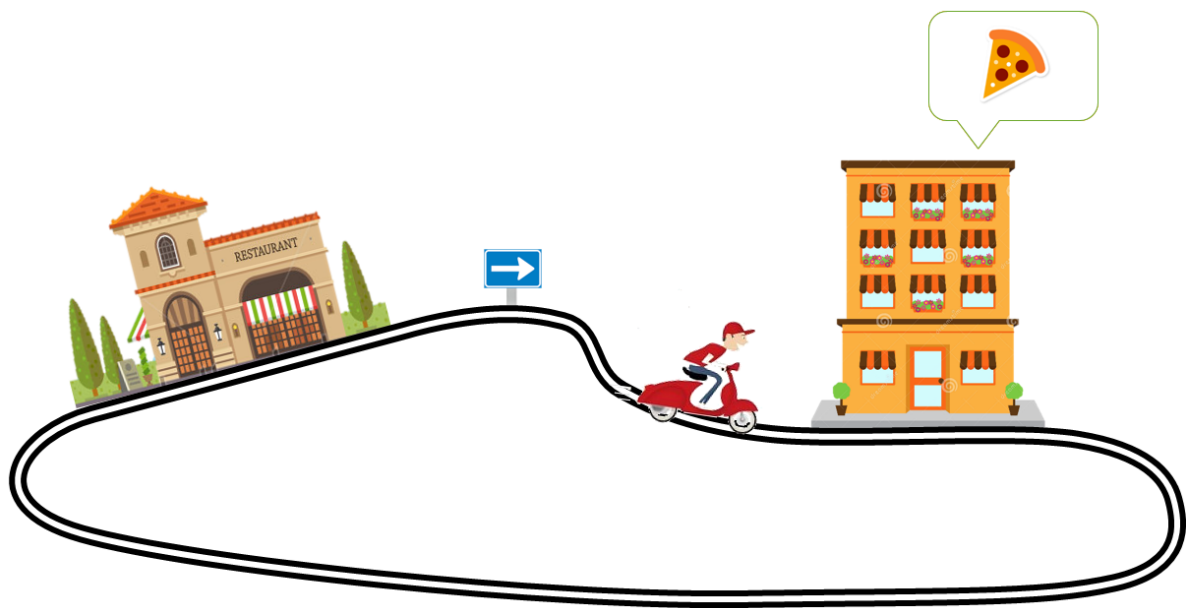


Betere conceptvorming bij natuurkunde- leerlingen door gebruik te maken van video instructie



VERSLAG VAN ONDERZOEK VAN ONDERWIJS (10 EC VARIANT)

Auteur Erik van Beek
Student nr. s1369431
Studie M-SEC
Richting Natuurkunde
Instelling Universiteit Twente
Datum 18 april 2016

AUTEUR

Erik van Beek (S1369431)

Science Education and Communications

Masterstudent Natuurkunde

Universiteit Twente

Docent Natuurkunde en Technasium

Het Erasmus, Almelo

1^E BEGELEIDER

J. van der Meij

Science Education and Communication

Directeur UT lerarenopleidingen

Universiteit Twente

2^E BEGELEIDER

H. Pol

Science Education and Communication

Vakdidacticus Natuurkunde

Universiteit Twente

VOORWOORD

Als afronding van de eerstegraads lerarenopleiding voor natuurkunde aan de Universiteit Twente te Enschede is dit onderzoeksverslag geschreven voor het vak Onderzoek van Onderwijs (10 ec variant). Het onderzoek is uitgevoerd op Het Erasmus te Almelo waar ik werk als docent natuurkunde en technasium.

Aangezien ik dit onderzoek in combinatie met mijn werk heb gedaan en geen onderzoekspartner had om even mee te sparren was het soms best lastig om het onderzoek goed vorm te geven. Ik zou dan ook mijn begeleider vanuit de universiteit, Jan van der Meij, willen bedanken voor zijn feedback op het onderzoeksproces en het verslag en de nuttige tips die hij gaf om het onderzoek te verbeteren. Hiernaast wil ik Henk Pol bedanken voor zijn tijd, de feedback op het onderzoeksproces en het controleren van het verslag.

Ook zou ik mijn vriendin Esther Bolt willen bedanken voor al haar steun, geduld en energie die deze onderzoeksperiode haar heeft gekost. Ik wil je ook bedanken voor het ontelbaar vaak controleren van mijn dyslectische zinsopbouw/taalfouten en je kritische feedback op het verslag. Ook wil ik hierbij mijn ouders, broertje, zus, zusje en schoonfamilie bedanken voor al hun steun en geduld in deze onderzoeksperiode. Tenslotte zou ik mijn zusje Nienke van Beek ook nog willen bedanken voor haar kritische blik op de opmaak van dit verslag. Tenslotte wil ik jullie bedanken met het helpen structureren van mijn soms wat chaotische denken en doen bij het vormgeven van mijn onderzoek.

Ook wil ik mijn collega Henk-Jan Groote Beverborg bedanken voor zijn steun, het controleren van de ontwikkelde lesmodules en de kritische feedback op de taal van de papieren instructie. Door onder andere zijn klas te gebruiken als controlegroep, hoefde ik voor het uitvoeren van het onderzoek niet uit te wijken naar andere niveau's of leerlagen en was het makkelijker om het onderzoek in de praktijk uit te voeren en te vergelijken. Afsluitend wil ik ook mijn collega's Fifi Schabbink en Karin Koopmans bedanken voor het controleren van dit verslag op spelling, grammatica, punten, komma's en kromme zinnen.

Erik van Beek

Zwolle, 18 april 2016.

SAMENVATTING

Binnen het natuurkunde onderwijs wordt het hoofdstuk elektriciteit door veel leerlingen als lastig ervaren. Uit veel studies blijkt dan ook, dat er rondom dit onderwerp veel misconcepten heersen onder leerlingen en zelfs onder studenten van de universiteit. Met een model van conceptuele verandering zijn er daarom twee instructiemethoden ontworpen (video instructie en een papieren instructie) aan de hand van opgestelde richtlijnen. Het verschil tussen beide methoden is dat de instructievideo's gebruik maken van dynamische afbeeldingen en animaties, in combinatie met een gesproken toelichting waar de papieren instructie gebruik maakt van statische afbeeldingen en tekst.

Om te bepalen welke instructiemethode voor een betere conceptvorming zorgt, is er een instrument ontwikkeld waarmee er verschillende subconcepten van elektriciteit geïnventariseerd kunnen worden. Onderzocht is of instructievideo's, ontworpen aan de hand van de richtlijnen voor het ontwerpen van conceptuele video's, voor een betere conceptvorming bij elektriciteit zorgen vergeleken met een papieren instructie bij (1) stroom(behoud), (2) stroomrichting, (3) spanningsverdeling en (4) differentiatie tussen spanning en stroom. Uit de resultaten blijkt, dat de leerlingen op al deze subconcepten met video's meer vooruitgaan dan bij een papieren instructie. Desondanks is het aantal leerlingen met een goed concept omtrent spanningsverdeling en de differentiatie tussen spanning en stroom wel laag uitgevallen.

INHOUDSOPGAVE

Voorwoord	1
Samenvatting	2
1 Inleiding.....	5
1.1. Probleem.....	5
1.2. Misconcepten omtrent elektriciteit	5
1.3. Aanleren van concepten	6
1.4. Instructiemateriaal	7
1.5. Algemene onderzoeksvraag.....	9
2 Ontwerprichtlijnen	10
2.1. Analyse van richtlijnen voor het ontwerpen van procedurele video's	11
2.2. Analyse van tips en strategieën voor het aanleren van concepten	13
2.3. Richtlijnen voor het ontwerpen van conceptuele video's.....	15
3 Onderzoeksvragen.....	16
4 Methode	17
4.1. Respondenten.....	17
4.2. Instrumenten	18
4.2.1. Ontwerpen van de instructievideo's.....	18
4.2.2. Ontwerpen van de papieren instructie.....	21
4.2.3. Ontwerpen van het werkboek	22
4.2.4. Concepttoets.....	23
4.3. Procedure.....	25
4.4. Analyses	26
5 Resultaten	27
5.1. Stroom(behoud)	27
5.2. Stroomrichting.....	28
5.3. Spanningsverdeling	29
5.4. Differentiatie tussen spanning en stroom.....	30
6 Conclusie en discussie	31
6.1. Discussie.....	32
6.2. Beperkingen	32
6.3. Aanbevelingen	33
6.3.1. Vervolgonderzoek	33
6.3.2. Collega docenten en belangstellenden	33
7 Referenties.....	34

8	Bijlagen.....	36
8.1.	Concepttoets	37
8.2.	Resultaten controlegroep	42
8.3.	Resultaten experimentele groep	47
8.4.	Tekst- en werkboek	52
8.5.	Hyperlinks naar de video's	72
8.7.	Beoordelingsformulier onderzoek van onderwijs.....	73
8.8.	Formulier toestemming publicatie verslag.	76

1 INLEIDING

1.1. PROBLEEM

Een van de onderwerpen binnen de natuurkunde is elektriciteit. De brede toepassing in het dagelijks leven maakt dit misschien wel één van de meest belangrijke onderwerpen binnen de natuurkunde. Desondanks wordt het door velen ook beschouwd als één van de meest moeilijke onderwerpen binnen de natuurkunde. Het is dan ook niet verwonderlijk, dat er veel studie gedaan is naar de ideeën, inzichten en opvattingen (concepten) van leerlingen omtrent het onderwerp elektriciteit. Ook is onderzocht hoe deze concepten het beste aangeleerd kunnen worden.

Uit veel van deze onderzoeken komt naar voren dat leerlingen binnen het voortgezet onderwijs en zelfs studenten op de universiteit, binnen het onderwerp elektriciteit, er veel verkeerde of alternatieve concepten op na houden (Licht & Snoek, 1986; Licht, 1987; Shipstone, 1988; Andre & Ding, 1991; McDermott & Shaffer, 1992; Van den Berg, Grosheide, Breedijk & Schouten, 1995; Turgut, Gürbüz, & Turgut, 2011). Ook zouden deze verkeerd gevormde of alternatieve concepten (misconcepten) binnen het onderwerp elektriciteit niet gebonden zijn aan een bepaald land of een bepaald onderwijssysteem (Shipstone, 1988). Het is voor een docent dan ook belangrijk om te zoeken naar een zo goed mogelijke manier om deze concepten te vormen en eventuele misconcepten te voorkomen.

1.2. MISCONCEPTEN OMTRENT ELEKTRICITEIT

Het is dan ook niet verwonderlijk dat in veel verschillende onderzoeken (Licht, 1987; Licht & Snoek, 1986; Van den Berg, Grosheide & Schouten, 1995; Andre & Ding, 1991) wordt gezocht naar de misconcepten die er binnen het onderwerp elektriciteit aanwezig kunnen zijn. Met behulp van deze onderzoeken kunnen er vijf verschillende misconcepten onderscheiden worden. Hieronder zal er per misconcept een aantal voorbeelden van verkeerde of alternatieve ideeën besproken worden alvorens er gekeken wordt hoe deze opgelost kunnen worden.

Stroom(behoud)

(Licht, 1987; Licht & Snoek, 1986)

Het eerste misconcept dat veel aanwezig kan zijn bij leerlingen, is het idee dat de stroom(deeltjes) verbruikt wordt als deze door een schakeling loopt. De stroom wordt als een soort brandstof gezien en wordt door een lamp geheel of gedeeltelijk geconsumeerd. Een ander idee is dat, in een serieschakeling met een aantal lampjes, de stroom verdeeld wordt. Dit zou de reden zijn dat alle lampjes even fel branden. De stroomsterkte wordt daarnaast ook vaak gekoppeld aan de hoeveelheid energie die er geconsumeerd wordt.

Stroomrichting

(Van den Berg, Grosheide & Breedijke, 1995; Andre & Ding, 1991)

Naast een verkeerd idee over stroom(behoud) worden door Van den Berg et al. (1995) ook de ideeën omtrent de stroomrichting als een apart misconcept gezien. Zo denken veel leerlingen dat er twee stromen lopen vanaf een batterij. Er zal een stroom van + naar – lopen en een andere stroom van – naar +. Deze stromen zullen dan botsen in een lamp waardoor deze licht geeft. Deze twee stromen worden vaak gezien als een protonenstroom van + naar – en elektronenstroom van – naar +. Hiernaast denken ook veel leerlingen dat er maar één draad nodig is tussen een apparaat (lamp of een ander component) en de batterij om deze te laten werken.

Spanningsverdeling

(Licht, 1987; Licht & Snoek, 1986)

Het derde misconception is dat er een verkeerd beeld is van wat spanning is en hoe deze zich in een schakeling gedraagt. Er wordt vaak gedacht dat de spanning in een serieschakeling overal gelijk is. Er is een soort wet van spanningsbehoud. Een ander idee is dat de spanning vaak niet gezien wordt als een verschil in energie/potentiaal, maar als een lokale toestand. De spanning zal pas kleiner worden, als deze een component passeert. Ook komt het vaak voor dat leerlingen het idee hebben dat de spanning verdeeld wordt over de componenten, ongeacht de eigenschappen van het component.

Differentiatie tussen spanning en stroom

(Licht, 1987; Licht & Snoek, 1986)

Gezien er al veel verkeerde ideeën zijn omtrent stroom en spanning, is het voor leerlingen dan ook lastig om een juist onderscheid tussen deze begrippen te maken. Het komt dan ook vaak voor dat er geen juiste differentiatie is tussen de concepten stroom en spanning. De begrippen stroom en spanning worden veel door elkaar heen gebruikt. Hiernaast hebben ook veel leerlingen het idee dat stroom en spanning altijd samen voorkomen of dat de stroom zonder spanning kan voorkomen.

Lokaal en sequentieel redeneren.

(Licht, 1987; Licht & Snoek, 1986)

Naast de hierboven genoemde misconcepten is er ook nog een misconception waarbij de leerlingen een verkeerde redeneerwijze hanteren wanneer er iets verandert aan een schakeling. Er wordt door leerlingen veel lokaal geredeneerd en niet gekeken naar de rest van de schakeling. In een serieschakeling zou dit betekenen dat de stroom door een lampje niet verandert als er bijvoorbeeld een andere lamp (verderop in de schakeling) verwijderd wordt. De stroom in het component dat overblijft, is even groot als bij de situatie met twee lampjes.

Hiernaast komt het ook voor, dat er een sequentiële redenering door de leerlingen gehanteerd wordt, waardoor er alleen gekeken wordt naar het gedeelte na de verandering. De stroom door het tweede lampje verandert nu wel als het eerste lampje in een serieschakeling wordt verwijderd, omdat deze na de verandering geschakeld staat.

1.3. AANLEREN VAN CONCEPTEN

Zoals reeds vermeld is het, omdat er zo veel misconcepten heersen onder de leerlingen, voor een docent belangrijk om te zoeken naar een zo goed mogelijke manier om deze concepten te vormen en eventuele misconcepten te voorkomen of te verhelpen.

Als oplossing hiervoor is er gekeken naar het boek *Tips for the Science Teacher: Research-Based Strategies to Help Students Learn* van Hartman en Glasgow (2001). Zoals de titel van het boek al doet vermoeden, worden er in dit boek, vanuit verschillende wetenschappelijke onderzoeken, tips en strategieën aangeboden die een docent kan gebruiken om leerlingen te laten leren. In het boek is een heel hoofdstuk besteed aan het aanleren van concepten en het verhelpen van misconcepten. Ook wordt er per tip/strategie aandacht besteed aan de voorzorgsmaatregelen en de mogelijke valkuilen.

Een van de tips voor het aanleren van concepten en verhelpen van misconcepten geven Hartman en Glasgow (2001) de tip om een *model van conceptuele verandering* te gebruiken. Het model komt op het volgende neer:

1. Introductie van het onderwerp.
2. Aankaarten misconcepten
 - a. De leerling gebruikt zijn eigen kennis en redeneren om een misconcept te herkennen
 - b. De leerling wordt blootgesteld aan informatie van een externe bron (experiment, docent, boek) die tegenstrijdig is met zijn of haar concepten.
 - c. De leerling krijgt informatie die gerelateerd is aan zijn of haar concepten, wat helpt om de leerling te laten ontdekken dat zijn vorige concepten niet goed zijn.
 - d. De leerling wordt direct verteld dat zijn of haar concept niet correct is. Hij of zij wordt geconfronteerd met tegenstrijdigheden en feiten.
3. Nieuwe concepten vormen of huidige concepten herzien door een uitleg van het concept.
4. Versterking van de nieuwe of herziene concepten door deze te gebruiken bij het oplossen van problemen en beantwoorden van vragen.
5. Reflectie op de concepten.

Naast het enkel geven van tips en strategieën, wordt er door Hartman en Glasgow (2001) ook aandacht besteed aan de voorzorgsmaatregelen en de mogelijke valkuilen die de tip of strategie met zich mee brengt. Een waarschuwing die Hartman en Glasgow (2001) geven, is dat het bij bepaalde concepten lastig is om deze in het echt te observeren of te ervaren. Er wordt in een dergelijke situatie uitgeweken naar een simulatie van de werkelijkheid. Het blijkt dat deze simulatie juist voor meer verwarring kan zorgen, als dit niet op een juiste manier gebeurt.

Een voorbeeld van een dergelijke situatie is een leerling die bij concepten als moleculaire biologie en atomaire structuren de concepten slecht in het echt kan observeren. Ook de materialen die hiervoor gebruikt worden zijn vaak beperkt. Slechte voorbeelden die het concept niet goed demonstreren kunnen hierbij juist zorgen voor meer verwarring. Ook bij het onderwerp elektriciteit is het goed om deze waarschuwing in het achterhoofd te houden. Je hebt hier namelijk te maken met kleine stroomdeeltjes die niet in het echt te observeren zijn.

1.4. INSTRUCTIEMATERIAAL

Op het Erasmus te Almelo, waar dit onderzoek uitgevoerd is, wordt gebruik gemaakt van de methode *Newton* (ThiemeMeulenhoff, 2014). Na analyse van het hoofdstuk elektriciteit bleek deze methode niet aan te sluiten bij het model van conceptuele verandering. Er zal daarom een nieuwe lesmodules ontwikkeld moeten worden, die de concepten omtrent elektriciteit wel volgens het model van conceptuele verandering aanleert.

Met de opkomst van Flipping The Classroom en een steeds groter aanbod aan software om gemakkelijk video's te maken, komt het steeds vaker voor dat docenten ervoor kiezen om concepten uit te leggen met behulp van video instructie. Desondanks is er nog niet veel bruikbaar wetenschappelijk onderzoek gedaan naar de leereffecten van video instructie (Van der Meij & Van der Meij, 2013). Ook is het niet duidelijk of het gebruik van video instructie voor een betere conceptvorming kan zorgen ten opzichte

van een papieren instructie. In dit onderzoek zal er dan ook een vergelijking gemaakt worden tussen het gebruik van video instructie en het gebruik van een papieren instructie voor het aanleren van concepten.

Een belangrijk verschil tussen beide instructiemethoden is de dynamiek die video kan bieden. Zo blijkt uit het congruence principe van Tversky, Bauer-Morrison en Betrancourt (2002), dat een grafische representatie beter begrepen en onthouden wordt wanneer deze overeenkomt met de interne representatie. Een dynamische afbeelding of animatie zal daarom ook beter werken dan een statische afbeelding wanneer deze een dynamisch proces weergeeft. Aangezien het onderwerp elektriciteit een dynamisch karakter heeft (deeltjes stromen door een draad, lampjes gaan aan en uit, et cetera), zou het hier beter zijn een dynamische afbeelding of animatie in te zetten in plaats van een statische afbeelding.

Ook zou het gebruik van dynamische afbeeldingen of animaties beter kunnen zijn voor het aanleren van concepten en het voorkomen van misconcepten. Zoals reeds vermeld, geven Hartman en Glasgow (2001) bij het model van conceptuele verandering al de waarschuwing dat concepten, die lastig in het echt te observeren of te ervaren zijn, wel een juiste simulatie van de werkelijkheid moeten geven. In overeenstemming met Tversky et al. (2002) zullen statische afbeeldingen of tekst, gezien het dynamische karakter van het onderwerp elektriciteit, dus minder geschikt zijn voor het aanleren van concepten en het voorkomen van misconcepten.

Hiernaast kan er met behulp van dynamische afbeeldingen en animaties, in combinatie met een gesproken toelichting, voor een beter leereffect gezorgd worden ten opzichte van (on-screen) tekst of statische afbeeldingen (Mayer & Moreno, 1999; Mayer & Moreno, 2002; Lin & Atkinson, 2011). Zo blijkt dat als gelijktijdig het auditief en visueel werkgeheugen aangesproken wordt, de leerlingen beter in staat zijn verbindingen op te bouwen tussen het auditieve en visuele (Mayer & Moreno, 1999). Dit sluit tevens aan bij de dual coding theorie en multimedia leertheorieën, die stellen dat er meer geleerd wordt van een combinatie van tekst en afbeeldingen dan van tekst of afbeeldingen apart (Van der Meij & Van der Meij, 2013; Mayer & Moreno, 1999). Ook blijkt uit onderzoek van Swarts (2012) dat gebruikers het fijn vinden als er een toelichting bij een demonstratie gegeven wordt in een instructievideo.

Als argument voor het gebruik van video's wordt vaak genoemd dat door het toegankelijk maken van de video's de leerlingen op elk moment van de dag of tijdens het maken van opdrachten de video met uitleg kan bekijken. De leerlingen kunnen hierdoor de uitleg bekijken wanneer zij hier zelf aan toe zijn (just-in-time learning). Ook zouden leerlingen, als ze tijdens het kijken de uitleg niet snappen, de video kunnen terugspoelen om deze opnieuw te bekijken. Ondanks dat dergelijke inspanningen en initiatieven van de leerling volgens constructivistische opvattingen een belangrijke rol spelen in het leerproces (Bransford, Brown, & Cocking, 2002; Van der Meij & Van der Meij, 2013), is dit echter nog geen argument voor het inzetten van video instructie. Hetzelfde kan namelijk ook bereikt worden met een papieren instructie. Deze kunnen leerlingen ook op elk moment van de dag of tijdens het maken van opdrachten erbij pakken. Wel is het een goed argument om de instructiematerialen toegankelijk te maken voor de leerlingen. Ook zou er door deze instructiematerialen buiten de les te laten bestuderen, binnen de les meer ruimte voor persoonlijke ondersteuning en differentiatie kunnen zijn (Bergmann & Sams, 2012).

Een argument tegen het gebruik van video instructie is, dat het ontwikkelen hiervan veel tijd kost en het een grote aanspraak maakt op de technische vaardigheden van een docent. Het schrijven van een goede papieren instructie kost daarentegen ook veel tijd. Hiernaast wordt het aanbod van software om

gemakkelijk video's te maken steeds groter en zijn er ook steeds minder technische vaardigheden nodig om een video te maken en deze beschikbaar te stellen. Zo kunnen er met het programma Camtasia Studio gemakkelijk video's ontwikkeld worden door gebruik te maken van PowerPoint en een microfoon. Na het opnemen van het geluid- en beeldmateriaal kan via Camtasia Studio de video bewerkt worden. Ook kan de video met Camtasia Studio direct geüpload worden naar YouTube.

Het belangrijke verschil tussen papieren instructie en video instructie is dan ook de dynamiek die video kan bieden. Doordat het onderwerp elektriciteit een dynamisch karakter heeft, is de verwachting dat video instructie beter werkt voor het aanleren van concepten.

1.5. ALGEMENE ONDERZOEKSVRAAG

Om te onderzoeken of er met behulp van video instructie ook daadwerkelijk voor een betere conceptvorming gezorgd kan worden, is er in dit onderzoek dan ook een antwoord gezocht op de volgende onderzoeksvraag:

Zorgen instructievideo's vergeleken met papieren instructie voor een betere conceptvorming bij het onderwerp elektriciteit?

Deze vraag is onderzocht door instructiemateriaal te ontwikkelen met behulp van het model van conceptuele verandering. Ook is er een toets afgenomen onder de leerlingen, waarmee de misconcepten omtrent elektriciteit geïnventariseerd kunnen worden. De toets inventariseert de volgende misconcepten: (stroom(behoud), stroomrichting, spanningsverdeling en differentiatie tussen spanning en stroom).

Clark (1985a, 1994) stelt dat media slechts voertuigen zijn die instructie afleveren en het leren niet beïnvloeden. Clark bedoelt hiermee te zeggen, dat een (instructie)medium zelf geen toegevoegde waarde heeft, maar dat het juist de inhoud, de instructie strategie of de gebruikte attributen (bijvoorbeeld animaties) zijn die het leren beïnvloeden en voor een beter kunnen leereffect zorgen (Clark, 1994). Schramm (1977), Salomon (1979) en Kozma (1994) zijn het hiermee eens. Er zijn daarom richtlijnen opgesteld waar beide instructiemethoden (video en papieren instructie) aan moeten voldoen. Om ervoor te zorgen dat beide methoden van instructie ook daadwerkelijk met elkaar vergeleken kunnen worden, zullen de richtlijnen voor zover mogelijk gelijk zijn.

2 ONTWERPRICHTLIJNEN

Doordat er niet veel bruikbaar wetenschappelijk onderzoek gedaan is naar de leereffecten van video instructie (Van der Meij & Van der Meij, 2013) en er geen richtlijnen te vinden zijn voor het ontwerpen van conceptuele video's. De ontwerprichtlijnen zijn daarom gebaseerd op het onderzoek van Van der Meij en Van der Meij (2013). Zij hebben richtlijnen opgesteld voor het ontwerpen van instructievideo's voor het aanleren van procedures. De ontworpen video's leren de gebruiker bepaalde procedures toe te passen binnen de softwareomgeving van Word. Door deze video's te ontwerpen aan de hand van de opgestelde richtlijnen, werden er door Van der Meij en Van der Meij (2013) goede resultaten behaald. Zo zijn deze richtlijnen getest in drie verschillende studies, waar deze video's vergeleken met papieren instructie betere resultaten lieten zien op motivatie van de respondenten met video's en dat deze beter scoorden op de oefentaken tijdens en na de training. Ook het zelfvertrouwen in hun computervaardigheden bleek beter te zijn.

Gezien deze richtlijnen gericht zijn op het aanleren van procedures, is voor het huidige onderzoek bekeken welke van de richtlijnen bruikbaar zijn voor het ontwerpen van video's voor het aanleren van concepten. De aangepaste richtlijnen van Van der Meij en Van der Meij (2013) zijn vervolgens gecombineerd met tips en instructiestrategieën van Hartman en Glasgow (2001) welke samen resulteren in richtlijnen voor het ontwerpen van conceptuele video's.

Om ervoor te zorgen dat de video instructie en papieren instructie in dit onderzoek met elkaar te vergelijken zijn, is ervoor gekozen om de papieren instructie zo veel mogelijk identiek te laten zijn aan hetgeen in de video verteld en getoond wordt. Het verschil tussen beide methoden is dan het gebruik van dynamische afbeeldingen en animaties in combinatie met een gesproken toelichting.

2.1. ANALYSE VAN RICHTLIJNEN VOOR HET ONWERPEN VAN PROCEDURELE VIDEO'S

De richtlijnen die Van der Meij en Van der Meij (2013) geven zijn in tabel 1 weergegeven. In de analyse van deze richtlijnen, zal er gebruik gemaakt worden van bepaalde afkortingen. De gebruikte afkortingen G gevolgd door een nummer, bijvoorbeeld G2.3, verwijzen naar de desbetreffende richtlijn. G2.3 verwijst dan naar Guideline 2.3.

Tabel 1 Acht richtlijnen voor het ontwerpen van instructievideo's voor het aanleren van procedures.
(Van der Meij & Van der Meij, 2013)

Guideline 1	Provide easy access
Guideline 1.1	Craft the title carefully
Guideline 2	Use animation with narration
Guideline 2.1	Be faithful to the actual interface in the animation
Guideline 2.2	Use a spoken human voice for the narration
Guideline 2.3	Action and voice must be in synch
Guideline 3	Enable functional interactivity
Guideline 3.1	Pace the video carefully
Guideline 3.2	Enable user control
Guideline 4	Preview the task
Guideline 4.1	Promote the goal
Guideline 4.2	Use a conversational style to enhance perceptions of task relevance
Guideline 4.3	Action and voice must be in synch
Guideline 5	Provide procedural rather than conceptual information
Guideline 6	Make tasks clear and simple
Guideline 6.1	Follow the user's mental plan in describing an action sequence
Guideline 6.2	Draw attention to the interconnection of user actions and system reactions
Guideline 6.3	Use highlighting to guide attention
Guideline 7	Keep videos short
Guideline 8	Strengthen demonstration with practice

Richtlijn 1. Maak de video toegankelijk

De eerste richtlijn voor het ontwerpen van een instructievideo is dat de video goed vindbaar moet zijn voor de gebruiker. Ook zeggen Van der Meij en Van der Meij (2013) dat de gebruiker aan de hand van de titel de juiste video moet kunnen selecteren (G1.1).

Richtlijn 2. Gebruik een combinatie van animatie en voice-over

In de tweede richtlijn komt het gebruik van animatie aan bod in combinatie met een voice-over. Door een combinatie te gebruiken van animatie en woorden, is het leereffect groter dan bij (gesproken) tekst alleen. Het is goed dat deze gesproken toelichting een uitleg geeft over wat er op het scherm gebeurt (G2.3). Deze richtlijn is gebaseerd op het eerder genoemde onderzoek van Mayer en Moreno (1999, 2002). In dit onderzoek komt naar voren dat dynamische afbeeldingen en animaties, in combinatie met een gesproken toelichting, voor een beter leerresultaat en voor betere concepten zorgen ten opzichte

Richtlijn 5. Geef voornamelijk procedurele informatie in plaats van conceptuele informatie

In het onderzoek van Van der Meij en Van der Meij (2013) wordt er als richtlijn aangegeven dat er in een video voornamelijk procedurele informatie gegeven moet worden. Aangezien er gezocht wordt naar richtlijnen voor het ontwerpen van conceptuele video's zal deze richtlijn omgedraaid worden. In een conceptuele video moet er dus voornamelijk conceptuele informatie in plaats van procedurele informatie moet worden getoond. Dit betekent onder andere dat er tijdens het uitleggen van concepten dus geen sommetjes of berekeningen worden gemaakt, tenzij deze bijdragen aan een beter concept.

Ook moeten er, om reflecteren te stimuleren, tijdens de video korte pauzes (2 – 5 seconden) worden ingelast, waarin de gebruiker op de afgeronde taak kan terug kijken. Dit is gebaseerd op een onderzoek van Ertel (2007) waaruit blijkt dat dergelijke momenten van reflectie voor een beter leereffect kunnen zorgen.

Richtlijn 6. Maak de uitleg kort en helder

Doordat bepaalde zaken nou eenmaal op verschillende manieren uitgelegd kunnen worden is het goed om hierin een keuze te maken. Daarbij is het soms goed om bepaalde (belangrijke) objecten of elementen te benadrukken. Dit kan door hierop in te zoomen, het aan te wijzen met een (grote rode) pijl, het te omcirkelen of het te arceren (G6.3).

Richtlijn 7. Maak de video niet te lang

In de beschrijving van richtlijn 7 wordt er aan de hand van twee literatuurstudies aangetoond dat een instructievideo korter moet zijn dan drie minuten. Het vermoeden is dat dit bij een conceptuele video niet gaat lukken, omdat je analogieën moet trekken, animaties toont en uitleg van begrippen moet tonen. Wel zou er geprobeerd moeten worden de video zo kort mogelijk te maken.

Ook is het soms beter een video op te delen in meerdere video's, dan alle informatie in één video te zetten. Voor dit onderzoek zou dit betekenen dat, er in plaats van één video met alle uitleg, meerdere video's ontworpen worden. Hiernaast zal er in combinatie met richtlijn 5 zoveel mogelijk conceptuele informatie gegeven worden, waardoor de uitleg ook kort en bondig wordt.

Richtlijn 8. Nodig uit om na het kijken zelf te oefenen.

Door in de video de kijker uit te dagen om na het kijken zelf te oefenen, zorg je ervoor dat deze actief bezig gaat met het geleerde en dit beter verwerkt. Hier komt bij dat het oefenen direct weergeeft of de kijker het begrijpt. Ook blijkt het effectief om tijdens het oefenen toegang te verlenen tot de video.

Om ervoor te zorgen dat er zoveel mogelijk conceptuele informatie in de video's komt en deze stap is ingebed in het model van conceptuele verandering is er gekozen om dit niet in de video te benoemen of deze op te nemen in de richtlijnen voor het ontwerpen van conceptuele video's. Daarentegen is er tijdens het werken aan de opgaven wel toegang verleend tot de video's.

2.2. ANALYSE VAN TIPS EN STRATEGIEËN VOOR HET AANLEREN VAN CONCEPTEN

Als aanvulling op de richtlijnen die hiervoor overbleven zijn, is er een selectie gemaakt van verschillende tips uit het boek van Hartman en Glasgow (2001), die toegespitst zijn op het aanleren van concepten en die allen gebaseerd zijn op verschillende literatuurstudies. Op de volgende pagina zal per tip besproken worden of deze opgenomen wordt in de op te stellen richtlijnen.

2.3. RICHTLIJNEN VOOR HET ONTWERPEN VAN CONCEPTUELE VIDEO'S

Na analyse van de richtlijnen van Van der Meij en Van der Meij (2013) kunnen hiervan twee richtlijnen (G2.1 en G8) vervangen worden met tips uit het boek van Hartman en Glasgow (2001). Hierdoor zullen er tijdens het ontwerpen van conceptuele video's de volgende richtlijnen gehanteerd worden (zie tabel 2). De richtlijnen 7.4 en 7.5 zijn enkel bedoeld als herinnering dat dit moet gebeuren, maar zullen niet in de video's zelf verwerkt worden.

Tabel 2 Richtlijnen voor het ontwerpen van conceptuele video's

Richtlijn 1	Maak de video toegankelijk en geef de gebruiker enige controle	(Van der Meij & Van der Meij, 2013)
1.1	Zorg voor een goede titel	
1.2	Zorg dat de video's goed vindbaar zijn	
1.3	Geef de gebruiker enige controle	
Richtlijn 2	Gebruik een combinatie van animatie en voice-over	(Van der Meij & Van der Meij, 2013)
2.1	Gebruik een gesproken toelichting voor wat er op het scherm gebeurt	
2.1	Gebruik een menselijke stem voor de toelichting	
Richtlijn 3	Zorg voor een goed tempo	(Van der Meij & Van der Meij, 2013)
3.1	Zorg dat het tempo niet te hoog of te laag ligt	
3.2	Las af en toe een pauze van 2-5 seconden in	
Richtlijn 4	Maak de video niet te lang	(Van der Meij & Van der Meij, 2013)
4.1	Zorg dat de video niet te lang duurt	
4.2	Splits waar mogelijk een onderwerp op in meerdere video's	
Richtlijn 5	Geef voornamelijk conceptuele informatie	(Van der Meij & Van der Meij, 2013)
Richtlijn 6	Maak de uitleg kort en helder	(Van der Meij & Van der Meij, 2013)
6.1	Kies de meest inzichtelijke manier waarop je het concept uitlegt	
6.2	Benadruk belangrijke elementen	
6.3	Plaats nieuwe begrippen in een context	
Richtlijn 7	Gebruik een model van conceptuele verandering	(Hartman & Glasgow, 2001)
7.1	Introduceer het onderwerp	
7.2	Kaart één misconception aan	
7.3	Vorm het nieuwe concept of herzie deze middels uitleg	
7.4	Laat de gebruiker het nieuwe of herziene concept toepassen	
7.5	Laat de gebruiker reflecteren op de nieuwe concepten.	
Richtlijn 8	Begin met een vooruitblik	(Van der Meij & Van der Meij, 2013; Hartman & Glasgow, 2001)
8.1	Begin de video met een advance organizer	
8.2	Noem de (persoonlijke) doelen van de video	
Richtlijn 9	Gebruik analogieën	(Hartman & Glasgow, 2001)
9.1	Een analogie moet begrijpelijk zijn voor de leerling	

3 ONDERZOEKSVRAGEN

Gezien er zoveel misconcepten heersen onder leerlingen omtrent het onderwerp elektriciteit, is het van belang dat deze concepten op een goede manier aangeleerd worden. Vanuit verschillende onderzoeken (Licht, 1987; Licht & Snoek, 1986; Van den Berg, Grosheide & Schouten, 1995; Andre & Ding, 1991) worden er vijf verschillende misconcepten onderscheiden: (1) stroom(behoud), (2) stroomrichting, (3) spanningsverdeling, (4) differentiatie tussen spanning en stroom en (5) lokaal en sequentieel redeneren.

Door deze misconcepten middels een toets te analyseren, kan er gekeken worden, of instructievideo's ontworpen aan de hand van de opgestelde richtlijnen voor het ontwerpen van conceptuele video's, dan ook zorgen voor een betere conceptvorming vergeleken met papieren instructie omtrent de bovenstaande concepten.

Zorgen instructievideo's, ontworpen aan de hand van de richtlijnen voor het ontwerpen van conceptuele video's, voor een betere conceptvorming bij elektriciteit vergeleken met papieren instructie bij (1) stroom(behoud), (2) stroomrichting, (3) spanningsverdeling en (4) differentiatie tussen spanning en stroom?

Het antwoord zal verkregen worden door twee groepen leerlingen uit 4 havo te laten werken met één van de instructiemethoden. Middels een toets zal er onderzocht worden of de video's die met behulp van de richtlijnen ontworpen zijn ook daadwerkelijk voor een betere conceptvorming zorgen ten opzichte van een papieren instructie.

Doordat er in de video's gebruik gemaakt wordt van dynamische afbeeldingen en animatie, in combinatie met een gesproken toelichting, is de verwachting dat het percentage van leerlingen die betere conceptvorming heeft gekregen, hoger ligt in de groep met video dan in de groep met een papieren instructie.

4 METHODE

4.1. RESPONDENTEN

Het onderzoek is uitgevoerd op de openbare scholengemeenschap Het Erasmus te Almelo. Aangezien het onderzoek zich richt op natuurkunde leerlingen in het voortgezet onderwijs, zijn er twee natuurkundecusters gekozen. Beide clusters zijn leerlingen van 4 havo en bestaan uit een mix van zowel jongens als meisjes in de leeftijdscategorie van 15-17 met de profielen NG of NT. Bij een cluster zitten de leerlingen alleen tijdens het vak natuurkunde in deze samenstelling bij elkaar.

De ene klas bestaande uit 24 leerlingen, waaronder 8 meisjes, fungeert als controlegroep en de andere klas bestaande uit 22 leerlingen, waaronder 7 meisjes, fungeert als experimentele groep. Voornamelijk om organisatorische redenen is er gekozen om de klassen niet te mixen. Desalniettemin is het wel goed om op te merken dat de leeftijd en studieloopbaan van beide klassen verschillend is. Zo bestaat de controlegroep voornamelijk uit afstromers van 3 vwo en de experimentele groep voor bijna de helft uit doublanten bestaat. Naar verwachting is dit niet van invloed op de resultaten van het onderzoek, omdat er zelfs onder studenten op de universiteit nog misconcepten over elektriciteit bestaan (Licht & Snoek, 1986; Licht, 1987).

De concepttoets is door beide klassen, zowel voor als na de lesmodule ingevuld, en dient als pre- en posttest. Tijdens de contactmomenten waar deze pre- en posttest zijn ingevuld, waren beide groepen niet compleet doordat een aantal leerlingen absent waren door ziekte of een uitwisseling naar Zweden. In de controlegroep hebben 23 leerlingen de pretest en 19 leerlingen de posttest ingevuld. In de experimentele groep hebben 23 leerlingen de pretest en 20 leerlingen de posttest ingevuld.

4.2. INSTRUMENTEN

4.2.1. ONTWERPEN VAN DE INSTRUCTIEVIDEO'S

Met behulp van de richtlijnen zijn een vijftal video's ontworpen waarin het concept elektriciteit wordt uitgelegd. Voor het ontwerpen van de video's is er gebruik gemaakt van een presentatie in PowerPoint, omdat hier op eenvoudige wijze de tekst, animaties, dynamische afbeeldingen en dergelijke gemaakt kan worden. Vervolgens is er gebruik gemaakt van de PowerPoint plug-in van Camtasia Studio, waarmee de (gesproken) presentatie opgenomen en vervolgens bewerkt kon worden.

De video's zijn opgedeeld in de volgende vijf onderwerpen: introductie, stroom, spanning, tekenen van schakelingen en meten. Ondanks dat de video over het tekenen van schakelingen in principe geen conceptuele informatie verstrekt, is deze wel opgenomen om het gebruik van stroom- en spanningsmeters te verduidelijken en daarmee de concepten stroom en spanning te versterken.

Om aan te tonen dat de video's ontwikkeld zijn aan de hand van de opgestelde richtlijnen voor het ontwerpen van conceptuele video's, zal er per richtlijn besproken worden waar deze terug is te zien. De gebruikte afkortingen R gevolgd door een nummer, bijvoorbeeld R2.3, verwijzen naar de desbetreffende richtlijn. R2.3 verwijst dan naar richtlijn 2.3.

Richtlijn 1 Maak de video toegankelijk en geef de gebruiker enige controle

Om de gebruiker enige controle te geven (R1.3) zijn de video's geüpload op YouTube. Het platform biedt de hierboven genoemde functies in zijn mediaplayer. Een bijkomend voordeel dat het gebruik van YouTube biedt, is dat het platform de mogelijkheid heeft om de video op verschillende privacy instellingen te zetten. Hiermee kan ervoor worden gezorgd dat enkel de experimentele groep toegang had tot de desbetreffende video's en de controlegroep niet. Hierdoor zijn de uitkomsten van het onderzoek betrouwbaarder.

Hiernaast geeft R1.1 aan dat de video's een goede titel moeten bevatten, waarmee de leerlingen in een oogopslag kunnen zien welke video ze moeten bekijken en wat de inhoud hiervan is. Er is gekozen om de titel in overeenstemming te laten zijn met de hoofdstukken van het werkboek waar de leerlingen de concepten toepassen. Deze titels zijn zo gekozen dat ze in één of enkele woorden aangeven wat de inhoud is van het hoofdstuk.

Een tweede keus in het bepalen van een juiste titel ligt mede R1.2 welke aangeeft dat het belangrijk is dat de gebruiker de video's gemakkelijk moet kunnen vinden. Gezien er in de toekomst ook andere onderwerpen aangeboden kunnen worden, is ervoor gekozen opmaak van de onderstaande titel te hanteren. Allereerst wordt er gebruik gemaakt van een hashtag (#) gevolgd door een volgnummer voor dat onderwerp. Hierna volgt het hoofdonderwerp waar alle video's over gaan, in dit geval elektriciteit. Als laatste afgezonderd middels een koppelteken volgt de daadwerkelijke titel van het hoofdstuk. De eerste video met daarin een introductie van elektriciteit heeft daarom als titel:

#0 Elektriciteit – Introductie.

Om de leerling nog meer van dienst te zijn is er gekozen om op Itslearning de video's aan te bieden op een pagina met daarin alle video's in de juiste volgorde onder elkaar. Aangezien de leerlingen vaker werken met Itslearning, zijn zij reeds bekend met de structuur hiervan en hoeven zij niet meer elke keer YouTube af te zoeken naar de juiste video.

Richtlijn 2 Gebruik een combinatie van animatie en voice-over

Tijdens het ontwerpen van de video's is er gekozen om gebruik te maken van verschillende animaties in plaats van enkel tekst of een afbeelding. Zo kunnen de leerlingen in de video over stroom zien hoe een stroomdeeltje zich door een schakeling heen verplaatst in plaats van dat dit enkel verteld wordt. Ook is er gezorgd dat wanneer animatie te zien is in de video deze mondeling wordt toegelicht.

Richtlijn 3 Zorg voor een goed temp

Een handige vuistregel die Van der Meij en Van der Meij (2014) geven op het platform van Didaktief is om het tempo van een normaal gesprek te hanteren. De video's zijn dan ook ingesproken met deze tip in het achterhoofd. Ook het weglaten van overbodige informatie zorgde ervoor dat er voldoende tempo gehouden werd.

Om het reflecteren van de gebruiker te stimuleren blijkt het effectief om tijdens een video korte pauzes (2 – 5 seconden) in te lassen waar deze op de nieuwe informatie terug kan kijken (R3.2). Er zijn daarom in de ontworpen video's korte pauzes van twee seconden tijdens en vijf seconden na de video ingelast.

Richtlijn 4 Maak de video niet te lang

Aangezien het voor een conceptuele video veel lastiger is om de richtlijn van drie minuten aan te houden, door bijvoorbeeld het gebruik van analogieën en animaties, is er gekozen om het onderwerp elektriciteit op te splitsen in meerdere video's (R4.2). Door het onderwerp te verdelen in vijf korte video's, door niet alle misconcepten te behandelen (R6.1) en door enkel conceptuele informatie aan te bieden (R5.1), is er voor gezorgd dat de video's niet te lang zijn.

Richtlijn 5 Geef voornamelijk conceptuele informatie

In deze vijfde richtlijn komt naar voren dat er in een video voornamelijk conceptuele informatie getoond moet worden. Dit betekent dat er tijdens het uitleggen van concepten bijvoorbeeld geen sommetjes of berekeningen worden gedaan, tenzij deze bijdragen aan een beter concept. Om direct rekening te houden met richtlijn 4 is er voor gekozen om in geen van de video's enige berekening, formule of sommetje te tonen en dit op te nemen in het werkboek waar de leerlingen de nieuwe concepten toepassen. Hiernaast is er in de gehele reeks aan video's ook maar in een 'slide' een getal te zien om aan te geven hoeveel stroomdeeltjes er wel niet per seconde door een schakeling heen lopen.

Richtlijn 6 Maak de uitleg kort en helder

Doordat bepaalde zaken op verschillende manieren uitgelegd kunnen worden, is het goed om de meest inzichtelijke manier te kiezen waarop je een concept uitlegt (R6.1). Dit is gedaan door per video maar één enkel misconcept te benoemen in plaats van alle misconcepten van dat onderwerp wat nodig is volgens het model van conceptuele verandering (R7.1). Hiernaast is de manier waarop de onderwerpen uitgelegd zijn veelal gebaseerd op het artikel van Van den Berg, Grosheide en Breedijke (1995) waarin aangegeven wordt op welke manier de begrippen spanning en stroom het beste uitgelegd kunnen worden.

Hiernaast is het soms goed om bepaalde (belangrijke) objecten of elementen te benadrukken door hierop in te zoomen, het aan te wijzen met een (grote rode) pijl, omcirkeling of arcering (R6.2). Bij het ontwerpen van deze video's is ervoor gekozen om op meerdere plekken gebruik te maken van de

standaard animatiefuncties van PowerPoint waarmee belangrijke zinnen en objecten benadrukt kunnen worden door deze te laten verschijnen op het scherm.

Ook moeten nieuwe termen bij introductie geplaatst worden in een context (R6.3). Dit is bewerkstelligd door bijvoorbeeld een schakeling met een batterij en een lampje te tonen in combinatie met een animatie, als er over stroom en spanning gesproken wordt.

Richtlijn 7 Gebruik een model van conceptuele verandering

Om aan te geven hoe er in de ontworpen video's rekening is gehouden met deze richtlijn kan dit het beste gedaan worden door de indeling van de video over stroom te bespreken. In deze video is er allereerst begonnen met een introductie van het onderwerp aan de hand van een advance organizer en een vraag die de gebruiker moet prikkelen om dit antwoord in de video te verkrijgen (R7.1). Vervolgens wordt een misconception aangekaart (R7.2) door een veel voorkomend idee over stroom te benoemen (er is een enkel draad nodig is om een lamp te laten branden). Er wordt gezegd dat dit idee niet goed is en de lamp hier niet brandt (met een animatie waar de lamp uitgaat). Om de gebruiker met dit misconception te confronteren wordt direct hierna een tegenstrijdig idee getoond, namelijk een schakeling met enkel een draad waar de lamp wel brandt (R7.2). Pas daarna wordt er uitleg gegeven over het concept (R7.2).

Richtlijn 8 Begin met een vooruitblik

Voor er daadwerkelijk met uitleg of een instructie begonnen wordt, is het goed om te beginnen met een vooruitblik of overzicht van wat er in de video besproken wordt. Dit zorgt ervoor dat de kijker een goed beeld heeft van wat er geleerd gaat worden en zo de hoofd- en bijzaken beter leert scheiden. In de video's wordt er daarom gestart met een Advance Organizer waarin staat wat de leerling reeds moet weten en afsluitend wat er in de video geleerd gaat worden (R8.1).

Hiernaast blijkt het effectief wanneer de doelen persoonlijk worden overgebracht op de kijker. Zo blijkt bijvoorbeeld 'je leert...' beter te werken dan een formeel doel. Door dit te doen wordt er benadrukt dat de doelen van de video belangrijk zijn voor de kijker zelf (R8.2). Er is daarom in deze vorm verteld wat de gebruiker de desbetreffende video gaat leren.

Richtlijn 9 Gebruik analogieën

In deze videoreeks is er gekozen om het begrip stroom uit te leggen als het aantal stroomdeeltjes die er door de schakeling gaan en als vervoersmiddel van energie gezien kunnen worden. De spanning mag hierbij gezien worden als de energie per stroomdeeltje. Volgens het artikel van Van den Berg, Grosheide en Breedijke (1995), dat uitleg geeft hoe de begrippen stroom en spanning het beste uitgelegd kunnen worden, blijkt dit beter te werken dan het gebruik van watermodellen als analogie. Het gebruik van watermodellen blijkt minder goed te werken vanwege de onbekendheid van waterstromen in gesloten systemen.

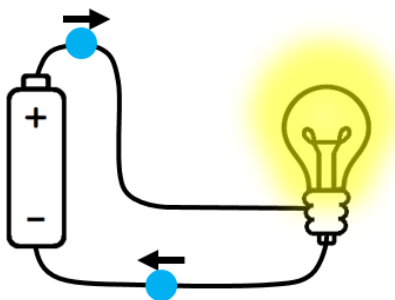
Om de analogie begrijpelijk te maken voor de leerling is er gekozen om de begrippen stroom en spanning uit te leggen aan de hand van het voorbeeld van een pizzabezorger in combinatie met een animatie (zie titelblad). In deze analogie staat het aantal pizzabezorgers voor de stroomsterkte, de pizza voor de hoeveelheid energie die elke pizzabezorger bij zich draagt en de pizzeria voor de batterij die de pizzabezorgers (stroomdeeltjes) voorziet van pizza's (energie). Met behulp van deze analogie kon er tevens een link gelegd worden met eenrichtingsverkeer en een gesloten stroomkring (wegopbreking).

4.2.2. ONTWERPEN VAN DE PAPIEREN INSTRUCTIE

Aangezien er in dit onderzoek een antwoord gezocht wordt of een video, ontworpen met behulp van de opgestelde richtlijnen, ook daadwerkelijk voor een betere conceptvorming zorgt ten opzichte van een papieren instructie, is er een tekstboekje ontworpen.

Om ervoor te zorgen dat beide methoden met elkaar te vergelijken zijn en er een betrouwbare meting verricht kan worden, is ervoor gekozen om deze zoveel mogelijk identiek te laten zijn aan hetgeen in de video verteld en getoond wordt. Dit is gedaan door het script waarmee de video's ingesproken zijn om te zetten naar een tekstboek. Omdat het medium waar de leerlingen mee werken niet identiek zijn, zijn er echter wel zinnen als "in deze video leer je ..." en zinnen als "je hebt in de animatie..." omgezet zodat deze op het tekstboekje slaan. Bijvoorbeeld "In dit hoofdstuk leer je..." of "je hebt in de afbeelding"

Aangezien er in de video gewerkt wordt met animaties, moesten deze omgezet worden naar statische afbeeldingen die wel dezelfde lading dekten. Zo is de animatie waar een stroomdeeltje zich door de schakeling beweegt en hier energie afgeeft aan de lamp omgezet naar de volgende statische afbeelding. Doordat er in de video met behulp van richtlijn 2 bij elke animatie een mondelinge toelichting te horen is van wat er op het scherm te zien is, kunnen de leerlingen met behulp van de statische afbeelding en deze tekst alsnog dezelfde informatie lezen over wat er gebeurt met de stroomdeeltjes in een schakeling.



Figuur 1 Dynamische afbeelding van het bewegen van een stroomdeeltje in een schakeling omgezet naar een statische afbeelding met dezelfde dekking.

4.2.3. ONTWERPEN VAN HET WERKBOEK

Volgens het model van conceptuele verandering (Hartman & Glasgow, 2001) is het goed om de herziene of nieuwe concepten te versterken door deze te gebruiken bij het oplossen van problemen en is het goed om hierop te reflecteren. Ook in het onderzoek van Van der Meij en Van der Meij (2013) bleek het effectief om na het kijken van de video's het geleerde toe te passen in de praktijk.

Zoals reeds vermeld is er voor gekozen om niet te werken met het boek *Newton* (ThiemeMeulenhoff, 2014) waar de leerlingen normaliter mee werken, omdat deze niet aansluit bij het model van conceptuele verandering. Er is daarom een werkboek met opdrachten ontwikkeld dat hier wel op aansluit. Tevens is er in dit werkboek ook de tip van Hartman en Glasgow (2001), over het gebruik van concept maps, opgenomen omdat dit een goede manier is ter versterking van de concepten en goed ingezet kan worden ter reflectie. Hieronder zal voor een aantal onderdelen besproken worden hoe deze tot stand gekomen zijn en welke keuzes er tijdens het ontwerpen genomen zijn.

Indeling van het werkboek

Om de leerlingen duidelijkheid en structuur te geven is er voor gekozen om de indeling van het werkboek identiek te laten zijn aan de ontworpen video's en hiermee dus ook aan het tekstboek, gezien deze grotendeels identiek zijn. Daarentegen zijn er in het boek geen opgaven voor het tekenen van schakelingen opgenomen, aangezien er niet met andere componenten of schakelingen gewerkt gaat worden dan de in de video en het tekstboek getoonde schakelingen.

Gebruik van concept maps

Een van de tips die Hartman en Glasgow (2001) geeft, is om concept maps te gebruiken om leerlingen te helpen met het begrijpen van wetenschappelijke concepten, systemen en procedures. Door een (incomplete) conceptmap aan te leveren of leerlingen zelf aan de slag te laten gaan met het maken van een conceptmap, kun je zorgen voor een beter concept. Ook blijkt het volgens het model van conceptuele verandering goed om na het oefenen met opgaven te reflecteren op het geleerde.

Hierdoor moeten de leerlingen in de eerste opdracht beginnen met het maken van een conceptmap om in kaart te brengen wat ze reeds weten over het onderwerp. Na het afronden van de lesmodule over elektriciteit moesten de leerlingen opnieuw een conceptmap tekenen met hierin ook de nieuwe informatie. Na het maken van de nieuwe conceptmap kregen de leerlingen de oude conceptmap van de desbetreffende docent en moesten ze beide vergelijken en aangeven wat ze is opgevallen.

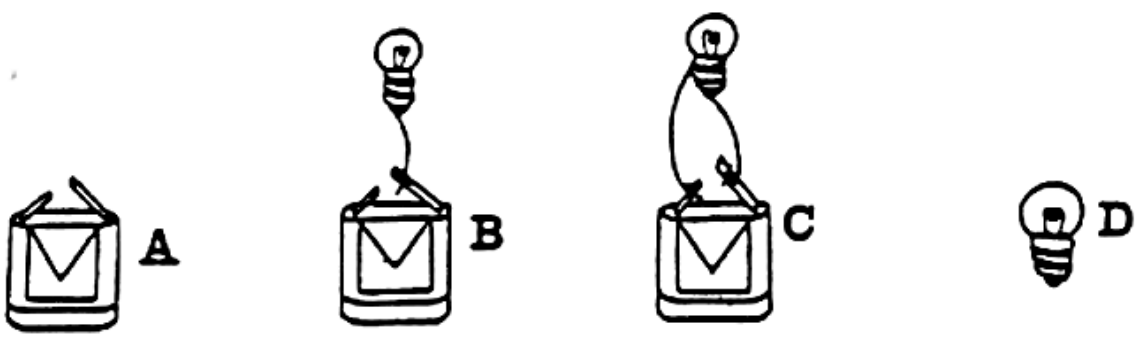
Opdrachten

Om ervoor te zorgen dat er in de video, en dus ook in het tekstboek omdat deze grotendeels gelijk zijn, voornamelijk conceptuele informatie gegeven wordt (zie richtlijn 5), is ervoor gekozen om de opdrachten ter versterking hiervan in het werkboek op te nemen. Hiernaast zitten er ook opdrachten in waarmee de leerlingen de concepten moeten toepassen door bijvoorbeeld aan schakelingen te rekenen. Deze vragen zijn echter alleen opgenomen omdat deze voor een beter concept kunnen zorgen. De meeste van deze vragen zijn gebaseerd op vragen uit de toets ontwikkeld door Licht en Snoek (1987, 1986) en het onderzoek van Palsma (2010) aangevuld met eigen opdrachten.

4.2.4. CONCEPTTOETS

Voor de concepttoets is er gebruik gemaakt van het onderzoek van Licht en Snoek (1986) die een toets opgesteld hebben waarmee de misconcepten omtrent elektriciteit geïnventariseerd kunnen worden en daarmee ook bepaald kan worden hoeveel leerlingen een juist concept hebben. Een voorbeeld van een vraag uit deze toets wordt hieronder in figuur 2 weergegeven.

① Kijk naar de vier tekeningen A, B, C en D, die bruikbare batterijen en lampjes bevatten.



Lees elk van de onderstaande zinnen. Een zin kan op meer afbeeldingen van toepassing zijn. Als je denkt dat een zin van toepassing is zet dan een kruis in het bijbehorende vakje.

	A	B	C	D	weet niet
1. Het lampje geeft licht in situatie:	☐	☐	☒	☐	☐
2. Er is sprake van een elektrische stroom in situatie:	☐	☐	☒	☐	☐
3. Er is sprake van een elektrische spanning in situatie:	☒	☒	☒	☐	☐

Figuur 2 Voorbeeld van een toetsvraag uit het onderzoek van Licht en Snoek (1986)

Samen met andere onderzoeken en concepttoetsen (Andre & Ding, 1991; Van den Berg, Grosheide, Breedijk & Schouten, 1995; Palsma, 2010) is er een toets ontwikkeld waarmee de misconcepten die leerlingen hebben in kaart gebracht kunnen worden en daarmee ook bepaald kan worden in hoeverre de leerlingen een goed concept hebben. Deze toets zal als meetinstrument dienen om de conceptuele verandering tussen de controle en de experimentele groep te kunnen vergelijken en bestaat uit zowel open als meerkeuze vragen. Hierdoor zijn de leerlingen minder tijd kwijt met het maken van de toets en zijn de antwoorden eenduidiger. Er is gekozen om de voor en na de toets aan elkaar gelijk te laten zijn.

In de concepttoets worden de vier misconcepten behandeld waar het onderwerp elektriciteit in onder is verdeeld: stroom(behoud), stroomrichting, spanningsverdeling en differentiatie tussen spanning en stroom. Gezien een vraag meerdere misconcepten kan beslaan, geeft de tabel 3 per vraag aan in hoeverre het misconcept in de desbetreffende vraag naar voren komt. Hiernaast geeft de tabel aan op welk onderzoek de vraag is gebaseerd. Er wordt hier gebruik gemaakt van een vijfpuntschaal waar een 1 aangeeft dat het concept licht aan bod komt en een 5 aangeeft dat het misconcept sterk naar voren komt in deze vraag. De toegekende waarde is op basis van eigen inzicht.

Tabel 3 Toetsmatrijs van de concepttoets

Vraag	Stroom (behoud)	Stroom-richting	Spannings-verdeling	Differentiatie tussen spanning en stroom	Geheel of gedeeltelijk gebaseerd op
1.1		3			Licht en Snoek, Andre en Ding
1.2 - 1.3		5		5	Licht en Snoek
2.1 - 2.3	5				Licht en Snoek
3.1 - 3.4	3				Licht en Snoek
4.1 - 4.3			5		Licht en Snoek, Palsma
4.4 - 4.6			5		Licht en Snoek, Palsma
5.1 - 5.3	5				
5.4 - 5.7	2	5			
6.1 - 6.2				3	Andre en Ding, Van den Berg et al.
6.3 - 6.5		4			Andre en Ding, Van den Berg et al.
6.6 - 6.7				3	Andre en Ding, Van den Berg et al.
Totaal	15	17	10	11	

4.3. PROCEDURE

Tijdens de les hebben de verschillende groepen gewerkt met de verschillende lesmaterialen. Zo heeft de controlegroep gewerkt met het tekst- en werkboek. Hierin leerden zij over de verschillende onderwerpen binnen elektriciteit en konden zij de nieuw opgedane kennis direct verwerken en de concepten versterken. De experimentele groep daarentegen kreeg wel het werkboek maar niet het tekstboek. Deze leerlingen kregen de instructie via de ontworpen video's aangeboden via Itslearning. Zodoende hebben beide groepen de nieuwe concepten op dezelfde manier verwerkt en versterkt, maar is de manier van instructie voor beide groepen verschillend.

De indeling van de lessen en de uitvoering binnen de lessen is voor beide groepen gelijk en elke les duurt vijftig minuten. Tijdens de eerste les hebben de leerlingen, ondanks dat hier veertig minuten voor was gereserveerd, de pretest in circa 25 minuten gemaakt. Tijdens het invullen van de vragenlijst moesten de leerlingen de tafels uit elkaar doen en hebben ze in stilte moeten werken. Als ze de toets ingevuld hadden, moesten ze de toets aan de kant leggen en in stilte iets voor zichzelf gaan doen.

Nadat elke leerling de test had ingevuld, werd tijdens het ophalen hiervan het werkboek uitgedeeld aan de experimentele groep en werd er via het smartboard aangegeven waar ze op itslearning de video's konden vinden. De leerlingen moesten eerst het filmpje kijken van het desbetreffende hoofdstuk voordat ze aan de opdrachten begonnen. Aan de controlegroep werd het tekstboek en het werkboek gelijktijdig uitgedeeld en ook via het smartboard aangegeven dat ze eerst het desbetreffende hoofdstuk moesten lezen voordat ze aan de opdrachten begonnen. De leerlingen zijn nog twintig minuten bezig geweest met het bekijken van het filmpje op hun telefoon (met oordopjes) of het doorlezen van het hoofdstuk. Toen de bel ging, hadden net alle leerlingen de conceptmap klaar (laatste opdracht van de introductie) en moesten de leerlingen de lesmaterialen weer inleveren (met naam en klas erop vermeld). Deze les en andere lessen zorgde de docent enkel voor het houden van orde en heeft bij vragen enkel tips gegeven hoe ze het antwoord hierop konden verkrijgen.

In de drie daaropvolgende lessen hebben de leerlingen gewerkt aan het afronden van het werkboek met behulp van de filmpjes of het tekstboek. Tijdens deze lessen hadden de leerlingen in de experimentele groep via Itslearning constant toegang tot de filmpjes. Er is gekozen om de leerlingen in eigen tempo door de stof te laten gaan, door ze de stof aan te bieden wanneer ze hier zelf aan toe waren. Hierbij werd echter wel aangegeven dat de leerlingen drie lessen hebben om alle opdrachten te maken. Over het algemeen hebben de leerlingen in de tweede les gewerkt aan het hoofdstuk stroom en hebben ze een begin gemaakt aan het hoofdstuk spanning. In de derde les hebben de leerlingen verder gewerkt aan het hoofdstuk over spanning en hebben ze het hoofdstuk over meten afgerond. Tijdens de vierde les hebben de leerlingen de laatste opdrachten van het werkboek afgerond.

Tijdens de vierde les waren er in zowel de controlegroep als experimentele groep leerlingen al klaar met het maken van de opdrachten. Deze leerlingen mochten de rest van de les in stilte wat voor zichzelf doen, zodat ze andere leerlingen niet stoorden. Alle leerlingen waren ruim tien minuten voor het einde van de vierde les klaar met alle opgaven. De leerlingen mochten toen het lokaal verlaten. In de vijfde les die voor beide groepen vier dagen na het afronden van de lesmodule plaats vond, is uiteindelijk de posttest gehouden op dezelfde manier als de pretest. Wederom hebben de leerlingen hier circa 25 minuten over gedaan om deze in te vullen.

4.4. ANALYSES

Voordat de leerlingen deze toets maakten, is er een analyse gedaan waar er voor elke mogelijke antwoordcombinatie gekeken is welke mogelijke redenering hierbij zou kunnen horen. Door de mogelijke redeneringen naast de vraag te leggen, is er direct gekeken of er wel datgene gevraagd wordt wat er geïnterpreteerd dient te worden. Hierdoor is de validiteit van de toets vergroot. Ook kon er door dit antwoordmodel goed vorm te geven tevens een analyse van de data gemaakt worden. Een compleet overzicht van de antwoord(combinaties) en de mogelijke redeneringen is te vinden in bijlage 8.2 en 8.3. In tabel 4 staat een voorbeeld van een dergelijk overzicht.

Aangezien sommige vragen verschillende misconcepties beslaan, is het soms mogelijk dat een leerling een antwoord gekozen heeft dat voor het ene concept goed is, maar voor het andere juist niet. Bij vraag 1.2. en 1.3 kan het bijvoorbeeld voorkomen dat een leerling wel een goed idee heeft over stroom(behoud), maar geen goede differentiatie heeft tussen spanning en stroom. Bij zo'n vraag wordt er in de analyse van de resultaten dan ook onder de tabel vermeld hoeveel leerlingen er bij de desbetreffende vraag een goed concept hebben (zie bijlage 8.2 en 8.3).

Tabel 4 Mogelijke redeneringen bij antwoordcombinaties van vraag 1.1.

Antwoord	Mogelijke redenering	Pre-test		Post-test	
		N	%	N	%
B, D	Er is een enkel draad nodig tussen de lamp en de batterij om deze te laten branden.				
D	Beide polen van een batterij moeten verbonden worden om een lampje te laten branden				
weet niet/overig					

Totaal:

Met behulp van deze analyse kan er dan ook per concept een overzicht gemaakt worden van het aantal leerlingen **N** met een juiste redenering op de desbetreffende vragen. Door het gemiddelde van het aantal procent leerlingen met een juiste beredenering te berekenen over alle vragen, kan er een indicatie gegeven worden hoeveel procent van de leerlingen er een goed concept op na houdt. Door het gemiddelde van de pre- en posttest met elkaar te vergelijken, kan er gezien worden hoeveel procent van de leerlingen een betere conceptvorming heeft verkregen. De conceptvorming wordt berekend door het gemiddelde percentage op de pretest van de posttest af te trekken.

Tabel 5 Overzicht van de vragen over stroom(behoud). Hierin moet aangegeven worden hoeveel leerlingen er bij de desbetreffende vraag er een goed concept op na houdt.

Vraag	Controlegroep				Experimentele groep			
	Pretest		Posttest		Pretest		Posttest	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Vraag 2.1 – 2.3								
Vraag 3.1 – 3.4								
Vraag 5.1 – 5.3								
Vraag 5.4 – 5.5								
Gemiddelde:	...		...		...		...	

5 RESULTATEN

5.1. STROOM(BEHOUD)

In tabel 6 is te zien dat leerlingen in de controlegroep over de vragen rondom dit concept bij zowel de pre- als posttest hoger scoren dan de experimentele groep. Ook kan in de tabel afgelezen worden dat er bij beide groepen een vooruitgang heeft plaatsgevonden. Zo is de controlegroep van 54,4% naar 60,5% goede antwoorden en is de experimentele groep van 37,0% naar 50,0% gegaan. De experimentele groep heeft hier een stijging van 13% doorgemaakt waar de controlegroep 6% gestegen is.

Hiernaast is het opvallend dat er in beide groepen een daling van het aantal leerlingen te zien is, die een goed concept hebben gekregen bij vraag 5.1 – 5.3. Daarentegen zit er in de experimentele groep maar een lichte daling van 5,9% waar de controlegroep een daling van 18,6% laat zien.

Tabel 6 Overzicht van aantal leerlingen die het juiste concept hebben bij de vragen over stroom(behoud). Hierin staat N voor het aantal leerlingen met het juiste antwoord.

Vraag	Controlegroep				Experimentele groep			
	Pretest		Posttest		Pretest		Posttest	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Vraag 2.1 – 2.3	0	0,0	7	36,8	0	0,0	6	30,0
Vraag 3.1 – 3.4	17	73,9	16	84,2	12	52,2	14	70,0
Vraag 5.1 – 5.3	20	87,0	13	68,4	14	60,9	11	55,0
Vraag 5.4 – 5.5	13	56,5	10	52,6	8	34,8	9	45,0
Gemiddelde:	54,4		60,5		37,0		50,0	

5.2. STROOMRICHTING

In vraag 1.1 kregen de leerlingen de vraag aan te geven in welke van de vier situaties het lampje licht gaf. Hierin scoorden de leerlingen uit de controlegroep in de pretest beter dan de leerlingen in de experimentele groep (zie tabel 7). Bij de resultaten van de experimentele groep is een stijging van 34% te zien in het aantal leerlingen dat er een juist concept op na houdt, waar er bij de controlegroep maar een stijging van 9% te zien is. Doordat de controlegroep hier de top reeds bereikt heeft, kan met behulp van deze vraag niet geconcludeerd worden dat de experimentele groep een daadwerkelijk betere conceptvorming door heeft gemaakt door het gebruik van de video's. Deze vraag is daarom niet meegenomen in het berekenen van de conceptvorming.

Tabel 7 Resultaten van vraag 1.1 waar N staat voor het aantal leerlingen die het desbetreffende antwoord gekozen hebben. De groen arcering geeft het juiste antwoord aan.

Antwoord(combinatie)	Controlegroep				Experimentele groep			
	Pre-test		Post-test		Pre-test		Post-test	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Er is een enkel draad nodig tussen de lamp en de batterij om deze te laten branden.	2	8,7	0	0,0	8	34,8	0	0,0
Beide polen van een batterij moeten verbonden worden om een lampje te laten branden.	21	91,3	19	100,0	14	60,9	19	95
Weet niet/overig	0	0,0	0	0,0	1	4,3	1	5,0

In de overige vragen kan er echter wel een goed overzicht gemaakt worden om dit concept te inventariseren. In tabel 8 is te zien dat het aantal leerlingen in de controlegroep met een juist concept een daling van 2,4% laat zien waar de leerlingen in de experimentele groep een stijging laten zien van 13,9%. Wat in de resultaten uit tabel 8 ook opvalt, is dat de controlegroep bij geen van de vragen een grote stijging laat zien, terwijl de experimentele groep bij twee vragen ongeveer 20% gestegen is.

Tabel 8 Overzicht van aantal leerlingen dat een juist concept van stroomrichting heeft. Hierin staat N voor het aantal leerlingen met een juist concept.

Vraag	Controlegroep				Experimentele groep			
	Pretest		Posttest		Pretest		Posttest	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Vraag 1.2 – 1.3	12	52,2	11	57,9	9	39,1	12	60,0
Vraag 5.4 – 5.7	15	65,2	10	52,6	8	34,8	9	34,0
Vraag 6.3 – 6.4	17	73,9	14	73,7	14	60,9	16	80,0
Gemiddelde:	63,8		61,4		44,9		58,0	

5.3. SPANNINGSVERDELING

Het aantal leerlingen dat na het werken met de lesmodule een goed concept heeft omtrent de spanningsdeling, is in beide groepen erg laag. Minder dan 11% van de leerlingen heeft na het volgen van de lesmodule een juist concept over spanningsverdeling. Als dan ook enkel gekeken wordt naar het aantal leerlingen dat een juist antwoord gegeven heeft op geheel vraag 4, kan er weinig gezegd worden of de groepen een beter concept hebben verkregen (zie tabel 9).

Tabel 9 Overzicht van aantal leerlingen die het juiste antwoord hebben gegeven. Hierin staat N voor het aantal leerlingen die het desbetreffende antwoord hebben gegeven.

Vraag	Controlegroep				Experimentele groep			
	Pretest		Posttest		Pretest		Posttest	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Vraag 4.1 – 4.3	2	8,7	2	10,5	0	0,0	1	5,0
Vraag 4.4 – 4.6	1	4,3	2	10,5	0	0,0	1	5,0
Gemiddelde:	6,5		10,5		0,0		5,0	

Als er daarentegen gekeken wordt naar de antwoordcombinaties en de mogelijke redenering achter de gekozen antwoorden, zit er echter wel een verschil tussen beide groepen (zie tabel 10). Zo blijft de controlegroep bij vraag 4.1 – 4.3 na het volgen van de lesmodule redelijk gelijk antwoorden, waar 40% van de leerlingen van de experimentele groep voor ander idee kiest. De spanning in dit nieuwe idee wordt nog wel gezien als een lokale toestand in plaats van een verschil in energie/potentiaal, maar de leerlingen hebben wel door dat het lampje de spanning geheel of gedeeltelijk verbruikt. Dit idee is beter dan een wet van spanningsbehoud, gezien er bij dit idee wél een link tussen de spanning en energie is.

Tabel 10 Overzicht van aantal leerlingen (N) per mogelijke redenering bij vraag 4.1 – 4.3.

Mogelijke redenering	Controlegroep				Experimentele groep			
	Pretest		Posttest		Pretest		Posttest	
	N	%	N	%	N	%	N	%
De spanning wordt gezien als lokale toestand of als potentiaal. Er is een soort wet van spanningsbehoud.	20	87,0	17	89,5	19	82,6	8	40,0
Spanning is een verschil in energie tussen twee punten. Er is één lamp die alle energie verbruikt.	2	8,7	2	10,5	0	0,0	1	5,0
De spanning wordt gezien als lokale toestand of als potentiaal. Het lampje verbruikt geheel of gedeeltelijk de spanning.	0	0,0	0	0,0	0	0,0	8	40,0
Weet niet/overig	1	4,3	0	0,0	3	13,0	3	15,0

Bij vraag 4.4 – 4.6 wordt zoals in bijlage 8.2 en 8.3 te zien is weinig verschillen tussen beide groepen gevonden omtrent het idee van een wet van spanningsverdeling. Opvallend is echter wel dat ook bij deze vragen de spanning wordt gezien als een lokale toestand in plaats van een verschil in energie/potentiaal.

5.4. DIFFERENTIATIE TUSSEN SPANNING EN STROOM

In tabel 11 is te zien dat de scores laag uitvallen. Zo heeft minder dan 33% van de leerlingen in beide groepen na het volgen van de lesmodule een juiste differentiatie tussen spanning en stroom. Daarentegen kan er wel wat gezegd worden over het verschil in conceptuele verandering. Zo heeft 29,0% van de controlegroep met de pretest al een juiste differentiatie tussen stroom en spanning wat oploopt tot 32,1% met een juiste differentiatie bij het maken van de posttest. Bij de experimentele groep heeft slechts 14,5% bij het maken van de pretest een juiste differentiatie tussen stroom en spanning welke oploopt tot 24,7%. De controlegroep is 3,1% gestegen, waar de experimentele groep 10,2% is gestegen.

Tabel 11 Overzicht van aantal leerlingen die een juiste differentiatie hebben tussen spanning en stroom. Hierin staat N voor het aantal leerlingen met de juiste differentiatie tussen beide begrippen.

Vraag	Controlegroep				Experimentele groep			
	Pretest		Posttest		Pretest		Posttest	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Vraag 1.2 – 1.3	13	56,5	10	52,6	5	21,7	5	25,0
Vraag 6.1 – 6.2	3	13,0	3	15,8	4	17,4	3	15,0
Vraag 6.6 – 6.7	4	17,4	5	25,3	1	4,3	7	34,0
Gemiddelde:	29,0		32,1		14,5		24,7	

6 CONCLUSIE EN DISCUSSIE

In dit onderzoek is er onderzocht of er met behulp van instructievideo's, ontworpen aan de hand van de opgestelde richtlijnen voor het ontwerpen van conceptuele video's, gezorgd kan worden voor een betere conceptvorming bij elektriciteit omtrent de concepten (1) stroom(behoud), (2) stroomrichting, (3) spanningsverdeling en (4) differentiatie tussen spanning en stroom ten opzichte van een papieren instructie

Om de conceptvorming te toetsen is er zowel voor als na de lesmodule een toets afgenomen die conceptuele kennis meet en samenvattend kan er gezegd worden dat er een verschil zit in de conceptuele verandering die de experimentele groep heeft doorgemaakt vergeleken met de controlegroep voor de concepten stroom(behoud), stroomrichting en de differentiatie tussen spanning en stroom. Voor het concept spanningsverdeling bleek er daarentegen weinig verschil tussen beide groepen te zitten.

Deze resultaten sluiten aan bij de hypothese en de onderbouwing hiervan. Doordat de gebruikte instructiemethoden zo goed als identiek zijn en het gebruik van dynamische afbeeldingen en animaties in combinatie met een gesproken toelichting het enige verschil is tussen beide interactiemethoden, zou het gebruik van instructievideo's volgens de literatuur moeten zorgen voor een betere conceptvorming.

Zo blijkt uit het congruence principe van Tversky, Bauer-Morrison en Betrancourt (2002) namelijk dat het gebruik van dynamische afbeeldingen en animaties vergeleken met van statische afbeeldingen of tekst, beter aansluit bij het dynamische karakter van het onderwerp elektriciteit en daarom ook beter werkt. Ook zou het gebruik hiervan beter aansluiten bij een juiste simulatie van de werkelijkheid, wat volgens Hartman en Glasgow (2001) beter moet zijn voor het aanleren van de concepten en het voorkomen van misconcepten. Hiernaast zou het gebruik van dynamische afbeeldingen en animaties in combinatie met de gesproken toelichtingen ook voor een beter leereffect kunnen zorgen ten opzichte van (on-screen) tekst of statische afbeeldingen doordat zowel het auditieve als visuele werkgeheugen aangesproken wordt (Mayer & Moreno, 1999; Mayer & Moreno, 2002; Lin & Atkinson, 2011).

Natuurlijk zijn er naast de bevestigingen van de resultaten uit de literatuur ook nog punten die de conclusie in twijfel kunnen trekken. Daarom zal er in de volgende twee paragrafen respectievelijk een discussie gehouden worden en de beperkingen van het onderzoek besproken worden. Afsluitend zullen er ook nog aanbevelingen voor vervolgonderzoek en collega docenten of belangstellenden gedaan worden.

6.1. DISCUSSIE

Een van de richtlijnen voor het ontwerpen van conceptuele video's is het benadrukken van belangrijke objecten of elementen door hier bijvoorbeeld op in te zoomen of het aan te wijzen. Nu zijn er door het gebruik van animaties in combinatie met een gesproken toelichting wel vaak de belangrijke objecten of elementen benadrukt, maar zou dit wel naderhand meer toegepast kunnen worden. Door bijvoorbeeld gebruik te maken van een rode pijl om de batterij aan te wijzen als hierover gesproken wordt, zou het direct duidelijk zijn dat dat het component is dat men 'batterij' noemt. Mede door de tijd die er reeds in het ontwerpen van de video's en de uitvoering zat in combinatie met de beperkte omvang van de onderzoeksoopdracht, is dit niet volledig tot uiting gekomen in de video's. Gezien er wel gebruik gemaakt is van animaties in PowerPoint door bijvoorbeeld de batterij te laten verschijnen als hierover gesproken wordt, zal dit niet veel van invloed geweest zijn op de behaalde resultaten.

Naast de gestelde conclusie dat de experimentele groep voor alle concepten, behalve voor het concept spanningsverdeling, een betere conceptvorming heeft doorgemaakt ten opzicht van de controlegroep, moet hierbij wel de kanttekening geplaatst worden dat hierbij alleen gekeken is naar het correcte antwoord. Als er echter ook gekeken wordt naar de gekozen antwoorden en de mogelijke redeneringen, bij vraag 4.1 – 4.3 (tabel 10) kan er gesteld worden dat de experimentele groep ook een betere conceptvorming heeft doorgemaakt ten opzichte van de controlegroep bij het concept spanningsverdeling. Bij deze vragen is de controlegroep redelijk gelijk blijven denken, waar in de experimentele groep 40% procent van de leerlingen anders, maar beter, is gaan denken. Door deze leerlingen is de link tussen spanning en de energie wel gelegd.

6.2. BEPERKINGEN

Hoewel dit onderzoek de verwachte resultaten liet zien, waren er wel een aantal beperkingen. De keuze voor een ontwerp opdracht in combinatie met de beperkte omvang van de afstudeeropdracht, heeft ertoe geleid dat de nadruk op het ontwerp is komen te liggen en het onderzoek beperkt is gehouden. Hierdoor moest het aantal respondenten beperkt worden gehouden en zijn er beperkte analyses uitgevoerd.

Hiernaast was er onder beide groepen onduidelijkheid waarom ze in de ene klas alleen werkten met een boek en in de andere klas video's mochten gebruiken. Een aantal leerlingen uit beide klassen gaf bijvoorbeeld de voorkeur aan het werken met video's in plaats van het werken met boeken. Door uitleg waarom dit zo gedaan is, gingen de leerlingen echter wel weer aan het werk met de desbetreffende materialen. Uitvoering op twee scholen zou dit probleem hebben weggenomen en zou voor de attitude van de leerlingen ten aanzien van de lesmaterialen wellicht beter zijn geweest.

6.3. AANBEVELINGEN

6.3.1. VERVOLGONDERZOEK

Het is aan te raden om dit onderzoek op grotere schaal in combinatie met statistische analyses uit te voeren. Een statistisch onderbouwd onderzoek zal een goed onderbouwde conclusie kunnen geven die er binnen dit uitgevoerde onderzoek niet is. Ook zou het dan misschien interessant zijn om te kijken of er met een combinatie van een papieren instructie en video instructie wellicht voor een nog betere conceptvorming gezorgd kan worden.

Zoals eerder genoemd, is het ook goed om te kijken naar de misconcepten spanningsverdeling en de differentiatie tussen spanning en stroom. Bij beide concepten waren er ondanks het gebruik van de lesmethode, weinig leerlingen die een juist concept hadden. De huidige manier waarop deze uitgelegd zijn, zorgt er wellicht nog niet voor dat spanning gezien wordt als een verschil in energie.

6.3.2. COLLEGA DOCENTEN EN BELANGSTELLENDEN

Voor collega docenten en belangstellenden wordt aangeraden om bij het ontwerpen van video's voor het aanleren van concepten, gebruik te maken van de richtlijnen voor het ontwerpen van conceptuele video's. Doordat deze richtlijnen gebaseerd zijn op het goed aanleren van concepten en het voorkomen/verhelpen van misconcepten, kan er op relatief eenvoudige wijze een video ontworpen worden die misconcepten niet versterkt.

Ook het gebruik van een script wordt naast het gebruik van de richtlijnen aanbevolen. Door dit te maken was het voor het daadwerkelijk ontwerpen van de video's al duidelijk hoe de concepten hierin uitgelegd moesten worden en wat er zoal in de video te zien moest zijn. Door het script voor te lezen scheelde dit tevens veel tijd bij het bewerken van een video.

Tenslotte wordt er aangeraden om het programma PowerPoint in combinatie met Camtasia studio te gebruiken. Met de gebruiksvriendelijkheid van Camtasia Studio voor het opnemen en bewerken van video's en de eenvoud van PowerPoint voor het maken van de animaties werkte dit zeer prettig.

7 REFERENTIES

- Andre, T., & Ding, P. (1991). Student Misconceptions, Declarative Knowledge, Stimulus Conditions, and Problem Solving in Basic Electricity. *Contemporary Educational Psychology* 16, 303-313.
- Ausubel, D. (1960). The use of advance organizers in the learning and retention of meaningful verbal learning. *Journal of Educational Psychology* (51), 267-272.
- Berg, E. v., Grosheide, W., Breedijk, J., & Schouten, A. (1995). Misconcepties, elektriciteit, energie en basisvorming. *NVOX*, 20(6), 257-260.
- Bergmann, J., & Sams, A. (2012). *Flip Your Classroom*. USA: International Society for Technology in Education.
- Bransford, J., Brown, A., & Cocking, R. (2002). *How people learn: Brain, mind, experience and school*. . Washington, DC: National Academy Press.
- Clark, R. (1985a). Confounding in educational computing research. . *Journal of Educational Computing Research* 1 (2), pp. 445-460.
- Clark, R. (1994). Media Will Never Influence Learning. *Educational Technology Research and Development* 42 (2), pp. 21-29.
- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1985). Children's Ideas and the Learning of Science. In *Children's Ideas in Science* (p. Chapter 1). Open University Press.
- Hartman, H., & Glasgow, N. (2001). Instructional Strategies. In *Tips for the Science Teacher: Research-Based Strategies to Help Students Learn* (pp. 1 -25). Corwin Press, Inc.
- Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (1992). Force Concept Inventory. *The Physics Teacher* (Vol 30.), 141 - 151.
- Joshua, S., & Dupin, J. (1987). Taking into account student conceptions in instructional strategy: An example in physics. *Cognition and Instruction*, 4 (2), 117-135.
- Kozma, R. (1994). Will Media Influence Learning? Reframing the debate. *Educational Technology Research and Development* 42 (2), pp. 7-19.
- Licht, P. (1987). Vakbegrippen als alternatief. *verslag woudschotenconferentie natuurkunde*.
- Licht, P., & Snoek, M. (1986, november). Elektriciteit in de onderbouw. *NVOX maandblad* 11, elfde jaargang.
- Lin, L., & Atkinson, R. (2011). Using animations and visual cueing to support learning of scientific concepts and processes. *Computers & Education* (56), 650-658.
- Mayer, E., & Moreno, R. (1999). Cognitive Principles of Multimedia Learning: The Role of Modality and Contiguity. *Journal of Educational Psychology*, 366.

- Mayer, R., & Moreno, R. (2002). Animation as an aid to multimedia learning. *Educational Psychology Review*, 14 (1), 87-99.
- Novak, J. (1998). *Learning, creating and using knowledge: Concept maps as facilitative tools in schools and corporations*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Palsma, P. (2010). Begrippenkaart beter samenvatten? *Afstudeerscriptie, Universiteit Twente*.
- Perkins, D. (2006). Constructivism and troublesome knowledge. In *Overcoming Barriers to Student Understanding: Theshold concepts and troublesome knowledge* (p. 41). New York: Routledge.
- Reed, S. (2010). In *Cognition: Theories and application* (8e ed.). Belmont, CA: Wadsworth Cengage Learning.
- Salomon, G. (1979). Interaction of media, cognition and learning. San Fransicso: Jossey Bass.
- Schramm, W. (1977). Big media, little media. Beverly Hilss, CA: Sage Publications.
- Shipstone, D. (1988). *Pupils' understanding of simple electrical circuits. Some implications for instruction*. Physics education.
- Swarts, J. (2012). Best practices for instructionall video. *Technical Communication*, 59(3), 195-206.
- ThiemeMeulenhoff. (2014). Natuurkunde voor de bovenbouw. In *Newton* (pp. 6-45). Amersfoort: ThiemeMeulenhoff.
- Turgut, Ü., Gürbüz, F., & Turgut, G. (2011). An investigation 10th grade students' misconceptions about electric. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 15, 1965–1971.
- Tversky, B., Bauer-Morrison, J., & Betrancourt, M. (2002). Animation: Can it facilitate? *International Journal of Human-computer Studies*, 57, 247-262.
- Van der Meij, H., & Van der Meij, J. (2013, augustus). Eight Guidelines for the Design of Instructional Videos for Software Training. *Technical Communications, Vol 60, nr 3*.
- Van der Meij, H., & Van der Meij, J. (2014). *Acht richtlijnen voor het ontwerpen van instructievideo's voor software training*. Opgehaald van Didactief: <http://www.didactiefonline.nl/deze-maand-in-didactief/47-uncategorised/11914-acht-richtlijnen-voor-het-ontwerpen-van-instructievideo-s-voor-software-training>
- Veen, T. v., & Wal, v. J. (2012). Constructivistische opvattingen over leren. In *Van Leertheorie naar Onderwijspraktijk* (pp. 141-170). Houten: Noordhoff Uitgevers Groningen.

8 BIJLAGEN

8.1. CONCEPTTOETS

Inventarisatie van concepten bij basis elektriciteit

Deze vragenlijst is er voor bedoeld om een beeld te krijgen welke concepties jullie hebben bij de basis van de elektriciteit. Hiermee wordt bijvoorbeeld gekeken hoe jullie denken over begrippen als stroom en spanning. Het is voor het onderzoek dan ook van zeer groot belang dat je deze vragenlijst serieus gaat maken.

De vragenlijst is volledig anoniem wat betekent dat je antwoorden nergens herkenbaar zijn dan wel gepubliceerd worden. De antwoorden worden enkel en alleen gebruikt binnen dit onderzoek.

De vragenlijst bestaat uit 30 meerkeuzevragen en het invullen hiervan neemt ongeveer 40 minuten in beslag. Het is mogelijk dat er bij een vraag meerdere antwoorden goed zijn.

Vraag 1

Hieronder staan de vier tekeningen A, B, C en D, die bruikbare batterijen en lampjes bevatten.



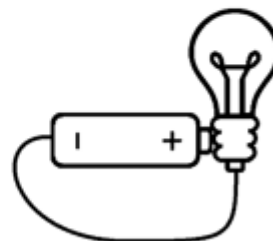
A



B



C



D

Lees elk van de onderstaande zinnen. Een zin kan op meer afbeeldingen van toepassing zijn. Als je denkt dat een zin van toepassing is zet je een kruis in het bijbehorende vakje.

	A	B	C	D	weet niet
1.1 Het lampje geeft licht in situatie	☐	☐	☐	☐	☐
1.2 Er is sprake van een elektrische stroom in situatie	☐	☐	☐	☐	☐
1.3 Er is sprake van een elektrische spanning in situatie	☐	☐	☐	☐	☐

Vraag 2

In de tekening hiernaast is het lampje aangesloten op een batterij. Lees elk van de onderstaande zinnen en zet een kruisje in het juiste vakje.

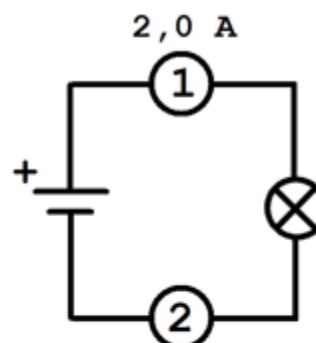


waar	niet waar	weet niet
------	--------------	--------------

- | | | | | |
|-----|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 2.1 | Het lampje verbruikt alle elektrische stroom | ☐ | ☐ | ☐ |
| 2.2 | Het lampje verbruikt een beetje van de elektrische stroom | ☐ | ☐ | ☐ |
| 2.3 | Alle elektrische stroom van de batterij naar het lampje komt ook weer terug naar de batterij. | ☐ | ☐ | ☐ |

Vraag 3

In de tekening hiernaast is een lampje aangesloten op een spanningsbron. Stroommeter 1 geeft een stroomsterkte van 2,0 A aan. Lees elk van de onderstaande zinnen en zet een kruisje in het juiste vakje.

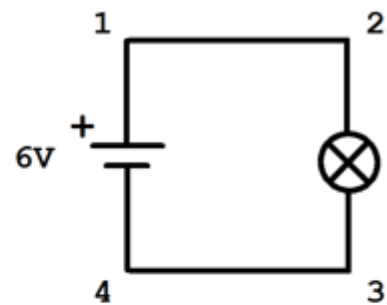


waar	niet waar	weet niet
------	--------------	--------------

- | | | | | |
|-----|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 3.1 | De stroom door stroommeter 2 is groter dan 2,0 A. | ☐ | ☐ | ☐ |
| 3.2 | De stroom door stroommeter 2 is kleiner dan 2,0 A | ☐ | ☐ | ☐ |
| 3.3 | De stroom door stroommeter 2 is gelijk aan 2,0 A | ☐ | ☐ | ☐ |
| 3.4 | Er loopt geen stroom door stroommeter 2. | ☐ | ☐ | ☐ |

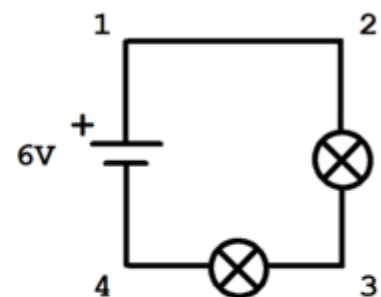
Vraag 4

In de tekening hiernaast is een lampje aangesloten op een spanningsbron. Lees elk van de onderstaande zinnen en zet het juiste antwoord op de stippellijn



- 4.1 De spanning tussen punt 1 en 2 is V
- 4.2 De spanning tussen punt 2 en 3 is V
- 4.3 De spanning tussen punt 3 en 4 is V

Tussen punten 3 en 4 wordt een extra lampje, identiek aan het eerste, aangesloten.

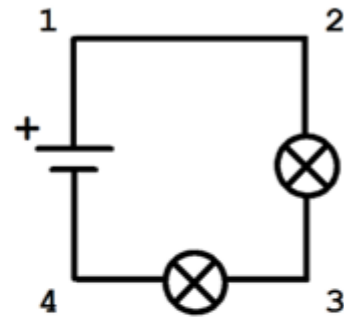


- 4.4 De spanning tussen punt 1 en 2 is V
- 4.5 De spanning tussen punt 2 en 3 is V
- 4.6 De spanning tussen punt 3 en 4 is V

Vraag 5

In de tekening hiernaast zijn twee identieke lampjes aangesloten op een spanningsbron. Door punt 1 loopt een stroom van 1,0 A.

Lees elk van de onderstaande zinnen en zet het juiste antwoord op de stippellijn



- | | | |
|-----|--------------------------|---------|
| 5.1 | De stroom door punt 2 is | A |
| 5.2 | De stroom door punt 3 is | A |
| 5.3 | De stroom door punt 4 is | A |

Het lampje tussen punt 3 en 4 wordt los gedraaid.

- | | waar | niet
waar | weet
niet |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 5.4 De stroom door punt 2 wordt een keer zo groot omdat de stroom niet meer verdeeld wordt over twee lampen. | ☐ | ☐ | ☐ |
| 5.5 Er loopt nergens meer een stroom. | ☐ | ☐ | ☐ |
| 5.6 De stroom door punt 3 wordt dan zeer groot de stroom steeds wordt tegengehouden bij de onderbreking | ☐ | ☐ | ☐ |
| 5.7 De lamp tussen punt 2 en drie blijft branden | ☐ | ☐ | ☐ |

Vraag 6

Lees elk van de onderstaande zinnen en zet een kruisje in het juiste vakje.

		waar	niet waar	weet niet
6.1	De spanning over een lampje is de hoeveelheid energie die er per seconde omgezet wordt.	☐	☐	☐
6.2	De stroomsterkte door een lampje is het aantal stroomdeeltjes die spanning afleveren.	☐	☐	☐
6.3	Stroomdeeltjes verlaten de batterij enkel aan de pluspool, de minpool hoeft daarom niet aangesloten te worden	☐	☐	☐
6.4	Stroomdeeltjes verlaten de batterij aan beide kanten	☐	☐	☐
6.5	De stroomdeeltjes verlaten de batterij aan de pluspool en komen weer terug bij de minpool van de batterij.	☐	☐	☐
6.6	Stroom en spanning komen altijd samen voor	☐	☐	☐
6.7	Spanning kan zonder stroom voorkomen	☐	☐	☐

8.2. RESULTATEN CONTROLEGROEP

Aantal deelnemers pre-test 23

Aantal deelnemers post-test 19

Vraag 1.1 Deel I: Stroomrichting

Antwoord	Mogelijke redenering	Pre-test		Post-test	
		N	%	N	%
B, B+D	Er is een enkel draad nodig tussen de lamp en de batterij om deze te laten branden.	2	8,7	0	0,0
D	Beide polen van een batterij moeten verbonden worden om een lampje te laten branden	21	91,3	19	100,0
weet niet/overig		0	0,0	0	0,0
Totaal:		23	100,0	19	100,0

Vraag 1.2 en 1.3 Deel II: Stroomrichting en differentiatie tussen U en I

Antwoord	Mogelijke redenering	Pre-test		Post-test	
		N	%	N	%
A B C D Stroom ☐ ☐ ☐ ☒ Spanning ☐ ☒ ☒ ☒	Er is een differentiatie tussen spanning en stroom Beide polen van de batterij moeten verbonden zijn om een stroom te laten lopen.	4	17,4	5	26,3
A B C D Stroom ☐ ☒ ☐ ☒ Spanning ☐ ☒ ☒ ☒	Er is een differentiatie tussen spanning en stroom Er is minimaal 1 draad nodig om een stroom te laten lopen	3	13,0	1	5,3
A B C D Stroom ☐ ☒ ☒ ☒ Spanning ☐ ☐ ☐ ☒	Begrippen stroom en spanning omgedraaid. Onderscheid is correct	3	13,0	2	10,5
A B C D Stroom ☐ ☒ ☒ ☒ Spanning ☐ ☒ ☐ ☒	Begrippen stroom en spanning omgedraaid. Onderscheid is correct Er is minimaal 1 draad nodig om een spanning te laten lopen	0	0,0	0	0,0
A B C D Stroom ☐ ☒ ☒ ☒ Spanning ☐ ☒ ☒ ☒	Geen onderscheid tussen stroom en spanning Stroom en spanning komen altijd samen voor Als er een batterij is, is er zowel stroom als spanning	0	0,0	2	10,5
A B C D Stroom ☐ ☒ ☒ ☒ Spanning ☐ ☐ ☐ ☐	Stroom kan zonder spanning voorkomen	0	0,0	0	0,0
A B C D Stroom ☐ ☐ ☐ ☒ Spanning ☐ ☐ ☐ ☒	Er is geen differentiatie tussen spanning en stroom. Als er een gesloten stroomkring is, is er zowel een stroom als een spanning	3	13,0	4	21,1
A B C D Stroom ☐ ☐ ☐ ☒ Spanning ☐ ☒ ☐ ☒	Er is een differentiatie tussen spanning en stroom. Als een lamp verbonden is met een batterij is er sprake van een elektrische spanning Beide polen van de batterij moeten verbonden zijn om een stroom te laten lopen.	0	0,0	1	5,3
A B C D Stroom ☐ ☒ ☐ ☒ Spanning ☐ ☐ ☐ ☒	Er is een differentiatie tussen spanning en stroom Er is minimaal 1 draad nodig om een stroom te laten lopen. Als er een gesloten stroomkring is, is er sprake van een elektrische spanning	0	0,0	1	5,3

Stroom	A B C D ☐ ☐ ☐ ☒	Beide polen van de lamp moeten verbonden zijn om een stroom te laten lopen.	3	13,0	0	0,0
Spanning	☐ ☒ ☐ ☐	Stroom en spanning kan zonder spanning voorkomen / Het lampje verbruikt alle spanning, waardoor deze er niet meer is				
Stroom	A B C D ☐ ☒ ☐ ☐	Alleen met een enkel draad kan er een stroom lopen.	0	0,0	0	0,0
Spanning	☐ ☒ ☐ ☐	Stroom en spanning komen altijd samen voor.				
Stroom	A B C D ☐ ☐ ☐ ☒	Beide polen van de lamp moeten verbonden zijn om een stroom te laten lopen.	1	4,3	1	5,3
Spanning	☐ ☐ ☒ ☒	Mogelijke verklaring omtrent spanning ontbreekt				
Stroom	A B C D ☐ ☐ ☐ ☒	Beide polen van de lamp moeten verbonden zijn om een stroom te laten lopen.	1	4,3	0	0,0
Spanning	☐ ☐ ☐ ☐	Een batterij heeft alleen een spanning als hier niets op aangesloten is				
Stroom	A B C D ☐ ☒ ☐ ☒	Er is een enkel draad nodig om een stroom te laten lopen.	0	0,0	0	0,0
Spanning	☐ ☒ ☐ ☒	Stroom en spanning komen altijd samen voor.				
weet niet/overig			5	21,7	2	10,5
Totaal:			23	100,0	19	100,0

Concept	Stroom blijft behouden een stroomkring moet gesloten zijn.	12	52,2	11	57,9
	Juiste differentiatie tussen spanning en stroom	13	56,5	10	52,6

Vraag 2.1 - 2.3 Stroomverbruik en -behoud

Antwoord	Mogelijke redenering	Pre-test		Post-test	
		N	%	N	%
w, nw, nw	De elektrische stroom wordt geheel verbruikt	2	8,7	2	10,5
nw, w, nw	De elektrische stroom wordt gedeeltelijk verbruikt	6	26,1	1	5,3
nw, nw, w	De stroom wordt niet verbruikt en blijft behouden. De elektrische energie wordt omgezet	0	0,0	7	36,8
nw, w, w	De stroom wordt gedeeltelijk omgezet in energie, de rest komt weer terug in de batterij	9	39,1	1	5,3
w, nw, w	De lamp verbruikt alle elektrische stroom, maar deze moet wel weer terug naar de batterij gaan	3	13,0	6	31,6
w, nw, x w, x, x	De lamp verbruikt alle elektrische stroom	1	4,3	2	10,5
weet niet/overig	Tegenstrijdigheden (lamp verbruikt alle, maar ook een beetje stroom) etc.	2	8,7	0	0,0
Totaal:		23	100,0	19	100,0

Vraag 3.1 - 3.4 Stroomverbruik en -behoud

Antwoord	Mogelijke redenering	Pre-test		Post-test	
		N	%	N	%
w, nw, nw, nw	Stroom loopt van - naar + en wordt gedeeltelijk verbruikt	1	4,3	1	5,3
nw, w, nw, nw	Stroom wordt gedeeltelijk verbruikt en omgezet in energie	4	17,4	0	0,0
nw, nw, w, nw	De stroom wordt niet verbruikt en blijft behouden. De elektrische energie wordt omgezet	17	73,9	16	84,2
nw, nw, nw, w	De stroom wordt geheel verbruikt en omgezet in energie	0	0,0	0	0,0
nw, w, nw, w	Stroom wordt gedeeltelijk verbruikt en omgezet in energie Door een amperemeter loopt geen stroom.	1	4,3	1	5,3
weet niet/overig		0	0,0	1	5,3
Totaal:		23	100,0	19	100,0

Vraag 4.1 - 4.3 Deel I: Spanningsdeling enkel lampje

Antwoord			Mogelijke redenering	Pre-test		Post-test	
				N	%	N	%
6V	6V	6V	Spanning wordt gezien als een lokale toestand of als potentiaal. Er is een soort wet van spanningsbehoud.	20	87,0	17	89,5
6V	6V	0V	Spanning wordt gezien als een lokale toestand of als potentiaal. Het lampje verbruikt alle spanning	0	0,0	0	0,0
6V	$6V < U_2 < 0V$	0V	Spanning wordt gezien als een lokale toestand of als potentiaal. Het lampje verbruikt een gedeelte van de spanning	0	0,0	0	0,0
0V	6V	0V	In een draad is er geen verschil in energie tussen twee punten. Er staat een spanning van 0V over een draad. Het lampje verbruikt als enige ALLE energie, waardoor er een spanning over de lamp staat van 6V.	2	8,7	2	10,5
0V	$6V < U_2 < 0V$	rest	In een draad is er geen verschil in energie tussen twee punten. Er staat een spanning van 0V over een draad. De lamp verbruikt een gedeelte van de energie. Mogelijke verwarring door kennis van vermogenverschillen in lampen.	0	0,0	0	0,0
6V	3V	3V	Spanning wordt gezien als een lokale toestand of als potentiaal. Het lampje verbruikt een gedeelte van de spanning.	0	0,0	0	0,0
6V	0V	0V	Spanning wordt gezien als een lokale toestand of als potentiaal. Het lampje verbruikt een alle spanning	0	0,0	0	0,0
weet niet/overig				1	4,3	0	0,0
Totaal:				23	100,0	19	100,0

Concept Het lampje verbruikt geheel of gedeeltelijk de spanning. 0 0,0 0 0,0

Vraag 4.4- 4.6 Deel II: Spanningsdeling meerdere lampjes

Antwoord			Mogelijke redenering	Pre-test		Post-test	
				N	%	N	%
6V	6V	6V	Spanning wordt gezien als een lokale toestand of als potentiaal. Er is een soort wet van spanningsbehoud.	16	69,6	12	63,2
0V	X	X	In een draad is er geen verschil in energie tussen twee punten. Er staat een spanning van 0V over een draad.	1	4,3	0	0,0
6V	$6V < U_2 < 0V$	0V	Spanning wordt gezien als een lokale toestand of als potentiaal. Het lampje verbruikt een gedeelte van de spanning	0	0,0	0	0,0
0V	3V	3V	In een draad is er geen verschil in energie tussen twee punten. Er staat een spanning van 0V over een draad. De spanning wordt verdeeld over de twee lampjes ALLE energie, waardoor er een spanning van 3V over beide lampen staat	1	4,3	2	10,5
3V	3V	3V	Spanning wordt gezien als een lokale toestand of als potentiaal. Er is een soort wet van spanningsbehoud en spanningsdeling over de twee lampen.	0	0,0	0	0,0
6V	3V	3V	Spanning wordt gezien als een lokale toestand of als potentiaal. De spanning wordt verdeeld over de twee lampjes	4	17,4	5	26,3
6V	<6V	<6V	Spanning wordt gezien als een lokale toestand of als potentiaal. Het lampje verbruikt een gedeelte van de spanning	0	0,0	0	0,0
weet niet/overig				1	4,3	0	0,0
Totaal:				23	100,0	19	100,0

Vraag 5

Deel I: Stroomverbruik en -behoud

Antwoord	Mogelijke redenering	Pre-test		Post-test	
		N	%	N	%
1A 0A 0A	Stroom wordt geheel verbruikt door het eerste lampje	2	8,7	0	0,0
1A 1 A < I3 < 0A 0A	Stroom wordt gedeeltelijk door de lamp verbruikt	0	0,0	0	0,0
1A 0,5A 0A	Stroom wordt verdeelt over beide lampjes en wordt verbruikt	0	0,0	1	5,3
0,5A 0,5A 0,5A	Stroom wordt niet verbruikt en verdeeld zich over de twee lampjes.	0	0,0	1	5,3
1A 1A 1A	Stroom wordt niet verbruikt en blijft behouden	20	87,0	13	68,4
1A 0,5A 0,25A	De stroom wordt gedeeltelijk door een lamp verbruikt	0	0,0	0	0,0
1A 0,5A 0,5A	De stroom wordt zodra deze een lamp tegenkomt eenmalig gehalveerd. daarna is de stroom overal gelijk?	0	0,0	3	15,8
weet niet/overig		1	4,3	1	5,3
Totaal:		23	100,0	19	100,0

Vraag 5

Deel II: Stroomverbruik en -behoud / Stroomrichting

Antwoord	Mogelijke redenering	Pre-test		Post-test	
		N	%	N	%
w, nw, nw, nw w, nw, nw, w	Er is geen gesloten kring nodig om een stroom te laten lopen.	0	0,0	4	21,1
nw, w, nw, nw nw, w, x, nw	Er loopt geen stroom doordat de kring onderbroken wordt.	13	56,5	10	52,6
nw, nw, w, nw nw, nw, w, x	Er is geen gesloten kring nodig om een stroom te laten lopen.	1	4,3	0	0,0
nw, nw, nw, w	Er is een enkel draad nodig om een lamp te laten branden. Een stroomkring hoeft niet gesloten te zijn.	3	13,0	1	5,3
nw, w, nw, w	Een enkel draad is nodig om een lamp te laten branden. Er is geen gesloten kring of stroom nodig om een lamp te laten branden.	0	0,0	0	0,0
nw, nw, w, w	Een enkel draad is nodig om een lamp te laten branden, de stroom wordt geheel gedeeltelijk verbruikt door de lamp. Er is geen gesloten kring nodig om een lamp te laten branden.	0	0,0	2	10,5
w, nw, nw, w	De schakeling is na verwijdering van de ene lamp weer opnieuw gesloten gemaakt	2	8,7	0	0,0
nw, w, x, nw nw, w, w, nw	Er is geen gesloten stroomkring nodig om een stroom te laten lopen. Stroom wordt gezien als het aantal stroomdeeltjes in het	1	4,3	1	5,3
weet niet/overig		3	13,0	1	5,3
Totaal:		23	100,0	19	100,0

Concept

Er loopt geen stroom doordat de king onderbroken wordt

15

65,2

10

52,6

Vraag 6.1 en 6.2 Deel I: Differentiatie tussen spanning en stroom

Antwoord	Mogelijke redenering	Pre-test		Post-test	
		N	%	N	%
w, w	Geen differentiatie tussen spanning en stroom	5	21,7	9	47,4
w, nw	Geen differentiatie tussen spanning en stroom	0	0,0	2	10,5
nw, w	Geen differentiatie tussen spanning en stroom	7	30,4	5	26,3
nw, nw	Differentiatie tussen spanning en stroom	3	13,0	3	15,8
weet niet/overig		8	34,8	0	0,0
Totaal:		23	100,0	19	100,0

Vraag 6.3 - 6.5 Deel II: Stroomrichting

Antwoord	Mogelijke redenering	Pre-test		Post-test	
		N	%	N	%
nw, nw, w	Stroomdeeltjes verlaten batterij vanaf de pluspool en komen weer terug bij de minpool van de batterij Beide polen moeten aangesloten zijn voor een stroom	17	73,9	14	73,7
w, nw, w	Stroomdeeltjes verlaten batterij vanaf de pluspool en komen weer terug bij de minpool van de batterij Er hoeft enkel een draad aangesloten te worden voor een stroom.	0	0,0	0	0,0
nw, w, nw	Stroomdeeltjes verlaten de batterij aan beide kanten van de batterij	1	4,3	0	0,0
w, nw, nw	Stroomdeeltjes verlaten de batterij enkel aan de pluspool. Er hoeft daarom maar een pool aangesloten te worden.	0	0,0	0	0,0
nw, nw, nw	Er zijn geen stroomdeeltjes	4	17,4	4	21,1
weet niet/overig		1	4,3	1	5,3
Totaal:		23	100,0	19	100,0

Vraag 6.6 - 6.7 Deel III: Differentiatie tussen spanning en stroom

Antwoord	Mogelijke redenering	Pre-test		Post-test	
		N	%	N	%
w, nw	Geen differentiatie tussen spanning en stroom	10	43,5	7	36,8
nw, w	Differentiatie tussen stroom en spanning	9	39,1	6	31,6
nw, nw	Stroom kan zonder spanning voorkomen	0	0,0	1	5,3
weet niet/overig	Weet niet, leest niet goed --> tegenstrijdig	4	17,4	5	26,3
Totaal:		23	100,0	19	100,0

8.3. RESULTATEN EXPERIMENTELE GROEP

Aantal deelnemers pre-test 23
Aantal deelnemers post-test 20

Vraag 1.1 Deel I: Stroomrichting

Antwoord	Mogelijke redenering	Pre-test		Post-test	
		N	%	N	%
B, B+D	Er is een enkel draad nodig tussen de lamp en de batterij om deze te laten branden.	8	34,8	0	0,0
D	Beide polen van een batterij moeten verbonden worden om een lampje te laten branden	14	60,9	19	95,0
weet niet/overig		1	4,3	1	5,0
Totaal:		23	100,0	20	100,0

Vraag 1.2 en 1.3 Deel II: Stroomrichting en differentiatie tussen U en I

Antwoord	Mogelijke redenering	Pre-test		Post-test	
		N	%	N	%
A B C D Stroom ☐ ☐ ☐ ☒ Spanning ☐ ☒ ☒ ☒	Er is een differentiatie tussen spanning en stroom Beide polen van de batterij moeten verbonden zijn om een stroom te laten lopen.	1	4,3	1	5,0
A B C D Stroom ☐ ☒ ☐ ☒ Spanning ☐ ☒ ☒ ☒	Er is een differentiatie tussen spanning en stroom Er is minimaal 1 draad nodig om een stroom te laten lopen	2	8,7	2	10,0
A B C D Stroom ☐ ☒ ☒ ☒ Spanning ☐ ☐ ☐ ☒	Begrippen stroom en spanning omgedraaid. Onderscheid is correct	0	0,0	0	0,0
A B C D Stroom ☐ ☒ ☒ ☒ Spanning ☐ ☒ ☐ ☒	Begrippen stroom en spanning omgedraaid. Onderscheid is correct Er is minimaal 1 draad nodig om een spanning te laten lopen	0	0,0	0	0,0
A B C D Stroom ☐ ☒ ☒ ☒ Spanning ☐ ☒ ☒ ☒	Geen onderscheid tussen stroom en spanning Stroom en spanning komen altijd samen voor Als er een batterij is, is er zowel stroom als spanning	2	8,7	0	0,0
A B C D Stroom ☐ ☒ ☒ ☒ Spanning ☐ ☐ ☐ ☐	Stroom kan zonder spanning voorkomen	0	0,0	0	0,0
A B C D Stroom ☐ ☐ ☐ ☒ Spanning ☐ ☐ ☐ ☒	Er is geen differentiatie tussen spanning en stroom. Als er een gesloten stroomkring is, is er zowel een stroom als een spanning	6	26,1	8	40,0
A B C D Stroom ☐ ☐ ☐ ☒ Spanning ☐ ☒ ☐ ☒	Er is een differentiatie tussen spanning en stroom. Als een lamp verbonden is met een batterij is er sprake van een elektrische spanning Beide polen van de batterij moeten verbonden zijn om een stroom te laten lopen.	1	4,3	1	5,0
A B C D Stroom ☐ ☒ ☐ ☒ Spanning ☐ ☐ ☐ ☒	Er is een differentiatie tussen spanning en stroom Er is minimaal 1 draad nodig om een stroom te laten lopen. Als er een gesloten stroomkring is, is er sprake van een elektrische spanning	1	4,3	1	5,0

Stroom	A B C D ☐ x ☐ ☐ ☐	Alleen met een enkel draad kan er een stroom lopen. Stroom en spanning komen altijd samen voor.	2	8,7	0	0,0
Spanning	☐ x ☐ ☐ ☐					
Stroom	A B C D ☐ ☐ ☐ x	Beide polen van de lamp moeten verbonden zijn om een stroom te laten lopen. Een batterij heeft alleen een spanning als hier een draad op aangesloten is	1	4,3	1	5,0
Spanning	☐ x ☐ ☐ ☐					
Stroom	A B C D ☐ ☐ ☐ x	Beide polen van de lamp moeten verbonden zijn om een stroom te laten lopen. Mogelijke verklaring omtrent spanning ontbreekt	0	0,0	0	0,0
Spanning	☐ ☐ x ☐ ☐					
Stroom	A B C D ☐ ☐ ☐ x	Beide polen van de lamp moeten verbonden zijn om een stroom te laten lopen. Een batterij heeft alleen een spanning als hier niets op aangesloten is	0	0,0	1	5,0
Spanning	☐ ☐ x ☐ ☐					
Stroom	A B C D ☐ x ☐ ☐ x	Er is een enkel draad nodig om een stroom te laten lopen. Stroom en spanning komen altijd samen voor.	0	0,0	1	5,0
Spanning	☐ x ☐ ☐ x					
weet niet/overig			7	30,4	4	20,0

Totaal: 23 100,0 20 100,0

Concept	Stroom blijft behouden een stroomkring moet gesloten zijn.	9	39,1	12	60,0
	Juiste differentiatie tussen spanning en stroom	5	21,7	5	25,0

Vraag 2.1 - 2.3 Stroomverbruik en -behoud

Antwoord	Mogelijke redenering	Pre-test		Post-test	
		N	%	N	%
w, nw, nw	De elektrische stroom wordt geheel verbruikt	4	17,4	7	35,0
nw, w, nw	De elektrische stroom wordt gedeeltelijk verbruikt	9	39,1	3	15,0
nw, nw, w	De stroom wordt niet verbruikt en blijft behouden. De elektrische energie wordt omgezet	0	0,0	6	30,0
nw, w, w	De stroom wordt gedeeltelijk omgezet in energie, de rest komt weer terug in de batterij	2	8,7	3	15,0
w, nw, w	De lamp verbruikt alle elektrische stroom, maar deze moet wel weer terug naar de batterij gaan	1	4,3	1	5,0
w, nw, x w, x, x	De lamp verbruikt alle elektrische stroom	3	13,0	0	0,0
weet niet/overig	Tegenstrijdigheden (lamp verbruikt alle, maar ook een beetje stroom) etc.	4	17,4	0	0,0

Totaal: 23 100,0 20 100,0

Vraag 3.1 - 3.4 Stroomverbruik en -behoud

Antwoord	Mogelijke redenering	Pre-test		Post-test	
		N	%	N	%
w, nw, nw, nw	Stroom loopt van - naar + en wordt gedeeltelijk verbruikt	1	4,3	0	0,0
nw, w, nw, nw	Stroom wordt gedeeltelijk verbruikt en omgezet in energie	6	26,1	0	0,0
nw, nw, w, nw	De stroom wordt niet verbruikt en blijft behouden. De elektrische energie wordt omgezet	12	52,2	14	70,0
nw, nw, nw, w	De stroom wordt geheel verbruikt en omgezet in energie	0	0,0	1	5,0
nw, w, nw, w	Stroom wordt gedeeltelijk verbruikt en omgezet in energie Door een amperemeter loopt geen stroom.	0	0,0	3	15,0
weet niet/overig		4	17,4	2	10,0

Totaal: 23 100,0 20 100,0

Vraag 4.1 - 4.3 Deel I: Spanningsdeling enkel lampje

Antwoord			Mogelijke redenering	Pre-test		Post-test	
				N	%	N	%
6V	6V	6V	Spanning wordt gezien als een lokale toestand of als potentiaal. Er is een soort wet van spanningsbehoud.	19	82,6	8	40,0
6V	6V	0V	Spanning wordt gezien als een lokale toestand of als potentiaal. Het lampje verbruikt alle spanning	0	0,0	4	20,0
6V	$6V < U_2 < 0V$	0V	Spanning wordt gezien als een lokale toestand of als potentiaal. Het lampje verbruikt een gedeelte van de spanning	0	0,0	2	10,0
0V	6V	0V	In een draad is er geen verschil in energie tussen twee punten. Er staat een spanning van 0V over een draad. Het lampje verbruikt als enige ALLE energie, waardoor er een spanning over de lamp staat van 6V.	0	0,0	1	5,0
0V	$6V < U_2 < 0V$	rest	In een draad is er geen verschil in energie tussen twee punten. Er staat een spanning van 0V over een draad. De lamp verbruikt een gedeelte van de energie. Mogelijke verwarring door kennis van vermogenverschillen in lampen.	0	0,0	0	0,0
6V	3V	3V	Spanning wordt gezien als een lokale toestand of als potentiaal. Het lampje verbruikt een gedeelte van de spanning.	1	4,3	1	5,0
6V	0V	0V	Spanning wordt gezien als een lokale toestand of als potentiaal. Het lampje verbruikt een alle spanning	0	0,0	1	5,0
weet niet/overig				3	13,0	3	15,0
Totaal:				23	100,0	20	100,0

Concept Het lampje verbruikt geheel of gedeeltelijk de spanning. 1 4,3 8 40,0

Vraag 4.4- 4.6 Deel II: Spanningsdeling meerdere lampjes

Antwoord			Mogelijke redenering	Pre-test		Post-test	
				N	%	N	%
6V	6V	6V	Spanning wordt gezien als een lokale toestand of als potentiaal. Er is een soort wet van spanningsbehoud.	14	60,9	5	25,0
2V	2V	2V	Spanning wordt gezien als een lokale toestand of als potentiaal. Er is een soort wet van spanningsbehoud en spanningsdeling over de 3 componenten: draad en twee lampen.	3	13,0	2	10,0
6V	$6V < U_2 < 0V$	0V	Spanning wordt gezien als een lokale toestand of als potentiaal. Het lampje verbruikt een gedeelte van de spanning	0	0,0	0	0,0
0V	3V	3V	In een draad is er geen verschil in energie tussen twee punten. Er staat een spanning van 0V over een draad. De spanning wordt verdeeld over de twee lampjes ALLE energie, waardoor er een spanning van 3V over bijde lampen staat	0	0,0	1	5,0
3V	3V	3V	Spanning wordt gezien als een lokale toestand of als potentiaal. Er is een soort wet van spanningsbehoud en spanningsdeling over de twee lampen.	1	4,3	1	5,0
6V	3V	3V	Spanning wordt gezien als een lokale toestand of als potentiaal. De spanning wordt verdeeld over de twee lampjes	3	13,0	5	25,0
6V	<6V	<6V	Spanning wordt gezien als een lokale toestand of als potentiaal. Het lampje verbruikt een gedeelte van de spanning	1	4,3	3	15,0
weet niet/overig				1	4,3	3	15,0
Totaal:				23	100,0	20	100,0

Vraag 5.1 -5.3

Deel I: Stroomverbruik en -behoud

Antwoord	Mogelijke redenering	Pre-test		Post-test	
		N	%	N	%
1A 0A 0A	Stroom wordt geheel verbruikt door het eerste lampje	0	0,0	0	0,0
1A 1 A < I3 < 0A 0A	Stroom wordt gedeeltelijk door de lamp verbruikt	0	0,0	0	0,0
1A 0,5A 0A	Stroom wordt verdeelt over beide lampjes en wordt verbruikt	1	4,3	1	5,0
0,5A 0,5A 0,5A	Stroom wordt niet verbruikt en verdeeld zich over de twee lampjes.	1	4,3	1	5,0
1A 1A 1A	Stroom wordt niet verbruikt en blijft behouden	14	60,9	11	55,0
1A 0,5A 0,25A	De stroom wordt gedeeltelijk door een lamp verbruikt	3	13,0	2	10,0
1A 0,5A 0,5A	De stroom wordt zodra deze een lamp tegenkomt eenmalig gehalveerd, daarna is de stroom overal gelijk?	2	8,7	4	20,0
weet niet/overig		2	8,7	1	5,0
Totaal:		23	100,0	20	100,0

Vraag 5.4 - 5.7

Deel II: Stroomverbruik en -behoud / Stroomrichting

Antwoord	Mogelijke redenering	Pre-test		Post-test	
		N	%	N	%
w, nw, nw, nw w, nw, nw, w	Er is geen gesloten kring nodig om een stroom te laten lopen.	0	0,0	0	0,0
nw, w, nw, nw nw, w, x, nw	Er loopt geen stroom doordat de kring onderbroken wordt.	8	34,8	9	45,0
nw, nw, w, nw nw, nw, w, x	Er is geen gesloten kring nodig om een stroom te laten lopen.	3	13,0	2	10,0
nw, nw, nw, w	Er is een enkel draad nodig om een lamp te laten branden. Een stroomkring hoeft niet gesloten te zijn.	4	17,4	3	15,0
nw, w, nw, w	Een enkel draad is nodig om een lamp te laten branden. Er is geen gesloten kring of stroom nodig om een lamp te laten branden.	0	0,0	2	10,0
nw, nw, w, w	Een enkel draad is nodig om een lamp te laten branden, de stroom wordt geheel gedeeltelijk verbruikt door de lamp. Er is geen gesloten kring nodig om een lamp te laten branden.	0	0,0	1	5,0
w, nw, nw, w	De schakeling is na verwijdering van de ene lamp weer opnieuw gesloten gemaakt	0	0,0	0	0,0
nw, w, x, nw nw, w, w, nw	Er is geen gesloten stroomkring nodig om een stroom te laten lopen. Stroom wordt gezien als het aantal stroomdeeltjes ipv het aantal stroomdeeltjes die er per seconde door de schakeling heen gaat.	1	4,3	3	15,0
weet niet/overig		7	30,4	0	0,0
Totaal:		23	100,0	20	100,0

Concept

Er loopt geen stroom doordat de king onderbroken wordt

8

34,8

9

47,4

Vraag 6.1 en 6.2 Deel I: Differentiatie tussen spanning en stroom

Antwoord	Mogelijke redenering	Pre-test		Post-test	
		N	%	N	%
w, w	Geen differentiatie tussen spanning en stroom	10	43,5	8	40,0
w, nw	Geen differentiatie tussen spanning en stroom	2	8,7	5	25,0
nw, w	Geen differentiatie tussen spanning en stroom	1	4,3	3	15,0
nw, nw	Differentiatie tussen spanning en stroom	4	17,4	3	15,0
weet niet/overig		6	26,1	1	5,0
Totaal:		23	100,0	20	100,0

Vraag 6.3 - 6.5 Deel II: Stroomrichting

Antwoord	Mogelijke redenering	Pre-test		Post-test	
		N	%	N	%
nw, nw, w	Stroomdeeltjes verlaten batterij vanaf de pluspool en komen weer terug bij de minpool van de batterij Beide polen moeten aangesloten zijn voor een stroom	14	60,9	16	80,0
w, nw, w	Stroomdeeltjes verlaten batterij vanaf de pluspool en komen weer terug bij de minpool van de batterij Er hoeft enkel een draad aangesloten te worden voor een stroom.	1	4,3	1	5,0
nw, w, nw	Stroomdeeltjes verlaten de batterij aan beide kanten van de batterij	0	0,0	1	5,0
w, nw, nw	Stroomdeeltjes verlaten de batterij enkel aan de pluspool. Er hoeft daarom maar een pool aangesloten te worden.	0	0,0	0	0,0
nw, nw, nw	Er zijn geen stroomdeeltjes	1	4,3	1	5,0
weet niet/overig		7	30,4	1	5,0
Totaal:		23	100,0	20	100,0

Vraag 6.6 - 6.7 Deel III: Differentiatie tussen spanning en stroom

Antwoord	Mogelijke redenering	Pre-test		Post-test	
		N	%	N	%
w, nw	Geen differentiatie tussen spanning en stroom	14	60,9	9	45,0
nw, w	Differentiatie tussen stroom en spanning	1	4,3	7	35,0
nw, nw	Stroom kan zonder spanning voorkomen	1	4,3	2	10,0
weet niet/overig	Weet niet, leest niet goed --> tegenstrijdig	7	30,4	2	10,0
Totaal:		23	100,0	20	100,0



ELEKTRICITEIT

TEKSTBOEK

INHOUDSOPGAVE

Introductie	1
Stroom	3
1.1. Inleiding.....	3
1.2. Een veel voorkomend idee	4
1.3. Stroom.....	5
1.4. Samenvatting	8
Spanning	9
2.1. Inleiding.....	9
2.2. Een veel voorkomend idee	10
2.3. Spanning.....	10
2.4. Samenvatting	13
Tekenen van schakelingen	14
3.1. Inleiding.....	14
3.2. tekenen van schakelingen.....	15
3.3. Voorbeeld.....	15
Metten	17
4.1. Inleiding.....	17
4.2. Meetinstrumenten.....	18
4.3. Amperemeter aansluiten	20
4.4. Voltmeter aansluiten	21

INTRODUCTIE

Elektriciteit komen we overal tegen in het dagelijks leven. Neem bijvoorbeeld het inslaan van bliksem of het krijgen van een schok als je iets aanraakt.

Ook maakt bijna iedereen tegenwoordig gebruik van een mobiele telefoon of een computer. Als er geen elektriciteit zou bestaan werken de apparaten niet en zou je dus niet even je Facebook kunnen checken voor die laatste updates.

Ook in de medische sector wordt er gebruik gemaakt van elektriciteit. Er worden bijvoorbeeld robots (zie afbeelding) gebruikt in de operatiekamer om nog preciezer te kunnen opereren. Hierdoor zal er tijdens het opereren minder schade aan de omliggende zenuwen en weefsel zijn.



Afbeelding 1 Operatierobot

Juist doordat wij steeds meer gebruik maken van elektriciteit en het aanbod van toepassingen steeds groter wordt, kunnen jij en ik eigenlijk niet meer zonder elektriciteit.

Dit maakt elektriciteit dan ook een belangrijk onderwerp binnen de natuurkunde, maar direct wordt dit ook als een heel lastig onderwerp gezien. Veel mensen hebben namelijk geen idee wat elektriciteit is en hoe dit precies werkt. Laat staan dat ze weten wat stroom en spanning is. Dit terwijl deze begrippen heel belangrijk zijn als we het over elektriciteit hebben of er mee moeten werken.

Door middel van dit boekje zal er antwoord gegeven worden op de volgende vragen:

- + Wat is stroom?
- + Wat is spanning?
- + Hoe gedragen stroom en spanning zich in een elektrische schakeling?

Het boekje is verdeeld in vier hoofdstukken. Het eerste hoofdstuk zal ingaan op wat stroom is. In het tweede hoofdstuk zal er uitgelegd worden wat spanning is. In het derde hoofdstuk leer je hoe je elektrische schakelingen moet tekenen en afsluitend leer je hoe je stroom en spanning kan meten.

Aan het begin van elk hoofdstuk vind je telkens een Advance Organizer. Dit is een soort overzicht van de huidige kennis rond een bepaald onderwerp. In dit geval zal dit dus een overzicht zijn van wat we weten van het onderwerp elektriciteit. Aan het einde van elk hoofdstuk zal deze Advance Organizer aangevuld worden met de kennis die opgedaan is in dat hoofdstuk.

Naast dit tekstboek is er nog een werkboek waar er na het doornemen van elk hoofdstuk, geoefend kan worden met het geleerde.

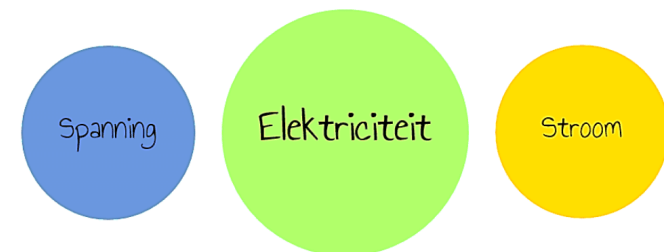
STROOM

1.1. INLEIDING

Wanneer we het hebben over elektriciteit zijn de meest belangrijke termen stroom en spanning. We hebben er allemaal van gehoord maar wat is nou precies spanning? Of hoe werkt dat met die stroom dan precies?

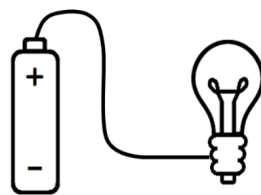
Het doel van dit hoofdstuk is juist om jou antwoord te geven op deze vraag: [WAT IS STROOM?](#)

Dit zal gebeuren door eerst te kijken naar een veel voorkomend idee over stroom, waarna je gaat leren wat stroom is. Als laatste zal dit jou verduidelijkt worden met een voorbeeld uit het dagelijks leven.



1.2. EEN VEEL VOORKOMEND IDEE

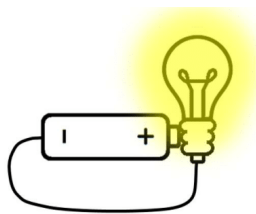
Een batterij is met een draad verbonden aan een lampje (zie afbeelding 2a). Een veel voorkomend idee is dat er maar één draad nodig is om een lamp te laten branden. Het idee is dat de stroom helemaal verbruikt wordt en er geen stroom loopt na het lampje.



Afbeelding 2a

Het idee klinkt logisch, want er moet toch iets om worden gezet in licht. Toch blijkt het in dit geval niet goed. De lamp zal met deze opstelling niet gaan branden.

Er is echter wel een mogelijkheid om de lamp met een enkel draad en een batterij te laten branden (zie afbeelding 2b). Als we het ene aansluitpunt van de lamp tegen de pool van de batterij houden en de andere pool van de batterij verbinden met het andere aansluitpunt van de lamp, zal de lamp wél gaan branden.



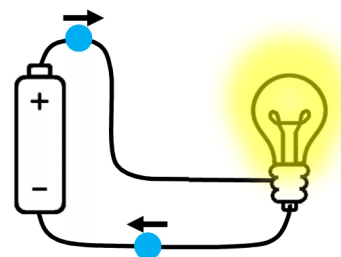
Afbeelding 3b

Om te kunnen verklaren waarom de lamp eerst niet en nu opeens wel brandt, moeten we kijken naar wat stroom nou precies is.

1.3. STROOM

In afbeelding 3 zie je een batterij verbonden met een lampje. Zodra de lamp aangesloten is zullen er stroomdeeltjes vertrekken vanuit de batterij die de stroomdeeltjes energie mee geeft. Als de stroomdeeltjes door de lamp gaan wordt de energie, die ze bij zich dragen, omgezet in warmte en licht. Vervolgens verlaten de stroomdeeltjes de lamp via de andere aansluiting en gaan ze weer terug naar de batterij om nieuwe energie te halen.

Een stroomdeeltje kunnen we zien als **leverancier van energie**.



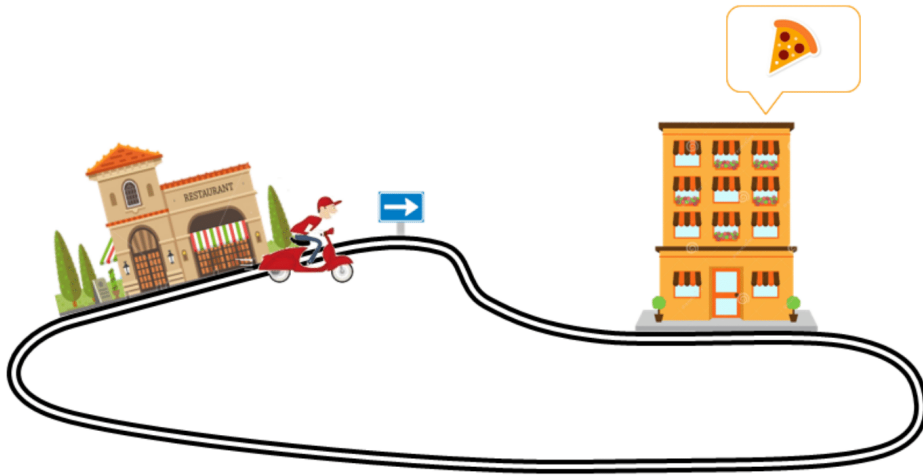
Afbeelding 3

We spreken af dat deze stroomdeeltjes **van plus naar min** reizen. De hoeveelheid stroomdeeltjes die per seconde door de schakeling gaan, noemen we de stroom.

De **stroom** is het aantal stroomdeeltjes die per seconde door de schakeling heen gaan.

Doordat de stroomdeeltjes weer terug naar de batterij gaan om nieuwe energie te halen is de stroom overal gelijk. Bij meerdere lampjes die achter elkaar aan geschakeld zijn (serieschakeling), is de stroom dus ook overal gelijk en verdeelt deze zich niet. Het stroomdeeltje moet zowel door beide lampjes om weer terug te komen bij de batterij.

Om stroom inzichtelijker te maken gaan we een vergelijking doen met het bezorgen van pizza's.



Bezorgen van pizza's

Het loopt richting etenstijd en er wordt pizza besteld vanuit de flat. Zodra de pizza klaar is, gaat de bezorger met de pizza op weg naar de flat. Hier levert hij keurig op tijd de pizza af en gaat weer terug om nieuwe pizza's te halen. Omdat het eenrichtingsverkeer is moet hij alleen wel een rondje rijden.

In deze vergelijking staat de pizzabezorger representatief voor het stroomdeeltje, het aantal pizzabezorgers die er rijden gelijk aan de stroom en de pizza's kun je zien als energie.

Net zoals de pizzabezorger niet opgegeten wordt maar de pizza, zal ook de stroom niet verbruikt worden maar de energie.

Stroom wordt niet verbruikt

Na een lange dag van werken is uiteindelijk de werkdag voorbij. De volgende dag is er echter een wegoopbreking waardoor er geen pizza bezorgd kan worden. Zodra er gebeld wordt voor een pizza moet het restaurant dus helaas afzeggen. Er is namelijk wel een weg heen, maar geen weg terug.

Gesloten stroomkring

Als er een wegoopbreking in de weg is, kunnen er geen pizza's en dus ook geen energie bezorgd worden. Een stroomkring moet daarom altijd gesloten zijn.

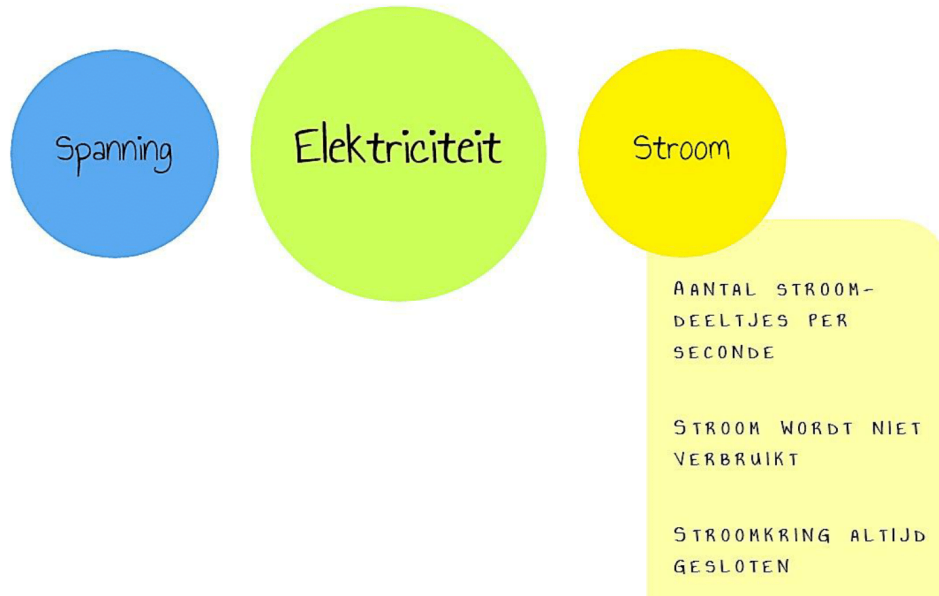
Als er geen gesloten stroomkring is kunnen de stroomdeeltjes niet meer terug, het is immers eenrichtingsverkeer. Je mag je voorstellen dat de stroomdeeltjes net zolang wachten met het afgeven van energie totdat er weer een gesloten stroomkring is.

Een stroomkring moet altijd **gesloten** zijn.

1.4. SAMENVATTING

In dit hoofdstuk heb je geleerd dat de stroom het aantal stroomdeeltjes is die per seconde door de schakeling gaat. Ook heb je geleerd dat de stroom niet verbruikt wordt en dus overal gelijk is. Als laatste zag je ook dat een stroomkring altijd gesloten moet zijn. Als er geen gesloten stroomkring is, kunnen de stroomdeeltjes geen nieuwe energie ophalen bij de batterij en loopt er geen stroom.

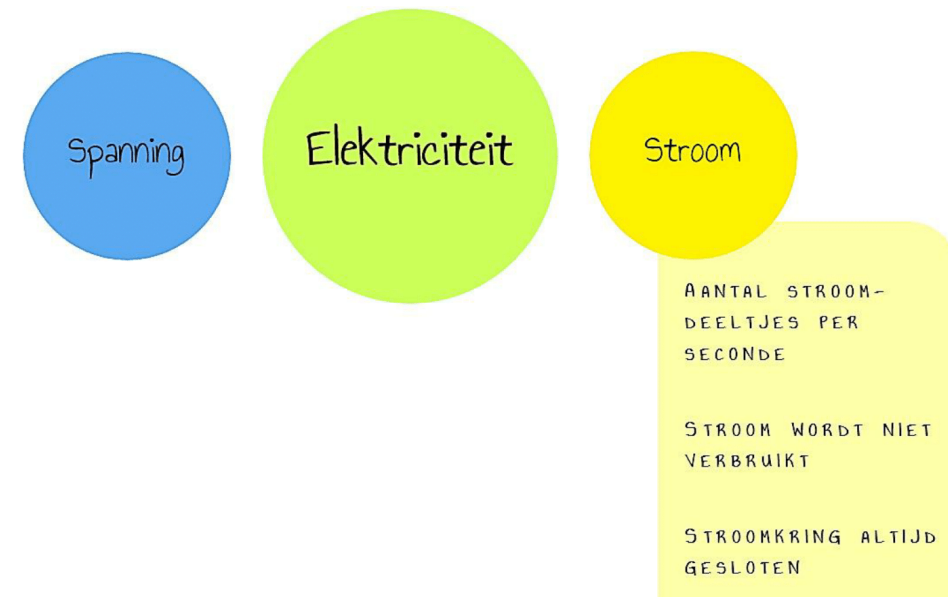
Als we het geleerde in de Advance Organizer plaatsen krijgen we het volgende overzicht van wat we nu weten over elektriciteit.



SPANNING

2.1. INLEIDING

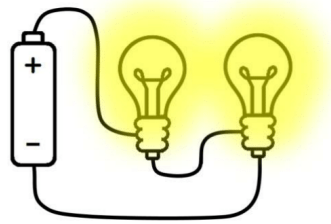
In het vorige hoofdstuk heb je geleerd wat stroom is. Hierin heb je gelezen dat de stroom het aantal stroomdeeltjes is die per seconde door de schakeling heen gaan. Je kon ook lezen dat de stroomdeeltjes enkel leveranciers van energie zijn, waardoor de stroom dus niet verbruikt wordt. Daarnaast zag je ook dat een stroomkring altijd gesloten moet zijn.



In dit hoofdstuk ga je leren wat spanning is, door wederom te kijken naar een foutief idee over stroom, waarna je vervolgens een uitleg krijgt over spanning. Afsluitend ga je kijken wat er met de spanning en de stroom gebeurt als er meerdere lampjes achter elkaar in serie worden geschakeld.

2.2. EEN VEEL VOORKOMEND IDEE

In afbeelding 4 zie je een schakeling waar twee identieke lampjes achter elkaar aangesloten worden op een batterij. Een veel voorkomend idee is dat de stroom zich gaat verdelen over de twee lampjes en ze daarom even fel branden.



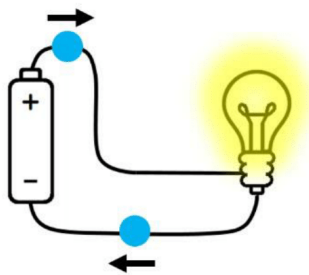
Afbeelding 4

Vanuit het vorige hoofdstuk weten we dat de stroom in een serieschakeling overal gelijk is waardoor dit idee dus niet goed is. Maar hoe zit dat dan met de spanning? Zal deze zich dan gaan opdelen of zal deze ook gelijk blijven?

Om dit te kunnen begrijpen moeten we eerst weten wat spanning precies is. Je gaat daarom opnieuw kijken naar de schakeling met een batterij en één lampje.

2.3. SPANNING

In afbeelding 5 zie je een batterij aangesloten op een lamp. In het vorige hoofdstuk zagen we dat de stroomdeeltjes vanuit de pluspool de schakeling in gaan. Terwijl ze dit doen nemen ze steeds energie mee van de batterij dat ze vervolgens afleveren aan de lamp die het omzet in warmte en licht. Als de



energie afgeleverd is, moeten de stroomdeeltjes vervolgens via het andere draad weer terug naar de batterij om nieuwe energie te halen.

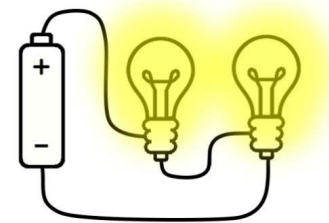
De energie die een stroomdeeltje mee krijgt van de batterij noemen we de spanning. De spanning geeft dus aan hoeveel energie één stroomdeeltjes bij zich heeft en aflevert aan het component. Een component is een verzamelnaam voor energie omzetter (bijv. een lamp)

De **spanning** is de hoeveelheid energie per stroomdeeltje.

Een batterij levert een constante spanning en dus een constante hoeveelheid energie per stroomdeeltje. Als wij dus één lamp verbonden hebben met de batterij betekent dit dus dat de stroomdeeltjes alle energie afleveren aan de lamp.

Een **batterij** levert een constante spanning.

Als we daarentegen een tweede identieke lamp in serie zetten (zie afbeelding 6) dan zullen de stroomdeeltjes de energie, en dus de spanning, verdelen over deze twee lampen. Doordat beide lampjes gelijk zijn, zullen ze allebei de helft van de energie krijgen. Dit betekent dus ook dat de lampjes minder fel gaan branden, de energie wordt immers omgezet in licht.



Afbeelding 6

Mocht het echter zo zijn dat het ene lampje een keer zoveel energie nodig heeft ten opzichte van de andere lamp, dan krijgt deze ook een keer zoveel ten opzichte van de andere lamp. De spanning en dus de energie wordt eerlijk verdeeld, zodat elk component krijgt wat die nodig heeft.

De spanning word in serie (eerlijk) **verdeeld** onder de lampen.

Om dit te verduidelijken kunnen we weer gaan kijken naar het bezorgen van pizza's. Hier zagen we dat een pizzabezorger gelijk was aan een stroomdeeltje (leverancier van energie). De hoeveelheid pizzabezorgers die er rijden kunnen we zien als de stroom (hoeveelheid stroomdeeltjes die per seconde door de schakeling gaat) en als laatste zag je in het vorige hoofdstuk dat de pizza's representatief staan voor de energie. Dit zou dus met de spanning te maken moeten hebben.

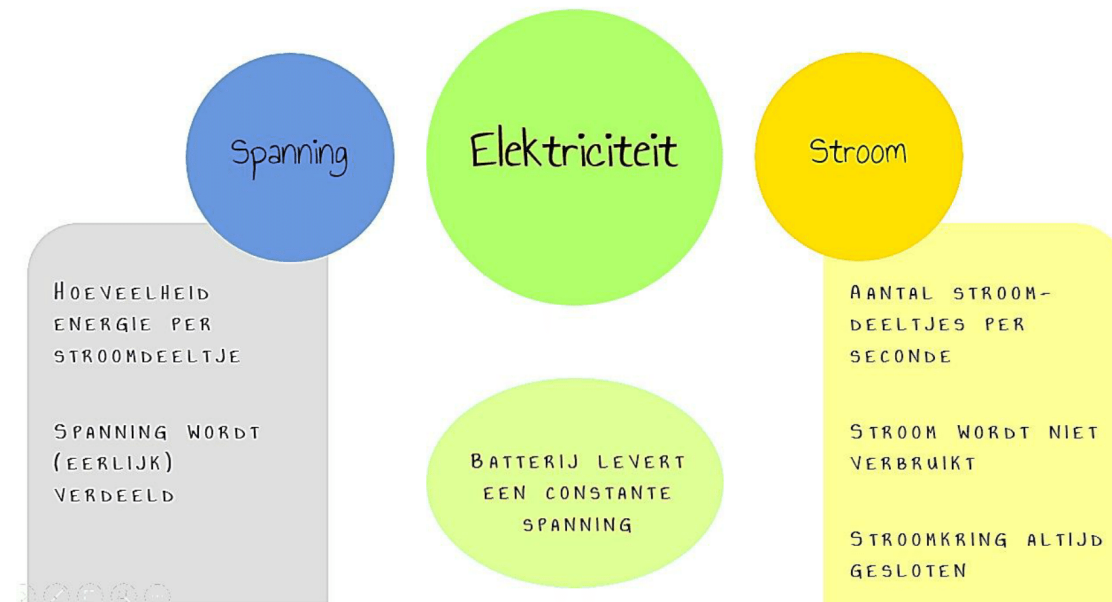
Je weet nu dat de spanning niets meer is dan de hoeveelheid energie per stroomdeeltje. We kunnen de spanning dus zien als de hoeveelheid pizza's die elke bezorger mee krijgt van de pizzeria.

Als het voor komt dat er meerdere bestellingen tegelijk zijn, dan is de regel bij de pizzeria dat de pizzabezorger de pizza's gaat verdelen naar mate van eetlust. Hierdoor krijgt iedereen wat hij of zij nodig heeft en blijft er niemand zitten met honger. Net zoals de pizzabezorgers verdelen de stroomdeeltjes ook de energie en dus de spanning over de lampjes.

2.4. SAMENVATTING

In dit hoofdstuk heb je geleerd dat de spanning gelijk staat aan de hoeveelheid energie per stroomdeeltje. Ook heb je geleerd dat de spanning eerlijk verdeeld wordt over de verschillende componenten. Als beide componenten gelijk zijn dan ontvangen ze beide de helft van de spanning. Daarnaast heb je ook geleerd dat een batterij een constante spanning levert.

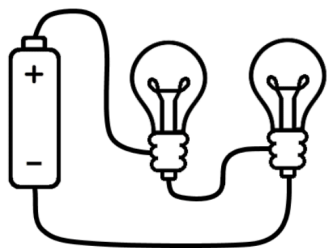
Als we het geleerde plaatsen in de Advance Organizer hieronder krijgen we een mooi overzicht van wat we tot nu toe geleerd hebben en kunnen we met dit overzicht gemakkelijk zien hoe elektriciteit werkt.



TEKENEN VAN SCHAKELINGEN

3.1. INLEIDING

In de vorige hoofdstukken over stroom en spanning maakten we steeds gebruik van opstellingen. Tot nu toe tekenen we deze zoals we deze in het echt zien (zie afbeelding 7).



Afbeelding 7

Als er echter steeds meer componenten in een opstelling komen, is het goed voor het overzicht om gebruik te maken van symbolen. In dit hoofdstuk ga je dan ook leren hoe je een schakeling moet tekenen met behulp van symbolen.

3.2. TEKENEN VAN SCHAKELINGEN

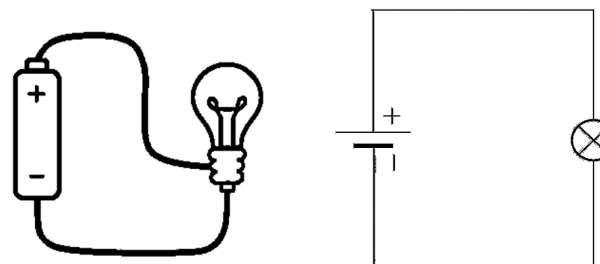
Tot nu toe werkten we met een batterij, ook wel een spanningsbron genoemd, met draden en lampjes. De bijbehorende symbolen tekenen we als volgt.

Onderdeel	Schakelsymbool
Draad	_____
Spanningsbron (batterij, accu, etc)	_____+ _____-_____
Lamp	_____⊗_____

Als je goed kijkt zie je dat er bij het lange streepje van de batterij een plus is getekend. Dit betekent dat deze kant de pluspool van de batterij is. Om het gebruik hiervan te verduidelijken zullen twee voorbeelden volgen hoe je een schakeling kunt tekenen.

3.3. VOORBEELD

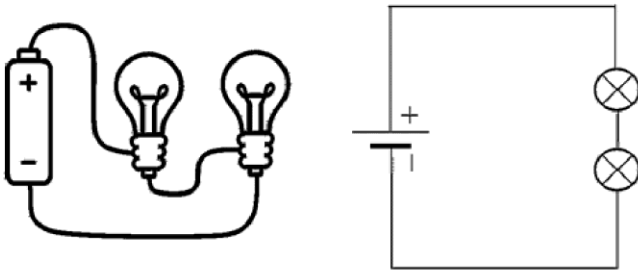
In het eerste voorbeeld nemen we een opstelling met een batterij, twee draden en een lampje (zie afbeelding 8). Door de componenten te vervangen voor de juiste symbolen krijg je het rechter schema.



Afbeelding 8

Voorbeeld

Hetzelfde kun je ook doen voor een schakeling met twee lampjes (zie afbeelding 9).



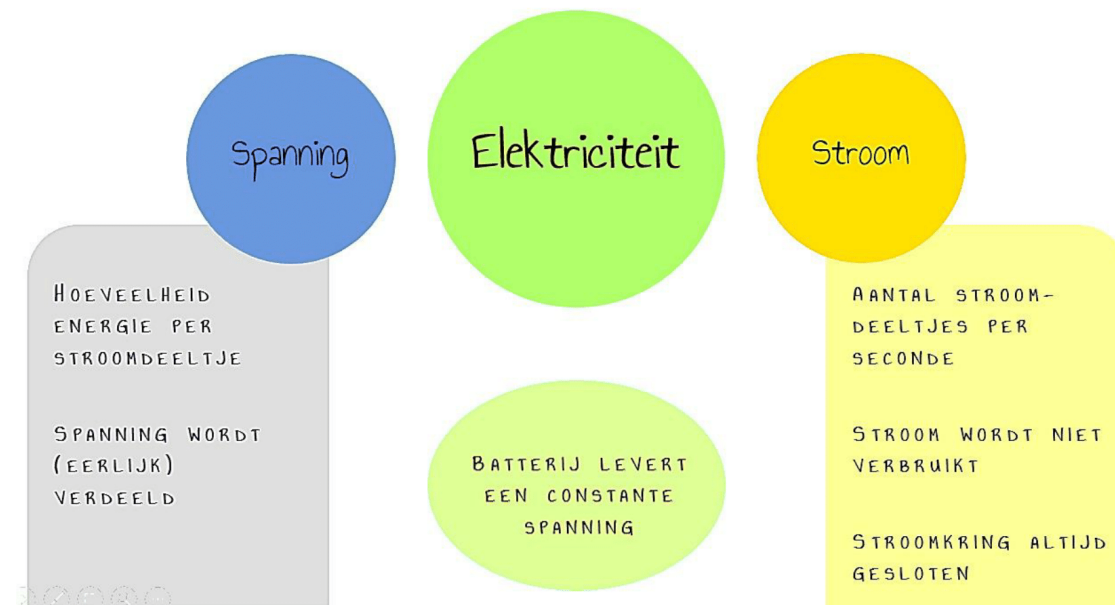
Afbeelding 9 Voorbeeld

METEN

4.1. INLEIDING

In het hoofdstuk over stroom heb je geleerd dat de stroom het aantal stroomdeeltjes is die er per seconde door de schakeling heen gaan. De stroomdeeltjes zijn enkel een leveranciers van energie, waardoor de stroom dus niet verbruikt wordt. Daarnaast zag je ook dat een stroomkring altijd gesloten moet zijn.

In het hoofdstuk over spanning zag je dat de spanning gelijk staat aan de hoeveelheid energie per stroomdeeltje en dat de spanning eerlijk verdeeld wordt onder de componenten. Als laatste heb je geleerd dat een batterij een constante spanning levert.



In het vorige hoofdstuk heb je geleerd dat je symbolen kan gebruiken om opstellingen schematisch te tekenen. De symbolen die we tegen zijn gekomen zijn die van het draad, de batterij ook wel een spanningsbron genoemd en die van een lamp

Onderdeel	Schakelsymbool
Draad	_____
Spanningsbron (batterij, accu, etc)	_____+ _____-_____
Lamp	_____⊗_____

4.2. MEETINSTRUMENTEN

Om de stroom te meten maken we gebruik van een meter. Deze meter noemen we een ampèremeter (zie afbeelding 10). Je weet al dat de stroom staat voor het aantal stroomdeeltjes er per seconde door de schakeling gaan. Om deze te meten doet een ampèremeter dan ook niets meer dan alle stroomdeeltjes die er langs komen te tellen.

Stroom meet je met een **ampèremeter** die steeds het aantal stroomdeeltjes telt die er per seconde langs komen

De ampèremeter geeft de stroom weer in Ampère wat we afkorten met een A. Om je een idee te geven, 1 Ampère komt overeen met 6,25 triljoen stroomdeeltjes.

Stroom geven we aan in Ampère (A)

De spanning meten we in Volt afgekort met een V en om deze te meten gebruik je een voltmeter (zie afbeelding 10).



Afbeelding 10 Voltmeter (links) en een Ampèremeter (rechts)

Ook voor de ampère- en voltmeter gebruiken we symbolen. Beide zijn een rondje met daarin de A, van Ampère of de V van Volt.

Onderdeel	Schakelsymbool
Draad	_____
Spanningsbron (batterij, accu, etc)	_____+ _____-_____
Lamp	_____⊗_____
Voltmeter	_____⊙_____
Ampèremeter	_____⊙_____

4.3. AMPEREMETER AANSLUITEN

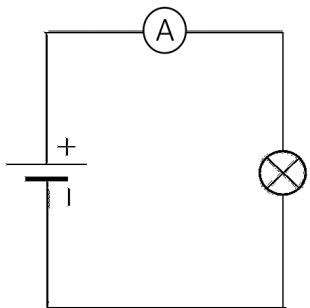
Om te weten hoe je een ampèremeter aan moet sluiten kunnen we het beste kijken naar de eigenschappen van stroom. Je weet bijvoorbeeld dat stroom het aantal stroomdeeltjes is per seconde en dat de stroomdeeltjes steeds van de ene kant van de batterij naar de andere kant gaan.

Gezien een ampèremeter niets anders doet dan steeds het aantal stroomdeeltjes te tellen, moet deze in serie verbonden worden met de lamp zoals te zien is in afbeelding 11a. Als er nu een stroomdeeltje vanaf de batterij zou vertrekken, gaat deze ook door de stroommeter en kan deze geteld worden.

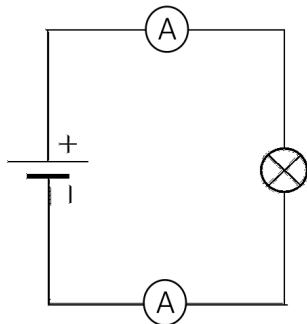
Een Ampèremeter sluiten we in **serie** aan

Doordat het aantal stroomdeeltjes steeds weer terug moeten komen bij de batterij, lopen ze dus eigenlijk steeds een rondje. Hierdoor maakt het niet uit waar we de ampèremeter plaatsen. De stroom wordt immers niet verbruikt.

Als we een tweede ampèremeter zouden plaatsen, zoals in afbeelding 11b, zullen beide meters daarom even veel Ampère aangeven.



Afbeelding 11a

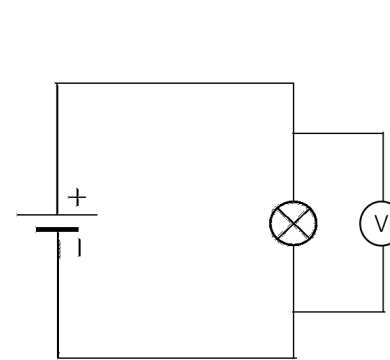


Afbeelding 11b

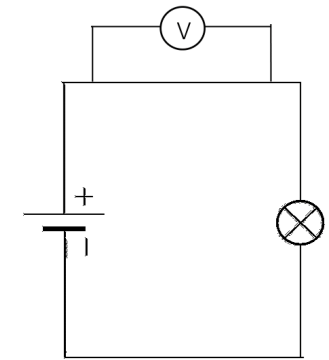
4.4. VOLTMETER AANSLUITEN

Als je spanning wilt meten moet je de voltmeter **parallel** aansluiten. Dat wil zeggen dat het ene draad verbonden moet worden vóór de lamp en het andere draad aan de ander na de lamp, zoals te zien is in de afbeelding 12a.

Een voltmeter sluiten we **parallel** aan



Afbeelding 12a



Afbeelding 12b

Mocht je de voltmeter verkeerd hebben aangesloten, bijvoorbeeld zoals op afbeelding 12b, dan zal de voltmeter 0 volt aangeven. Met een voltmeter meet je namelijk het verschil in energie tussen twee punten en in een draad wordt geen energie verbruikt.

Een **voltmeter** meet het energieverschil van de stroomdeeltje tussen twee punten



ELEKTRICITEIT

WERKBOEK

INHOUDSOPGAVE

Introductie	1
Stroom	3
Spanning	5
Meten	8
Samenvatten.....	11

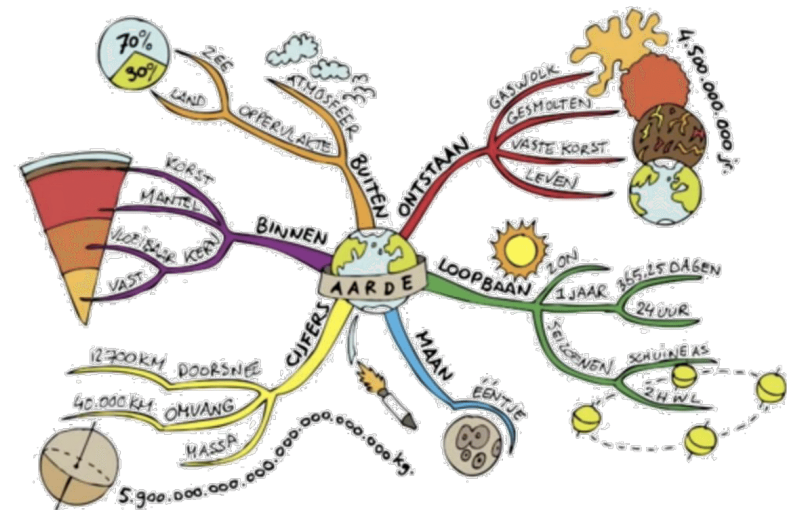
INTRODUCTIE

Opdracht 1

In afbeelding 1 zie je een voorbeeld van een MindMap. Met een MindMap probeer je informatie over een bepaald onderwerp uit te beelden door middel van een kern(begrippen), afbeeldingen, kleuren, etc.

In deze opdracht ga je een MindMap maken van het onderwerp Elektriciteit. Deze opdracht doe je met zijn tweeën. Volg hiervoor de volgende stappen.

1. Neem een blanco A3 papier en leg dit horizontaal voor je neer.
2. Schrijf in het midden van het papier “Elektriciteit” en zie hier een vierkant of een cirkel om heen.
3. Maak vanuit het hoofdonderwerp voor ieder subonderwerp een tak.
4. Schrijf of teken hierbij alle associaties op die hierbij kunt bedenken. Het kan zijn dat meerdere begrippen met elkaar te maken hebben. Geef dit op een creatieve wijze aan.



Afbeelding 1 Voorbeeld van een MindMap

STROOM

Opgave 2

Het inslaan van de bliksem, het krijgen van een schok als je iets aanraakt zijn voorbeelden van elektriciteit die we tegen komen in de natuur. Noem nog een voorbeeld uit de natuur waar je elektriciteit tegen komt en licht dit toe

Opgave 3

Noem een twee voorbeelden van toepassingen waarbij het belangrijk is dat de elektriciteit niet uitvalt en leg dit uit..

Opgave 4

Voor we gaan kijken naar wat stroom en spanning nou precies is, is het goed om te kijken naar wat je nu weet over stroom en spanning, zodat je aan het einde van dit boekje je antwoorden kan vergelijken. Het antwoord wat je geeft hoeft dus niet perse goed te zijn.

- Leg uit wat stroom is?
- Leg uit wat spanning is?

Opgave 5

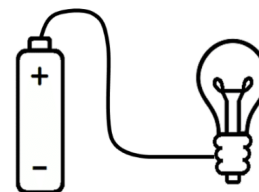
Geef in de onderstaande zinnen aan of deze waar of niet waar zijn en leg dit uit.

- Een batterij levert stroom aan de lamp. Na de lamp zal er dus geen stroom meer lopen.
- De stroomsterkte door een lamp is het aantal stroomdeeltjes die energie afleveren.
- Stroomdeeltjes verlaten de batterij aan twee kanten
- De stroom wordt in een lamp omgezet in warmte en licht.
- In een lampje wordt altijd een beetje elektrische stroom verbruikt
- Stroomdeeltjes reizen van plus naar min
- Als de stroomsterkte twee keer zo groot wordt, bewegen er per seconde twee keer zoveel stroomdeeltjes door het apparaat.
- De stroom verdeelt zich over het aantal lampjes.

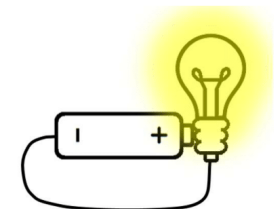
Opgave 6

Op pagina 2 van het tekstboek staan de volgende schakelingen gegeven. Beide schakelingen maken gebruik van één batterij, één lampje en één draad.

Leg uit hoe het kan dat de rechter lamp wel brand en de andere lamp niet.



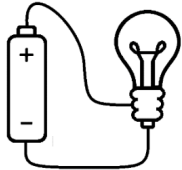
Afbeelding 2a



Afbeelding 2b

Opgave 7

- Leg met behulp van de onderstaande schakeling (afbeelding 3) uit wat de stroom doet in een schakeling.
- Waardoor loopt er alleen een stroom als er een gesloten stroomkring is.



Afbeelding 3

- Leg uit in welke van de onderstaande situaties het lampje licht geeft.
- Leg uit in welke situatie het lampje de stroom verbruikt.
- Leg uit in welke situatie er sprake is van een stroom



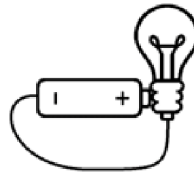
A



B



C



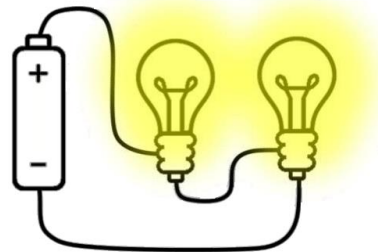
D

Afbeelding 4

Opgave 8

Gegeven is de schakeling in afbeelding 5.

- Leg uit wat er gebeurt als het rechter lampje uit de schakeling verwijderd wordt?
- Leg uit wat er gebeurt als het linker lampje uit de schakeling verwijderd wordt?



Afbeelding 5

SPANNING

Opgave 9

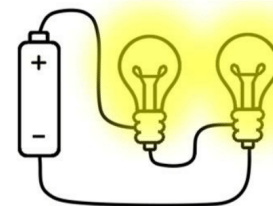
Geef in de onderstaande zinnen aan of deze waar of niet waar zijn en leg dit uit.

- Een batterij levert stroom aan de lamp.
- De spanning is de hoeveelheid energie die de batterij levert.
- De spanning is overal in een serieschakeling gelijk.
- De spanning verdeelt zich over de componenten.
- Als de spanning twee keer zo groot is, dan wordt de energie die de stroomdeeltjes afgeven een twee keer zo groot.
- De spanning over een lampje is de hoeveelheid energie die er per seconde omgezet wordt.

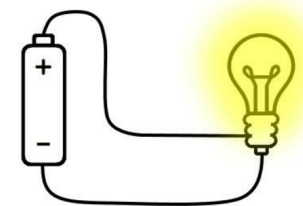
Opgave 10

Gegeven is de schakeling in afbeelding 6a. Je ziet hier een batterij verbonden met twee in serie geschakelde lampen.

- Leg uit waarom de lampjes even fel branden.
- Er wordt nu een lamp verwijderd en de overgebleven lamp wordt, weer netjes aangesloten op de batterij (zie afbeelding 6b). Zal de lamp nu minder of feller gaan branden? Leg uit!



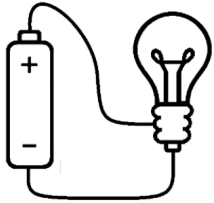
Afbeelding 6a



Afbeelding 6b

Opgave 11

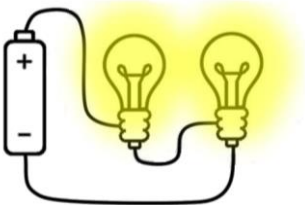
Leg met behulp van de onderstaande schakeling uit wat er gebeurt zodra een lamp is aangesloten op een batterij (afbeelding 7). Gebruik sowieso de volgende begrippen: stroom, spanning, energie, stroomdeeltjes.



Afbeelding 7

Opgave 12

Gegeven is de schakeling in afbeelding 5. Er wordt hier gebruik gemaakt van twee identieke lampjes.

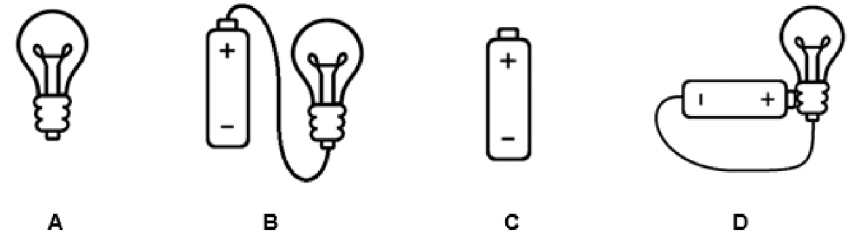


Afbeelding 8

- Leg uit wat er gebeurt met de stroom als het rechter lampje uit de schakeling verwijderd wordt?
- Leg uit wat er gebeurt met de spanning over de batterij als er een van beide lampjes verwijderd wordt.

Opgave 13

Gegeven is de onderstaande schakeling



Afbeelding 9

- Leg uit in welke situatie er sprake is van een spanning.
- Leg uit wat er bedoelt wordt met: "Een batterij levert een constante spanning."

METEN

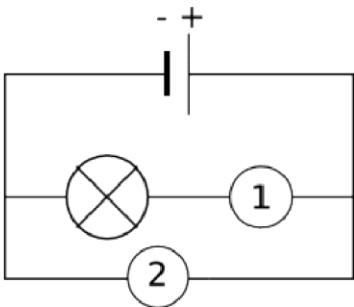
Opgave 14

Geef in de onderstaande zinnen aan of deze waar of niet waar zijn en leg dit uit.

- Om een stroom te meten sluit je een ampèremeter in serie aan.
- Om een spanning te meten sluit je een ampèremeter parallel aan.
- Een spanningsmeter sluit je parallel aan
- De spanning meet je in Volt en kort je af met V
- Een ampèremeter telt het aantal stroomdeeltjes die er per seconde langs komen.
- Stroom geven we aan met Ampère.

Opgave 15

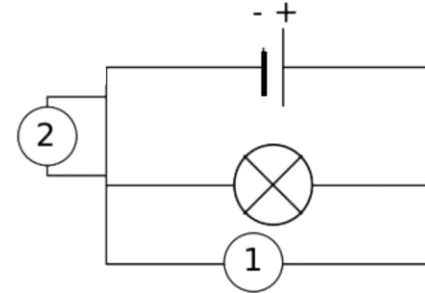
Gegeven de onderstaande schakeling. Geef voor meter 1 en 2 aan om welke meters het gaat en leg dit uit.



Afbeelding 10

Opgave 16

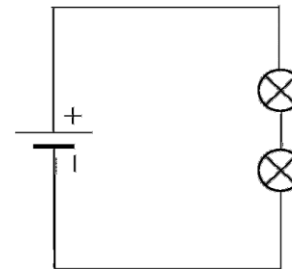
Gegeven is de onderstaande schakeling. Een batterij van 6V is aangesloten op een lampje. Geef voor beide meters aan met wat voor meter we te maken hebben en wat deze aangeeft. Leg uit!



Afbeelding 11

Opgave 16

Een batterij met een spanning van 9V is aangesloten op twee identieke lampjes (zie afbeelding 12).

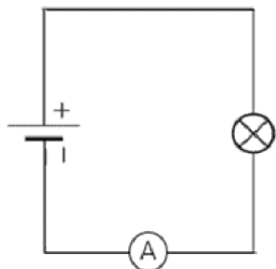


Afbeelding 12

- Wat is de spanning die over het tweede lampje staat? Leg uit
- Hoeveel stroom verbruikt het eerste lampje?
- Een batterij is een voorbeeld van een spanningsbron

Opgave 17

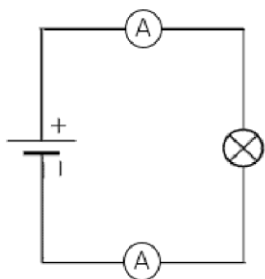
In de onderstaande schakeling is een spanningsbron aangesloten op een lampje en een ampèremeter. Leg uit of de ampèremeter een hoeveelheid stroom aangeeft.



Afbeelding 13

Opgave 18

Een batterij is aangesloten op twee ampèremeters. De bovenste ampèremeter geeft een waarde van 0,4A aan. De waarde van de onderste is dan:



- A. Kleiner dan 0,4 A
- B. Groter dan 0,4 A
- C. 0,4 A
- D. 0,0 A

SAMENVATTEN

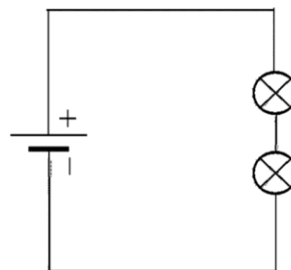
Opgave 19

In de eerste opgave heb je een MindMap gemaakt van het onderwerp elektriciteit. Voor deze opgave ga je opnieuw een MindMap maken van het onderwerp elektriciteit. Deze opdracht doe je weer in tweetallen.

- a. Maak opnieuw een MindMap van het thema elektriciteit
- b. Vergelijk je nieuwe MindMap met die je gemaakt hebt aan het begin. Zijn er dingen die je opvallen?

Opgave 20

Gegeven is de onderstaande schakeling waarbij twee lampjes verbonden zijn met een batterij.



- a. Leg met behulp van de bovenstaande schakeling uit wat stroom is.
- b. Leg met behulp van de bovenstaande schakeling uit wat spanning is.
- c. Vergelijk je antwoord met die van opgave 4. Wat valt je op?

8.5. HYPERLINKS NAAR DE VIDEO'S

#0 Elektriciteit - Introductie

https://www.youtube.com/watch?v=F_vr_LNQ9ms

#1 Elektriciteit - Stroom

<https://www.youtube.com/watch?v=Zv3221PgoOw>

#2 Elektriciteit - Spanning

<https://www.youtube.com/watch?v=vFjP46XCgfk>

#3 Elektriciteit - Teken van schakelingen

https://www.youtube.com/watch?v=KiTFNMt_JhQ

#4 Elektriciteit - Meten

<https://www.youtube.com/watch?v=X640jUtWrIs>

8.7. BEOORDELINGSFORMULIER ONDERZOEK VAN ONDERWIJS

Beoordelingsformulier 3TU Onderzoek van Onderwijs/afstudeeronderzoek⁵

Naam student:

Studentnummer:

Titel verslag:

Naam Beoordelaar:

Commentaar

(eventueel bijlage toevoegen indien mogelijk)

Eindcijfer:

Datum en handtekening beoordelaars

Uitgevoerde onderzoek	OV (1-5)	V (6)	RV (7)	G (8)	ZG (9-10)	n.v.t.
Probleemstelling/aanleiding (relevantie, helderheid, verbinding met vraagstelling)						
Doelstelling/beoogde opbrengst (helderheid, verbinding met praktijk/theorie)						
Onderzoeksvragen (helderheid, specificiteit, onderlinge verbinding)						
Kernbegrippen/vakinhoud (definiëring, consequentheid, juistheid)						
Omvang en kwaliteit theorie en literatuur (omvang, actualiteit, eigen formulering, relevantie)						
Kwaliteit design/product/interventie						
Keuze/uitvoering analysemethoden (procedure, instrumenten, verzameling data, verwerking en analyse data)						
Onderzoekstechnische elementen (betrouwbaarheid, validiteit, steekproef en non-respons)						
Bespreking resultaten (structurering, relatie tot vragen)						
Conclusie/discussie/reflectie (relatie tot vragen, beperkingen methode, implicaties praktijk, eigen leerproces)						
Verslaglegging	OV	V	RV	G	ZG	n.v.t.
Logische/consistente structuur verslag						
Lay-out, taalgebruik, leesbaarheid, referenties en bijlagen (conform APA)						
Afstudeervoordracht / verdediging (betoog: inhoud, vorm, helderheid; omgaan met vragen)						
Functioneren student	OV	V	RV	G	ZG	n.v.t.
Zelfstandigheid / inzet						
Planning en management werk						
Sociale vaardigheden/ samenwerking						
Creativiteit / initiatief						

Scoringsinstructies:

- Toelichting rubrieken: OV=onvoldoende, V=voldoende, RV=ruim voldoende, G=goed, ZG=zeer goed (tussen haakjes het bijbehorende cijfer).
- Aankruisen wat van toepassing is. Bij OV en ZG ook het cijfer vermelden voor dat onderdeel.
- n.v.t. wordt gescoord indien het niet bij het betreffende onderzoek past, of indien de beoordelaar zich niet competent voelt te oordelen over dat aspect
- Alle aspecten tellen even zwaar, en middelen op het eind tot een totaalcijfer. Het wordt op een heel cijfer afgerond.

8.8. FORMULIER TOESTEMMING PUBLICATIE VERSLAG.

Toestemming publicatie onderzoeksverslag

Hierbij geef ik

Erik van Beek

student identiteitsnummer S1369431

ELAN toestemming het verslag van mijn onderzoek, uitgevoerd binnen de opleiding SEC, op te nemen in de digitale collectie van de UT.

Hiermee bevestig ik, dat er geen belastende informatie of informatie die niet vanuit de opdrachtgever mag worden vrijgegeven, is opgenomen.

Plaats Zwolle

Datum 18-04-2016

Handtekening 