)

Nee, ik wil jou wat vragen stellen, nou, allereerst, ik zei dus altijd, ik ga mijn onderzoek, doe ik over de combinatie van wetenschapsgeschiedenis en practica en de reden dat ik me daarin aan het verdiepen ben is Omdat ik denk en veel literatuur denkt dat doordat je ook wat van de historie over wetenschap binnen de les betreft. Dat je dus niet Alleen iets leert over hoe wetenschap in

elkaar zit, Maar dat het ook bij kan dragen aan nou het begrip van de stof zelf.

0:1:32.99 --> 0:1:39.479

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Bijvoorbeeld doordat de misconcepties die leerlingen nu hebben soms best wel heel goed overeenkomen met misconcepties die men in het verleden had.

0:1:41.159 --> 0:2:0.999

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
En door bijvoorbeeld ook practica te doen.  
Enigszins historische repliceerde practica kun je eigenlijk dat proces van ontdekking enigszins nabootsen met daarin diezelfde misconcepties. En ja, verbeteringen daar.

0:2:3.619 --> 0:2:4.809

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja die.

0:2:6.479 --> 0:2:13.919

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Complex Natuurlijk, Omdat om dat goed te doen en er komt heel veel bij kijken, dus ja, Dat is een beetje waar ik in het verdiepen ben.

0:2:15.339 --> 0:2:15.559

Collega natuurkundedocent  
Top.

0:2:17.659 --> 0:2:21.229

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Allereerst wilde ik even weten wat jouw Achtergrond is, dan heb ik.

0:2:23.559 --> 0:2:25.229

Collega natuurkundedocent  
Als vooropleiding Achtergrond.

0:2:26.169 --> 0:2:27.99

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja ja.

0:2:27.19 --> 0:2:28.729

a  
Vanaf hoeverre terug, waar jij dingen weten?

0:2:29.489 --> 0:2:32.969

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Oh, vanaf wanneer het enigszins iets met natuurkunde te maken.

0:2:48.459 --> 0:2:48.859

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Oh ja.

0:2:36.139 --> 0:2:51.289

Collega natuurkundedocent  
Dus eigenlijk had ik vanaf jongs af aan al geïntegreerd ben met hoe de wereld werkt,

dat dat eventjes vooropstellen en dat heeft wel meegeholpen tot mijn keuzes van nu.

0:2:53.159 --> 0:3:14.449

Collega natuurkundedocent  
Ik sowieso ben ik vrij technisch opgegroeid en ik vond dat allemaal superleuk en die route wilde ik ook opgaan naar naar mijn eerste mavo opleiding en daar heb ik ook gedaan en uiteindelijk ben ik. Vanuit daaruit ben ik tot de conclusie gekomen waar ik en technisch bezig wil zijn en heel veel met Mensen bezig wil zijn en het heel leuk vind om andere Mensen te vertellen over mijn passies en over mijn interesses.

0:3:15.649 --> 0:3:22.59

Collega natuurkundedocent  
En dat ik daar eigenlijk ook best nog wel oké en goed in was, dus Ik heb gekeken naar een technische opleiding als technische docentschap.

0:3:22.979 --> 0:3:29.9

Collega natuurkundedocent  
En, dat vond ik niet was, maar natuurkunde vind ik wel super interessants, want dat heeft eigenlijk alle facetten van.

0:3:30.229 --> 0:3:33.529

Collega natuurkundedocent  
Van techniek en wiskunde en de wereld om je heen.

0:3:34.899 --> 0:3:54.439

Collega natuurkundedocent  
En dat vind ik zelf mega interessant, kan ik uren lang over vertellen, maar docentschap zelf ook vind ik ook MEGA interessant vind ik ook echt leuk om te doen, dus Ik heb er ook echt bewust gekozen om docent te worden en dat heb ik binnen zijn gedaan. De bachelor in Zwolle en 4 jaar lang studie over gedaan met een klein beetje uitloop ja vindt dat dat kan daarbij komen, dat wordt erbij.

0:3:55.869 --> 0:3:59.129

Collega natuurkundedocent  
En toen ben ik aan de slag gekomen op een VMBO school.

0:3:59.919 --> 0:4:13.449

Collega natuurkundedocent

En dan heb ik jarenlang gewerkt en dat vond ik super leuk en toen ging het mij toch wel op gegeven moment ook wel weer kriebelen om meer over de natuurkunde te weten, behalve dan een boekje lezen en filmpjes kijken en dan weer hier. En toen heb ik besloten om de eerste gratis studie te gaan doen.

0:4:15.49 --> 0:4:28.409

Collega natuurkundedocent

En daar ben ik toen begonnen in Utrecht met de eerste graads studie was echt super. Het is echt geweldig, is echt superleuk om weer heel veel natuurkunde te leren om weer echt bij apps het lekker helemaal in te mogen dienen In de schoolbankje wel op te gaan zoeken. Ik heb echt met heel veel plezier heb ik weer gestudeerd.

0:4:30.309 --> 0:4:34.899

Collega natuurkundedocent

Veel bloed, zweet en tranen, want Het is wel even, Het is wel pittig, Je moet er echt echt voor insteken.

0:4:36.219 --> 0:4:40.869

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)

Heb jij dan ook je natuurkunde vakken bij nat voor al gedaan of was dat gewoon echt op de Universiteit Utrecht allemaal?

0:4:43.939 --> 0:4:44.949

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)

Oh ja oh ja.

0:4:41.229 --> 0:4:52.809

Collega natuurkundedocent

Nee, Het was op de Hogeschool Utrecht, dus een Hogeschool master is het geweest. Ja, en Ik ben wel, je moest ze ook een onderzoeksstage doen en dat heb ik op de Universiteit bij Utrecht gedaan.

0:4:54.479 --> 0:5:2.229

Collega natuurkundedocent

In de buys ballot gebouw op de zevende verdieping daar zo bij de free radical fish apartments heb ik gekeken naar de.

0:5:5.959 --> 0:5:14.229

Collega natuurkundedocent

Naar de merger van twee zwarte gaten die eigenlijk Samen kwamen en die dan gravitatiegolven naar buiten sturen en die wij dus op aarde kunnen gaan meten. Nou zeg ik geweldig.

0:5:15.439 --> 0:5:19.939

Collega natuurkundedocent

Ja, we zeggen super tof om daar onder onderdeel uit te maken van een onderzoeksteam en.

0:5:21.689 --> 0:5:30.639

Collega natuurkundedocent

Ja echt heel veel leuke dingen ook geleerd is mooie dingen geleerd, ook wel heel tof. Ik ben er wel achter gekomen dat het echt dat onderzoek onderzoek heel leuk is voor nou een keertje, maar niet wat voor mij.

0:5:34.679 --> 0:5:35.9

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)

Ja.

0:5:37.749 --> 0:5:38.79

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)

Of.

0:5:37.269 --> 0:5:49.469

Collega natuurkundedocent

Dat even in een vogelvlucht eigenlijk mijn mijn, mijn vooropleiding en nou en nou geef ik les in mavo havo VWO middelbare school momenteel klas 3 tot en met klas 5.

0:5:51.219 --> 0:5:54.649

Collega natuurkundedocent

Examenklassen ook en dan komend jaar ook klas 6.

0:5:57.109 --> 0:6:0.559

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)

Oké, dus dan heb je echt het totaalpakket alles je hebt alles gezien straks.

0:6:0.859 --> 0:6:5.479

Collega natuurkundedocent

Ik heb alles gezien, Ik heb van vmbo basis gehad tot aan VWO 6.

0:6:8.959 --> 0:6:9.319

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Tof.

0:6:12.159 --> 0:6:12.449

Collega natuurkundedocent  
Ja.

0:6:12.379 --> 0:6:12.819

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Oké.

0:6:13.719 --> 0:6:26.989

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Dat is mooi, dan weet ik goed hoe jouw  
Achtergrond in elkaar steekt. Nou, mijn mijn  
vraag is eigenlijk ja, wetenschapsgeschiedenis,  
is dat iets waar je enige affiniteit mee hebt?  
Of of ja, wat is jouw ervaring daarmee?

0:6:28.729 --> 0:6:45.139

Collega natuurkundedocent  
Nou, het helpt heel erg bij jij beroemd de  
beeldvorming, maar ook kinderen meenemen  
in enthousiasmeren en Het is Natuurlijk wel  
behalve dat je dat de kinderen zijn eigenlijk  
een soort van mini wetenschap mini  
natuurkunde In de dop allemaal, terwijl ze nog  
niks weten.

0:6:45.849 --> 0:7:15.219

Collega natuurkundedocent  
En die Je moet ze leren enthousiasmeren. Ja,  
en dan neem je ze mee in in verhaal vorm. En  
hoe mooi is dat? Kinderen zeggen bij zo'n  
geschiedenis tussens die die die die boeken  
weg en die gaat op tafel zitten en die vertelt  
het verhaal worden meegezogen. Het kan bij  
ons Natuurlijk ook niet zo goed, weet je, waar  
komt het vandaan? Hoe wanneer begonnen ze  
al met kijken naar de naar de sterren en de  
zich af te gaan vragen? Dus ik probeer veel al  
kan mee te nemen. Wanneer begonnen ze  
met ontdekkingen, hoe zijn de Mensen er  
doorheen gekomen en dan komen we vanaf  
Duitsland aan hier.

0:7:16.59 --> 0:7:24.119

Collega natuurkundedocent  
Maar wel vrij snel, dus we staan er niet lang

bij stil, Maar ik. Ik pak wel altijd een stukje  
geschiedenis, pak ik even mee. Dat zijn  
belangrijke punten geweest en geschiedenis.

0:7:22.799 --> 0:7:28.479

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Oké, kun je een voorbeeld noemen van Van  
waar je dat doet, bij wat voor onderwerp, hoe  
je dat dan aanpakt?

0:7:30.389 --> 0:7:56.789

Collega natuurkundedocent  
Als we het hebben over over straling en  
radioactiviteit. Nou, dan neem je Natuurlijk.  
Dat is wel recentelijk dan allemaal recentelijk.  
Dat is de laatste 150 jaar. Is dat een beetje  
geweest en dan neem je gewoon eventjes,  
neem je het een en ander mee van goh vanaf  
waar zei u begonnen welke personen zijn  
belangrijker geweest? We hebben ze straling  
ontdekt. Welke namen komen we dan een  
beetje aan bod en tot aan een beetje de de  
oorlogen dat dat een beetje wat toegepast of  
tot aan nu.

0:7:58.209 --> 0:7:58.569

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Oké.

0:7:58.889 --> 0:8:7.779

Collega natuurkundedocent  
Dat, dat zou zo een voorbeeldje kunnen zijn  
en en de Golf deeltje dualiteit hebben we  
Natuurlijk ook al gehad. Vanaf dat kun je dan  
ook wel heel erg meenemen. Dat is echt  
bovenbouw.

0:8:11.109 --> 0:8:11.469

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Nee.

0:8:9.159 --> 0:8:35.639

Collega natuurkundedocent  
Dan doe je in onderbouw niet, maar  
onderbouw heb je Natuurlijk wel elektriciteit  
die je komt op een gegeven moment ook wel  
licht. Waar is de wereld het opgemaakt, hè?  
Deeltjes vast vloeibaar gas en dan ga je het  
ook hebben over atomen en dan ga je het  
alweer terug naar de Grieken dat ze en daar

pak je op een gegeven moment de arts erbij, want ik ken Oh avatars ken ik met water, licht en vuur weet je, Maar dat zal wel een beetje waar ze dan vroeger ook over na zitten denken en Dat is typisch een voorbeeldje waar ja, jij noemt hem van, dan hebben ze de affiniteit daarvan en Dit is wel een modern.

0:8:36.899 --> 0:8:39.899

Collega natuurkundedocent  
Misconceptie, maar ze kennen het dan wel.

0:8:44.179 --> 0:8:45.859

Collega natuurkundedocent  
Dat zou een onderbouw voorbeeldje kunnen zijn.

0:8:47.119 --> 0:8:48.679

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja grappig.

0:8:50.299 --> 0:8:53.709

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
En jij vertelt ze dus dan over die over die.

0:8:54.919 --> 0:9:4.319

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Zeg maar hoe dat dan is ontstaan en wie daar wie daar bij komt kijken en op welke manier betrekken jullie leerlingen daar dan ook bij?  
Laat je ze dan ook ergens specifiek over nadenken of iets?

0:9:6.409 --> 0:9:7.149

Collega natuurkundedocent  
Nee, Het is.

0:9:6.609 --> 0:9:8.359

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Of is het echt puur enthousiasmeren?

0:9:8.719 --> 0:9:15.339

Collega natuurkundedocent  
Ja, Het is anders jas meer hier zit introductie van een onderwerp of tijdens een onderwerp dat je terug gaat naar de geschiedenis of.

0:9:18.99 --> 0:9:22.189

Collega natuurkundedocent  
Nee, Dat is een beetje hoe ik dat bij een bak en pak.

0:9:23.209 --> 0:9:27.529

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
OK, en Als je dan zeg, maar kijkt naar.

0:9:28.969 --> 0:9:39.899

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Hoe wetenschap in elkaar zit, komt dan ook wel eens iets naar voren te waarvan je denkt, oké, ik vertel dit nu, Omdat dit waarschijnlijk anders in elkaar zit dan de leerlingen Misschien verwachten.

0:9:45.849 --> 0:9:46.739

Collega natuurkundedocent  
Dat is toch ja?

0:9:47.989 --> 0:9:48.669

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Als je in.

0:9:47.979 --> 0:9:51.879

Collega natuurkundedocent  
Misconceptie Misconceptie kom je pas tegen op het moment dat je erover gaat kletsen met elkaar.

0:9:51.919 --> 0:9:52.919

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja ja.

0:9:52.819 --> 0:10:2.209

Collega natuurkundedocent  
Dus ja, ik probeer altijd wel een open leergesprek te houden. Het is niet zo zenden en ga en ik vertel een mooi verhaal en zij zij hangen aan mijn lippen. Daar klinkt Natuurlijk wel heel idealistisch.

0:10:3.309 --> 0:10:20.299

Collega natuurkundedocent  
Maar je spreekt ergens over en je stelt je vragen en leerlingen reageren. Je bedreigt de klassengesprek met elkaar aan en dan komen de dingen wel naar voren toe. En ik probeer altijd mega ja open minded te zijn dat ze mogen alles zeggen en doen wat Het is. Dus ook alle mist concepten gooi alles maar uit.

0:10:21.19 --> 0:10:21.339

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja.



0:10:20.979 --> 0:10:22.149

Collega natuurkundedocent  
En dan stellen we dat bij.

0:10:25.319 --> 0:10:25.609

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja.

0:10:25.899 --> 0:10:36.649

Collega natuurkundedocent  
Want Dat is wel een belangrijke, want ze  
mogen ze moeten wel vrij kunnen zeggen hoe  
hun hoe, hoe zij erover denken, want Als je  
dat gaat en Dat is niet goed, want moet zo  
zijn. Ja, dat dat klopt Natuurlijk niet.

0:10:37.509 --> 0:10:38.589

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja ja ja.

0:10:39.9 --> 0:10:46.109

Collega natuurkundedocent  
Ja en ze hebben allemaal ervaring, ze zijn  
allemaal 14, 15 jaar oud, dus ze hebben me  
allemaal zoveel 14 15 jaar hebben de  
levenservaring.

0:10:47.279 --> 0:10:52.79

Collega natuurkundedocent  
Dus we weten allemaal Als ik een raam  
openzet, dan gaat de kou naar binnen toe. Ja.

0:10:51.939 --> 0:10:55.729

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja en dat gebruik jij dan in jouw jaar.

0:10:54.39 --> 0:11:0.499

Collega natuurkundedocent  
Ja dat, Dat is wel iets dat ja aansluiten bij  
beleving leefwereld is een belangrijke ja zeker.

0:11:1.229 --> 0:11:1.489

Collega natuurkundedocent  
Ja.

0:11:0.799 --> 0:11:1.649

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja oké.

0:11:3.699 --> 0:11:19.689

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
En, nou ja, Ik wil dus gaan kijken naar die

combinatie van die wetenschapsgeschiedenis  
met practica en. Er zijn Natuurlijk practica  
practicum. Op zichzelf is al een complex  
activiteit, Maar het komt wel heel erg dichtbij.

0:11:20.409 --> 0:11:29.589

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Wetenschapsgeschiedenis zelf en activiteiten  
uit de uit de geschiedenis zelf, is dat iets waar  
je bij een practicum ooit mee bezig bent of  
over nadenkt.

0:11:28.889 --> 0:11:30.609

Collega natuurkundedocent  
Ja nee.

0:11:32.639 --> 0:11:32.919

Collega natuurkundedocent  
Nee.

0:11:37.149 --> 0:11:43.69

Collega natuurkundedocent  
Het is wel zo dat we steeds meer gaan  
moderniseren, dus practica zijn wel heel erg.

0:11:44.619 --> 0:12:4.559

Collega natuurkundedocent  
Oud en klassiek, maar zo te zeggen, en dat  
bedoel ik dan zin in In de laatste 40 jaar 50  
jaar denk ik weinig veranderd in elektriciteit  
practica behalve de apparatuur en dat je  
Natuurlijk op een gegeven moment overgaat  
naar naar modern apparatuur met de Arduino  
s en met systeem worden en dat stukje daar  
wel dus hetgeen wat we wel pakken is wel  
echt wel.

0:12:6.249 --> 0:12:6.819

Collega natuurkundedocent  
Ouder.

0:12:8.29 --> 0:12:8.379

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja.

0:12:8.219 --> 0:12:10.139

Collega natuurkundedocent  
En soms pak je dat er bewust bij.

0:12:10.979 --> 0:12:13.359

Collega natuurkundedocent  
Omdat je daar wat meer zichtbaar kan maken.

0:12:14.309 --> 0:12:16.999

Collega natuurkundedocent  
Hoe het werkt ook op klein niveau.

0:12:18.19 --> 0:12:18.379

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja.

0:12:17.939 --> 0:12:21.399

Collega natuurkundedocent  
Daarom was als voorbeeld je gebruikt, maar ja, Dat is niet echt geschiedenis 80.

0:12:26.759 --> 0:12:26.999

Collega natuurkundedocent  
Ja.

0:12:22.349 --> 0:12:28.849

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Nee, nee, Dat is dan meer meer, gewoon door wat je voor handen hebt, maar niet per se dat je actief de geschiedenis erbij betreft.

0:12:29.879 --> 0:12:30.189

Collega natuurkundedocent  
Nee.

0:12:31.39 --> 0:12:44.179

Collega natuurkundedocent  
Nee, het kan zijn dat we een practicum introductie wel gaat hebben over We hebben gaan hebben over fonds en waar komt dat nou vandaan? Het komt van meneer volt aan, wie is dit nou geweest, wat heeft hij nou gedaan? Dus heeft mijn klein.

0:12:45.29 --> 0:12:48.589

Collega natuurkundedocent  
Nou ja, Dat is een klein stukje geschiedenis wat ze zelf moeten doorlezen.

0:12:49.479 --> 0:12:50.749

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja ja.

0:12:51.639 --> 0:12:56.579

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Maar je pakt er niet een elektro scope bij met twee blaadjes bladgoud en de.

0:12:57.19 --> 0:12:59.459

Collega natuurkundedocent  
Nee, ja, Dat is wel tof, dat zou mooi zijn. Nee.

0:13:0.709 --> 0:13:13.319

Collega natuurkundedocent  
Ja nee goed, die dingen hebben wel staan en Dat is Natuurlijk In de bovenbouw staat wel zo hè dat je nou kun je daar ook meer over zeggen over over elektro, magnetisme, niveau van de elektrische krachten zo.

0:13:14.209 --> 0:13:14.559

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja.

0:13:14.969 --> 0:13:16.949

Collega natuurkundedocent  
Dus dat soort dingetjes hebben wel, maar niet met bladgoud.

0:13:18.689 --> 0:13:19.939

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
We gaan ook met aluminiumfolie.

0:13:20.129 --> 0:13:26.499

Collega natuurkundedocent  
Zeker? Ja ja, en de onderbouw zou je dan meer zeggen hè? Ik pak een PVC buis en ik pak papier snippers en.

0:13:27.899 --> 0:13:28.129

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja.

0:13:27.749 --> 0:13:35.159

Collega natuurkundedocent  
Ja, Dat is meer voor meer voor de leefwereld en de TYPE kinderen dan dat je echt dat dat waar jij op op doelt.

0:13:35.519 --> 0:13:36.579

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja ja.

0:13:37.479 --> 0:13:47.9

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
En, Als je dit zo Als je zeg, maar nu nu dus er dan zo voor het eerst deze nu over nadentk. Zijn er dan dingen waarvan je gelijk denkt, oh, dit zijn voor en nadelen van Van deze van.

0:13:50.549 --> 0:14:0.229

Collega natuurkundedocent

Ja, je zit heel erg met als jij dingen wil gaan reproducen van vroeger. Ik zit even in mijn hoofd, gaat ook wel lekker tekeer. Ik zou michelson morley experiment zou ik heel graag willen doen hierzo.

0:14:1.59 --> 0:14:13.869

Collega natuurkundedocent

Ja, Dat is echt wel iets, weet je, daar kun je helemaal in gaan duiken. Hoe was dat toen en hoe gaan we vanaf hier niet verder is ook wel recentelijk, maar is vooral ook weer oud. Waarom is dat het beroemde, mislukte experiment en? Doe dat dus na. En welke conclusies trek je? En Dat is Natuurlijk wel super tof.

0:14:14.629 --> 0:14:15.9

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja.

0:14:14.529 --> 0:14:16.199

Collega natuurkundedocent

Maar dat is voornamelijk gericht, de bovenbouw.

0:14:17.729 --> 0:14:23.779

Collega natuurkundedocent

En hoe je dit in onderbouw implementeren?  
Ja, dat, Dat is lastig. Dan zou je daar bijna een project vorm van kunnen maken.

0:14:25.79 --> 0:14:25.469

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja.

0:14:26.49 --> 0:14:30.129

Collega natuurkundedocent

Ja want practica zijn vrij over het algemeen vrij snel gericht op.

0:14:32.729 --> 0:14:35.659

Collega natuurkundedocent

Het begrijpen van de lesstof, het toepassen van de lesstof ergens in.

0:14:36.639 --> 0:14:37.69

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja.

0:14:36.549 --> 0:14:38.799

Collega natuurkundedocent

Zonder stukje, Zonder een stukje geschiedenis.

0:14:42.559 --> 0:14:42.949

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja.

0:14:42.419 --> 0:14:43.719

Collega natuurkundedocent

Tot zover hier ja.

0:14:44.469 --> 0:14:48.719

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja, wat zou je dan als als obstakel zien bij deze toepassing?

0:14:51.779 --> 0:14:53.369

Collega natuurkundedocent

Tijdsbesteding tijdens de les.

0:14:55.609 --> 0:14:56.399

Collega natuurkundedocent

Dat dat kost.

0:14:55.729 --> 0:14:57.269

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Teveel tijd nodig voor nodig.

0:14:57.909 --> 0:15:18.359

Collega natuurkundedocent

Ja, dat gaat de practica moet je Natuurlijk al wel best wel behapbaar en klein zien te maken dat het binnen de lessen zou kunnen, want ze komen binnen. Je hebt je al je randvoorwaarden, hè? Je moet de spullen pakken. Ze moeten dan door de practica heen en vervolgens ook nog opruimen en tassen pakken en weer verder. Dus dat dat zou sowieso een belemmering voor voor wat dan ook ook voor gewone lessen.

0:15:19.529 --> 0:15:19.799

Collega natuurkundedocent

En.

0:15:21.59 --> 0:15:30.269

Collega natuurkundedocent

Ja en je zal als docent dezelfde weer in moeten duiken wij wel geschiedenis hoort hier Natuurlijk bij dat. Maar ja, Dat is bij

lesvoorbereidingen en dat sfeer docenten afhankelijk.

0:15:31.259 --> 0:15:35.509

Collega natuurkundedocent

En dan zou de ene docent wat sneller makkelijker kunnen, gok ik dan dat de andere docent dat kan?

0:15:36.379 --> 0:15:37.779

Collega natuurkundedocent

Ze moeten daar nut van zien zien.

0:15:38.549 --> 0:15:41.659

Collega natuurkundedocent

Dat is Natuurlijk mijn docent, ook wel een een belangrijk puntje.

0:15:43.369 --> 0:15:48.369

Collega natuurkundedocent

Maas moeten er nu toch kunnen overbrengen naar de leerlingen? Ja, wat hebben wij daaraan dat we hier ook geschiedenis bij je gaan gooien?

0:15:49.779 --> 0:15:54.279

Collega natuurkundedocent

Dat dat zit denk ik wel dat dat zie. Ik denk ik wel. De grootste praktische belemmeringen.

0:15:55.9 --> 0:15:55.349

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)

Ja.

0:16:4.869 --> 0:16:5.279

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)

Ja.

0:15:57.49 --> 0:16:8.139

Collega natuurkundedocent

Dat docenten netten niet meer inziet dat docenten de tijd niet voor neemt of niet kan of wat dan ook en de docent. Of dat de leerlingen er netten niet van in zien doordat de docent daar dat niet zo kan overbrengen dat ze daar het nut van Energy.

0:16:10.159 --> 0:16:10.489

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)

Ja.

0:16:13.789 --> 0:16:16.949

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)

Oké, dat zijn wel goeie goeie tips. Goeie.

0:16:17.709 --> 0:16:18.789

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)

Ja aandachtspunten.

0:16:19.109 --> 0:16:19.449

Collega natuurkundedocent

Ja.

0:16:20.869 --> 0:16:30.19

Collega natuurkundedocent

Want Als je daar een plan voor aanpak op moet schrijven en jij bent super enthousiast over jou, hoor. Dat helpt Natuurlijk wel, maar jij zal ook al jouw andere docenten moeten kunnen overtuigen van.

0:16:30.739 --> 0:16:35.439

Collega natuurkundedocent

Waarom zou je dit ook zouden moeten kunnen en wat het nut hiervan is en wat meerwaarde, dit kan nog leveren.

0:16:40.889 --> 0:16:43.39

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)

Als je Samen moet werken met de sectie, bedoel je?

0:16:43.459 --> 0:16:43.779

Collega natuurkundedocent

Ja.

0:16:44.409 --> 0:16:44.759

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)

Ja.

0:16:45.289 --> 0:16:45.569

Collega natuurkundedocent

Ja.

0:16:49.679 --> 0:16:53.29

Collega natuurkundedocent

Het is leuk Als je met een rapport gaat komen. Uit onderzoek blijkt dat.

0:16:54.29 --> 0:16:54.409

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)

Ja.

0:16:54.639 --> 0:16:56.659  
Collega natuurkundedocent  
Ja, dan zeggen ze nou leuk, ga je dit doen?

0:16:58.679 --> 0:16:59.9  
Collega natuurkundedocent  
Ja.

0:16:59.299 --> 0:17:1.849  
Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja, dus Je moet het een of andere manier makkelijk maken.

0:16:59.719 --> 0:17:3.89  
Collega natuurkundedocent  
Ja, Dat is wel het ja je, je werkt met Mensen en.

0:17:4.929 --> 0:17:8.619  
Collega natuurkundedocent  
Ja dan zul je merken dat ze dat dat de Mensen de meeste belemmerende factor is.

0:17:10.609 --> 0:17:11.599  
Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja ja.

0:17:13.579 --> 0:17:18.409  
Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
En, wat zou jij zeggen? Wat zou de, wat zou de laaghangend fruit zijn om dit om dit te voorkomen? Wat zou jij?

0:17:25.549 --> 0:17:30.709  
Collega natuurkundedocent  
Sowieso openheid transparantie, dat helpt altijd, neem je neemt.

0:17:30.779 --> 0:17:39.29  
Collega natuurkundedocent  
Je collega's mee in je Mensen om je heen mee in je proces Laten ze zien wat de meerwaarde ervan is en ook wat het hun gaat opleveren.

0:17:40.409 --> 0:17:51.369  
Collega natuurkundedocent  
Dat geldt voor de leerlingen sowieso ook altijd, dus daar ook zo, maar ook even Laten ze ook zien van hé, hoeveel werk gaat het je kosten en hoe ga je dit aanvliegen? Zonder dus? Dus neem gewoon je je collega's mee hoi.

0:17:54.379 --> 0:17:54.719  
Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Oké.

0:17:58.9 --> 0:18:11.429  
Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
En ja Misschien een beetje op. Aansluitend had ik als vraag ja, wat zou een lessen serie die dit wil combineren tenminste moeten bevatten om om het een succes te kunnen noemen? Wat zou jij als als kern voorwaarde?

0:18:12.519 --> 0:18:13.739  
Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Daarvoor opstellen?

0:18:14.199 --> 0:18:18.139  
Collega natuurkundedocent  
En de bedoel je met name door de geschiedenis in practica, toch dat component?

0:18:18.249 --> 0:18:20.109  
Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja dat component ja inderdaad.

0:18:18.919 --> 0:18:20.159  
Collega natuurkundedocent  
Ja ja.

0:18:21.469 --> 0:18:26.159  
Collega natuurkundedocent  
Een goede voorbereiding eventueel de hulp en ondersteuning van een van een toa.

0:18:28.279 --> 0:18:32.589  
Collega natuurkundedocent  
Met goede voorbereiding doe ik ook eens dat je leerlingen goed leert voorbereiden.

0:18:34.219 --> 0:18:45.419  
Collega natuurkundedocent  
Dus zij hun meenemen in het proces wij, wat gaan we de komende tijd doen? Hoe gaan we de komende tijd aanpakken? Wat kun je verwachten, wat komen we tegen? En dat zou je heel erg, heel erg helpen.

0:18:46.149 --> 0:18:46.469  
Collega natuurkundedocent  
En.

0:18:48.689 --> 0:18:50.139

Collega natuurkundedocent  
Ja, ik vind het altijd leuk om.

0:18:51.39 --> 0:19:15.579

Collega natuurkundedocent  
Behalve de leerlingen extra leren dat ze zelf ook de meerwaarde van zien worden geënthousiasmeerd door het feit dat het Unison Science geschiedenis, maar Waarom is de geschiedenis ook leuk? Waarom wat is leuk aan de geschiedenis en hoe kunnen we dat gaan aanpakken in In de onderbouw door meer spelvorm machtig te kunnen aanpakken? Ik noem maar iets, Maar dat zal wel heel gericht een kant op gooien.

0:19:20.499 --> 0:19:20.979

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja.

0:19:17.939 --> 0:19:23.849

Collega natuurkundedocent  
Maar dat zou dat zou kunnen helpen, weet je en en en en ergens een onderdeel dan gaan uitpakken.

0:19:25.79 --> 0:19:31.969

Collega natuurkundedocent  
Ja op gaan, experimenteren en dan breder pakken van hé, en dit werkt goed. Hoe gaan we ons volgende onderdeel goed doen? Hoe gaan we ons volgende onderdeel doen?

0:19:33.199 --> 0:19:38.489

Collega natuurkundedocent  
En niet naar een keer zeggen, nou, het werkt, dus Het gaat dus super of het werkt niet, dus we gooien het weg. Dat is zonde, Dat is.

0:19:39.869 --> 0:19:40.89

Collega natuurkundedocent  
Op.

0:19:41.109 --> 0:19:42.889

Collega natuurkundedocent  
Moeten we kijken, wat is de langetermijnvisie?

0:19:46.49 --> 0:19:46.299

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja.

0:19:49.579 --> 0:19:49.869

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Top.

0:19:55.69 --> 0:20:5.219

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja, dat waren mijn vragen, een beetje veel input van je heb gekregen, weet niet of je nog andere dingen hebt die je in je op zijn gekomen gedurende dit interview waarvan je denkt, oh, dat moet ik hem nog eventjes zeggen.

0:20:5.679 --> 0:20:16.749

Collega natuurkundedocent  
Ja nou, ik vind het leuk hoe jouw vragen mij tot nadenken zetten als zijnde van wat ik zelf ga nadenken ja, doe ik dit wel. In mijn lessen heeft het meer waarde in mijn lessen en hoe kan ik dit gaan doen in mijn lessen?

0:20:18.39 --> 0:20:18.439

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja.

0:20:18.699 --> 0:20:24.679

Collega natuurkundedocent  
Dat vind ik, dat vind ik wel een leuke, dus onlines hij maar eigenlijk Alleen maar aan informatie vragen ga ik zelf nadenken over.

0:20:26.549 --> 0:20:36.859

Collega natuurkundedocent  
Als jij zegt dat dat hier onderzoek uit blijkt dat het leuker is, ja, weet ik niet. Heb jij een recentelijk onderzoek die mij kan stuur? Je zegt Van hé hieruit blijkt huppakee dat je dit moet gaan doen, want.

0:20:37.899 --> 0:20:39.289

Collega natuurkundedocent  
Dan ben ik daar wel benieuwd naar?

0:20:41.129 --> 0:20:44.179

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Hele rits was net iemand hier buiten de schuurmachine.

0:20:44.649 --> 0:20:44.989

Collega natuurkundedocent  
Oh.

0:20:46.699 --> 0:20:48.79

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
We gaan dicht doen, hoor, moment?

0:20:48.279 --> 0:20:48.609

Collega natuurkundedocent  
Ja.

0:20:56.659 --> 0:20:57.259

Collega natuurkundedocent  
Ja trof.

0:21:5.609 --> 0:21:5.979

Collega natuurkundedocent  
Ja.

0:20:58.249 --> 0:21:6.919

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Nee ik, Ik heb. Ik heb wel een hele rits  
onderzoek. Ik zal even kijken wat We kunnen.  
Het meest comprehensive is dat je waar je iets  
uit kan halen.

0:21:7.909 --> 0:21:10.629

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ik kan ik steeds meer even naar je sturen als  
PDF je.

0:21:11.49 --> 0:21:12.729

Collega natuurkundedocent  
Ja, want Het is dan echt.

0:21:11.989 --> 0:21:13.839

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Hij zegt heel veel onderzoek naar gedaan,  
hoor.

0:21:13.919 --> 0:21:16.69

Collega natuurkundedocent  
Ja, want Het is dan echt een idee dat je dus.

0:21:17.659 --> 0:21:20.459

Collega natuurkundedocent  
Experimenten gaat herhalen van 100 jaar  
geleden of zo.

0:21:25.899 --> 0:21:26.189

Collega natuurkundedocent  
Ja.

0:21:21.229 --> 0:21:30.549

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja, Dat is een zeg, maar je hebt. Je hebt  
verschillende scholen binnen het onderwerp,  
je hebt de Mensen die zeggen, Je moet het  
precies zo doen zoals het vroeger deden met  
precies dezelfde materialen, anders kan het  
niet.

0:21:31.89 --> 0:21:31.779

Collega natuurkundedocent  
Oké ja.

0:21:33.329 --> 0:21:33.659

Collega natuurkundedocent  
Ja.

0:21:38.259 --> 0:21:38.539

Collega natuurkundedocent  
Ja.

0:21:44.819 --> 0:21:45.109

Collega natuurkundedocent  
Ja.

0:21:52.849 --> 0:21:53.199

Collega natuurkundedocent  
Ja.

0:21:31.249 --> 0:22:2.439

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Zeg maar die die heb je en je hebt Mensen die  
zeggen, oké, we kijken gewoon hoe het proces  
er een beetje uitzag toen wat waar, waar ging  
ze een beetje missen en we proberen die  
essentie van die misconcepties die proberen  
we te reproduceren In de klas en Ik wil een  
beetje daar tussenin gaan zitten. Ja, Ik kan  
niet. Ik heb niet de middelen en nog de tijd  
om helemaal die dingen helemaal na te gaan  
bootsen. Ik ben nu vooral aan het kijken naar  
hoe ik de de wet van ome, moet ik daar wat  
dieper in zicht over kan creëren bij leerlingen?

0:22:2.869 --> 0:22:3.209

Collega natuurkundedocent  
Ja.

0:22:3.159 --> 0:22:7.549

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)

Wat zeg Maar ik vind het gewoon als een als een ja, als een gereedschap, Natuurlijk.

0:22:8.49 --> 0:22:8.309

Collega natuurkundedocent  
Ja.

0:22:8.599 --> 0:22:12.679

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Maar ik zit in je stuk ingewikkelder in elkaar dan je dan je zou verwachten.

0:22:14.369 --> 0:22:14.669

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
En.

0:22:14.569 --> 0:22:22.849

Collega natuurkundedocent  
Want We hebben mythbusters bijvoorbeeld ook niet met die wet van Archimedes en niet dat dingen nagebootst, is dat dan ook een beetje dit stukje of niet?

0:22:24.279 --> 0:22:27.189

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja, dat zou ik, dat zou goed kunnen. Ja, ja ja ja.

0:22:27.969 --> 0:22:28.239

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja.

0:22:29.189 --> 0:22:29.579

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
En.

0:22:31.59 --> 0:22:35.929

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Nou ja, bij bij de wet van ohm wat je eerst bar loopt, bijvoorbeeld je had vergelijkbare wet.

0:22:36.969 --> 0:22:44.529

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Maar die hielp bijvoorbeeld in zijn die ging meten, maar die hield geen rekening met de weerstand van de rest van zijn systeem.

0:22:45.459 --> 0:22:45.769

Collega natuurkundedocent  
Ja.

0:22:47.619 --> 0:22:47.919

Collega natuurkundedocent  
Ja.

0:22:45.409 --> 0:22:49.719

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Dus ja, dan krijg je een gek verband, dan krijg je niet, dan krijg je niet de wet van ohm zoals we die nu kennen.

0:22:50.189 --> 0:22:51.559

Collega natuurkundedocent  
Nee, nee, dat klopt.

0:22:54.379 --> 0:22:54.659

Collega natuurkundedocent  
Nee.

0:22:55.859 --> 0:22:56.109

Collega natuurkundedocent  
Ja.

0:22:50.859 --> 0:22:56.709

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
En en de wet van oom is eigenlijk geen wet, maar een vuistregel voor een paar situaties.

0:22:57.629 --> 0:22:58.299

Collega natuurkundedocent  
Ja, dat klopt.

0:22:57.589 --> 0:23:6.449

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Dus mijn idee is nu om bijvoorbeeld zowel zeg maar zelf die wet van ohm te Laten opstellen wat je vaker doet, Natuurlijk gewoon door meting te doen van de stroomsterkte en de spanning.

0:23:7.199 --> 0:23:9.959

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Maar Als je dan een niet ohmse weerstand geven.

0:23:17.859 --> 0:23:18.59

Collega natuurkundedocent  
Ja.

0:23:10.809 --> 0:23:20.599

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
En ze Laten Laten kijken wat ze doen met de afwijkende meetgegevens verwachten de wet van ome te vinden, maar ze vinden iets anders. Wat gaan ze daarmee doen en wat zegt dat over hoe ze over wetenschap nadenken?



0:23:21.479 --> 0:23:21.809

Collega natuurkundedocent  
Ja.

0:23:22.679 --> 0:23:28.39

Collega natuurkundedocent  
Dat klopt, maar in hoeverre is dat stukje geschiedenis met je pakt Natuurlijk een klein stukje van de geschiedenis van toen.

0:23:29.169 --> 0:23:32.849

Collega natuurkundedocent  
En, Dit is Natuurlijk gewoon nadenken over meetfouten en systeem meetfouten.

0:23:43.69 --> 0:23:43.469

Collega natuurkundedocent  
Oké.

0:23:35.529 --> 0:23:45.839

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Maar wat je dan doet, wat je of je het dan nog een wet noemt en wat dat betekent voor wat je hoe je nadenkt over wetten en formules dat Dat is dan wel weer een koppeling met geschiedenis.

0:23:46.369 --> 0:23:53.709

Collega natuurkundedocent  
Dus dan zit het voornamelijk in het stukje na de afsluiting van het praktica, hoe ga je dat nog weer terugvertalen naar waar je mee begon?

0:23:56.259 --> 0:23:56.569

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja.

0:23:56.979 --> 0:23:58.559

Collega natuurkundedocent  
OK ja Helder.

0:24:10.939 --> 0:24:12.249

Collega natuurkundedocent  
Ja ja.

0:24:2.719 --> 0:24:13.339

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja ik sorry nog een een artikel. En ja, verder bedankt voor jouw input en je tijd en je loon van het komende jaar.

0:24:24.659 --> 0:24:25.299

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja.

0:24:18.549 --> 0:24:26.369

Collega natuurkundedocent  
Dus Als ik de organisatie heel veel geld nog moet betalen, dan weet je dat het ook voor jou rekening wordt geplukt, hè? Dat is wel. Dat heb je niet over nagedacht dit.

0:24:30.669 --> 0:24:31.469

Collega natuurkundedocent  
Dat is ook wel zo.

0:24:30.489 --> 0:24:32.679

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Nee bedankt en groetjes aan Iedereen daar.

0:24:33.249 --> 0:24:33.979

Collega natuurkundedocent  
Ja, doe ik.

0:24:35.669 --> 0:24:35.959

Collega natuurkundedocent  
Ja.

0:24:33.829 --> 0:24:37.19

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Een mooie en een henk Jan en dan Sander en dan.

0:24:38.189 --> 0:24:38.609

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
En Iedereen.

0:24:37.349 --> 0:24:48.819

Collega natuurkundedocent  
Ja en Ik ben ook wel heel benieuwd. Zal ik doen als jij jouw jouw artikeltje klaar hebt of jouw artikeltje zo om mij even dat ding onderuit trappen of jij die missie?

0:24:52.219 --> 0:24:52.899

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja, Natuurlijk.

0:24:56.759 --> 0:24:57.169

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja.

0:24:48.889 --> 0:24:58.349

Collega natuurkundedocent

Die met mij wil delen of zo allemaal. Ik ben wel benieuwd wat daar uitkomt en hoe dat eruit komt en wat voor. Ja, want jij gaat hier waarschijnlijk een interventie op los schrijven en die ga je uitvoeren en dat ga je meten. En ja.

0:24:59.59 --> 0:24:59.389  
Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja.

0:24:59.919 --> 0:25:0.989  
Collega natuurkundedocent  
Nou, Ik ben heel benieuwd leuk?

0:25:0.649 --> 0:25:1.9  
Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja.

0:25:1.739 --> 0:25:2.599  
Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja, Ik ben ook benieuwd.

0:25:3.139 --> 0:25:3.439  
Collega natuurkundedocent  
Ja.

0:25:5.399 --> 0:25:6.259  
Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Nou dankjewel.

0:25:4.209 --> 0:25:8.929  
Collega natuurkundedocent  
Tof wij hoe groot is jouw onderzoeksgroep waar je dat gaat doen, weet je dat al?

0:25:9.309 --> 0:25:11.999  
Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ik heb twee VWO 4 klassen waar ik dat bij uit ga voeren.

0:25:13.929 --> 0:25:14.339  
Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja.

0:25:12.399 --> 0:25:16.679  
Collega natuurkundedocent  
Ook bij allebei, dus je gaat geen nul meting doen, de ene houden en die ander als referentie.

0:25:22.959 --> 0:25:23.419  
Collega natuurkundedocent  
Oké.

0:25:16.739 --> 0:25:24.109  
Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Nee, Dat is al de de de het niveau van de twee groepen ligt alsof er uit elkaar dat dat niet meer. Dat zegt helemaal niks Als ik dat doe.

0:25:25.559 --> 0:25:28.269  
Collega natuurkundedocent  
Weet je al wat je gaat of hoe je dat gaat meten dan of niet?

0:25:28.599 --> 0:25:31.909  
Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Nou, ik gaat Het gaat puur kwalitatief meten, niet van die relatief.

0:25:32.469 --> 0:25:32.759  
Collega natuurkundedocent  
Ja.

0:25:33.329 --> 0:25:36.989  
Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Dus dacht ook, is de kleine om daar iets om naar iets significant uit te krijgen?

0:25:37.159 --> 0:25:37.499  
Collega natuurkundedocent  
Ja.

0:25:37.979 --> 0:25:39.649  
Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Dus daar ga ik me niet eens aan branden.

0:25:41.839 --> 0:25:47.349  
Collega natuurkundedocent  
Oh, Ik vind dit soort onderzoekjes van dat allemaal. Ik vind het wel vet interessant wel bezig te zijn met je onderwijs en vernieuwing bezig te zijn, maar.

0:25:53.199 --> 0:25:53.689  
Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja.

0:25:56.359 --> 0:25:57.149  
Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja ja.

0:25:48.149 --> 0:26:4.839

Collega natuurkundedocent

Zo lastig om daar juist dingen over te meten en daar uitspraken over te doen. Doe mij maar gewoon even een diehard natuurkunde onderzoek maar echt gegevens zien meten. Want dat ging uiteindelijk rekenen met die met die data die ze van de ligo enzo en van Amerika Mitty met die.

0:26:6.479 --> 0:26:11.359

Collega natuurkundedocent

Met de lengte krimpen zalm met die door die zwaartekrachtgolven. Ja, dan krijg je een kwijt aan de data uit.

0:26:14.29 --> 0:26:14.809

Collega natuurkundedocent

Ja, we zeggen tof.

0:26:14.459 --> 0:26:17.159

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)

Ja dat, Dat is echt onmogelijk met die sociale studies.

0:26:17.529 --> 0:26:20.699

Collega natuurkundedocent

Ja, Dat is echt zo ja goed, Maar het hoort erbij.

0:26:21.999 --> 0:26:23.419

Collega natuurkundedocent

Ja nou top.

0:26:26.829 --> 0:26:28.769

Collega natuurkundedocent

Daarom en op gegeven moment is het ook afronden.

0:26:29.709 --> 0:26:30.79

Collega natuurkundedocent

Nee.

0:26:21.159 --> 0:26:30.499

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)

Ja inderdaad, ja, ik moet het ook niet te groot maken. Het is 10 studiepunten, dus Ik kan er ook geen hele Masters thesis van maken. Ja, Je moet ook gewoon.

0:26:46.159 --> 0:26:46.629

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)

Ja.

0:26:31.429 --> 0:26:53.339

Collega natuurkundedocent

Als je bij mij ook keek. Vorig jaar deed ik die ja. Vorig jaar deed ik dat stukje. Daar zat ik daar twee onderzoeken door elkaar heen lopen eentje vanuit de didactiek en dan zie je ook dat mijn begin stukje tot aan mijn methode echt helemaal perfect geschreven was en mijn theoretische kader ook daar echt kneiter van tijd ingestoken. En dan zag je dat het einde mijn conclusie resultaten dat ik daar ook minder punten op kreeg. Ik denk Maar het totale pakket, het pakket je zoveel punten joop weg.

0:26:54.129 --> 0:26:57.859

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)

Ja, Ik heb precies hetzelfde, Ik heb nu echt veel te veel tijd. Ik vind het veel te interessant.

0:26:58.509 --> 0:26:58.979

Collega natuurkundedocent

Zo.

0:26:58.919 --> 0:27:3.149

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)

En nu wil Ik heb ik nog een paar weken om iets te ontwerpen, zeg, maar nu moet ik gewoon als een gek dat gaan doen.

0:27:18.929 --> 0:27:19.229

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)

Nou ja.

0:27:3.289 --> 0:27:20.619

Collega natuurkundedocent

Ja ja, Ik had ik zag wel op een gegeven moment dat ik in China hypotheek kon ik wel. Die kon wel heel goed ook wel met nieuwe data vinden waar ik nog niet wist als zijnde van. Ik had uiteindelijk met data en ik hoorde het erin. Welke verbanden zie jij hier? Zag hij er nog wel één en twee extra die ik niet zag.

0:27:21.99 --> 0:27:24.249

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)

Oké nou, Dat is wel een goeie Misschien dat ik dat straks ook wel doen.

0:27:22.739 --> 0:27:25.599

Collega natuurkundedocent

Nou ik, hij komt. Hij komt best goed data analyseren, zeg maar.

0:27:26.129 --> 0:27:26.529

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja.

0:27:28.29 --> 0:27:28.399

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Nice.

0:27:28.979 --> 0:27:31.269

Collega natuurkundedocent  
Prijs succes, Ik ga hier ook even verder.

0:27:31.859 --> 0:27:33.799

Dijk, D.J.H. van (David, Student M-ECB,M-IDE)  
Ja is goed groetjes daar en?

0:27:33.19 --> 0:27:34.669

Collega natuurkundedocent  
Ik zou er, ik zou de groetjes doen.

0:27:35.779 --> 0:27:37.659

Collega natuurkundedocent  
En, we zien elkaar spreken elkaar, jojo?

## Bijlage F: transcripten semigestructureerde leerlinginterviews

Codes:

HPS

NOS

inquiry

Structuur en organisatie

Enthousiasme en engagement

Effect op leren

### Interviewresultaten leerling 1

Transcriptie pre-interview

00:00:02 Interviewer

Nou ja, zoals gisteren had verteld In de les ben ik dus een onderzoek aan het doen naar de combinatie van wetenschapsgeschiedenis en practica de natuurkundeles. En ja, met het komende blok elektriciteit dus een aantal lessen heb ik geprobeerd om die dingen In de les toe te passen en daarvoor ben ik benieuwd vooraf hoe een aantal leerlingen ernaar kijken. En achteraf wil ik dan met jullie daarop reflecteren, zodat ik iets kan zeggen over hoe Het was en met jullie daarvan vinden. Dus Het gaat niet om wat je nu weet of wat je nu ja weet wetenschapsgeschiedenis meer over wat jij graag In de natuurkundeles ziet en hoe jij dat vormgegeven ziet in de les.

Wat is je eerste indruk bij dit onderwerp?

00:01:05 leerling 1

Nou eigenlijk een beetje, want je hebt Natuurlijk heel veel formules die moet je leren eigenlijk een beetje van hoe ze erachter zijn gekomen wie erachter is gekomen.

00:01:18 leerling 1

Of ze het eerst nog fouten hadden enzo dat allemaal wel.

00:01:20 Interviewer

Is dit onderwerp iets wat bijvoorbeeld bij natuurkunde lessen in het verleden of bij scheikunde of biologie is behandeld?

00:01:36 leerling 1

Bij scheikunde hebben ze soms wel een nou niet foutief maar zeg maar een niet compleet model laat ze dan zien van eerst. Dat vind ik wel interessant.

00:01:49 leerling 1

Bij Biologie zeggen ze vaak wel wie het heeft bedacht, maar zo heet het dan gewoon dus.

00:01:56 Interviewer

Lijkt het je interessant om te weten hoe dingen tot stand zijn gekomen?

00:02:01 leerling 1

Ja juist, want dan kan ik het onthouden, want dan is het logisch zeg maar

00:02:06 Interviewer

Net zei je iets over hoe een incompleet model bij scheikunde. Dat is een van de lastige dingen met wetenschapsgeschiedenis In de natuurkundeles. Ik wil het graag het gebruiken om de stof begrijpelijker te maken, maar soms is de geschiedenis juist heel ingewikkeld. Bijvoorbeeld doordat dingen incompleet zijn. Hoe denk je dat dit de les beïnvloedt?

00:02:36 leerling 1

Hangt er een beetje vanaf als het zeg maar echt fout was en dan is er zoiets heel kleins zou net als die plus Polen en min Polen in een batterij of zo. Dat gaat iedereen fout blijven doen. Dus hangt een beetje vanaf. Of het dan echt tegenwerkt of niet. Ik denk dat het van het onderwerp afhangt of het te verwarrend wordt.

00:02:56 Interviewer

Ik kan wetenschapsgeschiedenis gebruiken zodat jullie iets leren over wetenschapsgeschiedenis. En je kan het ook gebruiken om te zorgen dat het jullie iets leert over de natuurkundestof, zoals jullie die op het eindexamen moeten kennen. Wat lijkt jou belangrijker?

00:03:34 leerling 1

Als het goed wordt gegeven, denk ik dat het wel helpt om de stof te begrijpen. Maar als het meer als een geschiedenisles wordt gegeven niet. Als je een verhaal naar een formule toe krijgt dat helpt het denk ik wel

00:04:14 Interviewer

Eén van de uitdagingen hierbij is dat leerlingen een verwachting hebben van hoe een natuurkundeles eruit moet zien. Bijvoorbeeld dat je alleen leert hoe je formules moet gebruiken. Maar met dit onderzoek wordt wetenschapsgeschiedenis ook een onderdeel. Wat vind jij daarvan?

00:04:36 leerling 1

Ik denk niet dat het niet per se deel moet zijn van de stof, maar dat het wel een handige optie is om zo les te geven, maar alleen als het je echt helpt bij de stof begrijpen. Om de stof minder abstract te maken.

00:05:25 Interviewer

Wat zouden de voorwaarden zijn om deze een succes te laten worden volgens jou? Waar moet de balans liggen?

00:05:59 leerling 1

Je moet wel alles gewoon alle stof behandelen die je moet behandelen en dan daar vanuit daaruit kijken hoeveel tijd je over hebt voor de geschiedenis, want als je een stuk van de stof niet behandelt is dat niet handig.

Als je heel veel namen en jaartallen en alles door elkaar gooit en op leerlingen afvuurt dan komt het niet meer goed. Het moet meer een verhaal dan een opsomming van dingen worden. Als dat verhaal niet bestaat, dan maak je maar een verhaaltje ofzo.

Bijvoorbeeld als je zo'n filmpje laat zien ben je langer bezig met de stof en geef je tijd om de stof te verwerken. Dan kan het wat langer duren dan de gewone stof, maar doordat het in een verhaal zit onthoud ik het wel.

00:07:14 Interviewer

En ja stel, We hebben de lessen straks gehad. Wat zou voor jou het belangrijkste zijn om terug te zien?

00:07:27 leerling 1

Dat ik de stof beter kan onthouden.

Transcriptie post-interview

00:01:27 Speaker 2

Interview is eigenlijk puur om even te vergelijken met hoe je er van tevoren over dacht. Nu heb ik dingen uitgevoerd en nu ben ik benieuwd hoe je erop terugkijkt naar een aantal lessen die ik heb gegeven met die historische inborst en die practica erbij.

00:01:42 Interviewer

Dus ja, dan kan ik ook weer mijn verslag voor de zomer gaan afronden over dat over dat onderwerp dus We kunnen Misschien eventjes eventjes die lessen langsgaan wat we allemaal hebben gedaan. Ik denk, we waren begonnen. Toen heb ik het over die statische elektriciteit gehad en over die die die barnsteen.usu

00:02:03 Interviewer

En die PVC buis en dat glas met die elektro scoop.

00:02:09 Interviewer

Ja, dat kan ik zo kunnen. Ja en daarna hebben we die statische elektriciteit met die Leidse flessen gedaan. Heb ik mezelf nog elektrocutteert. We hebben die zuil van volta gemaakt en We hebben het practicum met de wet van ohm gedaan, waarbij we het eerst over die Cavendish die gekke Cavendish hebben gehad. Dat waren een beetje de lessen die ik voor dit onderzoek heb gemaakt.

00:02:33 Interviewer

Ik ben benieuwd in het algemeen hoe je de lessenserie vond in het algemeen en ook over specifieke het onderwerp. En dan mag

helemaal eerlijk zijn. Ik sta helemaal open voor feedback om dingen te verbeteren.

00:02:45 Leerling 1

Ja, eigenlijk vond ik het maar gewoon fijn.

00:02:51 Leerling 1

Zeg maar het sloot aan op de stof. Ik heb niet gevoel dat ik tijd tekort heb gekomen ofzo. Ik vond het zelf, Maar dat ligt aan mij. Ik vind het practica gewoon niet zo leuk, Maar ik vond het wel fijn dat die niet voor een cijfer waren.

00:03:01 Leerling 1

Want voor een cijfer, dan neemt iedereen gewoon dingen van elkaar over. En nu heb ik daadwerkelijk zelf er moeite in gestopt om het zelf te bedenken, want het hoeft er niet goed dus, toen deed ik wel goed

00:03:11 Interviewer

Dat vind ik eigenlijk wel een heel grappig, want je zou denken, tenminste, ik zou denken Als het voor een cijfer is gaat iedereen zijn best doen, maar jij zegt dat het eigenlijk andersom is.

00:03:19 Leerling 1

Als het voor een cijfer is, wil iedereen het goede antwoord, dus dan is er een iemand die weet juist het. Dus dan gaat dat juiste antwoord zo heel stiekem door de klas heen zonder dat de docent het ziet.

00:03:30 Leerling 1

En Als het voor een cijfer is, dan wil je ook zeg maar stel je weet, Je moet een bepaalde Formule aankomen, dan ga je ook stiekem wat resultaten aanpassen in plaats van nadenken. Wat is er fout? Wanneer meneer stopt er altijd tijdsdruk op. Eigenlijk had ik dat niet verwacht ook zelf, maar dat het niet voor een cijfer was eigenlijk zorgde dat ik zelf geen nadenken wat nou?

00:03:59 Interviewer

Nou ja zo'n practicum in het algemeen. Je zegt dat je niet heel erg van practica houdt, dat je liever bezig bent met "theorie". Hoe vind je dat de practica die we gedaan hebben aansluiten bij de stof (theorie)?

00:04:36 Leerling 1

Ik denk het wel aansloot. Ja dat denk ik

00:04:39 Leerling 1

Ja, dat denk ik. Ik was Alleen toen met die batterijen. Toen kregen we van alles 4 materiaal dat practica was. Ja, Ik kan aan mij liggen dat ik altijd dacht ik wel, maar voor mij was het niet heel duidelijk uitgelegd. Ik was er ook niet op gekomen dat ze ze niet stukjes van 4 op elkaar moet leggen, maar om de beurt en Ik weet ook niet hoe ik daarop had moeten komen. Dus dat was niet heel duidelijk uitgelegd. Ik dacht dat dat daarna zou worden uitgelegd, maar dat was niet zo.

00:05:05 Leerling 1

Ja ik daar snapte ik weinig van eigenlijk en eigenlijk hoe alles werkte daar.

Het formulier bij de elektroscop was ook vaag. Verder was dat prima uitgelegd.

00:05:54 Interviewer

Ik heb even een aantal punten die je in het eerste interview had benoemd er weer bij gepakt. En Misschien kunnen we die even één voor één langs gaan en dan ben ik benieuwd hoe jij daar nu op terugkijkt of je er nog hetzelfde over denkt, of anders dan toen.

00:06:12 Interviewer

Een van jouw dingen die je toen zei is dat het jou wel leek dat de toevoeging van wetenschapsgeschiedenis en practica zou kunnen helpen met het onthouden van dingen.

00:06:24 Leerling 1

Hoe denk je er nu over nou, Ik ben laatst hebben wel een moe dus ik onthoud eigenlijk sowieso slechter dingen van les

00:06:48 Leerling 1

Je houdt de aandacht erbij door het een verhaaltje te maken.

00:06:54 Leerling 1

Dat denk ik, want mijn aandacht was hier wel bij. Alleen vervolgens van, Maar dat ligt aan mijn concentratie.

00:07:01 Interviewer

En een van de een van de punten die je ook noemde, is dat het belangrijk voor jou leek dat dat ik wel moest zorgen dat we ook genoeg tijd namen om alle stoffen te behandelen. Ja, en hoe heb je dat ervaren?

00:07:15 Leerling 1

Nou voor mijn gevoel we gewoon alles goed behandeld.

00:07:19 Interviewer

Dat is mooi en de balans tussen de tijd die we besteden echt aan de stof, zoals uit het boek en de.

00:07:25 Interviewer

Nou ja, dus specifieke dingen voor mijn onderzoek. Hoe zie je dat?

00:07:30 Interviewer

De specifieke geschiedenis en praktische deel ten opzichte van het traditionele gewoon Alleen Maar de stof uit het boek uitleggen of die balans goed als volgt, ja.

00:07:40 Leerling 1

Ja, ik heb tijd eigenlijk niet gedacht van. Ik wil dit meer op dit minder, dus ik heb daar of of of geen mening. Of Het is gewoon goed maar.

00:07:49 Interviewer

Ja helemaal goed en geen jaartallen leren was ook een punt dat je noemde.

00:07:53 Leerling 1

Ja, ja, want daar heb ik niks aan. (jaartallen)

00:08:02 Interviewer

Oké en je zei, dat vond ik ook erg interessant: Wat ze vroeger fout hadden is interessant.

00:08:10 Interviewer

Is dat, heb je dat terug zien komen?

00:08:11 Leerling 1

Wacht even. Dit is echt een overhoring. Voor mijn gevoel wel, want daar heb ik nog over nagedacht.

Ja over dat ze niet de middelen hadden om echt te meten, dus dat ze gingen met aan de hand van water (refereert naar experiment cavendisch leidse fles schokken), dat vond ik interessant. Het is niet echt fout, maar laat het verschil met nu zien.

00:08:43 Interviewer

En je had nog een dingetje dat ik ook opgeschreven. Jij vermoedde dat het Misschien kon helpen met verklaren Waarom formules logisch zijn.

00:08:53 Leerling 1

(herleiden formules adhv geschiedenis) Dat heb ik niet helemaal teruggezien, Maar dat. Nee, dat durf ik niet te zeggen. Ja, maar Misschien past het ook niet helemaal goed bij geschiedenis. Misschien moet je dat dan meer laten zien, maar hoe zou ik ook niet zo weten.

00:09:39 Interviewer

En waren er dingen die anders waren dan je had verwacht na ons eerste interview dat je Natuurlijk al een les gehad, maar je had Misschien een verwachting voldeed het daaraan was het heel anders. Kan positief of negatief zijn?

00:09:53 Leerling 1

Dat ik meer een geschiedenis verhaaltje had verwacht. Niet dat het nu fout was, maar dat was mijn verwachting aan de hand van de eerste les zeg. Want toen was het iets meer geschiedenisverhaal dan daarna.



Ik had ook minder practica verwacht, Maar dat komt doordat we die ene les geen practica leden dus dat was logisch verder. Verder had ik niet veel dingen die anders waren dan ik verwacht had naast was ik al gezegd heb.

00:10:23 Interviewer

Nou, Als je terugkijkt op deze lessen. Wat is dan, wat neem je dan mee daarvan? Wat heb je denk je geleerd voor Als je vergelijkt met de normale lessen?

:10:40 Leerling 1

Eigenlijk wel gewoon ongeveer hetzelfde. Behalve als ik die verhaaltjes heb dat ik dan een soort van de dubbele kans heb om eraan te denken.

00

00:10:57 Interviewer

Nou, Als je mag meer zijn, maar Als je een punt zou noemen waar volgens jou de meeste verbetering op zou gemaakt kunnen worden, wat zou dat dan zijn?

00:11:11 Leerling 1

De uitleg bij practica soms een beetje dat ik dacht, Ik heb hier iets meer uitleg bij nodig, of halverwege een reflectie. Ook uitleg achteraf, waarom dingen grafieken niet goed zijn bijvoorbeeld.

## Interviewresultaten leerling 2

Transcriptie pre-interview

00:00:02 Interviewer

Oké nou, zoals je weet, ben ik dus bezig met mijn onderzoek over de combinatie van wetenschapsgeschiedenis en practica In de natuurkunde les en dit interview is eigenlijk puur om een beetje te kijken wat jullie verwachtingen als leerlingen zijn van de natuurkunde les in het algemeen, maar ook van Als ik zo jullie mijn plan voorleg dat je dan zegt Van, Oh, nou, Dit is wat ik mij goed lijkt, is het mij slecht lijkt Dit is een beetje hoe ik dat voor me zie

00:00:29 Interviewer

Nou dus wat het doel is van mijn van mijn onderzoek of van toepassen van practica en wetenschapsgeschiedenis is dat het hopelijk iets doet tot voor het beter begrijpen van de natuurkunde stof die we nu behandelen. En nou ja, Als je dit zo hoort, wat is dan je eerste indruk van zo een van zijn plan?

00:00:29 Interviewer

Nou dus wat het doel is van mijn van mijn onderzoek of van toepassen van practica en wetenschapsgeschiedenis is dat het hopelijk iets doet tot voor het beter begrijpen van de natuurkunde stof die we nu behandelen. En nou ja, Als je dit zo hoort, wat is dan je eerste indruk van zo een van zijn plan?

00:00:49 Leerling 2

Ja, het plan is in ieder geval goed, denk ik. Want ja, Ik heb zelf ook wel het idee, natuukunde dat vind ik niet heel moeilijk. Maar af en toe vind ik het wel vaag. Dus als het dan iets meer In de praktijk samen komt dat ik het dan wel beter begrijp.

00:01:06 Interviewer

Wat bedoel je dan met vaag?

00:01:09 Leerling 2

Ja gewoon dat ik wel begrijp wat ze zeggen, maar niet zozeer hoe ik dat kan gebruiken.

00:01:19 Interviewer

Wat er in het boek staat bijvoorbeeld, er staat, Dit is wat Het is, maar jij weet niet waar het vandaan komt?

00:01:22 Leerling 2

Ja.

00:01:27 Interviewer

Oké en Als je het over wetenschapsgeschiedenis hebt, is het iets waar je enigszins bekend mee bent,

bijvoorbeeld bij een ander vak een keertje over gehad of bij natuurkunde in het verleden.

00:01:37 Leerling 2

Geen idee.

00:01:39 Interviewer

Nou ja, wetenschapsgeschiedenis is Natuurlijk een beetje gewoon de totstandkoming van de wetenschap, zoals we die nu hebben, en.

00:01:47 Interviewer

Dat gaat niet in een rechte lijn. Soms dan gaat het stapje vooruit en dan klopt er weer iets niet. Het gaat weer een stapje achteruit, dus Het is een ingewikkeld geheel en ik probeer een soort van verhaallijn die logisch is, maar ook geschiedkundig een beetje klopt in die natuurkundeles te verwerken.

00:02:03 Interviewer

En, dat wil ik ook doen door een beetje te combineren met practica, dus We kunnen niet direct een nabootsen wat ze in het verleden deden. Dat is echt heel moeilijk en vaak klopt er dan ook geen zak van, Maar ik probeer een beetje die combinatie te maken. En ja, lijkt het je dan interessant of op welke manier denk je dat het zou kunnen helpen?

00:02:24 Leerling 2

Ik denk dat ik dat wel interessant zou vind. Sowieso dat je dan wat meer in de les betrokken wordt, waardoor je actiever meedoet en het beter kan onthouden.

00:02:39 Interviewer

Ja, dus doordat je het door die dat je geactiveerd wordt eigenlijk ja, en ik bedoel dan meer geactiveerd doordat het verhaal verteld of dat je zelf iets moet doen.

00:02:49 Leerling 2

Dat ik zelf iets moet doen

00:02:58 Interviewer

Nou ja bijvoorbeeld die kennis over hoe wetten of formules tot stand zijn gekomen. Denk je dat dat helpt met begrijpen van die wetten en formules of.

00:03:14 Leerling 2

Dat ja denk het.

00:03:16 Interviewer

Of Waarom niet? Misschien kan kan ook zijn dat dat je denkt. Nou, dat lijkt me juist niet handig om dat op die manier te doen.

00:03:23 Leerling 2

Ja ja Ik weet niet, Ik kan het niet zo goed uitleggen, Maar ik denk wel dat het helpt. (herkomst formules en wetten)

00:03:29 Interviewer

En, Misschien kun je het vergelijken met nu hoe je hoe je nu dus Zonder wetenschapsgeschiedenis dit soort dingen krijgt, hoe hoe? Hoe vat je dan die dingen op?

00:03:38 Interviewer

Die formules, die wetten.

00:03:47 Interviewer

Ja, maar gewoon, Het is gewoon iets wat in het boek staat. Of denk jij wel eens van, hé, waar komt dit vandaan?

00:03:54 Leerling 2

Ja, Ik denk zeker weleens, waar komt het vandaan? Waar? Of, Waarom is dit waar? Waarom klopt dit?

00:04:01 Leerling 2

Ja, dat heb ik echt wel eens. (afvragen waar iets vandaan komt)

00:04:07 Interviewer

Zeg maar, Als je dat denkt, is het dan? Wat doe je daar wel eens iets mee? Zeg maar dan denk je, oh ja, worden.

00:04:13 Leerling 2

Vaak, Als ik dat echt zoiets me afvraag, vraag ik mijn vader. Die heeft ook natuurkunde gestudeerd

00:04:21 Interviewer

Ja, en wat voor manier lossen jullie dat dan op? Wat vertelt hij je dan?

00:04:33 Leerling 2

Ja, Het is gewoon een beetje van hoe het ontdekt is verteld hij dan, als hij het weet. Hij weet het wel vaak niet altijd.

00:05:04 Interviewer

Nou ja, Ik ga het dus die een aantal van deze lessen probeer ik dat op die manier toe te passen. En nou, ik zoek Natuurlijk een balans tussen dat het geen geschiedenisles wordt met het en en aan de andere kant dat je niet gewoon Alleen Maar de kale formules op het bord schrijft. En Ik ben benieuwd wat jij denkt dat dan. Wat zijn de voorwaarden wat wat moet ik goed doen zodat het een goede les wordt?

00:05:28 Leerling 2

Ja, Ik denk gewoon. Vooral de Mensen betrekken gewoon vragen stellen.

00:05:39 Interviewer

Of wat moet ik vooral niet.

00:05:45 Leerling 2

Niet te lang over een onderwerp doorgaan, niet te lang praten

00:05:52 Interviewer

Is een beetje dynamisch, blijven dat het goed wisselt en je zegt dat de Mensen erbij betrekken.

00:06:01 Leerling 2

Ja vooral vragen stellen gewoon.

00:06:06 Interviewer

Qua balans tussen geschiedenis en de natuurkunde, zoals we die nu hebben, gewoon de toetsvragen, zeg Maar dat soort.

00:06:15 Interviewer

Hoe zou je dat voor je zien? Moet het echt vanuit die geschiedenis naar die formules of een beetje geschiedenis als een sausje eroverheen?

00:06:25 Leerling 2

Ja gewoon een beetje geschiedenis erbij, denk. Maar niet echt dat het heel belangrijk wordt. Niet dat het echt. Dat het niet te diep op de geschiedenis ingaat.

00:07:03 Interviewer

Ja, een van de dingen die die die lastig zijn met met wetenschapsgeschiedenis, is dat nou de verwachting van veel leerlingen? Misschien is het bij jou ook zo, of Misschien wil je wel niet. Is dat natuurkunde iets heel erg, Dit is gewoon zo, dit staat vast.

00:07:16 Interviewer

Maar eigenlijk, laat de wetenschap gezien zien dat het iets is wat ontwikkeld.

00:07:21 Interviewer

Dus, hoe denk jij over natuurkunde? Ik denk jij over natuurkunde als een ja, Dit is gewoon vaste wetten niks meer aan te veranderen.

00:07:30 Leerling 2

Heb wel het idee van dit zijn gewoon vaste wetten, Maar ik wil wel weten. Ik denk dat we de belangrijkste dingen wel hebben nu

00:07:59 Interviewer

Ja, want Als je Als je kijkt naar wetenschapsgeschiedenis, dan laat het heel erg zien dat natuurkunde in het verleden in ieder geval heel erg ontwikkelde, hè? Dus eerst dacht ik nou, Dit is waar. En toen was het nou bleek dat dat een toch niet helemaal klopte of het klopte in een bepaalde situatie. Dat gaan we ook nog wel in een in een

practicum zien. Soms gaan dingen kloppen heel goed.

00:08:18 Interviewer

Als je alle in een bepaalde situatie blijft, maar daarbuiten klopt het helemaal niet meer en en Het is Natuurlijk nu nog steeds, dus die natuurkunde ontwikkelt zich nog steeds door en Dat is ook een element. Ik weet niet of ik of me dat echt lukt om dat er goed in te verpakken. Maar wat ik wel een klein beetje als boodschap mee wil geven in in deze lessen.

-liep iemand de ruimte binnen, even pauze

Concluderend

00:09:12 Interviewer

De leerlingen betrekken niet te lang op één onderwerp ingaan

00:09:41 Leerling 2

We hebben we gewoon allemaal. We zijn niet allemaal even goed in natuurkunde. Dus ja, het kan het voor de één wel makkelijk zijn, maar voor de ander hartstikke moeilijk.

00:10:00 Leerling 2

Ja niet degene die goed in natuurkunde zijn, niet al die opgaven Laten maken.

Transcriptie post-interview

00:01:09 Interviewer

Nou, Ik had het volgens mij aan de eerste interview ook verteld, maar.

00:01:12 Interviewer

Maar ideeën is dat we nu even gaan terugkijken naar hoe je er van tevoren overdacht hoe je vindt dat Het is gegaan en wat je nog voor feedback hebt om bijvoorbeeld iets In de toekomst te verbeteren. Eigenlijk is het hele idee van het interview. Ik heb een paar vragen als als nou rode draad, maar verder kunnen we toch

gewoon even over hebben? En ja, dat een beetje dus bij eerste vraag gewoon in het algemeen. Nou, je mag helemaal eerlijk zijn over alles wat je vindt. Ik kan heel goed tegen kritische feedback dus.

00:01:43 Interviewer

Wees vooral niet bang om te zeggen wat je denkt en nou in het algemeen even wat, hoe vond je het gaan en was het anders dan je verwacht? Wat is je eerste indruk?

00:01:55 Leerling 2

Ik heb op zich niet per se het idee gehad dat het echt heel anders ging dan normaal.

00:02:08 Leerling 2

Ik heb er niet heel veel van gewerkt, maar op zich de lessen die waren gewoon prima.

00:02:14 Interviewer

En Als je zegt, Het is niet heel anders dan normaal in welke opzicht. Wat is dan een normaal? Wat vond je?

00:02:32 Leerling 2

Er kwam gewoon een stuk uitleg over de lesstof alleen dan nu, misschien met iets meer achtergrondinformatie, zeg maar. Maar ja, in principe uiteindelijk kwam er wel hetzelfde uit.

00:02:45 Interviewer

Bedoel je dat alle lesstof uit het boek naar voren is gekomen?

00:02:48 Leerling 2

Ja

00:02:53 Interviewer

En dat stuk extra achtergrond, hoe heb je dat ervaren?

00:02:56 Leerling 2

Ja wel interessant.

00:02:59 Leerling 2

Maar ja, de lesstof, die snap ik op zich allemaal wel.

00:03:04 Leerling 2

Die lesstof die snap ik allemaal wel dus dan is iets achtergrondinformatie wel leuk, iets interessanter.

00:03:09 Interviewer

Doet die achtergrondinformatie ook nog iets met die lesstof daarna?

00:03:13 Leerling 2

Nee, dat niet zozeer, Het is gewoon leuk extra. (effect van achtergrondinfo op lesstof)

00:03:25 Interviewer

Terugkijkend op wat je in het vorige interview als voorwaarden voor het succes van de lessen hebt gegeven. Jouw eerste punt was dat ik niet te lang moest blijven hangen op onderwerpen.

00:03:39 Leerling 2

Ja dat ja ging wel goed, denk ik.

00:03:51 Interviewer

Oh ja, een van de dingen. Ik heb volgens mij gevraagd, denk je dat het ergens mee kan helpen en toen heb jij gezegd dat als jij niet begrijpt waar een formule vandaan komt, of hoe een formule werkt dat je je dan afvraagt waar die vandaan komt en hoe die werkt? Heb je dit teruggezien in de lessen?

00:04:09 Leerling 2

Ja, denk het wel.

00:04:14 Leerling 2

Zoals ik al zei, een beetje achtergrondinformatie wat meer.

00:04:18 Interviewer

Want je vertelde volgens mij over dat Als je het niet hebt dat je aan je vader vraagt in dat die dan ook wel uitlegt waar iets vandaan komt.

00:04:34 Interviewer

Dat een beetje, ja.

00:04:37 Interviewer

Hoe zou je beschrijven dat ik dat heb gedaan?

00:04:53 Leerling 2

Nou ja ja gewoon ja.

00:04:57 Interviewer

Als je het niet weet mag je dat ook zeggen hoor.

00:05:00 Leerling 2

Ja, Ik weet het niet?

00:05:00 Interviewer

Je had nog een ding gezegd. Nou ik ook wel benieuwd naar dat het volgens jou belangrijk zou zijn om de leerlingen te betrekken.

00:05:16 Leerling 2

Ja, dat ging voor mijn gevoel best wel hetzelfde als bij andere lessen

00:05:22 Interviewer

En, Ik heb ook geprobeerd om dingen wat praktischer te maken, hoe heb je dat ervaren?

00:05:31 Leerling 2

Ja, dat vond ik wel leuk dan ja, dan raak je dan toch wel wat gemotiveerder van.

00:05:36 Interviewer

Op welke manier raak je daar gemotiveerd van?

00:05:41 Leerling 2

Dan interesseert het je wat meer wat er allemaal gebeurt, zo ervaar ik het dan

00:05:45 Interviewer

Helpt dat practicum ook nog iets met het begrijpen van de stof.

00:05:53 Leerling 2

Ja, dat denk ik wel, Omdat er dan ook bij het practicum nog dingen worden uitgelegd, maar doordat je gemotiveerder bezig bent, onthoud je stof wat beter

00:06:07 Interviewer

Wat ik heb geprobeerd bij deze practica is om ze zo in te richten. Dat heb ik ook expliciet gezegd. Niet als een kookboek met stapje voor stapje Maar dat jullie zelf bepaalde dingen moesten bedenken. De stappen moesten bedenken. Hoe heb je dat ervaren?

00:06:20 Leerling 2

Nou ja, dat vond ik op zich wel leuk. Het enige was dat ik eigenlijk liever had gehad was dat er niet alsnog een stappenplan was, maar dat we het echt helemaal zouden moeten verzinnen. Ik had graag nog meer zelf willen doen.

00:06:46 Interviewer

Goed, een goede tip.

00:07:04 Interviewer

Waren er nog dingen die heel anders waren dan je had verwacht, of beter, of slechter.

00:07:10 Leerling 2

Nee, ik denk het niet echt.

00:07:13 Interviewer

En, Als je zeggen wat je meeneemt van deze lessen serie, anders dan een dan een normale lessen, wat zou je? Hoe zou je dat dan thuis zijn? Je vader vertellen bij wijze van spreken.

00:07:39 Leerling 2

Nou ja, wat interessanter door dat er meer practica waren vooral en dat er iets meer achtergrondinformatie werd gegeven. Wat het ook interessant maakt.

00:07:53 Interviewer

En je zegt net bijvoorbeeld over die dat practicum dat je graag nog meer zelf het had willen uitzoeken. Zijn er nog andere dingen

met die geschiedenis of met die practica of met een koppeling en leerstof van je zeggen nou dat daar dat zou nog verbeterd kunnen worden. Misschien is het een goed idee om nog op verder te gaan.

00:08:15 Leerling 2

Ja, nee, dat zou ik niet echt weten, denk ik. Ik vond het voor de rest gewoon goed gaan.

00:08:28 Interviewer

Bedankt voor je moeite en tot de volgende les!

### Interviewresultaten leerling 3

Transcriptie pre-interview

00:00:06 Interviewer

Eigenlijk is het interview puur, zodat ik van tevoren alvast een beetje weet. Nou ja, hoe jullie over het onderwerp denken, zodat we achteraf nog een interviewtje kunnen doen. Een beetje kunnen reflecteren op hoe het ging, zodat ik ook kan zeggen, was dit nuttig of is dit niet nuttig, want dat ik anders kunnen doen, hoe zou ik het een volgende keer beter doen? Dat soort dingen dus ja, zoals je weet, ben ik bezig met.

00:00:29 Interviewer

Kijken naar hoe je wetenschapsgeschiedenis en practica kan combineren In de natuurkunde les en mijn doel daarbij is om ja, een beetje jullie bij te brengen hoe ongeveer natuurkunde tot stand is gekomen en hopelijk ook dingen wat logischer te maken. En ja, ik ben benieuwd naar je eerste indruk en heb ik zometeen nog andere vragen.

00:00:50 Leerling 3

Ja, ik vind de les en ja, dan krijg je ook bijvoorbeeld voorbeelden is wel makkelijker.

00:01:03 Interviewer

Oké, in welk opzicht zou je dat dan makkelijker noemen?

00:01:06 Leerling 3

Ja, je krijgt echt een beeld bij bijvoorbeeld zon Formule ja, zodat je gewoon 3 letters krijgt. Krijg je echt ja gewoon bijvoorbeeld zoals met zo'n batterij krijg je zo'n plaatjes enzo.

00:01:21 Interviewer

Oke, en ja Als we het over wetenschapsgeschiedenis hebben, is dat iets waar je enig iets ooit van gehoord hebt met een ander vak, Misschien met scheikunde.

00:01:30 Interviewer

Met biologie of wiskunde.

00:01:32 Leerling 3

Ja wel online sommige namen, maar nou ja, maar nooit echt uitleggen of iets over gekregen.

00:01:35 Interviewer

Benjamin Franklin kende jij bijvoorbeeld?

00:01:45 Interviewer

Nou, Als je zeg maar Je moet voorstellen hoe dat hoe dat in elkaar zit. Wetenschapsgeschiedenis, wat zou dan jouw beeld daarvan zijn?

00:01:52 Leerling 3

Dan denk ik aan man onder een boom en dan valt er zo een appel op zijn hoofd.

00:01:52 Interviewer

Newton, ja dat is wel echt het klassieke beeld.

00:01:59 Interviewer

Nou wat ik dus ga proberen is om, ja, Als je echt in gaat verdiepen, dan kom je erachter dat dingen altijd veel ingewikkelder in elkaar zitten dan je in eerste instantie denkt. Bij Newton gebeurde er wel iets meer dan een appel die op zijn hoofd viel.

00:02:09 Interviewer

Hoofd van en ik probeer dat aan de ene kant ervoor te zorgen dat het wel echt wetenschapsgeschiedenis is. En de andere

kant is het heel complex om het helemaal precies uit te pluizen. Daar mag geen tijd voor In de les, dus mijn uitdaging is een beetje die balans te vinden. Nou en Ik ben wel benieuwd wat jouw mening is over hoe je die balans een beetje zou moeten hebben. Maar allereerst.

Lijkt het je interessant om te weten hoe dingen tot stand zijn gekomen? Hoe denk je dat dit de manier waarop je naar de natuurkunde kijkt verandert?

00:02:42 Leerling 3

Ja, Ik denk gewoon bij bijvoorbeeld van dat soort toepas vragen krijg je ook ja, beelden erbij is dat je meer ook formules kan ja samenvoegen, zo ervan.

00:02:55 Interviewer

Zie je het dan als een manier om de stof van nu de formules van nu beter te begrijpen?

00:03:00 Leerling 3

Ja.

00:03:00 Interviewer

Oké, en dan heb je ook dingen waarvan je denkt dat Misschien is dat onhandig Als we dat teveel doen. Wat we vooral niet moeten doen.

00:03:13 Leerling 3

Ja niet te veel, jaartallen denk.

00:03:19 Interviewer

En als we mijn voorstel voor deze lessen vergelijken met een normale ouderwetse natuurkundeles. Waarop denk jij dat deze aanpak impact heeft op hoe jullie natuurkunde leren?

00:03:38 Leerling 3

Ja ik denk dat een nadeel is dat je die ook extra informatie krijgt die je op de toets waarschijnlijk niet gaat gebruiken, maar ik denk wel dat het je een beter beeld geeft, waardoor je het makkelijker gaat begrijpen.



00:04:03 Interviewer

Wat zou je dan zeggen, waar moet het dan aan voldoen volgens jou?

00:04:08 Leerling 3

Filmpjes zijn wel handig, denk ik, Maar dat moet wel gewoon een stukje waar je bijvoorbeeld jouw opdracht doet of een stukje uit het boek laat zien.

00:04:31 Interviewer

Nou Misschien een beetje hoe jij denkt over wetenschapsgeschiedenis en hoe jij denkt hoe we wetten en formules zoals we die nu in het.

00:04:42 Leerling 3

Ja voel het zo ja is een beetje saai. Het is eigenlijk gewoon een soort taal leren. Je moet gewoon word je. Dus beetje stampen. Je moet gewoon die formules kennen, Maar het toepassen daarvan vind ik wel leuk

00:04:53 Interviewer

En denk je wel eens bij een Formule? Ja, Waarom is dit zo?

00:04:58 Leerling 3

Ja, Ik denk dat het soms wel, maar dan ga ik niet echt verder op in.

00:05:03 Interviewer

En als we dat dan in de les zouden behandelen, waarom iets zo is?

00:05:13 Leerling 3

Ja, dat zou wel fijn zijn. Ja, dat zou wel helpen, denk ik.

00:05:33 Interviewer

Denk of ik nog een andere vraag aan je hebt, nou ja, een beetje om op te sommen, dus niet teveel jaartallen, maar je denkt wel dat het helpt om om dingen te begrijpen. Filmpjes zijn goed.

00:05:46 Interviewer

Even denken nog andere dingen die op zijn gekomen.

00:05:50 Leerling 3

Ja ook gewoon een beetje stukjes uit het boek laten zien, de inhoud uit het boek.

00:05:52 Interviewer

Bedankt voor je input.

Transcriptie post-interview

00:00:03 Interviewer

Nou het doel van dit interview is om eventjes te kijken naar wat je van tevoren dacht wat je nu denkt en hoe we hier jij terugkijkt op de lessen die ik heb gegeven voor mijn onderzoek. Ik ga heel even kijken of ik heb opgeschreven Wat jij ja, dat heb ik, Dat is fijn.

00:00:30 Interviewer

Dag helemaal eerlijk zijn ook dingen die je minder goed vond mag je gewoon benoemen. Ik sta helemaal open voor kritische feedback, want dan kan ik daar mooi over schrijven in mijn verslag. En Dat is eigenlijk Alleen maar goed, dus wees niet bang om om te zeggen wat je denkt.

00:00:45 Interviewer

Allereerst gewoon je algemeen indruk. Hoe vond je de lessen? Dat zijn de lessen die dus een beetje een historisch element hadden van die Leidse flessen, de statische elektriciteit.

00:00:55 Interviewer

Tot batterij en pakte ik hem op de wet.

00:00:58 Leerling 3

Van oh ja, ik vond wel leuker dan de lessen die we hiervoor hadden Mensen ja gewoon In de onderbouw met meneer Brandt. Ja, ik vind het wel gewoon interessanter en makkelijker om te volgen.

00:01:10 interviewer

En, op welke manier is het dan makkelijker om te volgen?



00:01:12 Leerling 3

Makkelijker te volgen ja in ieder geval ik val niet in slaap want het is niet saai.

00:01:18 interviewer

En welke aspecten van de lessen zorgen ervoor dat je het interessant vindt?

00:01:23 Leerling 3

Sowieso wel de proefjes? De dingen die je laat zien. Zo'n fles (Leidse fles)

Ik vind dit wel interessanter dan gewoon formules en opdrachtjes weer maken.

00:01:37 interviewer

En denk je dan ook dat het helpt met weer wel die formules in die opdrachtjes maken later?

00:01:44 Leerling 3

Ik denk wel

00:01:47 interviewer

En, op welke manier zou je dat beschrijven dat dat zou kunnen?

00:01:50 Leerling 3

Helpen, Ik denk ja als een soort ezelsbruggetje een beetje, het geeft je makkelijker de link naar de Formule en wat er mee gebeurt, oké.

00:02:04 interviewer

Ik heb even de paar dingen die jij de vorige keer hebt gezegd, even opgeschreven. Misschien kunnen we even langslopen gewoon om te kijken hoe of je er nog steeds hetzelfde over denkt of Misschien anders dan toen. Je benadrukt de vorige keer dat de balans tussen de stof uit het boek en de geschiedenis goed moest zijn.

00:02:22 Leerling 3

De balans was denk ik wel goed. Het had misschien nog net iets meer stof uit het boek mogen zijn, maar verder was het wel goed.

00:02:36 interviewer

Heb je het gevoel dat er stof onderbelicht is?

00:02:41 Leerling 3

Nou het meer dat de uitleg die jij dan deed was dan heel anders dan in het boek en dan moest je weer nadenken wat het ook alweer was.

00:02:58 interviewer

- onderbreking

00:05:07 interviewer

Ja, waar was ik nou? Je beschreef het toen dat je de verwachting had dat het heel anders zou zijn dan dan normale lessen.

00:05:16 Leerling 3

Ja, Ik denk wel grotendeels wel, ja.

00:05:24 interviewer

Ook verwachtte je dat het begrijpen makkelijker maar zou maken. Je zei iets over dat in plaats van een Formule 3 letters waren dat je een beeld krijgt bij een Formule. Heb je dat teruggezien?

00:05:38 Leerling 3

Niet niet, zeg maar een specifiek beeld, maar wel ja, een idee. Of bijvoorbeeld een wetenschapper die iets ging doen dat je daarbij dan een Formule hebt?

00:05:48 interviewer

En nou op die wetenschapper doorgaand. Ik heb geprobeerd om een paar keer te benadrukken of iets te vertellen over hoe wetenschap in het verleden in ieder geval een beetje zal ontstaan. Hoe kijk je daarop terug In de lessen? Wat heb je daarvan meegekregen?

00:06:03 Leerling 3

Ja het niet echt waar je het meeste op let het waarschijnlijk wel een deel nog wel onthouden op de Achtergrond. Maar ja, je

bent vooral bezig met gewoon wat ook in het boek staat.

00:06:15 interviewer

En nou bijvoorbeeld met die experimenten die we of hebben voorgedaan, zoals Cavendish met die schokken, hoe is die wetenschap ten opzichte van wat jij, hoe jij dat in jouw hoofd hebt, wijkt dat nog erg af van.

00:06:32 Leerling 3

Ja, nou, Ik had het eigenlijk ja wel een beetje hetzelfde idee daarvan.

00:06:41 interviewer

Die practica, die waren wat minder kookboek dus niet stap voor stap en wat meer vrij. Hoe heb je dat ervaren dat je jezelf de stappen moest bedenken?

00:06:51 Leerling 3

Ik kan in het begin het al ja soort van een soort stomme beetje ja, dit moet je extra werk gaan doen, Maar het maakt het wel makkelijker om, zeg maar ook te snappen waar het practicum over gaat. In plaats van dat je gewoon maar wat doet en dan nog een conclusie moet bedenken.

00:07:26 Leerling 3

En ja zeg maar, vaak was de eerste stap zetten wel moeilijk.

00:07:30 Leerling 3

Maar Als je eenmaal het begin had, dan was het wel goed te doen.

00:07:38 interviewer

En waren er verder nog dingen In de lessen die heel anders waren dan je had verwacht. Beter of slechter.

00:07:47 Leerling 3

Ja niet per se anders of zo, Het was nu gewoon ja iets langer uitlegt dan eerst het eerst hadden ervaren. Echt 10 minuten uitleg In de rest van Dat is gewoon werken en nu

was het meestal andersom nog 10 minuten aan het eind werken dus uitleg.

00:08:09 Leerling 3

Soms er te weinig tijd In de les. Dat jij klaar was met uitleggen en de bel al bijna ging.

00:08:20 interviewer

En Als je zegt, maar nou, daar is bij wijze van spreken moeten vertellen hoe je natuurkunde lessen nou hoe, hoe gaat dat nou bij natuurkunde? Wat wat neem je daarvan mee, wat leer je daarvan? Hoe zou je dat dan van die lessen beschrijven? Niet inhoudelijk, hoor maar.

00:08:36 Leerling 3

Ja, een beetje met, zeg maar voorbeelden uit de echte wereld.

00:08:41 Leerling 3

In plaats van gewoon uit een boekje

00:08:47 interviewer

En dat het even terugkoppelend op wat je eerder zei over dat je koppeling weer moet maken zelf met het boek

00:09:02 interviewer

Is dat verwarrend of is dat juist zorgt dat ervoor dat je juist beter naar het boek kijkt wat er nou eigenlijk staat?

00:09:08 Leerling 3

Het is niet per se verwarrend. Het is meer dat je de denkstap die je eerst moest zetten om de formule te snappen, die moet je nu zetten staat die je eerst moest zetten om de formule te koppelen aan de les

00:09:21 Leerling 3

Het is gewoon ja een beetje anders leren, dan je eerst deed.

00:09:28 interviewer

Heb je dan ook andere dingen opgestoken dan bij een normale les?

00:09:33 Leerling 3

Ja, je weet nu wel meer gewoon van het verleden hoe het tot stand is gekomen.

00:09:39 interviewer

En nou, Als je zoiets zou moeten noemen, wat waar nog goede verbetering gemaakt zou kunnen worden bij dit soort lessen, wat zou je dan graag willen terugzien?

00:09:50 Leerling 3

Korter uitleggen

00:09:55 interviewer

Heb je verder nog dingen die in jouw op zijn gekomen In de tussentijd afgelopen lessen?

00:10:01 Leerling 3

Nee.

00:10:03 interviewer

Oké, dan was dat het. Bedankt!

## Interviewresultaten leerling 4

Transcriptie pre-interview

00:00:06 Interviewer

Nou ja, zoals je weet, ben ik bezig met een onderzoek en Het gaat over de combinatie van wetenschapsgeschiedenis en practica In de natuurkunde les en de reden dat ik een aantal van jullie wil interviewen, is dat ik voor ongeveer voor en en na wat input van jullie kan krijgen om ook iets te iets over het proces te kunnen zeggen.

00:00:28 Interviewer

En dus Ik ben eigenlijk vooral benieuwd naar hoe jullie denken over hoe een natuurkunde les eruit moet zien wat jullie fijn vinden qua de manier waarop het gegeven wordt. En ja, Misschien wat input voor hoe zo'n combinatie van die verschillende dingen In de natuurkunde les eruit kan zien. En mijn eerste vraag is eigenlijk jouw eerste indruk van de

combinatie van wetenschapsgeschiedenis en practica

00:00:51 Leerling 4

Ja, Ik vind het wel leuk om te doen. Het enige is, Ik vind het ook altijd wel fijn als je wat tijd hebt voor huiswerk In de les en dat heb je zo misschien minder, Maar dat met practica vind ik dan wel weer heel leuk om te doen. Een beetje een combi

00:01:08 Interviewer

En wetenschapsgeschiedenis is het iets waar je een beetje bekend bent. Heb jij wel eens iets over gehoord? Bij andere vakken bijvoorbeeld?

00:01:13 Leerling 4

Ja wel eens, maar niet niet echt

00:01:18 Interviewer

Komt het bij andere vakken waar eens naar voren?

00:01:23 Leerling 4

Heel soms bij scheikunde, maar vrijwel niet.

00:01:27 Interviewer

Ja en, wat is jouw beeld ervan? Wat is het eerste dat in je opkomt?

00:01:33 Leerling 4

Ja, maar weet ik eigenlijk niet gewoon.

00:01:38 Leerling 4

Dat is natuur en scheikunde. Ja ja.

00:01:44 Interviewer

Wat mijn intentie is met deze lessen is om Waarom dingen zo zijn en hoe ze tot stand gekomen zijn om dat een beetje bij te brengen en hopelijk op die manier ook de stof van nu iets inzichtelijker te maken, dus dat het niet maar random om formules die op het bord staat, Maar dat daar een verhaal achter zit. En een pad waar naar die formules toe, Maar het

lijkt je het je interessant om te weten hoe natuurkunde tot stand is gekomen?

00:02:10 Leerling 4

Jawel, dat vind ik wel op zich wel interessant en leuk om te weten.

00:02:17 Interviewer

Denk je ook dat he kan helpen met het begrip van de stof?

00:02:20 Leerling 4

Ik denk dat het voor heel veel Mensen wel kan helpen. Ja, Ik heb zelf niet zoveel moeite met natuurkunde, maar Als je er wel wat meer moeite mee hebt, denk ik dat het wel helpt om te weten hoe je eraan komt.

00:02:30 Interviewer

En heb je dan ook wel eens jezelf? Ik weet niet of je zelf wel eens ergens vastloopt op een Formule of een ding bij natuurkunde je dan dat dat je nog op zoek gaat naar waarom zo iets is?

00:02:38 Leerling 4

Dat niet zo snel. Meestal is het gewoon een filmpje kijken over het ding en dan wordt er nog iets beter.

00:02:49 Interviewer

En in net zei in het begin al gelijk iets over genoeg tijd voor huiswerk in de les. Die input ben ik ook een beetje op zoek hoe die balans moet zijn In de les.

00:03:06 Leerling 4

Ik vind het zelf heel fijn om om het wel te doen (huiswerk maken in de les), Omdat ik buiten school niet heel veel tijd over heb en dan maak ik het heel vaak gewoon half net niet.

00:03:20 Leerling 4

En, maar Als je te weinig doet, dan heb je ook.

00:03:22 Leerling 4

Weer geen tijd voor uitleg dan ja.

00:03:27 Interviewer

En en zeg maar op het dat de wetenschapsgeschiedenis en practica specifiek hoe dat kan helpen of juist niet kan helpen. Hoe zul je zo denkt u daarover?

00:03:35 Leerling 4

Ja, Ik denk dat het wat minder kan helpen omdat misschien wel vrij lang duurt, Maar het helpt wel met het proces van hoe je ergens komt en ja begrijpen waarom een formule zo is.

00:04:00 Interviewer

Waar moeten de lessen aan voldoen volgens jou. Zodat het succesvol is, wat moet het sowieso bevatten en wat niet?

00:04:14 Leerling 4

niet Ja niet te veel theorie en wel practica, want dan is het leuk en dan onthoud ik dingen ook makkelijker.

00:04:21 Interviewer

Ja, heb je het idee dat je met practica dingen echt meer onthoudt

00:04:23 Leerling 4

Ja, want als ik alleen maar theorie krijg, dan is het een beetje het ene oor in andere oor uit op het practica moet je er ook echt wat mee doen

00:04:33 Interviewer

En Als we het over practica hebben, is het dan een practicum waarbij je echt stap voor stap iets moet doen of meer een practicum waarbij jezelf moet nadenken?

00:04:41 Leerling 4

Meer waar ben je zelf moet nadenken hoe je iets opzet want dan denk je ook verder

00:04:47 Interviewer

Over na, hebben jullie dat al veel gehad, practica waarbij je echt zelf dingen op moet zetten.

00:04:54 Leerling 4

Niet echt.

00:05:13 Interviewer

Prima oké dus dat probeer ik ook. Een klein beetje kan niet alle snoep heel veel dingen tegelijk gaan proberen, Maar ik probeer dat wel een klein beetje in die pakt in te brengen dat Het gaat vanuit een een beetje zelf nadenken. Ik heb ik al heel wat input van je zijn er verder nog dingen die je op gekomen, Misschien In de les die je tot nu toe hebt gehaald.

00:05:34 Leerling 4

Nee niet echt

00:05:37 Interviewer

Nou dankjewel, dan was het

[Transcriptie post-interview](#)

00:00:07 Interviewer

En nou bedankt dat je nog een keer geïnterviewd wil worden, in ieder geval in je drukke schema en.

00:00:18 Interviewer

De reden voor dit interview is eigenlijk gewoon om te kijken. Nou, wat vond je van tevoren dat je verwacht heb ik het voor het grootste deel uitgevoerd en nu ben ik benieuwd hoe je het vond. Misschien heb je nog allemaal verbeterpunten in gedachten, maar dan kunnen we gewoon in het gesprek een beetje achter komen dus.

00:00:36 Interviewer

Ik ben helemaal helemaal open voor feedback, dus ook de dingen die minder goed waren mag je gewoon gerust zeggen. Dat is helemaal prima.

00:00:46 Interviewer

Eerste interview, had jij als een aantal punten had jij een punt dat, zoals dat er wel genoeg tijd voor huisje moet zijn In de les en jij verwachtte dat het de aanpak zou helpen met het inzicht en wel leuk zou zijn, dus Ik ben eigenlijk wel benieuwd hoe je daarop terugkijkt.

00:01:02 Leerling 4

Nou ja, Ik vind dat wel redelijk. Klopt met wat ik gezegd heb.

00:01:07 Leerling 4

Het enige soms duurde. Het duurde het vrij lang. Het leek heel ja langdradig af en toe.

00:01:16 Interviewer

De uitleg verhaal?

00:01:18 Leerling 4

Ja

00:01:20 Interviewer

En verder, hoe ja, hoe vond je de lessen?

00:01:23 Leerling 4

Ik vond het op zich wel leuk, Omdat je heel veel praktische dingen erbij zag hoe het gebruikt werd en aangetoond werd.

00:01:33 Leerling 4

Ja dat vooral.

00:01:35 Interviewer

En heb je ook een idee over of het nuttig was

00:01:38 Leerling 4

Ja want je snapt veel beter waar iets vandaan komt en hoe ze erop gekomen zijn dat iets zo is waardoor het wel makkelijker gebruiken is.

00:01:51 Interviewer

En dat je dat dat inzicht komt dat vooral door wat ik vertel of door wat je zelf moet doen of waar komt dat vandaan?

00:01:59 Leerling 4

Een beetje door allebei, Maar ik denk vooral door wat u verteld heeft.

00:02:02 Interviewer

Gewoon de verhalen?

00:02:09 Interviewer

Waren er ook dingen die die heel anders waren dan je verwacht had na het eerste interview.

00:02:19 Leerling 4

Niet echt. Gewoon wel, ja.

00:02:23 Leerling 4

Ja wel redelijk wat ik verwacht had.

00:02:29 Interviewer

Als je naar zo'n lessenserie zie als dit kijkt, wat zou je dan daarvan meenemen? Wat heb je geleerd? Wat zou je zeggen? Dat zou ik graag terug willen zien in toekomstige lessen?

00:02:38 Leerling 4

Veel met zelf nadenken hoe iets werkt en bedenken hoe je dingen moet oplossen en zo dat wel leuk. En dan sla je het ook beter op.

00:02:54 Interviewer

Oké en is dat dan ook echt anders dan wat je gewend was met de natuurkunde les dat je dus zelf moet nadenken hoe je dingen moet oplossen

00:03:01 Leerling 4

Jawel, want eerder was het altijd: Je krijgt uitleg en je gaat aan het werk en dat was het.

00:03:17 Interviewer

Over wat ik er ook geprobeerd heb om er een beetje in te stoppen, is een beetje hoe wetenschap ontstaan is. Een beetje hoe het werkt. Is dat een beetje bij jou overgekomen?

00:03:25 Leerling 4

Ja, zeker wel. Gewoon van wie heeft het bedacht en hoe en waarom.

00:03:35 Interviewer

En was dat nog heel anders dan je verwacht had. Hoe bijvoorbeeld bij het onderwerp elektriciteit dingen tot stand zijn gekomen.

00:03:41 Leerling 4

Sommige dingen wel, omdat ze dingen dan bedenken op manieren waar je zelf niet op zou zijn gekomen.

00:03:47 Interviewer

Heb je een voorbeeld?

00:03:51 Leerling 4

Ik weet niet precies meer.

00:03:56 Leerling 4

Die fles

00:03:59 Interviewer

Die Leidse fles ja ja.

00:04:01 Interviewer

Oké, wat dacht je daarbij?

00:04:02 Leerling 4

Je daarbij, dan ja, Ik weet niet. Ik had niet verwacht dat je op zo'n manier zoiets zou bedenken dat dat zo zit. Ik weet niet.

00:04:10 Interviewer

Ja, ze waren best creatief, eigenlijk in het verleden ook, ja het waren ook Mensen, ze waren ook creatief.

00:04:25 Interviewer

De lessen waren uiteraard nog niet perfect, dus in de toekomst wil ik, misschien verder gaan met lessen op deze manier ontwikkelen en hoe ik wil doen wil ik in mijn verslag ook neerzetten. Oké, hoe zou je dit nou beter nog kunnen toepassen in de lessen. Als je zou moeten zeggen, oké, dat zou nog wel verbeterd kunnen worden. Wat zou je dan noemen?

00:04:49 Leerling 4

iets meer het samen laten komen met het hoofdstuk, want het ging nu wel elke keer over dingen, maar dan wist ik in het hoofdstuk niet zo goed waar het bij hoorde.

00:05:08 Interviewer

Zijn er verder nog dingen die je in je op zijn gekomen?

00:05:09 Leerling 4

Nee

00:05:12 Interviewer

Nou heel erg bedankt dan

## Interviewresultaten leerling 5

### Transcriptie pre-interview

00:00:02 Interviewer

Nou, zoals je weet, ben ik bezig met mijn onderzoek over de combinatie van wetenschapsgeschiedenis en practica en de natuurkunde les. En Het is voor mij nuttig om van tevoren een soort van Van tevoren zijn. Een klein beetje begonnen en achteraf wat leerlingen te interviewen, zodat ik ja uiteindelijk iets over kan zeggen over of het iets nuttigs was wat ik anders zou kunnen doen en daar mijn verslag mooi over kan schrijven. Dus Ik ben benieuwd en ben naar wat van jullie input.

00:00:28 Interviewer

En nou ja, mijn mijn intentie met het hele onderzoek is dus om wetenschapsgeschiedenis en practica op zo'n manier te combineren In de In de les dat het nuttig is. Ook voor het begrijpen van de lesstof vallen dus niet Alleen maar voor het begrijpen van wetenschapsgeschiedenis, ook om de stof van nu goed te begrijpen. En Ik ben benieuwd wat je eerste indruk is of was van dit plan.

00:00:48 Leerling 5

Nou, Ik vind wel grappig, op zich. Ik vind het wel wel bijzonder en want normaal gewoon

hebben dat helemaal niet, dus Het is wel interessant.

00:01:00 Leerling 5

En, meestal is het gewoon formuletje, oké, we rekenen, maar als je dan weet waar het vandaan komt is ook wel interessant.

00:01:06 Interviewer

En ja over wetenschapsgeschiedenis is dat iets waar je bij een ander vak wellicht dan een keer wat over gehoord of.

00:01:17 Leerling 5

Nee, niet het eigenlijk niet.

00:01:21 Leerling 5

Ja ja je hoort wel eens een naam van Mensen van dat die dit gedaan hebben, maar niet speciaal echt wie ze dan zijn.

00:01:32 Interviewer

Maar lijkt het je interessant om de achtergrondkennis bij de stof te hebben. Zou het jou kunnen helpen?

00:01:47 Leerling 5

Beter begrijpen waar we voorbeeld formules vandaan komen.

Ja, Ik denk dat dat wel helpen

00:01:55 Interviewer

Op welke manier zou dit dan helpen?

00:02:00 Leerling 5

Ja vooral met formules dan inderdaad denk ik gewoon dat je dan snapt van. Oh, daar komt de formule vandaan en zo werkt ie en.

00:02:14 Interviewer

Als je zeg maar, denkt over hoe zo'n lessen dan uit moet zien Als je dan zijn om bepaalde dingen waarvan je denkt, oké, dat dat moet je wel doen en dat moet je juist niet doen in zo een in zo een les die op deze manier zijn gericht.



00:02:25 Leerling 5

Ik denk dat hij op zich wel goed is ingericht, maar zoals men het al eerder zei, wat meer tijd voor huiswerk zou wel fijn zijn. Dus dat je gewoon een kwartiertje 20 minuten uitlegt en dan Mensen een huiswerk, want dan kunnen ze nog vragen stellen over dat huiswerk.

00:02:53 Interviewer

Wat zijn dan denk jij de de voorwaardes waar zo'n les als dit aan moet voldoen om succesvol te zijn?

00:03:02 Leerling 5

Gewoon goede uitleg, dat dat helpt wel enorm.

00:03:07 Interviewer

En, wat maakt een goede uitleg?

00:03:09 Leerling 5

Niet gewoon een boek uit oplezen, maar veel opdrachten maken met de klassen dat zij ook zelf een beetje gaan nadenken en gewoon juist aantekeningen geven die bijvoorbeeld het boek niet geeft?

00:03:19 Leerling 5

Want in het boek helpt wel veel, maar niet alles staat in het boek en soms komt er dan iets op de toetsen, dan denk ik, hè?

00:03:25 Interviewer

Dat is nog niet eerder gezien, ja?

00:03:37 Interviewer

Ja, en Als je dan Als je naar die werkdruk kijkt, de hoeveelheid stoffen in het boek en de hoeveelheid tijd in.

00:03:43 Interviewer

Hoe vaak jij dat op is, Het is het. Moet je het gevoel dat het heel veel is met natuurkunde, wat Je moet leren of is er nog veel ruimte, denk je om?

00:03:50 Leerling 5

Nou Het is vooral in het boek lijkt het redelijk veel, maar meestal is het gewoon. Je moet gewoon goed specifiek lezen van wat. Wat is nou belangrijk om mee te stad staan er gewoon verhaaltjes omheen?

00:04:01 Leerling 5

Dus dan Ik vind het wel meevallen. Het is wel veel Natuurlijk, maar eigenlijk moet je het hoofdstuk met de andere hoofdstukken daar weer bij, dus het wordt wel steeds meer, Maar ik. Ik vind het wel prima gaan of zo.

Transcriptie post-interview

00:00:05 Interviewer

Nou de reden voor dit tweede interview had ik volgens mij ook bij het eerste interview gezegd is dat ik voor mijn onderzoek het interessant vind om te kijken hoe jullie van tevoren keken naar het lessenserie. Nou tijdens de uitvoering en nu erop terugkijken. Dus Ik wil even met je hebben over wat je vooraf dacht hoe je vond Dat is gegaan en wat je Misschien nog voor suggesties of feedback hebt om dingen In de toekomst te verb.

00:00:30 Interviewer

En mag je wel eerlijk in zijn, Ik ben niet snel beledigd. Ik sta helemaal open voor feedback dus.

00:00:36 Interviewer

Je hoeft vooral niet bang te zijn om iets fout te zeggen. Nou, allereerst, hoe vond je de lessen gewoon in het algemeen? Dat zijn de eerste.

00:00:45 Leerling 5

Ik vond ze prima fijn. Het was heel fijn dat we meer tijd hadden voor huiswerk, dat ik minder thuis hoefde te doen, want ik snap het. Ik snap dit hoofdstuk wel prima, dus Ik heb gewoon. Ik loop nu voor met het huiswerk een klein beetje, dus dat vind ik wel heel fijn. Iets minder stress daarover.

00:01:04 Interviewer



En, Dat is mooi om te horen, want je had in je in het interview aan aan de voorkant aan het aan van tevoren. Had jij iets gezegd over de balans tussen de lesactiviteiten, ook met het huiswerk dus hoe daar kijk je wel positief op terug als ik dat zo begrijp.

00:01:19 Leerling 4

Ja

00:01:20 Interviewer

En Als we het hebben over echt waar mijn onderzoek over ging, dus over die wetenschapsgeschiedenis en practica je. Je verwachtte dat dat een goede toevoeging zou zijn. Hoe denk je daar nu?

00:01:31 Leerling 5

Het was wel een grappige toevoeging, Misschien niet het meest nuttige, want ik heb. Ik heb niet heel het nut helemaal ingezien, Maar het was wel grappig om een beetje te kijken naar van waar komt het toch wel vandaan?

00:01:45 Interviewer

En Als je zegt, Ik heb het nut niet helemaal ingezien, is dat waar ligt wat denk jij aan?

00:01:52 Leerling 5

Dat ik niet helemaal. Het is leuk om te zien waar de formules vandaan komen, maar uiteindelijk is het gewoon. Je leert de formules en dan is het gebruik je die en dan is dat het

00:02:04 Leerling 5

Dus Het is wel wel een keer grappig om te zien, want meestal zie je dat helemaal niet, dan is het gewoon. Oh, dit heet zo en ja

00:02:16 Interviewer

Waren er dan ook dingen die heel anders waren dan je verwacht had? Of hoe was de lessenserie ten opzichte van je verwachtingen?

00:02:25 Leerling 5

Ik had niet per se verwachtingen ik, ik kwam er gewoon in en ik dacht helemaal goed dit.

00:02:34 Interviewer

Maar Als je die bedoel, je hebt Misschien geen concrete verwachtingen, maar Misschien dat je wel het idee van. Oh, Misschien wordt het zo het zo. En Misschien kun je nu zeggen, Het was, Het was verrassend, positief of negatief of neutraal.

00:02:47 Leerling 5

Ik vond het prima, Het was gewoon je ging zitten, je kreeg een beetje uitleg van. Dit is waar het nu een beetje over gaat en Dit is de geschiedenis van dit. En dan zei je van, nou, hier kun je aan het Huis werken als oké, top ik, ik snap dit, ik snap de waar het vandaan komt en Ik ga bezig met de formules en dan ga ik gewoon huiswerk maken.

00:03:09 Interviewer

Nee, je zegt dat dus dat die connectie tussen die geschiedenis en die formules dat het niet per se super nuttig was voor jou.

00:03:18 Interviewer

Maar denk je dat het dan nuttiger is om weer meer balans naar Alleen maar die stof te te brengen voor jou, om die geschiedenis een beetje weg te Laten of zeg jij, Dat is wel een onderdeel van de lijst, een goed.

00:03:32 Leerling 5

Ik vond het wel om goed onderdeel van de les. Ja, ik doe Natuurlijk niet heel veel mee, Maar ik denk dat Als je teveel op de op de stof Alleen maar in het boek gaat, dat het dan ook een hmm wordt.

00:03:46 Leerling 5

Een beetje geschiedenis en dan een beetje van het boek en dan het huiswerk vind, dat vind ik het prima.

00:03:55 Interviewer

En Als je zou zeggen, oké, nu moet in opnoemen wat ik dan heb opgestoken van deze lessen net buik, Dat is niet per se wat in het boek staat, maar wat je dan meeneemt.

00:04:31 Leerling 5

Wie mensen waren, want meestal dan zie je gewoon de achternaam van en Dat is dan meestal Als de achternaam van de persoon is. De naam van zoals Newton. Maar dan weet je eigenlijk niet echt. Ja, Newton, weet je dan wel wat er gebeurd is? Maar van die andere weet je dat niet.

Dat is dan op zich dat, dat kan ik dan thuis vertellen, bijvoorbeeld van ja, deze kerel heeft dit gedaan.

00:04:52 Interviewer

Wel allemaal kerels, hè? Dat is wel stom eigenlijk hè? Ja, Dat is nog een idee voor een toekomstige lessen serie over vrouwen In de natuurkunde. Die waren er ook wel Alleen die kregen niet genoeg aandacht eigenlijk. Ja, geschiedenis is niet zo vriendelijk tegenover vrouwen.

00:04:54 Leerling 5

Ja.

00:05:12 Interviewer

Een van de aspecten die Ik heb geprobeerd ook een beetje In de lessen te verweven is een beetje hoe wetenschap werkt en hoe wetenschap niet werkt. Is daar iets van bij gebleven bij je?

00:05:31 Leerling 5

Niet heel actief gemerkt, Maar dat kan gewoon aan mij liggen.

00:05:39 Interviewer

Bijvoorbeeld door dat experiment van Cavendish weet je al met die schokjes. Daar wilde ik mee Laten zien dat ze nog niet echt meetinstrumenten hadden en ging volop meter. Dus hoe hoe die ontwikkeling daarvan eigenlijk ontsteekt, Dat is een beetje wat ik.

00:05:54 Leerling 5

Owh op die manier ja met ook met die die dat die wijzer. Ja ja, die hadden we inderdaad, die hadden we die had meneer Saritas ook een keer laten zien.

00:06:05 Interviewer

En ook hoe wetenschap eigenlijk continu ontwikkelt en nooit helemaal af is.

00:06:17 Interviewer

Dat werkte toen prima voor die ideeën. Ze kwamen met die Leidse fles Oh. Je kon het erin opslaan, de vloeistof, dus dat was prima.

00:06:25 Interviewer

Maar daar denken we nu anders over en Misschien denken we over 100 jaar wel weer heel anders over dingen zoals we die nu hebben beschreven.

00:06:38 Interviewer

Zijn er verder nog dingen die in je op zijn gekomen tijdens de lessen nu?

00:06:47 Leerling 5

Nee, niet per se.

00:06:50 Interviewer

Nou heel erg bedankt dan.

## Bijlage G: overzicht gecodeerde uitspraken

### HPS

Collega natuurkundedocent (over wetenschapsgeschiedenis in de les): Nou, het helpt heel erg bij de beeldvorming, maar ook kinderen meenemen en enthousiasmeren en het is natuurlijk wel behalve dat je dat de kinderen zijn eigenlijk een soort van mini wetenschap, mini natuurkundig In de dop zijn allemaal, terwijl ze nog niks weten.

Collega natuurkundedocent: En je moet ze enthousiasmeren. Ja, en dan neem je ze mee in een verhaalvorm. En hoe mooi is dat? Kinderen leggen bij zo'n geschiedenisles die die die die boeken weg en de docent die gaat op tafel zitten en die vertelt het verhaal worden meegezogen. Het kan bij ons natuurlijk ook niet zo goed, weet je, waar komt het vandaan? Hoe en wanneer begonnen ze al met kijken naar de naar de sterren en de zich af te gaan vragen? Dus ik probeer veel al kan mee te nemen. Wanneer begonnen ze met ontdekkingen, hoe zijn de Mensen er doorheen gekomen en dan komen we vanaf uiteindelijk aan hier.

Collega natuurkundedocent: Als we het hebben over over straling en radioactiviteit. Nou, dan neem je Natuurlijk. Dat is wel recentelijk dan allemaal recentelijk. Dat is de laatste 150 jaar. Is dat een beetje geweest en dan neem je gewoon eventjes, neem je het een en ander mee van goh vanaf waar zei u begonnen welke personen zijn belangrijker geweest? We hebben ze straling ontdekt. Welke namen komen we dan een beetje aan bod en tot aan een beetje de de oorlogen dat dat een beetje wat toegepast of tot aan nu.

Collega natuurkundedocent (over geschiedenis in de onderbouw): Dat doe je in onderbouw niet (uitgebreide wetenschapsgeschiedenis), maar onderbouw heb je natuurlijk wel elektriciteit die en komt op een gegeven moment ook wel licht. Waar is de wereld uit opgemaakt, hè? Deeltjes vast vloeibaar gas en dan ga je het ook hebben over atomen en dan ga je het alweer terug naar de Grieken dat ze en daar pak je op een gegeven moment de avatar erbij, want ik ken Oh avatars ken ik met water, licht en vuur weet je, Maar dat zal wel een beetje waar ze dan vroeger ook over na zitten denken en Dat is typisch een voorbeeldje waar ja, jij noemt hem van, dan hebben ze de affiniteit daarvan en Dit is wel een moderne misconceptie, maar ze kennen het dan wel.

### Pre interview

00:01:05 leerling 1 (Wat is je eerste indruk bij dit onderwerp?)

Nou eigenlijk een beetje, want je hebt Natuurlijk heel veel formules die moet je leren eigenlijk een beetje van hoe ze erachter zijn gekomen wie erachter is gekomen.

00:01:49 leerling 1

Bij Biologie zeggen ze vaak wel wie het heeft bedacht, maar zo heet het dan gewoon dus.

00:03:34 leerling 1

Als het goed wordt gegeven, denk ik dat het wel helpt om de stof te begrijpen. Maar als het meer als een geschiedenisles wordt gegeven niet. Als je een verhaal naar een formule toe krijgt dat helpt het denk ik wel

00:05:59 leerling 1

Je moet wel alles gewoon alle stof behandelen die je moet behandelen en dan daar vanuit daaruit kijken hoeveel tijd je over hebt voor de geschiedenis, want als je een stuk van de stof niet behandelt is dat niet handig.

Als je heel veel namen en jaartallen en alles door elkaar gooit en op leerlingen afvuurt dan komt het niet meer goed. Het moet meer een verhaal dan een opsomming van dingen worden. Als dat verhaal niet bestaat, dan maak je maar een verhaaltje ofzo.

00:07:53 Leerling 1

Ja, ja, want daar heb ik niks aan. (jaartallen)

00:04:33 Leerling 2

Ja, Het is gewoon een beetje van hoe het ontdekt is verteld hij dan, als hij het weet. Hij weet het wel vaak niet altijd. (over hulp van vader bij formules)

00:06:25 Leerling 2

Ja gewoon een beetje geschiedenis erbij, denk. Maar niet echt dat het heel belangrijk wordt. Niet dat het echt. Dat het niet te diep op de geschiedenis ingaat.

00:01:32 Leerling 3

Ja wel online sommige namen, maar nou ja, maar nooit echt uitleggen of iets over gekregen. (wat de leerling al eerder over wetenschapsgeschiedenis had geleerd)

00:01:52 Leerling 3

Dan denk ik aan man onder een boom en dan valt er zo een appel op zijn hoofd.

00:01:00 Leerling 5

En, meestal is het gewoon formuletje, oké, we rekenen, maar als je dan weet waar het vandaan komt is ook wel interessant.

00:01:21 Leerling 5

Ja ja je hoort wel eens een naam van Mensen van dat die dit gedaan hebben, maar niet speciaal echt wie ze dan zijn.

00:02:00 Leerling 5

Ja vooral met formules dan inderdaad denk ik gewoon dat je dan snapt van. Oh, daar komt de formule vandaan en zo werkt ie en. (Op welke manier denk je dat dit je kan helpen?)

## Post interview

00:08:11 Leerling 1

Wacht even. Dit is echt een overhoring. Voor mijn gevoel wel, want daar heb ik nog over nagedacht.

Ja over dat ze niet de middelen hadden om echt te meten, dus dat ze gingen met aan de hand van water (refereert naar experiment cavendisch leidse fles schokken), dat vond ik interessant. Het is niet echt fout, maar laat het verschil met nu zien.

00:08:53 Leerling 1

(herleiden formules adhv geschiedenis) Dat heb ik niet helemaal teruggezien, Maar dat. Nee, dat durf ik niet te zeggen. Ja, maar Misschien past het ook niet helemaal goed bij geschiedenis. Misschien moet je dat dan meer laten zien, maar hoe zou ik ook niet zo weten.

00:09:53 Leerling 1

Dat ik meer een geschiedenis verhaaltje had verwacht. Niet dat het nu fout was, maar dat was mijn verwachting aan de hand van de eerste les zeg. Want toen was het iets meer geschiedenisverhaal dan daarna.

00:02:32 Leerling 2

Er kwam gewoon een stuk uitleg over de lesstof alleen dan nu, misschien met iets meer achtergrondinformatie, zeg maar. Maar ja, in principe uiteindelijk kwam er wel hetzelfde uit.

00:04:09 Leerling 2

Ja, denk het wel.

00:04:14 Leerling 2

Zoals ik al zei, een beetje achtergrondinformatie wat meer.

00:01:23 Leerling 3

Sowieso wel de proefjes? De dingen die je laat zien. Zo'n fles (Leidse fles)

Ik vind dit wel interessanter dan gewoon formules en opdrachtjes weer maken.

00:09:33 Leerling 3

Ja, je weet nu wel meer gewoon van het verleden hoe het tot stand is gekomen.

00:01:23 Leerling 4

Ik vond het op zich wel leuk, Omdat je heel veel praktische dingen erbij zag hoe het gebruikt werd en aangetoond werd.

00:03:41 Leerling 4

Sommige dingen wel, omdat ze dingen dan bedenken op manieren waar je zelf niet op zou zijn gekomen. (of dingen anders waren dan verwacht) Die fles (Leidse fles)

00:04:02 Leerling 4

Je daarbij, dan ja, Ik weet niet. Ik had niet verwacht dat je op zo'n manier zoiets zou bedenken dat dat zo zit. Ik weet niet.

00:01:52 Leerling 5

Dat ik niet helemaal. Het is leuk om te zien waar de formules vandaan komen, maar uiteindelijk is het gewoon. Je leert de formules en dan is het gebruik je die en dan is dat het

00:04:31 Leerling 5

Wie mensen waren, want meestal dan zie je gewoon de achternaam van en Dat is dan meestal Als de achternaam van de persoon is. De naam van zoals Newton. Maar dan weet je eigenlijk niet echt. Ja, Newton, weet je dan wel wat er gebeurd is? Maar van die andere weet je dat niet.

## NOS

### Pre interview

00:01:05 leerling 1

Nou eigenlijk een beetje, want je hebt Natuurlijk heel veel formules die moet je leren eigenlijk een beetje van hoe ze erachter zijn gekomen wie erachter is gekomen.

00:01:18 leerling 1

Of ze het eerst nog fouten hadden enzo dat allemaal wel.

00:01:36 leerling 1

Bij scheikunde hebben ze soms wel een nou niet foutief maar zeg maar een niet compleet model laat ze dan zien van eerst. Dat vind ik wel interessant.

00:02:36 leerling 1 (over hoe HPS zou kunnen helpen volgens de leerling zelf)

Hangt er een beetje vanaf als het zeg maar echt fout was en dan is er zoiets heel kleins zou net als die plus Polen en min Polen in een batterij of zo. Dat gaat iedereen fout blijven doen. Dus hangt een beetje vanaf. Of het dan echt tegenwerkt of niet. Ik denk dat het van het onderwerp afhangt of het te verwarrend wordt.

00:03:34 leerling 1

Als het goed wordt gegeven, denk ik dat het wel helpt om de stof te begrijpen. Maar als het meer als een geschiedenisles wordt gegeven niet. Als je een verhaal naar een formule toe krijgt dat helpt het denk ik wel

00:05:59 leerling 1

Je moet wel alles gewoon alle stof behandelen die je moet behandelen en dan daar vanuit daaruit kijken hoeveel tijd je over hebt voor de geschiedenis, want als je een stuk van de stof niet behandelt is dat niet handig.

Als je heel veel namen en jaartallen en alles door elkaar gooit en op leerlingen afvuurt dan komt het niet meer goed. Het moet meer een verhaal dan een opsomming van dingen worden. Als dat verhaal niet bestaat, dan maak je maar een verhaaltje ofzo.

00:03:54 Leerling 2

Ja, Ik denk zeker weleens, waar komt het vandaan? Waar? Of, Waarom is dit waar? Waarom klopt dit?

00:07:30 Leerling 2

Heb wel het idee van dit zijn gewoon vaste wetten, Maar ik wil wel weten. Ik denk dat we de belangrijkste dingen wel hebben nu

00:01:52 Leerling 3

Dan denk ik aan man onder een boom en dan valt er zo een appel op zijn hoofd.

00:04:58 Leerling 3 (over of weten hoe formules tot stand komen)

Ja, Ik denk dat het soms wel, maar dan ga ik niet echt verder op in.

00:05:38 Leerling 3

Niet niet, zeg maar een specifiek beeld, maar wel ja, een idee. Of bijvoorbeeld een wetenschapper die iets ging doen dat je daarbij dan een Formule hebt?

00:05:31 Leerling 5 (Een van de aspecten die Ik heb geprobeerd ook een beetje In de lessen te verweven is een beetje hoe wetenschap werkt en hoe wetenschap niet werkt. Is daar iets van bij gebleven bij je?)

Niet heel actief gemerkt, Maar dat kan gewoon aan mij liggen.

## Post interview

00:08:11 Leerling 1 (of de leerling terug heeft zien komen hoe men omging met veranderende theorieën)

Wacht even. Dit is echt een overhoring. Voor mijn gevoel wel, want daar heb ik nog over nagedacht.

Ja over dat ze niet de middelen hadden om echt te meten, dus dat ze gingen met aan de hand van water (refereert naar experiment cavendisch leidse fles schokken), dat vond ik interessant. Het is niet echt fout, maar laat het verschil met nu zien.

00:02:32 Leerling 2

Er kwam gewoon een stuk uitleg over de lesstof alleen dan nu, misschien met iets meer achtergrondinformatie, zeg maar. Maar ja, in principe uiteindelijk kwam er wel hetzelfde uit.

00:06:03 Leerling 3

Ja het niet echt waar je het meeste op let het waarschijnlijk wel een deel nog wel onthouden op de Achtergrond. Maar ja, je bent vooral bezig met gewoon wat ook in het boek staat.

00:06:32 Leerling 3 (over of de manier waarop wetenschap in de les behandeld is overeenkomt met de denkbeelden van de leerlingen)

Ja, nou, Ik had het eigenlijk ja wel een beetje hetzelfde idee daarvan.

00:09:33 Leerling 3

Ja, je weet nu wel meer gewoon van het verleden hoe het tot stand is gekomen.

## Inquiry

### Pre interview

00:04:58 Leerling 3 (En denk je wel eens bij een Formule? Ja, Waarom is dit zo?)

Ja, ik denk dat het soms wel, maar dan ga ik niet echt verder op in.

## Post interview

00:03:01 Leerling 1

Want voor een cijfer, dan neemt iedereen gewoon dingen van elkaar over. En nu heb ik daadwerkelijk zelf er moeite in gestopt om het zelf te bedenken, want het hoeft er niet goed dus, toen deed ik wel goed

00:03:30 Leerling 1

En Als het voor een cijfer is, dan wil je ook zeg maar stel je weet, Je moet een bepaalde Formule aankomen, dan ga je ook stiekem wat resultaten aanpassen in plaats van nadenken. Wat is er fout? Wanneer meneer stopt er altijd tijdsdruk op. Eigenlijk had ik dat niet verwacht ook zelf, maar dat het niet voor een cijfer was eigenlijk zorgde dat ik zelf geen nadenken wat nou?

00:04:39 Leerling 1

Ja, dat denk ik. Ik was Alleen toen met die batterijen. Toen kregen we van alles 4 materiaal dat practica was. Ja, ik kan aan mij liggen dat ik altijd dacht ik wel, maar voor mij was het niet heel duidelijk uitgelegd. Ik was er ook niet op gekomen dat ze ze niet stukjes van 4 op elkaar moet leggen, maar om de beurt en ik weet ook niet hoe ik daarop had moeten komen. Dus dat was niet heel duidelijk uitgelegd. Ik dacht dat dat daarna zou worden uitgelegd, maar dat was niet zo.

00:06:20 Leerling 2

Nou ja, dat vond ik op zich wel leuk. Het enige was dat ik eigenlijk liever had gehad was dat er niet alsnog een stappenplan was, maar dat we het echt helemaal zouden moeten verzinnen. Ik had graag nog meer zelf willen doen.

00:06:51 Leerling 3 (inquiry practicum)

Ik kan in het begin het al ja soort van een soort stomme beetje ja, dit moet je extra werk gaan doen, Maar het maakt het wel makkelijker om, zeg maar ook te snappen waar het practicum over gaat. In plaats van dat je gewoon maar wat doet en dan nog een conclusie moet bedenken.

00:07:26 Leerling 3

En ja zeg maar, vaak was de eerste stap zetten wel moeilijk.

Maar Als je eenmaal het begin had, dan was het wel goed te doen.

00:02:38 Leerling 4

Veel met zelf nadenken hoe iets werkt en bedenken hoe je dingen moet oplossen en zo dat wel leuk. En dan sla je het ook beter op.

## Organisatie en structuur

### Pre interview

Collega natuurkundedocent: Als je daar een plan voor aanpak op moet schrijven en jij bent super enthousiast over het plan. Dat helpt natuurlijk wel, maar jij zal ook al jouw andere docenten moeten kunnen overtuigen van waarom zou je dit ook zouden moeten kunnen en wat het nut hiervan is en wat meerwaarde, dit kan nog leveren.



Collega natuurkundedocent: Maar je spreekt ergens over en je stelt je vragen en leerlingen reageren. Je krijgt een klassengesprek met elkaar aan en dan komen de dingen wel naar voren toe. En ik probeer altijd mega ja open minded te zijn dat ze mogen alles zeggen en doen wat Het is. Dus ook alle missoncepten gooi alles maar uit.

00:03:34 leerling 1

Als het goed wordt gegeven, denk ik dat het wel helpt om de stof te begrijpen. Maar als het meer als een geschiedenisles wordt gegeven niet. Als je een verhaal naar een formule toe krijgt dat helpt het denk ik wel

00:04:36 leerling 1

Ik denk niet dat het niet per se deel moet zijn van de stof, maar dat het wel een handige optie is om zo les te geven, maar alleen als het je echt helpt bij de stof begrijpen. Om de stof minder abstract te maken.

00:05:59 leerling 1

Je moet wel alles gewoon alle stof behandelen die je moet behandelen en dan daar vanuit daaruit kijken hoeveel tijd je over hebt voor de geschiedenis, want als je een stuk van de stof niet behandelt is dat niet handig.

Als je heel veel namen en jaartallen en alles door elkaar gooit en op leerlingen afvuurt dan komt het niet meer goed. Het moet meer een verhaal dan een opsomming van dingen worden. Als dat verhaal niet bestaat, dan maak je maar een verhaaltje ofzo.

Bijvoorbeeld als je zo'n filmpje laat zien ben je langer bezig met de stof en geef je tijd om de stof te verwerken. Dan kan het wat langer duren dan de gewone stof, maar doordat het in een verhaal zit onthoud ik het wel.

00:05:45 Leerling 2

Niet te lang over een onderwerp doorgaan, niet te lang praten

00:03:13 Leerling 3

Ja niet te veel, jaartallen denk.

00:03:38 Leerling 3

Ja ik denk dat een nadeel is dat je die ook extra informatie krijgt die je op de toets waarschijnlijk niet gaat gebruiken, maar ik denk wel dat het je een beter beeld geeft, waardoor je het makkelijker gaat begrijpen.

00:04:08 Leerling 3

Filmpjes zijn wel handig, denk ik, Maar dat moet wel gewoon een stukje waar je bijvoorbeeld jouw opdracht doet of een stukje uit het boek laat zien.

00:00:51 Leerling 4

Ja, ik vind het wel leuk om te doen. Het enige is, ik vind het ook altijd wel fijn als je wat tijd hebt voor huiswerk in de les en dat heb je zo misschien minder, Maar dat met practica vind ik dan wel weer heel leuk om te doen. Een beetje een combi

00:04:14 Leerling 4

niet Ja niet te veel theorie en wel practica, want dan is het leuk en dan onthoud ik dingen ook makkelijker.

00:02:25 Leerling 5

Ik denk dat hij op zich wel goed is ingericht, maar zoals men het al eerder zei, wat meer tijd voor huiswerk zou wel fijn zijn. Dus dat je gewoon een kwartiertje 20 minuten uitlegt en dan Mensen een huiswerk, want dan kunnen ze nog vragen stellen over dat huiswerk.

## Post interview

00:02:51 Leerling 1

Zeg maar het sloot aan op de stof. Ik heb niet gevoel dat ik tijd tekort heb gekomen ofzo. Ik vond het zelf, Maar dat ligt aan mij. Ik vind het practica gewoon niet zo leuk, Maar ik vond het wel fijn dat die niet voor een cijfer waren.

00:04:36 Leerling 1

Ik denk het wel aansloot. Ja dat denk ik

00:04:39 Leerling 1

Ja, dat denk ik. Ik was Alleen toen met die batterijen. Toen kregen we van alles 4 materiaal dat practica was. Ja, Ik kan aan mij liggen dat ik altijd dacht ik wel, maar voor mij was het niet heel duidelijk uitgelegd. Ik was er ook niet op gekomen dat ze ze niet stukjes van 4 op elkaar moet leggen, maar om de beurt en Ik weet ook niet hoe ik daarop had moeten komen. Dus dat was niet heel duidelijk uitgelegd. Ik dacht dat dat daarna zou worden uitgelegd, maar dat was niet zo.

00:05:05 Leerling 1

Ja ik daar snapte ik weinig van eigenlijk en eigenlijk hoe alles werkte daar.

Het formulier bij de elektroscop was ook vaag. Verder was dat prima uitgelegd.

00:07:15 Leerling 1

Nou voor mijn gevoel we gewoon alles goed behandeld.

00:07:40 Leerling 1

Ja, Ik heb tijd eigenlijk niet gedacht van. Ik wil dit meer op dit minder, dus Ik heb daar of of of geen mening. Of Het is gewoon goed maar.

00:09:53 Leerling 1

Dat ik meer een geschiedenis verhaaltje had verwacht. Niet dat het nu fout was, maar dat was mijn verwachting aan de hand van de eerste les zeg. Want toen was het iets meer geschiedenisverhaal dan daarna.

Ik had ook minder practica verwacht, Maar dat komt doordat we die ene les geen practica leden dus dat was logisch verder. Verder had ik niet veel dingen die anders waren dan ik verwacht had naast was ik al gezegd heb.

00:11:11 Leerling 1

De uitleg bij practica soms een beetje dat ik dacht, Ik heb hier iets meer uitleg bij nodig, of halverwege een reflectie. Ook uitleg achteraf, waarom dingen grafieken niet goed zijn bijvoorbeeld.

00:01:55 Leerling 2

Ik heb op zich niet per se het idee gehad dat het echt heel anders ging dan normaal.

00:02:08 Leerling 2

Ik heb er niet heel veel van gewerkt, maar op zich de lessen die waren gewoon prima.

00:02:22 Leerling 3

De balans was denk ik wel goed. Het had misschien nog net iets meer stof uit het boek mogen zijn, maar verder was het wel goed.

00:07:47 Leerling 3

Ja niet per se anders of zo, Het was nu gewoon ja iets langer uitlegt dan eerst het eerst hadden ervaren. Echt 10 minuten uitleg In de rest van Dat is gewoon werken en nu was het meestal andersom nog 10 minuten aan het eind werken dus uitleg.

00:08:09 Leerling 3

Soms er te weinig tijd In de les. Dat jij klaar was met uitleggen en de bel al bijna ging.

00:09:50 Leerling 3

Korter uitleggen

00:01:07 Leerling 4

Het enige soms duurde. Het duurde het vrij lang. Het leek heel ja langdradig af en toe.

00:03:01 Leerling 4 (hoe was vergeleken met normale lessen)

Jawel, want eerder was het altijd: Je krijgt uitleg en je gaat aan het werk en dat was het.

00:00:45 Leerling 5

Ik vond ze prima fijn. Het was heel fijn dat we meer tijd hadden voor huiswerk, dat ik minder thuis hoefde te doen, want ik snap het. Ik snap dit hoofdstuk wel prima, dus Ik heb gewoon. Ik loop nu voor met het huiswerk een klein beetje, dus dat vind ik wel heel fijn. Iets minder stress daarover.

00:03:46 Leerling 5

Een beetje geschiedenis en dan een beetje van het boek en dan het huiswerk vind, dat vind ik het prima.

## Enthousiasme en engagement

### Pre interview

00:02:24 Leerling 2

Ik denk dat ik dat wel interessant zou vind. Sowieso dat je dan wat meer in de les betrokken wordt, waardoor je actiever meedoet en het beter kan onthouden.

00:02:49 Leerling 2

Dat ik zelf iets moet doen

00:05:28 Leerling 2

Ja, Ik denk gewoon. Vooral de Mensen betrekken gewoon vragen stellen.

00:06:01 Leerling 2

Ja vooral vragen stellen gewoon.

00:09:41 Leerling 2

We hebben we gewoon allemaal. We zijn niet allemaal even goed in natuurkunde. Dus ja, het kan het voor de één wel makkelijk zijn, maar voor de ander hartstikke moeilijk.

00:02:42 Leerling 3

Ja, Ik denk gewoon bij bijvoorbeeld van dat soort toepas vragen krijg je ook ja, beelden erbij is dat je meer ook formules kan ja samenvoegen, zo ervan.

00:04:42 Leerling 3 (over 'normale' lesstof)

Ja voel het zo ja is een beetje saai. Het is eigenlijk gewoon een soort taal leren. Je moet gewoon word je. Dus beetje stampen. Je moet gewoon die formules kennen, Maar het toepassen daarvan vind ik wel leuk

00:00:51 Leerling 4

Ja, Ik vind het wel leuk om te doen. Het enige is, Ik vind het ook altijd wel fijn als je wat tijd hebt voor huiswerk In de les en dat heb je zo misschien minder, Maar dat met practica vind ik dan wel weer heel leuk om te doen. Een beetje een combi

00:02:10 Leerling 4 (over extra achtergrondinformatie)

Jawel, dat vind ik wel op zich wel interessant en leuk om te weten.

00:00:48 Leerling 5

Nou, Ik vind wel grappig, op zich. Ik vind het wel wel bijzonder en want normaal gewoon hebben dat helemaal niet, dus Het is wel interessant.

00:03:09 Leerling 5

Niet gewoon een boek uit oplezen, maar veel opdrachten maken met de klassen dat zij ook zelf een beetje gaan nadenken en gewoon juist aantekeningen geven die bijvoorbeeld het boek niet geeft?

## Post interview

00:02:45 Leerling 1

Ja, eigenlijk vond ik het alleen maar gewoon fijn.

00:06:54 Leerling 1 (meer aandacht bij les dan normaal)

Dat denk ik, want mijn aandacht was hier wel bij Alleen vervolgens van, Maar dat ligt aan mijn concentratie.

00:08:11 Leerling 1

Wacht even. Dit is echt een overhoring. Voor mijn gevoel wel, want daar heb ik nog over nagedacht.

Ja over dat ze niet de middelen hadden om echt te meten, dus dat ze gingen met aan de hand van water (refereert naar experiment cavendisch leidse fles schokken), dat vond ik interessant. Het is niet echt fout, maar laat het verschil met nu zien.

00:02:56 Leerling 2 (over de extra achtergrondinfo)

Ja wel interessant.

00:03:04 Leerling 2

Die lesstof die snap ik allemaal wel dus dan is iets achtergrondinformatie wel leuk, iets interessanter.

00:05:31 Leerling 2 (over de praktische elementen)

Ja, dat vond ik wel leuk dan ja, dan raak je dan toch wel wat gemotiveerder van.

00:05:41 Leerling 2 (over de praktische elementen)

Dan interesseert het je wat meer wat er allemaal gebeurt, zo ervaar ik het dan

00:06:20 Leerling 2 (over inquiry aspecten)

Nou ja, dat vond ik op zich wel leuk. Het enige was dat ik eigenlijk liever had gehad was dat er niet alsnog een stappenplan was, maar dat we het echt helemaal zouden moeten verzinnen. Ik had graag nog meer zelf willen doen.

00:07:39 Leerling 2 (wat de leerling meeneemt van deze lessen)

Nou ja, wat interessanter door dat er meer practica waren vooral en dat er iets meer achtergrondinformatie werd gegeven. Wat het ook interessant maakt.

00:00:58 Leerling 3 (over de lessenserie)

Van oh ja, ik vond wel leuker dan de lessen die we hiervoor hadden Mensen ja gewoon In de onderbouw en met (normale natuurkundedocent). Ja, ik vind het wel gewoon interessanter en makkelijk om te volgen.

00:01:12 Leerling 3

Makkelijker te volgen ja in ieder geval ik val niet in slaap want het is niet saai.

00:01:23 Leerling 3

Sowieso wel de proefjes? De dingen die je laat zien. Zo'n fles (Leidse fles)

Ik vind dit wel interessanter dan gewoon formules en opdrachtjes weer maken.

00:01:23 Leerling 4

Ik vond het op zich wel leuk, Omdat je heel veel praktische dingen erbij zag hoe het gebruikt werd en aangetoond werd.

00:01:31 Leerling 5

Het was wel een grappige toevoeging, Misschien niet het meest nuttige, want Ik heb. Ik heb niet heel het nut helemaal ingezien, Maar het was wel grappig om een beetje te kijken naar van waar komt het toch wel vandaan?

00:02:04 Leerling 5

Dus Het is wel wel een keer grappig om te zien, want meestal zie je dat helemaal niet, dan is het gewoon. Oh, dit heet zo en ja

00:02:25 Leerling 5

Ik had niet per se verwachtingen ik, ik kwam er gewoon in en ik dacht helemaal goed dit.

00:02:47 Leerling 5

Ik vond het prima, Het was gewoon je ging zitten, je kreeg een beetje uitleg van. Dit is waar het nu een beetje over gaat en Dit is de geschiedenis van dit. En dan zei je van, nou, hier kun je aan het Huis werken als oké, top ik, ik snap dit, ik snap de waar het vandaan komt en Ik ga bezig met de formules en dan ga ik gewoon huiswerk maken.

00:03:32 Leerling 5

Ik vond het wel om goed onderdeel van de les. Ja, ik doe Natuurlijk niet heel veel mee, Maar ik denk dat Als je teveel op de op de stof Alleen maar in het boek gaat, dat het dan ook een hmm wordt.

## Effect op leren

### Pre interview

00:02:01 leerling 1

Ja juist, want dan kan ik het onthouden, want dan is het logisch zeg maar

00:02:36 leerling 1

Hangt er een beetje vanaf als het zeg maar echt fout was en dan is er zoiets heel kleins zou net als die plus Polen en min Polen in een batterij of zo. Dat gaat iedereen fout blijven doen. Dus hangt een beetje vanaf. Of het dan echt tegenwerkt of niet. Ik denk dat het van het onderwerp afhangt of het te verwarrend wordt.

00:03:34 leerling 1 (verwachting)

Als het goed wordt gegeven, denk ik dat het wel helpt om de stof te begrijpen. Maar als het meer als een geschiedenisles wordt gegeven niet. Als je een verhaal naar een formule toe krijgt dat helpt het denk ik wel

00:05:59 leerling 1

Je moet wel alles gewoon alle stof behandelen die je moet behandelen en dan daar vanuit daaruit kijken hoeveel tijd je over hebt voor de geschiedenis, want als je een stuk van de stof niet behandelt is dat niet handig.

Als je heel veel namen en jaartallen en alles door elkaar gooit en op leerlingen afvuurt dan komt het niet meer goed. Het moet meer een verhaal dan een opsomming van dingen worden. Als dat verhaal niet bestaat, dan maak je maar een verhaaltje ofzo.

Bijvoorbeeld als je zo'n filmpje laat zien ben je langer bezig met de stof en geef je tijd om de stof te verwerken. Dan kan het wat langer duren dan de gewone stof, maar doordat het in een verhaal zit onthoud ik het wel.

00:00:49 Leerling 2

Ja, het plan is in ieder geval goed, denk ik. Want ja, ik heb zelf ook wel het idee, natuurkunde dat vind ik niet heel moeilijk. Maar af en toe vind ik het wel vaag. Dus als het dan iets meer in de praktijk samen komt dat ik het dan wel beter begrijp.

00:01:09 Leerling 2 (over waarom natuurkunde soms vaag is voor de leerling)

Ja gewoon dat ik wel begrijp wat ze zeggen, maar niet zozeer hoe ik dat kan gebruiken.

00:02:24 Leerling 2

Ik denk dat ik dat wel interessant zou vind. Sowieso dat je dan wat meer in de les betrokken wordt, waardoor je actiever meedoet en het beter kan onthouden.

00:03:23 Leerling 2 (herkomst formules en wetten)

Ja ja ik weet niet, ik kan het niet zo goed uitleggen, maar ik denk wel dat het helpt.

00:00:50 Leerling 3

Ja, ik vind de les en ja, dan krijg je ook bijvoorbeeld voorbeelden is wel makkelijker.

00:01:06 Leerling 3

Ja, je krijgt echt een beeld bij bijvoorbeeld zon Formule ja, zodat je gewoon 3 letters krijgt. Krijg je echt ja gewoon bijvoorbeeld zoals met zo'n batterij krijg je zo'n plaatjes enzo.

00:03:38 Leerling 3 (verwachting)

Ja ik denk dat een nadeel is dat je die ook extra informatie krijgt die je op de toets waarschijnlijk niet gaat gebruiken, maar ik denk wel dat het je een beter beeld geeft, waardoor je het makkelijker gaat begrijpen.

00:02:20 Leerling 4 (verwachting effect extra achtergrond)

Ik denk dat het voor heel veel mensen wel kan helpen. Ja, ik heb zelf niet zoveel moeite met natuurkunde, maar als je er wel wat meer moeite mee hebt, denk ik dat het wel helpt om te weten hoe je eraan komt.

00:03:35 Leerling 4

Ja, ik denk dat het wat minder kan helpen omdat misschien wel vrij lang duurt, maar het helpt wel met het proces van hoe je ergeren komt en ja begrijpen waarom een formule zo is.

00:04:14 Leerling 4

niet Ja niet te veel theorie en wel practica, want dan is het leuk en dan onthoud ik dingen ook makkelijker.

00:04:23 Leerling 4

Ja, want als ik alleen maar theorie krijg, dan is het een beetje het ene oor in andere oor uit op het practica moet je er ook echt wat mee doen

00:01:47 Leerling 5 (verwachting)

Beter begrijpen waar we voorbeeld formules vandaan komen.

Ja, Ik denk dat dat wel helpen

00:02:00 Leerling 5

Ja vooral met formules dan inderdaad denk ik gewoon dat je dan snapt van. Oh, daar komt de formule vandaan en zo werkt ie en.

00:03:02 Leerling 5

Gewoon goede uitleg, dat dat helpt wel enorm.

00:03:09 Leerling 5

Niet gewoon een boek uit oplezen, maar veel opdrachten maken met de klassen dat zij ook zelf een beetje gaan nadenken en gewoon juist aantekeningen geven die bijvoorbeeld het boek niet geeft?

## Post interview

00:02:51 Leerling 1 (over formatief inquiry practicum)

Zeg maar het sloot aan op de stof. Ik heb niet gevoel dat ik tijd tekort heb gekomen ofzo. Ik vond het zelf, Maar dat ligt aan mij. Ik vind het practica gewoon niet zo leuk, Maar ik vond het wel fijn dat die niet voor een cijfer waren.

Want voor een cijfer, dan neemt iedereen gewoon dingen van elkaar over. En nu heb ik daadwerkelijk zelf er moeite in gestopt om het zelf te bedenken, want het hoeft er niet goed dus, toen deed ik wel goed

Als het voor een cijfer is, wil iedereen het goede antwoord, dus dan is er een iemand die weet juist het. Dus dan gaat dat juiste antwoord zo heel stiekem door de klas heen zonder dat de docent het ziet. En Als het voor een cijfer is, dan wil je ook zeg maar stel je weet, Je moet een bepaalde Formule aankomen, dan ga je ook stiekem wat resultaten aanpassen in plaats van nadenken. Wat is er fout? Wanneer meneer stopt er altijd tijdsdruk op. Eigenlijk had ik dat niet verwacht ook zelf, maar dat het niet voor een cijfer was eigenlijk zorgde dat ik zelf geen nadenken wat nou?

00:06:48 Leerling 1

Je houdt de aandacht erbij door het een verhaaltje te maken.

10:40 Leerling 1 (vergelijking met normale lessen)



Eigenlijk wel gewoon ongeveer hetzelfde. Behalve als ik die verhaaltjes heb dat ik dan een soort van de dubbele kans heb om eraan te denken.

00:02:32 Leerling 2

Er kwam gewoon een stuk uitleg over de lesstof alleen dan nu, misschien met iets meer achtergrondinformatie, zeg maar. Maar ja, in principe uiteindelijk kwam er wel hetzelfde uit.

00:03:13 Leerling 2 (effect van achtergrondinfo op lesstof)

Nee, dat niet zozeer, Het is gewoon leuk extra.

00:05:53 Leerling 2

Ja, dat denk ik wel, Omdat er dan ook bij het practicum nog dingen worden uitgelegd, maar doordat je gemotiveerder bezig bent, onthoud je stof wat beter

00:01:50 Leerling 3 (uitkomst)

Helpen, Ik denk ja als een soort ezelsbruggetje een beetje, het geeft je makkelijker de link naar de Formule en wat er mee gebeurt, oké.

00:02:41 Leerling 3

Nou het meer dat de uitleg die jij dan deed was dan heel anders dan in het boek en dan moest je weer nadenken wat het ook alweer was.

00:06:03 Leerling 3

Ja het niet echt waar je het meeste op let het waarschijnlijk wel een deel nog wel onthouden op de Achtergrond. Maar ja, je bent vooral bezig met gewoon wat ook in het boek staat.

00:06:51 Leerling 3 (effect inquiry practicum tov kookboek practicum)

Ik kan in het begin het al ja soort van een soort stomme beetje ja, dit moet je extra werk gaan doen, Maar het maakt het wel makkelijker om, zeg maar ook te snappen waar het practicum over gaat. In plaats van dat je gewoon maar wat doet en dan nog een conclusie moet bedenken.

00:08:36 Leerling 3 (over hoe de natuurkundeles anders waren dan voorheen)

Ja, een beetje met, zeg maar voorbeelden uit de echte wereld.

In plaats van gewoon uit een boekje

00:09:08 Leerling 3 (over de koppeling met de lesstof in het lesboek)

Het is niet per se verwarrend. Het is meer dat je de denkstap die je eerst moest zetten om de formule te snappen, die moet je nu zetten staat die je eerst moest zetten om de formule te koppelen aan de les

Het is gewoon ja een beetje anders leren, dan je eerst deed.

00:01:38 Leerling 4 (over of het nuttig was)

Ja want je snapt veel beter waar iets vandaan komt en hoe ze erop gekomen zijn dat iets zo is waardoor het wel makkelijker gebruiken is.

00:01:59 Leerling 4 (kwam dit door practica of door uitleg)

Een beetje door allebei, Maar ik denk vooral door wat u verteld heeft.

00:02:38 Leerling 4

Veel met zelf nadenken hoe iets werkt en bedenken hoe je dingen moet oplossen en zo dat wel leuk. En dan sla je het ook beter op.

00:04:49 Leerling 4

Iets meer het samen laten komen met het hoofdstuk, want het ging nu wel elke keer over dingen, maar dan wist ik in het hoofdstuk niet zo goed waar het bij hoorde.

00:01:52 Leerling 5 (heb je nut ingezien van deze lessen)

Dat ik niet helemaal. Het is leuk om te zien waar de formules vandaan komen, maar uiteindelijk is het gewoon. Je leert de formules en dan is het gebruik je die en dan is dat het

## Bijlage H: Uitkomsten klassengesprekken

Uitkomst van de klassengesprekken

- Hoe vond je de lessen ten opzichte van de 'normale lessen'?

De lessen waren interessant

De uitleg duurde soms lang

Ik snap niet helemaal waarom we iets over de geschiedenis moeten weten

Wij vonden het wel leuk, maar soms was het moeilijk om dan zelf met het boek verder te gaan

Ik wil liever gewoon weten wat er op de toets komt

Meer praktische dingen en dat je veel laat zien is interessant, dan doe ik beter mee met de les

U was heel enthousiast, daarom waren de lessen wel leuker

- Wat zou je graag terug zien komen en wat niet?

Meer zelf aan het werk met dingen. Practica enzo is leuk.

Minder lang uitleg en meer tijd voor zelfstandig werken

Dat het meer past bij wat in het boek staat

Dat we echt weten hoe een formule is gemaakt

Geen jaartallen dat was goed

We moesten veel meer zelf bedenken bij practicum, dat was best lastig om te weten hoe je moest beginnen

- Wat neem je mee van deze lessen?

Dat we vroeger nog niet wisten hoe elektriciteit werkte, met die vloeistof enzo

Dat de formules ergens vandaan komen, van die experimenten enzo

Dat we vroeger anders over dingen dachten dan nu

## Bijlage I: lesvoorbereidingsformulieren

### Les 1

**Docent:**  
David van  
Dijk

**Datum:**

**School:** Bataafs  
Lyceum

**Tijd:** 50min  
**Leerboek /**  
syst. Nat.  
**project:**  
OvO

**Klas:** vwo 4

**Beginsituatie:** Eerste les natuurkunde na de meivakantie, eerste les elektriciteit in de bovenbouw

**Onderwerp:** Elektriciteit- lading

**Doelstelling:** Bijbrengen begrip verschil positieve en negatieve lading

**Hulpmiddelen:** Elektroscoop en toebehoren, Leidse fles.

#### **Introductie onderzoeksonderwerp en doelstellingen (overtuigen nut)**

Ik doe dit onderzoek omdat ik denk dat het helpt om natuurkunde te begrijpen als weet hoe dingen tot stand zijn gekomen. Ik verwacht dus echt niet dat jullie jaartallen gaan leren en jullie krijgen zeker geen overhoring daarover in de toets. Wat ik wil bereiken is dat jullie gaan nadenken over de herkomst van de stof die we leren. Wat anders is aan deze lessen dan wat jullie gewend zijn is dat er meer open vragen zullen zijn. Vragen die we niet direct met een duidelijk antwoord kunnen beantwoorden, maar die ons wel veel leren over natuurkunde en de ontwikkeling van wetenschap.

Een andere uitdaging is dat we het soms hebben over theorieën of ideeën van mensen in de historie die later niet (helemaal) bleken te kloppen. Ik zal mijn best doen om, wanneer ik het hierover heb heel duidelijk te zijn wanneer dit het geval is. Verder wil ik erop aandringen dat jullie altijd kritische vragen of opmerkingen mogen hebben. Dit is een onderzoek, dus al jullie feedback is meer dan welkom!

#### **De historie van elektriciteit**

Elektriciteit is een superbelangrijk onderdeel van ons leven, terwijl we er maar weinig over nadenken. Stel je eens een tijd voor zonder elektriciteit, geen licht, geen internet. Maar ook toen bestond elektriciteit al (vissen naar input klas). In een natuurverschijnsel als bliksem.

Maar niet alleen in bliksem, maar ook in gefossiliseerde hars, barnsteen (**FOTO met fossiel**). Hoe denken jullie dat de Grieken dit materiaal noemden? Elektron, hier komt het woord elektron vandaan, nog ver ver voordat men wist van de elementaire deeltjes die wij nu elektronen noemen. Dit barnsteen kan statisch geladen worden als je er met een doek langs wrijft **VIDEO**. Even voor de duidelijkheid, in de geschiedenis die wij nu behandelen wist niemand nog van het bestaan van elektronen (tot Thomson in 1897).

Men was wel nieuwsgierig naar de verschijnselen van Barnsteen, maar kon dit niet verklaren. Pas toen Gilbert rond 1600 in Engeland ontdekte dat hij met barnsteen een compasnaald kon aantrekken. Maar wat die elektriciteit nou was, dat wist men niet.

Als we iets niet weten, maar wel nieuwsgierig zijn, wat kunnen we dan gaan doen? (onderzoek) En waar kunnen we dit onderzoek op baseren? Wat kunnen we doen om nieuwe dingen te leren en te observeren? (experimenten)

Aantrekking en afstoting Otto von Guericke, waar kennen we die nog meer van? **VIDEO**

Inquiry met elektroscoop. We gaan nu een experiment doen, waarbij ik jullie drie verschijnselen ga laten zien. We hebben hier een elektroscoop, dat is een apparaat dat lading detecteert. Ik zal het nu demonstreren.

1. Rubber/pvc met doek negatief laden.
2. In de buurt bewegen en vervolgens aanraken
3. Verklaren verschijnsel en verschil tussen verschijnselen

4. Herhalen met glas
5. Opnieuw met rubber/pvc, nu glas in de buurt brengen
6. Verschijnsel verklaren

Hier bewust gekozen om nog geen inductie te doen (aarden met staaf in de buurt en deze wegbewegen), omdat dit pas in klas 5 behandeld wordt.

Resultaten bespreken en tekenen op het bord

- Glas positief geladen
- Rubber/PVC negatief geladen

De Leidse fles was een volgende revolutionaire stap in het onderzoek naar elektriciteit. Men dacht over elektriciteit als een soort vloeistof, of misschien wel als twee soorten vloeistof, zoals we dat bij de elektroscop net zagen. Hoe mooi zou het zijn om deze vloeistof op te slaan, in een fles?

Opslaan lading met een Leidse fles **DEMO**

De Leidse fles maakte het mogelijk om meer onderzoek te doen naar elektrische verschijnselen, zoals weerstand. Maar het was niet alleen populair omdat het nuttig voor onderzoek was, men vond het ook zeer vermakelijk. Zie het donderhuisje en de electric kiss. Daar bleef het niet bij. Ook in de "medische" wereld wist men er wel raad mee, zie de behandeling van kiespijn.

De koppeling met de 'stof van nu'

We hebben gezien dat we met de elektroscop het onderscheid tussen positieve en negatieve lading kunnen maken.

Met de kennis van nu weten we dat iets negatief geladen is wanneer het een overschot aan elektronen heeft en positief wanneer het een tekort aan elektronen heeft. Lading Q meten in Coulomb (C). De lading van één elektron is  $1,602 \cdot 10^{-19} C$

De beweging van deze elektronen door een geleider noemen we stroom I in Ampere (A). En de meegegeven hoeveelheid energie in Joule per hoeveelheid lading in Coulomb (C), noemen we de spanning U in Volt (V).

$$I = \frac{Q}{t} \text{ (Coulomb per seconde)}$$

$$U = \frac{\Delta E}{Q} \text{ [Joule per Coulomb]}$$

Onderwijsfuncties	Docent	Leerlingen	Tijd
Lesopening			5min
Bespreken voorkennis vragen (online gemaakt)	Resultaten tonen	Input voorkennis adhv online start opgaven	5min
Introductie onderwerp en aanpak OvO	Informereren	Vragen, opmerkingen	5min
Geschiedenis elektriciteit	Verhaal met activerende vragen	Actief meedenken	5min
Lading en de elektroscop	Demo met inquiry vragen	Vragenblad invullen	15min
Opslaan lading in Leidse fles	Demo en activerende vragen	Actief meedenken en aantekeningen maken	5min
Koppeling aan lesstof boek en huiswerk	Overzicht op bord Opdracht 1,2,3,4 als huiswerk	Aantekening	10min

### Type vragen leerlingen

Bijvoorbeeld meer op inhoud of meer op organisatie

Geen vragen op het gebied van organisatie. De leerlingen waren erg welwillend en leken wel nieuwsgierig naar de aanpak.

### **Sfeer in de klas**

Hoe is de participatie (in het klassengesprek)? Durven leerlingen vragen te stellen? Vragen ze door?

Is de klas (on)rustig?

Spreeken de leerlingen hun behoeftes uit?

Zijn de leerlingen overtuigd van het nut van de aanpak?

De leerlingen waren over het algemeen best rustig, maar deden wel actief mee. Een aantal jongens onrustig, maar dat is wel vaker het geval. Er werden vragen gesteld over de inhoud. Maar niet echt over de herkomst van de kennis.

De demo met ladingen en een electroscoop hadden ze al eerder gezien, alsnog moeite met verklaren van de verschijnselen.

Bij de eerste van de twee (parallel) lessen merkte ik dat ik zelf de structuur een beetje kwijt was bij de demo, vandaar de tweede les daar extra op structuur en duidelijkheid gelet, dit ging beter

### **Observatie kennisniveau leerlingen**

Hoe blijkt uit de leerlingactiviteit wat hun kennisniveau van HPS is. Hoe komt dit naar voren in hun gedrag/activiteiten?

Differentiatie nodig? Hoe is de spreiding. Blijkt uit de observatie dat leerlingen verschillende behoeftes hebben?

Het kennisniveau was voor een eerste les wel prima. Zoals gezegd was het geen hele nieuwe stof, maar het was wel nieuw voor ze om aan de hand van deze observaties iets te proberen te verklaren (inquiry). Dit was voor sommigen onwennig omdat ze bang waren iets fout op te schrijven.

De leerlingen liepen zelf soms een beetje vast in het inquiry-proces waardoor ik zelf hints ging geven. Het was misschien beter geweest om een extra prikkelende vraag te stellen, maar ik voelde teveel tijdsdruk waardoor ik dit niet deed.

In deze les was het moeilijk te observeren wat het kennisniveau van HPS van de leerlingen is, omdat er niet direct naar gevraagd wordt. Ook is het niet de verwachting dat leerlingen kennis van deze wetenschapsgeschiedenis hebben.

### **Opmerkingen leerlingen**

Geen specifieke opmerkingen gemaakt. Misschien dit meer uitlokken door te vragen naar hun gedachten en behoeftes

### **Meenemen voor de volgende les**

De volgende les wil ik proberen tegelijkertijd gestructureerder, maar ook meer ruimte laten voor discussie en vragen vanuit de klas.

Deze eerste les laat zien dat het erg moeilijk is om HPS als beginnend docent als integraal onderdeel van de les toe te passen.

- Een sterker historisch narratief
- Een duidelijkere inquiry structuur → Vragen en aanwijzingen
- Terugkoppeling op de behandelde stof aan het eind vd les
- Koppeling aan de lesstof sterker maken
- Directer feedback in vragen

# Werkblad elektroscop

**Verschijnsel** (wat observeer je?)

(Bijvoorbeeld: De glazen staaf is met zijde opgeladen en wordt in de buurt van de elektroscop gebracht, de elektroscop ....)

-----  
----  
-----  
----  
-----  
----  
-----  
----

**Verklaring**

-----  
----  
-----  
----  
-----  
----

**Verschijnsel**

-----  
----  
-----  
----  
-----  
----

**Verklaring**

-----  
----  
-----  
----  
-----  
----

**Verschijnsel**

-----  
----  
-----  
----  
-----  
----  
-----  
----

## Verklaring

-----  
----  
-----  
----  
-----  
----  
-----  
----

## Les 2

**Docent:**  
David van  
Dijk

**Datum:**

**School:** Bataafs  
Lyceum

**Tijd:** 50min  
**Leerboek /**  
syst. Nat.  
**project:**  
OvO

**Klas:** vwo 4

**Beginsituatie:** Tweede les natuurkunde na de meivakantie, voortbouwen op les 1

**Onderwerp:** Elektriciteit- van statisch naar stromend

**Doelstelling:** Begrip van de grootheden stroomsterkte en spanning adhv de historische ontwikkeling zuil van Volta

**Hulpmiddelen:** Koperen muntjes, aluminiumfolie, gegalvaniseerde ringen, azijn, LED, Voltmeter, Amperemeter

Terugblik op het experiment van les 1 met de elektroscop. Waarin we het onderscheid tussen positieve en negatieve lading dmv een elektroscop konden zien. Maar welke positief en welke negatief was, dat was gissen. Benjamin Franklin, één van de founding fathers van de Verenigde Staten is degenen die we de schuld kunnen geven van de verwaring die we nu soms hebben.

Het zit zo: Benjamin Franklin noemde het glas waar hij over wreef positief geladen en het rubber negatief geladen (dit was willekeurig). Maar met de vloeistoftheorie van toen was het een logische gedachte om te denken dat de vloeistof van positief (te veel) naar negatief (te weinig stroomt).

Veel later werd ontdekt dat stroom ontstaat door de beweging van negatief geladen elektronen. Maar toen was het al te laat om de conventie stroom van + naar - te veranderen.

Dus nu onthouden we: Stroom van + naar -, elektronen van - naar +

Maar voordat we het echt over continu stromende elektriciteit kunnen hebben moet we nog een stap in de historie maken. We zijn nu gebleven bij de Leidse flessen, die je een flinke optater van een schok geven, maar dan zijn ze ook ontladen en moet je ze eerst weer opnieuw opladen.

Rond 1800 waren er twee Italiaanse onderzoekers die zich bezighielden met elektriciteit. Galvani en Volta. Galvani ontdekte hoe je de poten van een dode kikker kon laten samentrekken door middel

van contact met verschillende metalen en concludeerde hieruit dat hij iets had ontdekt dat hij 'animal electricity' noemde. Volta was het hier niet mee eens en dacht dat er iets anders in de zenuwen en spieren gebeurde, een chemische reactie, en dat deze door de elektriciteit werd getriggered. Achteraf kunnen we zeggen dat Galvani gelijk had en dat elektrische geleiding inderdaad het werkingsprincipe van zenuwen is! Hoewel Volta's kritiek dus niet helemaal klopte leidde deze discussie wel tot een heel belangrijke uitvinding! De batterij! Uitleg zuil van volta (redox voor mensen die scheikunde volgen)

Maar konden ze in die tijd nou met een batterij?

- Meer onderzoek
- Elektrolyse! Revolutie in chemie
- De eerste verlichting (arc light)

### **Practicum zuil van Volta**

- Hoe stapel je de onderdelen?
- Hoe vergroot je de spanning?
- Welke andere aspecten van de constructie hebben effect op de spanning?
- Als je de polen kortsluit, wat verwacht je dat er dan met de stroomsterkte gebeurt?
- Meet deze stroomsterkte? Komt dit overeen met je verwachtingen? Waarom wel of niet?



Onderwijsfuncties	Docent	Leerlingen	Tijd
Binnenkomst	Spullen practicum liggen klaar		5min
Peilen beginsituatie/activeren voorkennis	Terugblik op les 1- positieve en negatieve lading. Statisch. Grootheden stroomsterkte en spanning	Reviseren aantekening les 1	
Bespreken huiswerk opdracht 2	Op bord maken, leerlingen activeren input te geven		5min
Presenteren kennis	Het verhaal van Galvani en Volta	Aantekening en antwoord activerende vragen	10min
Presenteren werkwijzen	Uitleg practicum zuil van Volta		
Uitvoeren practicum	Observeren en ondersteunen Als er tijd is alle zuilen aan elkaar verbinden en spanning meten	Uitvoeren	20min
Nabespreken en afsluiten			5min
Opruimen	Duidelijke instructie opruimen	Alles weer in bakken, werkbladen inleveren, dan pas mogen ze gaan	5min

### **Type vragen leerlingen**

Bijvoorbeeld meer op inhoud of meer op organisatie

Geen specifieke vragen

### **Sfeer in de klas**

Hoe is de participatie (in het klassengesprek)? Durven leerlingen vragen te stellen? Vragen ze door?

Is de klas (on)rustig?

Spreken de leerlingen hun behoeftes uit?

Zijn de leerlingen overtuigd van het nut van de aanpak?

De leerlingen waren erg enthousiast om actief bezig te gaan met het maken van een zuil van Volta. Het historische verhaal daaraan voorafgaand kwam goed over. Wel kan de instructie van het practicum nog iets duidelijker de verwachting stellen. De leerlingen zijn niet erg geneigd om het werkblad zorgvuldig in te vullen wanneer dit niet voor een beoordeling is. Bij de volgende uitvoering (parallelklas) ga ik proberen hier duidelijkere verwachtingen over te scheppen. Zelf ben ik als docent soms nog een beetje chaotisch, maar ik merkte wel dat de leerlingen nadat ze in eerste instantie een beetje moesten wennen omdat ze niet wisten hoe ze de zuil moesten maken, het wel heel erg leuk vonden als ze er zelf achter kwamen en LED'je aan het branden kregen. Hoewel het een erg simpel practicum is, gaf het een goede basis aan de overgang van statisch naar stromende elektriciteit, de polariteit van een batterij, serieschakelingen, en het meten van spanning. Door dit te structuren met een combinatie van HPS, practica en inquiry hebben de leerlingen hun voorkennis toch weer actief opgehaald en hun kennis van context uitgebreid.

### **Observatie kennisniveau leerlingen**

Hoe blijkt uit de leerlingactiviteit wat hun kennisniveau van HPS is. Hoe komt dit naar voren in hun gedrag/activiteiten?

Differentiatie nodig? Hoe is de spreiding. Blijkt uit de observatie dat leerlingen verschillende behoeftes hebben?

## Opmerkingen leerlingen

De leerlingen zaten redelijk op één lijn tijdens deze les. Differentiatie had aangebracht kunnen worden door middel van een verdiepende vraag. Bijvoorbeeld: Wat verwacht je wanneer je de polen van de batterij kortsluit met een draad? Komt de waarneming daarmee overeen? Waarom wel/niet? Om op die manier te vissen naar bijvoorbeeld interne weerstand.

De leerlingen hadden een goed basisniveau. Zoals bij de vraag wat er gebeurt wanneer je de helft van de zuil omdraait. Hier merk je wel dat ze nog niet in natuurkundige termen praten, maar meer in spreektaal.

De tweede les was met een super klein groepje leerlingen. Hierdoor had ik ruim de tijd om met hen in discussie te gaan over het onderwerp. Deze leerlingen waren onwennig bij het idee van een practicum zonder kookboek richtlijn. Het duurde dus even voor ze het zelfvertrouwen hadden om te gaan uitproberen.

Wel had hierdoor tijd om extra verdiepende vragen te stellen. Zoals: Wat verwacht je wanneer je de polen van de batterij kortsluit met een draad? Komt de waarneming daarmee overeen? Waarom wel/niet?

De leerlingen kwamen hierdoor, met een beetje sturing, langzaam tot het inzicht dat een batterij interne weerstand heeft. En dat dit, bijvoorbeeld bij een elektrische auto, een probleem kan zijn ivm warmteproductie.

Een andere leerling vroeg: Wat hebben we nou gedaan een paar muntjes gestapeld. Hierop probeerde ik in te haken door te benadrukken dat het best bijzonder is dat iets zo relatief eenvoudig zo impactvol is geweest.

## Werkblad zuil van Volta

1. Teken hieronder hoe je de onderdelen stapelt om een zo groot mogelijke batterij te maken

2. Wat bedoelen we met zo groot mogelijk? Wat gebeurt er als de stapel groter wordt?

---

---

---

3. Meet het effect dat je bij vraag 2 hebt beschreven voor verschillende hoogtes van de stapel.

Hoogte stapel:

Gemeten waarde:

Hoogte stapel:

Gemeten waarde:

Hoogte stapel:

Gemeten waarde:

4. Sluit nu een LED lampje aan, let op de oriëntatie (lange pootje = +). Welke kant van de zuil is de positieve kant?

---

---

5. Draai nu één helft van je stapel om en de twee helften op elkaar, wat meet je nu? Verklaar waarom

---

---

---

6. (indien tijd) combineer alle zuilen van de klas en kijk welke spanning we verkrijgen

### Les 3

De stap van statische elektriciteit naar stromende elektriciteit hebben we de vorige les gemaakt door een zuil van Volta te construeren.

Deze les gaan we het hebben over de geleidbaarheid van materialen. Of, zoals we het omgekeerde daarvan noemen, de weerstand. Daarvoor gaan we eerst nog even terug naar statische elektriciteit met Meneer Cavendish.

Wie was Cavendish?

Cavendish meldde in 1775 aan de Royal Society: 'Electricity meets with no more resistance in passing through a piece of iron wire 400 000 000 inches long than through a column of water of the same diameter only one inch long.'

Hij was tot deze conclusie gekomen doordat hij experimenten deed waarin hij een Leidse fles (laten zien) gebruikte en hier schokken door te krijgen. Hij wisselde steeds de geleider/weerstand en voelde hoe sterk de schok was. (Schematische tekening opstelling laten zien).

*"For the purpose of comparing one conducting solution with another, he first prepared six equally charged Leiden jars. He then took shocks from six discharges passing alternately through one solution and then the other, judging whether the shock of the second solution was greater or less than that of the first, the solution causing the greater shock having the least resistance. To make a finer judgment, he adjusted the wire in one of the solutions to make their resistances more nearly equal and then repeated the experiment. By equalizing the shocks in this way, he was able to decide exactly what length of the second solution was equivalent to the length of the first solution. By designating a certain solution as a standard, he could compare the resistances of all of the solutions, in this way measuring them."*  
(Jungnickel & McCormach, 2016, p. 233)

**Inquiry-vraag:** Hoe zou hij met de volgende middelen een experiment hebben kunnen opzetten om tot dit inzicht te komen?

- Een leidse fles, steeds opgeladen met dezelfde hoeveelheid lading
- Verschillende soorten, diameters en lengtes metaal
- Een buis met water dat in hoogte gevarieerd kan worden

Vervolg-vraag? Hoe kon hij er nou voor zorgen dat hij kon de schokjes kon vergelijken? Moeilijk onthouden hoe hard een schok 5 minuten was?

Is het voelen van schokjes een goede meetmethode? Waarom wel of niet?

Met de kennis van nu, zien we dat Cavendish best wel dicht in de buurt bij de formules en wetten die nu gebruiken kwam. Kunnen we met de kennis van nu berekenen of zijn uitspraak over de weerstand van water t.o.v. ijzer nauwkeurig was?

$$R_{ijzer} = R_{water}, \quad A_{ijzer} = A_{water}, \quad \frac{l_{ijzer}\rho_{ijzer}}{A_{ijzer}} = \frac{l_{water}\rho_{water}}{A_{water}},$$
$$l_{ijzer}\rho_{ijzer} = l_{water}\rho_{water}$$
$$\frac{l_{ijzer}\rho_{ijzer}}{l_{water}} = \rho_{water}$$

$$\rho_{water} = \frac{100 * 10^{-9} * 400 * 10^6}{1} = 40 \Omega m$$

[https://en.wikipedia.org/wiki/Water\\_resistance\\_drinkwater\\_tussen\\_2-200](https://en.wikipedia.org/wiki/Water_resistance_drinkwater_tussen_2-200) ohm m

Nu weten we dus door een combinatie van historie en de formules die we nu nog steeds gebruiken dat de weerstand afhangt van het materiaal en de vorm volgens,

$$R = \frac{\rho l}{A} [\Omega]$$

De volgende les wil ik met jullie verder kijken naar hoe weerstand in elkaar steekt. Met name hoe de samenhang tussen weerstand, stroomsterkte en spanning in een geleider zit. Dit is wat Cavendish probeerde te doen, maar waar hij nog niet helemaal de middelen voor had. Men wist toen bijvoorbeeld nog helemaal niet wat spanning of stroom was. In plaats daarvan dachten ze dat er iets van een vloeistof door de draad stroomde en dat de sterkte van schok afhankelijk was van de snelheid van deze vloeistof.

Dat idee komt ons nog steeds best bekend voor, het is namelijk best een handige metafoor om over elektriciteit te praten.

Activiteit	Docent	Leerling	Benodigde tijd
<b>Binnenkomst en planning</b>	Lesplanning bespreken		5min
<b>Selectie huiswerk opgaven bespreken</b>			5min
<b>Het verhaal van Cavendish</b>	Vertellen en zo mogelijk demonstreren	Inquiry naar mogelijke opzet experiment weerstand voelen	10min
<b>Bewering Cavendish</b>	Opdracht geven	Narekenen bewering Cavendish mbv soortelijke weerstand	10min
<b>Zelfstandig werken aan de huiswerkopdrachten</b>			15min
<b>Blik op volgende lessen en afsluiting</b>	Uitleggen verwachtingen en planning practicum		5min

### **Type vragen leerlingen**

De leerlingen hadden goede inhoudelijke vragen. Juist leerlingen die normaal veel moeite hadden met het begrip van de stof deden verassend actief mee, stelde goede vragen. Ze lieten expliciet merken de manier van werken interessant te vinden.

### **Sfeer in de klas**

Hoe is de participatie (in het klassengesprek)? Durven leerlingen vragen te stellen? Vragen ze door?

Is de klas (on)rustig?

Spreken de leerlingen hun behoeftes uit?

Zijn de leerlingen overtuigd van het nut van de aanpak?

De sfeer in de klas was goed. De leerlingen waren erg serieus met de stof bezig. Je merkt dat ze hier en daar nog een beetje moeten wennen aan het inquiry-karakter van lessen. Maar met genoeg zetjes en activerende vragen gaan ze nagenoeg allemaal aan het werk. Wanneer ze eenmaal doorhebben dat iets aan het ontdekken zijn merk je het enthousiasme.

### ***Observatie kennisniveau leerlingen***

Hoe blijkt uit de leerlingactiviteit wat hun kennisniveau van HPS is. Hoe komt dit naar voren in hun gedrag/activiteiten?

Differentiatie nodig? Hoe is de spreiding. Blijkt uit de observatie dat leerlingen verschillende behoeftes hebben?

Opmerkingen leerlingen

De keuze voor een rekenopgave naar aanleiding van een historisch verhaal en demonstratie werkte goed uit. Een historische uitspraak verifiëren met de natuurkunde van het lesboek zorgde voor een mooie overgang.

## Les 4

We gaan nu verder met het voorbereiden van het practicum dat we deze en de volgende les zullen uitvoeren. De verwachting is dat jullie deze les bedenken **HOE** en **WAT** jullie gaan meten en dat jullie de eerste metingen gaan doen. Dan is er in de volgende les tijd voor het meten, het verwerken van de gegevens en het beantwoorden van vragen.

We hebben de vorige les besproken hoe Cavendish iets probeerde te zeggen over weerstand door schokken te voelen. Nu is statische elektriciteit zoals die uit een Leidse fles, niet per se de makkelijkste manier om dit te doen. Maar in de tijd van Cavendish was dat wat hij voor handen had.

Met de komst van de zuil van Volta, de eerste batterij, werd het mogelijk om verder onderzoek te doen naar hoe elektriciteit werkt. Eén van de vragen die men zich hierbij stelde was hoe stroomsterkte en spanning zich tot elkaar verhouden. Met daarbij weer de kanttekening dat het begrip spanning en stroomsterkte toen nog niet uitgedacht was, maar men het meer had over kracht als spanning en snelheid van de vloeistof als stroomsterkte. Wat deze vloeistof was, wist men niet.

Het practicum gaat dus over het verband tussen de spanning over en de stroomsterkte door verschillende geleiders. Jullie krijgen een werkblad, maar de werkwijze is nog niet uitgedacht, dat moeten jullie deze les zelf doen. De metingen die we verwachten dat jullie doen, zijn niet heel ingewikkeld. Waar de nadruk van deze opdracht op ligt, is dat jullie nadenken en beschrijven hoe en wat jullie gaan meten. Dit heeft als reden dat het belangrijk is om de formules niet alleen als trucje toe te passen, maar om te begrijpen hoe de grootheden met elkaar samenhangen. Hier komen we aan het eind van het practicum weer op terug.

Als jullie zo aan de slag gaan is het belangrijk dat je wanneer de bij stap ... bent, je eerst je plan laat goedkeuren.

Activiteit	Docent	Leerling	Benodigde tijd
<b>Binnenkomst en planning</b>	Alvast werkbladen uitgedeeld		5min
<b>Recap vorige les als bruggetje naar Volta en Ohm</b>	Klassikale uitleg opzet practicum	Mogelijk vragen stellen	5min
<b>Vorbereiding practicum</b>			35min
<b>Zelfstandig hw opgaven</b>		Zelfstandig werken	-
<b>Blik op volgende lessen en afsluiting</b>	Reflectie op werk tot nu toe en vooruitblik op uitvoering		5min

### **Type vragen leerlingen**

Bijvoorbeeld meer op inhoud of meer op organisatie

### **Sfeer in de klas**

Hoe is de participatie (in het klassengesprek)? Durven leerlingen vragen te stellen? Vragen ze door?

Is de klas (on)rustig?

Spreken de leerlingen hun behoeftes uit?

Zijn de leerlingen overtuigd van het nut van de aanpak?

Erg actieve houding leerlingen. Merk duidelijk dat ze de aanpak waarderen en erdoor geactiveerd worden. Dit komt denk ik ook voor een deel door mijn eigen enthousiasme.

### **Observatie kennisniveau leerlingen**

Hoe blijkt uit de leerlingactiviteit wat hun kennisniveau van HPS is. Hoe komt dit naar voren in hun gedrag/activiteiten?

Differentiatie nodig? Hoe is de spreiding. Blijkt uit de observatie dat leerlingen verschillende behoeftes hebben?

De leerlingen pikken de stof snel op. De vragen die gesteld worden en de wedervragen die ik daarbij kan stellen nodigen uit tot kritisch denken. Zo zie ik de leerlingen de stap maken van het aannemen van een formule als “trucje” naar het beginnen te begrijpen van het verband tussen de grootheden. Het voorkennis niveau van de leerlingen is goed en ze zijn erg nieuwsgierig. Ook deze les valt het weer op dat leerlingen die onder gemiddeld presteren in een reguliere les opeens verassend uit de hoek komen met creatieve en vergaande inzichten.

De tweede les verliep eveneens soepel. Het kleine groepje zorgde ervoor dat ik veel tijd had om het proces te observeren. Wat daarbij interessant was, is dat ondanks de demonstratie van het heet worden van de ijzerdraad, de leerlingen niet verwachten dat dit een niet-Ohmse geleider zal zijn. Ik ben benieuwd hoe ze de resultaten in de volgende les gaan opvatten.

Er was in de les tijd en ruimte om te differentiëren door middel van de verdiepende opdrachten op het practicumblad. De selectie leerlingen ging hier heel fanatiek mee aan de slag en waren zo leek blij met de extra uitdaging.

Het historische element voegt een rode draad (kapstok) toe aan de lessen waar steeds naar gerefereerd kan worden.



## Les 5

**Materialen:** Nichroomdraad 50cm en 100cm. IJzerdraad 0,2mm. Spanningsbron.

### Leerdoelen:

De leerdoelen voor de leerlingen zijn hieronder beschreven met mogelijkheden om deze leerdoelen te checken:

- De leerlingen kunnen door middel van inquiry een practicum uitvoeren  
→ *Directe feedback tijdens de les en/of analyseren van ingeleverde werk*
- Leerlingen kunnen meetgegevens interpreteren en koppelen aan de wet van Ohm  
→ *Klassengesprek, directe feedback tijdens de les en/of analyseren van ingeleverde werk*

Activiteit	Docent	Leerling	Benodigde tijd
<b>Binnenkomst en planning</b>	Alvast werkbladen materialen klaargezet	Ophalen werkblad en materialen	5min
<b>Uitvoeren practicum</b>	Ondersteunend	Uitvoeren	Gehele les
<b>Differentiatie:</b>		Verdiepende opdracht	
<b>Reflectie op practicum en klassendiscussie</b>		Input klassendiscussie	10min

### Extra toevoeging op inhoud les:

Tijdens de derde les is er ruim de tijd om het practicum uit te voeren, de vragen te beantwoorden en deze klassikaal te bespreken. Tevens is er de mogelijkheid voor leerlingen die snel klaar of extra uitdaging nodig hebben een verdiepende opdracht naar de originele experimenten van de wet van Ohm te doen aan de hand van secundaire bron die dit proces beschrijven. Deze opdrachten zijn ook gegeven in het werkblad (te vinden in de bijlage “Practicumblad weerstand”).

#### Klassendiscussie

Stel open activerende vragen aansluitend bij de input vanuit de klas. Bespreek verwachtingen en vergelijk deze met uitkomsten. Laat de leerlingen hier mogelijke redenen voor vinden. Afsluiting met: *“A law once confirmed by some phenomena and later found to contradict other phenomena remains ‘partially true’, that is, true within the original range of applications rather than ‘false’.”* (Kipnis, 2009, p. 379).

De leerlingen gingen snel aan de slag en het meten zelf verliep gestaag. De eerste klas was hierbij een stuk onrustiger dan de tweede klas. De tweede klas heeft al een korte discussie kunnen voeren over het verschil in vorm bij de verschillende geleiders. De vervolgdiscussie doen we aan het begin van de volgende les.

Leerlingen kwamen vrij snel met mooie inzichten over waarom de grafieken verschilden en sommige legden zelfs al gelijk met het warm worden en de veranderende weerstand. De volgende les de discussie vervolgen.

De materialen werkten goed, enkele leerlingen hadden een foutje in hun opstelling gemaakt dat ik niet had gespot. In het vervolg opstelling laten controleren voor het meten.

Leerlingen hebben wel wat moeite met het tekenen van een goede grafiek. Wellicht wordt dit beter met wat oefening, anders bijvoorbeeld alvast de schaalverdeling tekenen.