

UNIVERSITY OF TWENTE.

Faculteit Behavioural, Management
and Social sciences

Natuurkunde in beeld! Visualisatie van een leerlijn

J.G. Spee

Onderzoek van Onderwijs

Master Educatie en Communicatie in de Bètawetenschappen

Natuurkunde

13 augustus 2020

Begeleiders:

dr. ir. H.J. Pol

dr. J.T. van der Veen

ELAN

Faculteit Behavioural,
Management and Social sciences
University of Twente
P.O. Box 217
7500 AE Enschede
The Netherlands

VOORWOORD

Voor u ligt het verslag van mijn Onderzoek van Onderwijs. Het afgelopen jaar heb ik mij bezig gehouden met het ontwerpen en testen van een poster die inzicht moet geven in de leerlijn van het vak natuurkunde. Een lang project met flink wat ups en downs. Gedurende de weg naar dit eindresultaat heb ik enorm veel geleerd. Van het leren photoshoppen, tot het doen van onderzoek naar het gedrag van mensen. Dit had ik nooit alleen gekund en daarom wil ik graag een aantal personen bedanken.

Allereerst wil ik graag mijn begeleider Henk Pol bedanken. Wat heb jij een geduld gehad met mij en wat heb je mij altijd fijn geholpen. Inmiddels ben ik er wel achter dat het doen van twee afstudeeropdrachten (ook voor het afstuderen van de Master Mechanical Engineering) tegelijk niet heel handig is. Enorm bedankt voor alle feedback die je hebt gegeven, maar ook voor de mental support. Zeker tijdens de Coronatijd toen het allemaal niet even lekker liep heb ik veel gehad aan de vaak lange, maar zeker gezellige telefoongesprekken!

Daarnaast wil ik graag *Het Twickel College te Hengelo* en de bijbehorende natuurkunde sectie bedanken voor de mogelijkheid om mijn onderzoek bij jullie te doen. Ik hoop dat jullie nog veel plezier hebben van de poster. Uiteraard wil ik ook *Lyceum de Grundel te Hengelo* en *Het Erasmus te Almelo* bedanken voor de mogelijkheid om enquêtes af te nemen. Als laatste wil ik nog Heleen Kok bedanken voor de photoshop hulp bij het maken van de poster.

Ik wens u veel leesplezier.

Han Spee

SAMENVATTING

Motivatie van leerlingen is een belangrijk onderwerp in de onderwijswereld. In het derde jaar van het VWO speelt motivatie een nog belangrijkere rol dan in andere jaren omdat de leerling in dat jaar het profiel en vakkenpakket kiest voor de bovenbouw. Bij het vak natuurkunde is duidelijk zichtbaar dat een gedeelte van de klas gedurende het jaar haar motivatie voor het vak verliest omdat deze groep in de bovenbouw niet meer verder zal gaan met het vak. In dit onderzoek van onderwijs is een poster ontworpen die inzicht geeft in de leerlijn van het vak natuurkunde om uiteindelijk de motivatie van de leerlingen te verhogen.

De 'Natuurkunde in Beeld!' poster visualiseert een gedeelte van de leerlijn van het vak natuurkunde. Hiervoor zijn de belangrijkste onderwerpen uit het derde leerjaar en enkele onderwerpen uit de bovenbouw gekoppeld aan drie hoofdlijnen welke drie domeinen binnen de natuurkunde representeren. Dit moet inzicht geven in de volgorde van onderwerpen die behandeld worden. Daarnaast is bij de uitleg van de onderwerpen gebruik gemaakt van contexten die leerlingen van 14 tot en met 16 jaar aanspreken om ook op deze manier de motivatie van de leerlingen te verhogen.

Het effect van de poster is getest door de poster op een testschool op te hangen. Middels een voor- en natest bij deze school en twee controlescholen, waar de poster niet hing, is gekeken naar de motivatie van de leerlingen. De testen laten verschillen zien in de motivatie van leerlingen, maar er valt niet te concluderen of uit te sluiten dat de poster de motivatie van leerlingen verhoogd door inzicht te geven in de natuurkunde leerlijn. Na aanleiding van overleg met de natuurkundeleraars en de natest op de testschool zijn verbeterpunten naar voren gekomen en is er een lerarenhandleiding ontwikkeld welke tot betere resultaten moeten leiden.

INHOUDSOPGAVE

Voorwoord	i
Samenvatting	ii
Inhoudsopgave	iii
Hoofdstuk I: Introductie	1
1.1 Interesses en soorten motivatie	1
1.2 Verhogen van de motivatie	5
1.3 Doelstelling	9
1.4 Leeswijzer	10
Hoofdstuk II: Ontwerp poster	11
2.1 Programma van eisen	11
2.2 Algemene opzet	14
2.3 Algemene natuurkunde / Mechanica	16
2.4 Elektriciteit	19
2.5 Straling	21
Hoofdstuk III: Onderzoeksmethode	24
3.1 Deelnemende scholen	24
3.2 Methode	25
Hoofdstuk IV: Resultaten en analyse	29
4.1 Resultaten met betrekking tot de motivatie	31
4.2 Effect van de poster	36
Hoofdstuk V: Ontwerp lerarenhandleiding	40
5.1 Feedback leraren	40
5.2 Lerarenhandleiding	40
Hoofdstuk VI: Conclusie	42
Hoofdstuk VII: Discussie en aanbevelingen	44
7.1 Onderzoeksmethode	44
7.2 Poster	45
Bibliografie	47
Appendix A: Grafieken resultaten	49
A.1 Hoeveelheid motivatie	49
A.2 Volgorde huiswerk	50
A.3 Prestatievoortgang	51
A.4 Moeilijkheid	52
A.5 Leraar	53
A.6 Nut van natuurkunde	55
Appendix B: Lerarenhandleiding	57
Appendix C: Natuurkunde in beeld! poster	79

INTRODUCTIE

Een onderwerp waar leraren mee worstelen is de motivatie van leerlingen. Uit onderzoek van de *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD) blijkt dat Nederlandse leerlingen in het algemeen minder motivatie hebben dan medestudenten uit andere OECD landen (OECD, 2016). Het doel van de leraar is om de motivatie voor zijn vak zo hoog mogelijk te houden. Dit bevordert het leerproces, maar houdt vooral ook de lessen een stuk leuker en interactiever. In een ideale klas zitten enkel gemotiveerde leerlingen die alles van het vak willen weten. De werkelijkheid is anders en iedere klas bezit een mix van leerlingen met verschillende interesses. Hierdoor zullen niet alle leerlingen gemotiveerd zijn om voor het vak aan de slag te gaan. Het is dan aan de leraar om deze leerlingen toch te motiveren.

1.1 Interesses en soorten motivatie

Het derde jaar is door het keuzemoment van het profiel een belangrijk jaar voor een VWO leerling. In de eerste twee jaar worden alle vakken aangeboden en kan de leerling zich goed oriënteren op waar zijn of haar interesses liggen. Door te kiezen voor een profiel zullen alleen de vakken waar de interesse bij ligt overblijven. In het derde leerjaar wordt hier ook veel aandacht aan besteed door mentoren en decanen. Zij geven uitleg over de verschillende profielen die er in de bovenbouw zijn en welke vakken hierbij horen. Daarnaast zullen zij ook uitleggen dat voor sommige opleidingen het verplicht is om een bepaald profiel te hebben gedaan tijdens je middelbare school. Hoewel de meeste 15-jarigen nog niet weten wat zij later willen worden, zet dit ze wel aan het nadenken over hun toekomst. Wat vinden zij echt leuk en interessant? De hoeveelheid interesse die iemand voor een onderwerp heeft wordt gelinkt aan de motivatie om dingen te leren over dit onderwerp middels de interesse theorie. Dit is één van de vele theorieën over motivatie. Schiefele maakt een onderscheidt tussen persoonlijke interesse en tijdelijke (*situational*) interesse (Schunk e.a., 2013). Persoonlijke interesse is een stabiele dispositie, persoonlijke eigenschap of kenmerk van een individu. Dit is gericht op een bepaald onderwerp of activiteit en moet niet verward worden met nieuwsgierigheid, wat meer algemeen is. Tijdelijke interesse wordt opgewekt door een activiteit, taak of context. Iemand kan het systeembordpracticum heel leuk vinden, maar dat betekent niet dat hij natuurkunde een interessant vak vindt. Het practicum genereert tijdelijke interesse omdat de handelingen

als leuk worden ervaren. Ook omgevingsfactoren zoals het lokaal, schoolboeken of media kunnen tijdelijke interesse opwekken. Als de persoonlijke interesse zich combineert met interessante omgevingskenmerken kan een verhoogde individuele interesse ontstaan. Iemand kan bijvoorbeeld natuurkunde helemaal niet interessant vinden, maar doordat de leraar vectoren uitlegt aan de hand van een voorbeeld van een paard die over een hindernis springt, luistert een meisje dat gek is van paarden aandachtig naar de uitleg. Dit zou ze niet doen als de uitleg over touwtrekken zou zijn.

Doordat de decaan en de mentor de leerling aan het denken zet over zijn of haar interesses zal hij of zij ook kritischer naar de vakken kijken. Wat is de reden dat hij een bepaald vak wel of niet wil gaan volgen? Een andere motivatietheorie gaat over intrinsieke en extrinsieke motivatie. Intrinsieke motivatie is de motivatie om te participeren in een activiteit voor eigen bestwil. Extrinsieke motivatie daarentegen is de motivatie om aan een activiteit mee te doen omdat dit een wenselijke uitkomst heeft zoals een beloning, tevreden ouders, of het voorkomen van straf (Schunk e.a., 2013). Het is niet zo dat er een eindige hoeveelheid motivatie is die voor een gedeelte bestaat uit een intrinsiek en een extrinsiek gedeelte. De één hoeft de ander niet uit te sluiten en beiden kunnen dus hoog of laag zijn. Er wordt vaak gedacht dat persoonlijke interesse en intrinsieke motivatie hetzelfde zijn, maar deze verschillen wel degelijk. Persoonlijke interesse is geen soort motivatie, maar een invloed op motivatie. Hoewel intrinsieke en extrinsieke motivatie beiden het leerproces bevorderen, is er wel bewijs dat intrinsieke motivatie wenselijker is. Naast dat het de persoon veel meer plezier geeft, werkt het positief voor prestatie en perceptie van competentie en negatief op de angst om te falen (Schunk e.a., 2013).

In het derde leerjaar zal de leerling dus gaan nadenken over zijn of haar motivatie voor een vak. Er zal een driedeling komen van vakken. Allereerst is er een groep vakken die hij echt leuk en interessant vindt en waar hij dus intrinsieke motivatie voor heeft. De tweede groep bestaat uit vakken waar hij niet zozeer interesse in heeft, maar die hij wel wil doen omdat hij weet dat hij daardoor een bepaalde opleiding kan doen en waarvoor hij extrinsiek gemotiveerd is. De laatste groep bevat vakken waar hij zowel geen intrinsieke als extrinsieke motivatie voor heeft. Bij de tweede categorie horen ook de vakken die door de overheid verplicht zijn gesteld en waarvoor de leerling geen intrinsieke motivatie heeft. Als voorbeeld kan een leerling geen interesse hebben in Nederlands en heeft hij dit ook niet nodig voor een vervolgopleiding, maar om een diploma te halen zal hij dit vak toch met een voldoende moeten afronden en dus zal zijn motivatie extrinsiek zijn. Het categoriseren van de vakken zal niet van de ene op de andere dag gebeurd zijn, maar is een proces wat zich met name in de eerste helft van het derde jaar zal afspelen. De leraar krijgt hierdoor te maken met de situatie dat aan het begin van het jaar iedere leerling redelijk dezelfde motivatie heeft

en gaandeweg het jaar de situatie steeds zwart-witter kleurt waarbij er een groep ontstaat die wel gemotiveerd is (zowel om intrinsieke als extrinsieke redenen) en een groep die niet of nauwelijks gemotiveerd is om dit toch het laatste jaar is dat ze het vak moeten volgen.

Het vak natuurkunde is hier geen uitzondering op. Natuurkunde is niet verplicht en het zit officieel alleen in het Natuur en Techniek profiel (Rijksoverheid, 2020). Op sommige scholen is natuurkunde echter verplicht bij het profiel Natuur en Gezondheid. Desalniettemin zal een groot gedeelte van de leerlingen natuurkunde niet gaan kiezen in de bovenbouw. Wel is natuurkunde bij veel opleidingen een vereiste. Er is ook een grote groep leerlingen die nog niet weten wat zij voor een vervolgopleiding willen gaan doen en daarom natuurkunde kiezen om de opties open te houden. Gedurende mijn stage, die in de tweede helft van het schooljaar plaatsvond, heb ik gemerkt dat er drie kampen ontstaan in de klas. Het eerste kamp bestaat uit leerlingen die natuurkunde heel erg leuk vinden en die enorm intrinsiek gemotiveerd zijn. Het tweede kamp bestaat uit leerlingen die gewoon meedoen met de lessen. Het ene onderwerp vinden ze interessanter dan de andere, maar zij doen over het algemeen wel goed hun best omdat ze weten dat ze natuurkunde nodig hebben voor een eventuele opleiding. Het laatste kamp is niet meer geïnteresseerd in het vak. Ze moeten het nog enkele maanden volhouden en daarna hoeven zij nooit meer een natuurkundeboek open te slaan. Soms zitten er in deze groep nog wat leerlingen die op het eind toch nog hun best gaan doen om over te gaan, maar dat is enkel voor die extrinsieke reden. Zeker in de laatste twee of drie maanden is dit beeld erg accuraat. Hoewel ik het zelf niet heb ervaren, kan ik mij voorstellen dat aan het begin van het jaar alle leerlingen veel meer op één lijn zitten. Op veel scholen wordt in het derde jaar het vak natuurkunde pas voor het eerst gegeven. In de eerste twee jaren krijgen de leerlingen vaak een gecombineerd vak als NaSk of Mens en Natuur waar zowel natuur- en scheikunde (NaSk) alsook nog biologie (Mens en Natuur) in zitten. Hoewel deze vakken al wel een indicatie geven over wat natuurkunde is, zal hun daadwerkelijke mening over het vak natuurkunde pas in de eerste maanden van het derde jaar gevormd worden.

Bij de ontwikkeling van de Nieuwe Natuurkunde (NiNa) zijn er drie doelstellingen opgesteld voor het vak natuurkunde (Commissie Vernieuwing Natuurkundeonderwijs havo/vwo, 2005). Ten eerste is het vak een discipline en een voorbereiding voor vervolgstudies. Experimenteel onderzoek doen en leren modelleren en ontwerpen is een belangrijke vaardigheid voor vervolgstudies die vooral bij natuurkunde wordt opgedaan. Ten tweede moet natuurkunde bijdragen aan de persoonlijke ontwikkeling. Natuurkunde draagt bij aan het vermogen om te analyseren en daarnaast is het van belang dat VWO leerlingen enige natuurwetenschappelijke basiskennis hebben ook als zij niet doorgaan met het vak. Een VWO leerling behoort tot de slimste 19% van de bevolking (Inspectie van het Onderwijs, 2020) en daarbij wordt ver-

wacht dat deze enigszins algemene kennis heeft over natuurkundige fenomenen. Als laatste is natuurkunde onderdeel van de cultuur en daarmee heeft het vak als doel om de leerlingen kennis te laten maken met grote ontdekkingen op wetenschappelijk gebied. De leraar zal dus ook de leerlingen die het vak laten vallen moeten blijven motiveren om deze doelen te behalen.

1.1.1 Theorieën achter motivatie

Het doel van de leraar is dus om de motivatie van de leerlingen (en in het speciaal degene die natuurkunde laten vallen na het derde jaar) te verhogen. Om dit te bereiken dient men motivatie goed te snappen en daarom wordt er in deze paragraaf dieper ingegaan op de theorieën achter motivatie. Intrinsieke en extrinsieke motivatie zijn allebei redenen om mee te doen aan een activiteit. Deci en Ryan hebben onderzoek gedaan naar de reden voor participatie en zijn gekomen met de zelfdeterminatie theorie (Deci & Ryan, 1985). Volgens hen heeft de mens drie psychologische behoeften: autonomie, competentie en verbondenheid (Pintrich, 2003). Autonomie is de behoefte om verbanden te zien tussen het eigen handelen en dat van anderen. Competentie is de drang om zelf invloed te hebben op uitkomsten. Bij verbondenheid gaat het om het verbonden voelen met andere mensen. Zelfdeterminatie is het proces waarin men zijn of haar wil gebruikt. Hierbij is het belangrijk dat degene weet waar zijn krachten en zwaktes liggen en dat hij zich bewust is van de dingen die effect op hem hebben om zo keuzes te maken die zijn behoeften bevredigen (Schunk e.a., 2013). Intrinsieke motivatie helpt hierbij om deze behoeften te bevredigen, maar ook extrinsieke motivatie kan dit doen. Het is bevorderlijker dat intrinsieke motivatie dit doet omdat dit een gevoel van zelfbeheersing geeft. Het is belangrijk dat uitdagingen goed afgestemd zijn op leerlingen. Een te gemakkelijke uitdaging geeft weinig voldoening omdat de leerling er geen moeite voor hoeft te doen. Een te moeilijke uitdaging werkt demotiverend omdat het het gevoel geeft dat de leerling dit niet alleen op kan lossen. Dit is erg lastig voor de leraar omdat het praktisch onmogelijk is om alle individuele leerlingen exact het juiste niveau van uitdaging te bieden. De *Self-Efficacy Theory* oftewel de zelfeffectiviteitstheorie van Bandura is een aparte theorie die dieper ingaat op competentie. Zelfeffectiviteit is het vertrouwen van de individu in het vermogen om een bepaald pad te doorlopen om een probleem op te lossen of een taak te voltooien (Eccles & Wigfield, 2002). Dit verschilt per persoon. Zo kan een persoon een hoge (veel vertrouwen dat degene een taak kan voltooien) en lage zelfeffectiviteit hebben en kan dit breed (op veel gebieden toepasbaar) of smal zijn. Studenten die een hoge zelfeffectiviteit hebben zijn gemotiveerder om hun taken te voltooien. Bandura stelt dus dat zelfeffectiviteit een eigenschap van een persoon is. Voor een leraar is het wenselijk dat leerlingen een hoge zelfeffectiviteit hebben voor het desbetreffende vakgebied. Zij hebben veel vertrouwen in

zichzelf dat zij problemen in dat vakgebied kunnen oplossen. De *Expectancy-Value Theory* van John Atkinson gaat nog iets verder dan de *Self-Efficacy Theory* en integreert verwachting (*expectancy*) en waarde (*value*). Expectancies zijn de individuele verwachtingen en oordelen over zijn mogelijkheden om een taak succesvol uit te voeren (Schunk e.a., 2013). Values zijn de individuele overtuigingen waarom degene een taak zou oppakken. Deze waardes bepalen of hij intrinsiek of extrinsiek gemotiveerd is. Immers: wil de leerling een taak oppakken omdat dit leuk of interessant is of omdat hij er goede punten of waardering van een leraar voor krijgt?

Een andere theorie die verwachting en waarde combineert, is de *Attribution theory* van Weiner. Deze theorie zegt dat individuele interpretaties van overwinning of verlies uitkomsten eerder dan de echte uitkomsten of motivatie bepalen hoe volgende prestatie doelen worden gesteld (Schunk e.a., 2013). Een voorbeeld hiervan is een leerling die het gemiddeld goed doet in de klas. Zijn cijfers zijn altijd net voldoende, maar hij doet wel altijd redelijk mee in de lessen en met het maken van huiswerk. Bij een proefwerk over een moeilijk onderwerp haalt de leerling een vier. De toets is in zijn algemeen slecht gemaakt. De *Attribution theory* beschrijft hoe de leerling omgaat met dit cijfer. Ziet hij in dat het een moeilijk onderwerp was en de hele klas het slechter dan normaal heeft gedaan, dan zal hij waarschijnlijk net zo goed zijn best blijven doen. Wilt hij echter het slecht cijfer aan zijn eigen kunnen en denkt hij: “Ik ben toch niet goed in dit vak.”, dan neemt zijn motivatie af en zal hij voortaan slechter gaan scoren. Motivationale overtuigingen zijn erg belangrijk en deze gelden als een referentiekader voor de leerling (Boekaerts, 2002). Dit leidt de leerling in zijn denken, gevoel en acties. Leerlingen die hun slechte performance zien als resultaat van hun onkunde verwachten telkens te falen. Als leerlingen meerdere keren achter elkaar falen kan een heel vak of onderwerp worden beschouwt als moeilijk. Als eenmaal deze negatieve overtuigingen er zijn voor een vak of onderwerp dan is het erg lastig om dit om te zetten in positieve overtuigingen e.g. “Ik heb voor de voorgaande toetsen ook geen voldoende gehaald, dus waarom zou dat nu anders zijn?” Om de leerling weer te motiveren is het van belang om deze de kans te geven op succes. Als leerlingen positieve motivationele overtuigingen hebben voor een vak bevordert dit het leren en is men minder afhankelijk van stimulansen en beloningen (extrinsieke motivatie).

1.2 Verhogen van de motivatie

In de vorige paragraaf werd weergegeven dat motivatie van studenten een belangrijk onderwerp is in de (Nederlandse) onderwijswereld. Ook gaf Paragraaf 1.1.1 meer inzicht in de verschillende theorieën over motivatie. Het doel van dit onderzoek is om de motivatie van 3 VWO leerlingen te verhogen door een poster over natuurkunde in het natuurkundelokaal

op te hangen. Uit de *Self-Efficacy Theory* en de *Expectancy-Value Theory* blijkt dat het belangrijk is om de leerling het vertrouwen te geven zelf in staat te zijn om problemen op te lossen. De zone van naaste ontwikkeling is een begrip wat hier goed bij past. Vygotsky bedacht dat er twee zones zijn die de beginsituatie van een leerling beschrijven: de zone van acute ontwikkeling en de zone van naaste ontwikkeling (Veen & Wal, 2012). De zone van acute ontwikkeling is de zone op het huidige ontwikkelingsniveau van de leerling. Activiteiten die hierin plaatsvinden zijn weinig uitdagend of vernieuwend omdat de leerling dit niveau al heeft. De zone van naaste ontwikkeling ligt hierbuiten en is de zone waarin gewerkt wordt om dingen te leren. De leerling heeft vaardigheden of kennis nog niet onder de knie, maar kan dit wel krijgen met hulp van anderen. De zone van acute ontwikkeling is het vertrouwende, maar de zone van naaste ontwikkeling biedt uitdaging om op de bestaande kennis voort te bouwen. Zo kan na verloop van tijd de zone van naaste ontwikkeling veranderen in de zone van acute ontwikkeling omdat de leerling zich alle kennis en vaardigheden eigen heeft gemaakt. De nieuwe zone van naaste ontwikkeling ligt daar weer buiten.

1.2.1 *Leerlijn*

Uit het principe van jezelf verder ontwikkelen en daarmee de zone van naaste ontwikkeling steeds iets verder naar buiten te plaatsen zijn leerlijnen ontstaan. Er worden verschillende definities van leerlijnen gebruikt. Er wordt hier gekeken naar de definitie die het SLO gebruikt (Strijker, 2010):

Een leerlijn is een beredeneerde opbouw van tussendoelen en inhouden, leidend naar een einddoel.

Afhankelijk van de precieze functie, gebruikscontext en doelgroep variëren leerlijnen in de mate waarin implicaties voor verschillende leerplanelementen zijn uitgewerkt.

Met name de eerste zin laat duidelijk het verleggen van de zone van naaste ontwikkeling zien. De leerlijn is de route die bewandeld moet worden om telkens de zone van naaste ontwikkeling iets te verleggen. Bij de ontwikkeling van een leerlijn is goed nagedacht over de stapjes die genomen worden bij de verschillende tussendoelen. Immers moeten deze niet teveel in de zone van acute ontwikkeling liggen omdat dit de leerling niet genoeg uitdaagt. Aan de andere kant moeten deze stapjes niet te groot zijn, omdat de leerling wel genoeg zelfeffectiviteit moet hebben. De leerling moet zelf het vertrouwen hebben dit op te kunnen lossen, want als deze teveel hulp nodig heeft van de leraar boezemt dat angst in. Er is niet één leerlijn voor een vak. Leerlijnen kunnen op verschillende manieren worden gebouwd vanuit verschillende doelen (Strijker, 2010). Daarnaast kunnen leerlijnen worden gebouwd

Niveau	Beschrijving	Voorbeelden
Supra	Landoverstijgend, internationaal	Europees Referentiekader voor vreemde talenonderwijs
Macro	Systeem, nationaal	Kerdoelen, eindtermen Examenprogramma's
Meso	School, opleiding	Schoolwerkplan Opleidingsprogramma
Micro	Groep, docent	Lesplan, lesmateriaal Module, leergang Leerboek, methode
Nano	Leerling, individu	Persoonlijk leerplan Individuele leerweg

Tabel 1.1: Verschillende niveaus van leerlijnen (Strijker, 2010)

vanuit een bepaald niveau. In Tabel 1.1 staan de vijf verschillende niveaus die het SLO hanteert. De leerlijn op macro niveau is nooit toereikend genoeg voor alle leerlingen. Dit zijn de kerndoelen en eindtermen waarvan de overheid denkt dat een gemiddelde VWO leerling dit moet kunnen bereiken in zes jaar onderwijs. Hoe deze worden bereikt, kan op vele manieren. De leraar en vaksectie hebben veel ruimte in het bovenbouwprogramma om eigen keuzes te maken (Pol, 2017). Op meso niveau ontwikkelt de school of opleiding dan ook de leerlijn. Deze moet voldoen aan de macro niveau leerlijn, maar een school kan met deze leerlijn nadruk leggen op bepaalde aspecten omdat hij dit belangrijk vindt of omdat het past bij de kernwaarden die de school heeft. Op micro niveau maakt de docent de leerlijn. Deze is afgestemd op zijn klassen en het kan dus voorkomen dat deze verschillend zijn per klas. Als voorbeeld het verschil tussen een atheneum en een technasium klas. De leerlingen kiezen voor een technasium omdat zij interesse hebben in techniek en de beta vakken. De leraar moet dan ook hierop inspelen door zijn lessen aan te passen door in te spelen op de interesse in techniek. Op nano niveau wordt er gekeken naar de individu en zijn of haar persoonlijke behoeftes. Differentiatie in het onderwijs krijgt steeds meer aandacht en docenten proberen het onderwijs zoveel mogelijk aan te passen om aan de behoeftes van alle leerlingen te voldoen.

Ook bij introductie van Nieuwe Natuurkunde is er nagedacht over de leerlijn. De Commissie Vernieuwing Natuurkundeonderwijs havo/vwo, 2005 concludeerde dat de derde klas cruciaal is om bij leerlingen interesse te wekken voor een keuze voor de N-profielen. Een doelstelling van het project NiNa is: "Het ontwikkelen en uitproberen van lesmateriaal dat recht doet aan de specifieke doelen van het onderwijs in de derde klas: eindonderwijs voor een deel van de leerlingen, oriëntatie op de natuurprofielen en een voorbereiding op het onderwijs in de Tweede Fase voor een ander deel."

Hoewel er op ieder niveau zorgvuldig een leerlijn is opgesteld, heb ik tijdens mijn stage ervaren dat dit voor de leerling niet altijd even duidelijk is. Op micro niveau valt dit wel mee, omdat de leraar vaak bij de start van een nieuw hoofdstuk wel uitlegt wat er behandeld wordt en wat de leerdoelen zijn voor dit hoofdstuk. Echter is de leerlijn voor de leerlingen op macro (of soms ook meso) niveau, waar de volgorde van de verschillende onderwerpen is vastgelegd, niet duidelijk. Het wordt nog onduidelijker doordat de schrijvers van een lesmethode, die gebaseerd is op de macro leerlijn, de hoofdstukken op een voor hen logische volgorde hebben geplaatst en dit vaak botst met de meso leerlijn die de school of vaksectie heeft bepaald. Daarom gaan de leerlingen vaak kriskras door het boek heen.

Daarnaast werd in Paragraaf 1.1 al gesteld dat het derde jaar een introductie van natuurkunde is omdat het belangrijk wordt gevonden dat VWO leerlingen in ieder geval een basiskennis hebben van de meeste onderwerpen. Er komen in het derde jaar dan ook heel veel verschillende onderwerpen aan bod waardoor het voor de leerlingen lastig is om hier onderlinge verbanden in te zien.

Het doel van de poster is, vanwege de hierboven gegeven redenering, om de leerlijn van natuurkunde te verduidelijken. De poster moet overzicht bieden en laten zien dat natuurkunde niet op zichzelf staande onderwerpen zijn, maar dat dit allemaal samen valt. Verder moet het de leerlingen meer doel geven door te laten zien dat de onderwerpen die ze nu behandelen als basis dienen voor de onderwerpen die ze aan het eind van het jaar of in de bovenbouw gaan behandelen. Hiermee wordt er meer waarde gecreëerd waardoor de leerlingen gemotiveerder zijn om zich in te zetten voor het vak.

1.2.2 Context

Waar het inzicht geven in de leerlijn vooral inspeelt op de motivatietheorieën die gaan over verwachting, blijkt uit Paragraaf 1.1 dat een andere manier om de motivatie te verhogen ligt bij interesses. Het laten zien van de toepassingen op andere gebieden buiten school helpt om ook minder gemotiveerde leerlingen aan te spreken. Hier is veel onderzoek naar gedaan en onder andere Boekaerts concludeerde dat het belangrijk is om het curriculum af te stemmen op de interesses en toekomstige carrière mogelijkheden van leerlingen (Boekaerts, 2002). Bij de invoering van de Nieuwe Natuurkunde in 2013 was dit een belangrijk punt. De Commissie Nieuwe Natuurkunde (NiNa) heeft de context-concept benadering als uitgangspunt genomen voor het vak (Commissie Vernieuwing Natuurkundeonderwijs havo/vwo, 2005). Na aanleiding van het Project Leerpakketontwikkeling Natuurkunde alsmede enkele buitenlandse onderzoeken bleek dat er aanwijzingen waren dat contextgericht onderwijs leerlingen meer stimuleert en enthousiasmeert dan traditionele leermethoden en dat dit leidt tot een positievere houding tegenover natuurwetenschap in het algemeen (Bennett e.a., 2007).

Bij de concept-context benadering is het de bedoeling dat leerlingen concepten leren aan de hand van contexten. Met contexten worden situaties of praktijkvoorbeelden bedoeld en zijn concepten ideeën of beelden met een algemeen karakter. Een leeractiviteit wordt binnen een bepaalde context uitgevoerd waarbij gebruikt wordt gemaakt van kennis. Uit een onderzoek van Bennett, Lubben, & Hogarth uit 2006 blijkt echter dat concept-context onderwijs vooral zorgt voor leuker onderwijs en dat de resultaten niet automatisch beter worden (Vaksectie Natuur & techniek, 2017). Ook het daadwerkelijke effect op de motivatie is lastig te zeggen volgens Lijnse. Hij concludeert dat veel onderzoeken hier weinig ondersteuning voor geven en er vaak sprake is van een bescheiden effect (Lijnse, 2014).

Elizabeth Whitelegg heeft in de jaren negentig ook uitvoerig onderzoek gedaan naar het gebruik van contexten in natuurkunde onderwijs. Het Supported Learning in Physics Programme (SLIPP) project in Groot Brittannië bestond uit acht boeken die aanvullend materiaal vormden voor 16-jarige studenten voor het vak Natuurkunde. Voorbeelden van de boeken zijn *Physics for Sport* (Natuurkunde voor het Sporten) en *Physics, Jazz and Pop* (Natuurkunde, Jazz en Pop). Deze modules zijn ontwikkeld door eerst te kijken naar de contexten om daar vervolgens concepten bij te zoeken. Een voorbeeld hiervan is bij *Physics for Sport* waar er naar een bergbeklimmer wordt gekeken. Hier wordt het concept evenwicht van krachten uitgelegd aan de hand van hoe bergbeklimmers op een klimmuur diverse blokken kunnen pakken met verschillende hoeken. Ook Whitelegg concludeerde dat de relatie tussen concepten en buitenschoolse interesses natuurkunde interessanter en begrijpbaarder maakt (Whitelegg & Edwards, 2001). Een kritische noot die zij maakte is dat het effect van het gebruik van contexten tevens erg afhankelijk is van de leraar. Met andere woorden, de resultaten van hetzelfde boek varieerden significant van leraar tot leraar.

Uit deze literatuur blijkt dat het gebruik van contexten de motivatie verhoogt. Een tweede doel van de poster is dan ook om bij het inzichtelijk maken van de leerlijn aantrekkelijke contexten te gebruiken. Hiermee moet geprobeerd worden om zoveel mogelijk de toepasbaarheid van natuurkunde in het dagelijks leven te benadrukken.

1.3 Doelstelling

Zoals in de vorige paragrafen te lezen was, is het doel van dit project om een poster te ontwikkelen. Deze poster heeft als hoofddoel 3 VWO leerlingen meer te motiveren voor het vak natuurkunde door inzicht te geven in de leerlijn van het vak natuurkunde. Een subdoel hierbij is dat voor het uitleggen van de onderwerpen in deze leerlijn zoveel mogelijk aantrekkelijke contexten worden gebruikt die passen bij de leefwereld van 3 VWO leerlingen. Een tweede subdoel is dat de leerling zelfstandig de poster moet kunnen begrijpen. De poster zal worden getest om te kijken of hieraan voldaan wordt.

1.4 Leeswijzer

Dit verslag begint in Hoofdstuk 2 met het ontwerp van de poster. In dit hoofdstuk wordt de totstandkoming van de poster beschreven. Ook worden de doelstellingen uit Paragraaf 1.3 vertaald naar een programma van eisen voor de poster. Vervolgens zal in Hoofdstuk 3 behandeld worden hoe dit programma van eisen getest wordt. Hier wordt uitgebreid ingegaan op de methode die gebruikt wordt voor deze test en zullen ook de bijbehorende voor- en nadelen hiervan aan bod komen. In Hoofdstuk 4 staan de uitkomsten van de test. Deze zullen in dit hoofdstuk ook geanalyseerd worden zodat er gekeken kan worden of de poster aan het programma van eisen voldoet. In Hoofdstuk 5 staat feedback op de poster van de leraren van de klassen die aan dit onderzoek meedoen. In dit hoofdstuk zal ook een ontwerp van een docentenhandleiding besproken worden. Uiteindelijk zullen in Hoofdstuk 6 conclusies getrokken worden. Deze zullen gaan over het behalen van de doelstellingen voor de poster, maar ook over dit project in zijn algemeenheid. Afsluitend zullen in Hoofdstuk 7 discussiepunten besproken worden en zullen er aanbevelingen worden gedaan.

ONTWERP POSTER

Dit project heeft als doel het ontwerpen van een poster (Appendix C) over natuurkunde die inzicht geeft in de leerlijn van natuurkunde om uiteindelijk de leerling meer te motiveren. In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe het ontwerp van de poster tot stand is gekomen. In Paragraaf 2.1 worden de ontwerpdoelen die al in Paragraaf 1.3 werden gesteld vertaald naar meetbare eisen waaraan de poster moet voldoen. Hierna wordt in Paragraaf 2.2 de algemene opzet van de poster besproken. Ook de keuze van drie hoofdlijnen die als ruggengraat van de poster dienen zal in deze paragraaf worden toegelicht. Vervolgens zal in Paragrafen 2.3 tot 2.5 dieper worden ingegaan op deze drie hoofdlijnen.

2.1 Programma van eisen

Zoals in Paragraaf 1.3 al is gesteld heeft het poster het volgende hoofddoel:

- De poster moet de motivatie van 3 VWO studenten voor het vak natuurkunde verhogen door inzicht te geven in de leerlijn van het vak natuurkunde.

Daarnaast heeft de poster de volgende subdoelen:

- Bij het uitleggen van de onderwerpen in de leerlijn dienen zoveel mogelijk aantrekkelijke contexten gebruikt te worden.
- De poster moet zelfstandig te begrijpen zijn door de leerlingen

Het hoofddoel en het eerste subdoel dienen antwoord te geven op de veelgehoorde vraag van studenten: “Maar waarom doe ik eigenlijk natuurkunde?” Het hoofddoel doet dit door te laten zien dat er samenhang is tussen de verschillende onderwerpen en door te tonen waar datgene wat ze nu leren later in het jaar of in de bovenbouw voor nodig is. Het tweede doel door de connectie te geven tussen dingen die dichtbij de leerling staan en de natuurkundige achtergrond daarvan. Het moet demonstreren dat je natuurkunde nodig hebt om de wereld om je heen een beetje beter te begrijpen. Om te kunnen meten of de poster hieraan voldoet zijn de volgende eisen aan de poster gesteld:

1. Praktische eisen

- a) De poster moet groot zijn en opvallen in de klas

- b) De poster moet een goede toevoeging zijn voor de klas
- c) De poster moet zowel passief als actief te gebruiken zijn

2. Inzicht in de natuurkunde leerlijn

- a) De poster moet een overzicht geven van de belangrijkste onderwerpen van 3 VWO
- b) De onderwerpen moeten zo geplaatst zijn dat de leerling kan zien dat er een opbouw in moeilijkheidsgraad in zit
- c) De leerling moet verbanden tussen de verschillende onderwerpen kunnen zien
- d) De poster moet enkele bovenbouw onderwerp tonen die de leerlingen nieuwsgierig maken naar wat er nog meer met natuurkunde mogelijk is

3. Gebruik van contexten

- a) De poster moet contexten gebruiken die leerlingen van 14 tot en met 16 jaar aanspreken
- b) De contexten moeten zowel jongens als meisjes aanspreken
- c) De contexten moeten terug te vinden zijn in het dagelijks leven van 14 tot en met 16 jarige kinderen

In de volgende paragrafen zullen de verschillende eisen kort toegelicht worden.

2.1.1 *Praktische eisen*

De poster heeft drie praktische eisen waaraan hij dient te voldoen. Om het uiteindelijke doel van het extra motiveren van leerlingen te bereiken moet wel eerst de aandacht getrokken worden naar de poster. Er moet tijdelijke interesse gewekt worden (Schunk e.a., 2013). Om deze reden moet de poster groot zijn en opvallen. Daarnaast moet hij een goede toevoeging zijn aan de klas. Tijdens mijn stage heb ik gemerkt dat een lokaal vaak vol hangt met tal van versieringen: proefjes, opdrachten van leerlingen, posters van natuurkundige fenomenen. Er is enorm veel keuze en daarom moeten docenten deze poster verkiezen boven een andere poster of objecten die op de plek van de poster kunnen hangen. Ook moet de poster zowel passief als actief te gebruiken zijn. Hiermee wordt bedoeld dat leerlingen zelfstandig moeten kunnen snappen hoe de poster werkt zodat zij deze zelf kunnen gebruiken en dat de leraar deze poster actief in zijn lessen kan betrekken zodat dit een toevoeging geeft aan zijn uitleg en de lesmethode. Als de poster op beide manier gebruikt kan worden vergroot dit de kans dat het doel van de leerling motiveren door middel van inzicht te geven in de leerlijn van natuurkunde bereikt wordt.

2.1.2 Inzicht in de natuurkunde leerlijn

Er is een viertal eisen om het hoofddoel van het verhogen van de motivatie van leerlingen door inzicht te bieden in de natuurkunde leerlijn te behalen. Allereerst moet de poster de belangrijkste onderwerpen bevatten die in 3 VWO aan bod komen. De leerlijn op meso niveau zal verschillen van school tot school (zie Strijker, 2010). Toch zullen de belangrijkste onderwerpen op vrijwel iedere school aan bod komen omdat deze in alle lesmethodes aan bod komen. De leerling moet wel voldoende onderwerpen herkennen (zone van acute ontwikkeling), want anders heeft het geen zin om verbanden te maken met de zone van naaste ontwikkeling (Veen & Wal, 2012). Verderstrekkend moeten deze onderwerpen op een logische volgorde geplaatst zijn waardoor de leerling kan zien dat hij eerst het één nodig heeft om het andere te gebruiken. Met andere woorden: de onderwerpen moeten zo geplaatst zijn dat de leerling kan zien dat er een opbouw in moeilijkheidsgraad in zit. Dit sluit aan bij de theorie over zone van naaste ontwikkeling (Veen & Wal, 2012). Ook moet de leerling andere verbanden tussen onderwerpen kunnen zien. Hiermee worden niet de verticale verbanden bedoeld die dieper ingaan op de stof, maar de horizontale verbanden die laten zien dat twee verschillende onderwerpen met elkaar te maken kunnen hebben. Als laatste moet de poster leerlingen nieuwsgierig maken naar wat er nog meer mogelijk is met natuurkunde door middel van het tonen van enkele bovenbouw onderwerpen. Hier moet wel mee worden opgepast. Teveel moeilijke onderwerpen die de leerling niet kent kunnen ook beangstigend werken en de zelfeffectiviteit van deze persoon naar beneden halen (Eccles & Wigfield, 2002).

2.1.3 Gebruik van contexten

De contexten die gebruikt worden om leerlingen te motiveren moeten aan drie eisen voldoen. Ten eerste moeten deze contexten zijn afgestemd op leerlingen van 14 tot en met 16 jaar. Dit zijn de leeftijden die de meeste leerlingen hebben in 3 VWO. De contexten moeten daarom niet te moeilijk of te makkelijk gekozen worden. Daarnaast moeten de contexten zowel jongens als meisjes aanspreken. Jongens en meisjes hebben vaak verschillende interesses dus de contexten moeten zo gekozen zijn dat beide groepen worden aangesproken. Verder moeten de contexten terug te vinden zijn in het dagelijks leven van 14 tot en met 16 jarigen. Deze leerlingen hebben specifieke interesses en de contexten moeten hierop inspelen. Als de leerlingen onderwerpen zien die zij van thuis kennen, dan creëert dit een hogere waarde voor hen om zich hierin te gaan verdiepen. Dit speelt in op de *Attribution theory* (zie Schunk e.a., 2013). Deze eis is er om de toepasbaarheid van natuurkunde te laten zien in hun alledaagse leven. Hiermee wordt geprobeerd het wetenschappelijke karakter van natuurkunde weg te nemen. Dit is met name belangrijk voor de leerlingen die niet voor natuurkunde kiezen in de bovenbouw. Door onderwerpen te kiezen die in het dagelijks leven van de leerlingen

voorkomen wordt getoond dat natuurkunde belangrijk is voor je algemene kennis.

2.2 Algemene opzet

Deze poster is speciaal ontwikkelt voor 3 VWO leerlingen. Uitgangspunt hierbij is het derde leerjaar op het *Twickel College te Hengelo*. Zoals gesteld bij de eisen in Paragraaf 2.1.1 moet de poster de belangrijkste onderwerpen bevatten uit 3 VWO. Deze poster is gebaseerd op de onderwerpen die op het Twickel behandeld worden in 3 en deels ook 4 VWO. Zij gebruiken in het derde lesjaar de methode *Nova* en in het vierde jaar de methode *Pulsar*. De studiewijzer van het Twickel College fungeerde als basis voor de gekozen onderwerpen en volgorde op de poster. Hoewel de onderwerpen gebaseerd zijn op de leerlijn van één school, is het de verwachting dat het gros van de onderwerpen ook bij andere scholen behandeld worden omdat deze allemaal de leerlijn op macro niveau (kerndoelen, eindtermen, examenprogramma's) volgen (zie Paragraaf 1.2.1). Daarnaast is er geprobeerd om de voorbeelden en contexten zoveel mogelijk anders te kiezen dan in de lesmethoden. Hiermee wordt geprobeerd om tijdelijke interesse te wekken bij de leerlingen die de voorbeelden in de lesmethode niet interesseren (Schunk e.a., 2013).

Het idee van de poster is dat dit een echte eyecatcher in het natuurkundelokaal is. Dit houdt in dat het groot en kleurrijk moet zijn, vergelijkbaar met de tijdlijnen die vaak in geschiedenislokalen te zien zijn. Hiermee wordt voldaan aan de eisen 1a en 1b. Om deze reden is de poster ook 3 meter lang en 0.7 meter hoog. Daarnaast dient het grote en kleine afbeeldingen te bevatten. De grote plaatjes moeten van de andere kant van de klas gezien kunnen worden en de kleine, welke veraf slecht zichtbaar zijn, moeten de leerlingen interesseren om ook eens de poster van dichtbij te bekijken. Hiermee wordt geprobeerd om meer aandacht te vestigen op de poster, waardoor de kans op het behalen van het doel van de poster groter is.

2.2.1 De drie hoofdlijnen

De ruggengraat van de poster bestaat uit 3 lijnen. De poster heeft als doel om de leerlijn duidelijk te maken, maar omdat natuurkunde zo veelzijdig is, wordt het onoverzichtelijk als er slechts één lijn op te zien is waaraan alle onderwerpen en natuurkundige concepten worden gehangen. Bovendien is het bijvoorbeeld niet nodig om de breking van licht te snappen om daarna te leren wat versnelling versnelling is. Ieder domein van de natuurkunde heeft zijn basisconcepten waar het op voortbordurt. Zo moet je wel snappen wat de breking van licht is om te weten hoe een lens werkt. Het wordt er voor de leerling ook niet duidelijker op als er bij ieder domein een aparte lijn is. Dan lijken de onderwerpen teveel losstaand. Natuurlijk raken de verschillende domeinen naarmate je dieper de natuurkunde in duikt steeds meer in

elkaar verweeft. Deze poster is echter gericht op 3 VWO leerlingen die aan het begin staan van het ontdekken van de natuurkunde. Daar zijn bepaalde onderwerpen te verschillend voor om te spreken over één natuurkunde, maar moet het ook niet lijken dat alle onderwerpen op zichzelf staande deeltjes zijn van de natuurkunde. Om deze reden is er besloten om drie domeinen te kiezen die als basis fungeren:

- Algemene natuurkunde / Mechanica
- Elektriciteit
- Straling

Deze domeinen vormen een leidraad door de poster en de diverse subonderwerpen worden aan deze hoofdlijnen gekoppeld. Er is voor gekozen om deze onderwerpen een aparte kleur te geven zodat de leerlingen snel kunnen zien waar een subonderwerp bij hoort. De begeleidende teksten zijn eveneens met dezelfde kleuren geschreven voor duidelijkheid. Als je de poster van links naar rechts bekijkt worden de onderwerpen ingewikkelder. Dit speelt in op de steeds verder uitbreidende zone van naaste ontwikkeling (zie Paragraaf 1.2). Met kleine stapjes gaat de leerling steeds dieper de natuurkunde in. Aan de rechterkant bevinden zich enkele onderwerpen die in het vierde leerjaar aan bod komen. Aan het eind van het jaar zullen alle 3 VWO behandeld zijn en behoren deze tot de zone van acute ontwikkeling. De 4 VWO onderwerpen zijn erop gezet om ook op dat moment nog de zone van naaste ontwikkeling aan te spreken. Het moet de leerlingen prikkelen en nieuwsgierig maken naar wat er komen gaat. Daarnaast laat het zien dat er op de “simpele” dingen die ze nu leren wordt voortgeborduurd in de bovenbouw.

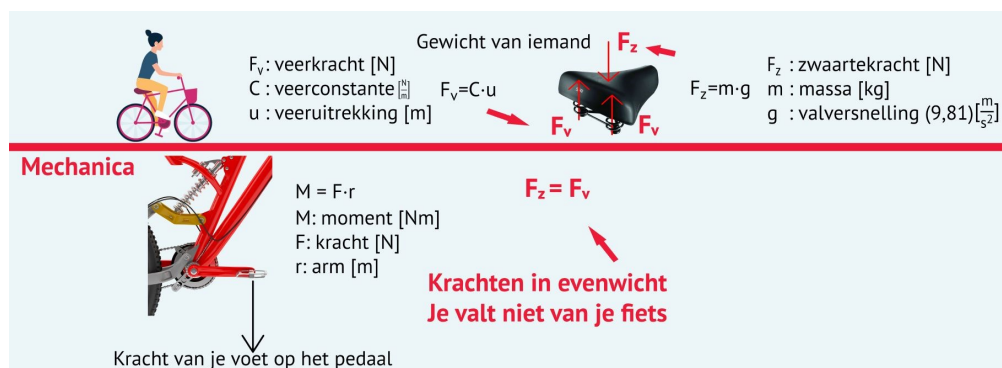
2.2.2 Formules

In de derde klas wordt het gebruik van formules steeds belangrijker. In de tweede klas komen deze maar weinig voor en als ze voorkomen zijn ze vaak zo geschreven dat ze enkel ingevuld dienen te worden. In de derde klas moeten leerlingen ook formules leren herschrijven en worden de formules ingewikkelder met meer variabelen. Daarnaast maken ze kennis met grootheden en eenheden. Uit ervaring blijkt dat dit erg lastig is en dat deze dikwijls door elkaar gehaald worden. Pas vanaf het vierde leerjaar hebben de leerlingen een eigen BINAS waar alle formules, grootheden en eenheden in staan. Dit is althans het jaar dat BINAS officieel bij de toetsen gebruikt mag worden (Twickel College, 2019a). Om deze redenen staan alle belangrijke formules op de poster inclusief uitleg van de symbolen en met de juiste eenheden erbij. Dit zijn er heel veel en om onderscheid te maken met de onderwerpen zijn deze in het zwart gedrukt. Daarnaast kunnen grootheden bij meerdere onderwerpen horen. Een voorbeeld hiervan is energie, wat zowel in de mechanica- als in de elektriciteitscategorie

valt. Het kan verwarrend zijn als deze zowel geel (elektriciteit) als rood (mechanica) is gekleurd, juist ook omdat elektrische energie in bijvoorbeeld kinetische energie omgezet kan worden. Dit bevordert ook het inzicht in horizontale verbanden wat één van de eisen is.

2.3 Algemene natuurkunde / Mechanica

De rode lijn is de lijn voor de mechanica. Aan het eind van de lijn komen hier ook onderwerpen bij (bijvoorbeeld uit de thermodynamica), waardoor dit onderwerp breder is getrokken tot algemene natuurkunde.



Figuur 2.1: Uitleg van de momentenwet, veerkracht, zwaartekracht en krachtenevenwicht aan de hand van een fiets

Het eerste onderwerp is de fiets. Dit zal niet het meest interessante onderwerp zijn, maar toch is hier voor gekozen omdat de leerlingen hier bekend mee zijn. Het overgrote deel van de leerlingen gaat namelijk iedere dag met de fiets naar school. Fig. 2.1 laat zien hoe de onderwerpen die horen bij de fiets staan afgebeeld op de poster. De momentenwet past bij de trapper. De leraar kan hier nog dieper op ingaan door uit te leggen waarom het moeilijk is om vanuit stilstand op gang te komen als je trappers op het hoogste en laagste punt staan (geen moment). Bij het fietszadel horen het krachtenevenwicht tussen de zwaartekracht en de veerkracht.



Figuur 2.2: Versnelling en het omrekenen van m/s naar km/u wordt uitgelegd met de start van een Formule 1 auto

De Formule 1 is enorm in populariteit gestegen sinds Max Verstappen het erg goed doet. Vandaar dat dit onderwerp gekozen is om versnelling en het omrekenen van km/u naar m/s

uit te leggen. Fig. 2.2 illustreert hoe dit er op de poster uit ziet. Vanuit de enorme versnelling in de Formule 1 kan er een brug worden gemaakt naar de tweede wet van Newton. Een voorbeeld voor de leerlingen is de achtbaan (zie Fig. 2.3) waarbij je in je stoel wordt gedrukt door de versnelling die je maakt als je naar beneden gaat (of als je wordt afgeschoten).



Figuur 2.3: Bij een achtbaan voel je dat je in je stoel wordt gedrukt door de enorme versnellingen

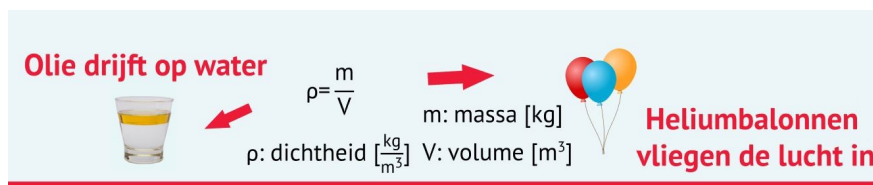
Waar de Formule 1 toch een beetje een mannen onderwerp is, is er bij druk gekozen voor een vrouwen onderwerp: de naaldhak (Fig. 2.4). In het derde leerjaar zijn de leerlingen volop aan het puberen en zijn ze bezig hun eigen identiteit te zoeken. Bij enkele dames zullen misschien al wel naaldhakken in de kast staan. Er kan worden uitgelegd waarom je met een naaldhak veel makkelijker wegzakt als je over een grasveld loopt. Bij dichtheid is



Figuur 2.4: Door het kleine oppervlak van een naaldhak is de druk in deze hak enorm groot

gekozen voor heliumballonnen en olie op water. Fig. 2.5 toont hoe dit op de poster staat. Heliumballonnen kennen de leerlingen waarschijnlijk wel uit hun jeugd en olie op water zien ze terug als ze de afwas moeten doen. Ter verrijking kan er nog gekeken worden naar afwasmiddel, want deze heeft een grotere dichtheid en zakt dus wel naar de bodem van de pan terwijl de oliedruppels blijven drijven.

De VWO leerlingen krijgen tegen het eind van het leerjaar het onderwerp energie en warmte. Hier krijgen ze ook voor het eerst een formule met 4 variabelen. Waar bij formules met 3 variabelen door middel van trucjes (bijvoorbeeld de driehoek truc) de formule kon worden



Figuur 2.5: Olie op water of heliumballonnen zijn sprekende voorbeelden van verschil in dichtheid

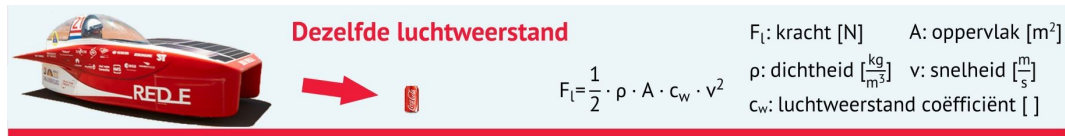
omgeschreven, is dat bij 4 variabelen een stuk lastiger. Ook de eenheid van soortelijke warmte is een stuk ingewikkelder dan eenheden die ze eerder gehad hebben. Doordat dit op de poster staat kunnen ze er aan wennen en kan er door de leraar al eerder aandacht aan besteed worden als deze het heeft over de vaardigheid van formules omschrijven en het belang van eenheden. Bij dit onderwerp is gekozen voor een Quooker (Fig. 2.6). De “magische” kraan die kokend heet water tevoorschijn tovert die in steeds meer huizen terug is te vinden. In veel lesboeken wordt een waterkoker als voorbeeld gebruikt. Dit voorbeeld is nieuwer en het laat zien aan de leerlingen dat het helemaal niet magisch is dat er kokend water uit de kraan komt doordat dit in een boiler eronder al gemaakt wordt. Als er interesse is vanuit de leerlingen kan er ook gekeken worden naar het rendement.



Figuur 2.6: Energie en warmte wordt uitgelegd aan de hand van een Quooker

Het laatste onderwerp wat nog in 3 VWO behandeld wordt is luchtweerstand. Voor dit onderwerp is gekozen voor de zonneauto van Solar Team Twente (zie Fig. 2.7). De luchtweerstand van de zonneauto is namelijk hetzelfde als die van een Colablikje. Dit onderwerp moet de leerlingen verbazen en de vraag oproepen: “Hoe kan het dat zo’n grote auto dezelfde luchtweerstand heeft als zo’n klein blikje?”. De formule voor de luchtweerstand is lang en ingewikkeld. Er kan door de leraar gekeken worden naar de verschillen tussen het blikje en de zonneauto en hoe dit zich vertaalt in de formule om zo antwoord te geven op die vraag.

Het laatste onderwerp, de stoomtrein, behandelt enkele onderwerpen uit 4VWO. Dit staat geïllustreerd in Fig. 2.8. Het dient dus vooral om de leerlingen zijn interesse te wekken. Er



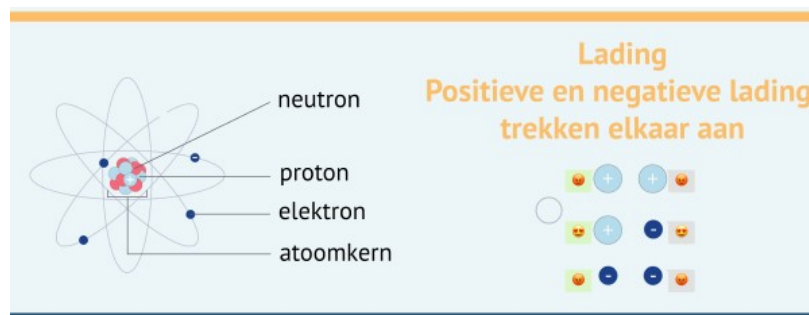
Figuur 2.7: Het effect van luchtweerstand wordt gedemonstreerd door een zonneauto die dezelfde luchtweerstand als een cola blikje heeft

kan op aangehaakt worden bij het hoofdstuk over energie aangezien kolen worden verbrand om water op te warmen. Dit water wordt stoom en middels de gaswet kan gezien worden dat als de temperatuur van de stoom oploopt, de druk toeneemt. Deze stoom wordt langs een zuiger geblazen. Hier kan de formule van de druk worden aangehaald. De druk wordt omgezet in een kracht die de drijfstang in beweging zet. Middels de tweede wet van Newton krijgt de stoomtrein een versnelling. Uiteindelijk zal de chemische van de kolen worden omgezet in kinetische energie. Dit onderwerp omvat heel veel natuurkundige principes uit verschillende subonderwerpen en is een mooi voorbeeld voor de leerlingen die verder gaan met natuurkunde in de bovenbouw.



Figuur 2.8: In een stoomtrein zitten veel natuurkundige principes die in de bovenbouw aan bod komen

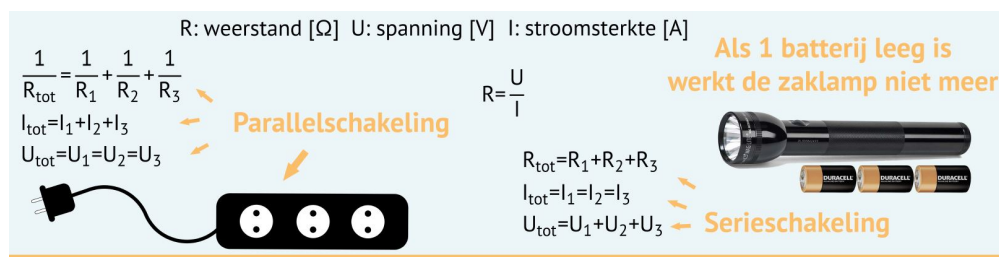
2.4 Elektriciteit



Figuur 2.9: Het atoommodel van Rutherford vormt de basis voor het begrijpen van elektriciteit en straling

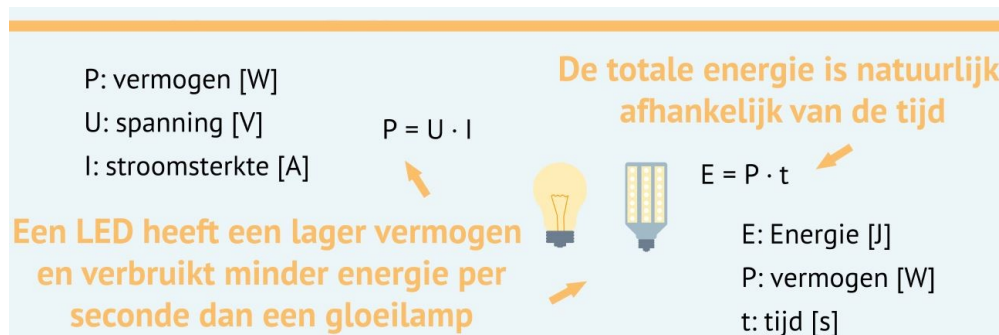
De gele kleur geeft de onderwerpen die gaan over elektriciteit aan. Het eerste onderwerp is

het atoommodel van Rutherford (Fig. 2.9). De positie ervan is tussen de elektriciteits- en de stralingslijn omdat bij beiden dit atoommodel van toepassing is. Het model staat ook in de meeste lesboeken, maar omdat dit zo essentieel is, staat het ook op de poster. Als er vanuit het perspectief van elektriciteit naar het model wordt gekeken, is vooral de lading van de deeltjes van belang. Door middel van verliefde en boze emoticons is aangegeven of positieven en negatieve deeltjes elkaar juist aantrekken of afstoten.



Figuur 2.10: Serie- en parallelschakelingen worden uitgelegd aan de hand van een zaklamp en een stekkerdoos

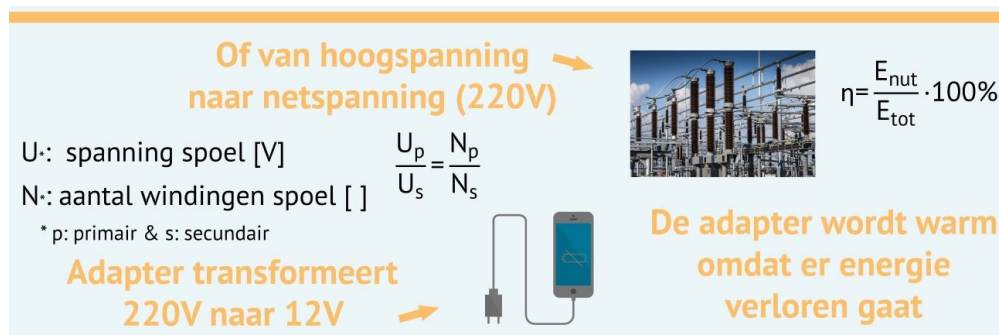
Na in de tweede klas kennis gemaakt te hebben met stroom en spanning, komt dit in het derde jaar uitgebreid aan bod. De basis hiervoor zijn de serie- en parallelschakeling. Er is gezocht naar voorbeelden die de leerlingen vaak zien zoals een stekkerdoos voor een parallelschakeling en een zaklamp met batterijen als serieschakeling (zie Fig. 2.10). Doordat de batterijen enkel achter elkaar in de zaklamp passen zien de leerlingen dat de stroom doorloopt wat een karakter van een serieschakeling is. Bij de stekkerdoos weten ze dat deze het ook doet als je enkel een stekker in het laatste contact doet, wat weer hoort bij een parallelschakeling.



Figuur 2.11: Het verschil tussen een gloeilamp en een LED leent zich voor het uitleggen van vermogen en energie

Het klimaat is een onderwerp wat erg veel in het nieuws is en daarom is voor vermogen en energie gekeken naar het verschil tussen een gloeilamp en een LEDlamp (zie Fig. 2.11). De leraar kan nog laten zien dat een LEDlamp evenveel licht geeft als een gloeilamp terwijl

het vermogen van de LEDlamp veel minder zal zijn. Er kan dan meteen een brug gemaakt worden naar rendement. Een laatste onderwerp wat in 3 VWO op het gebied van elektriciteit wordt behandeld is de transformator. Fig. 2.12 laat zien dat op de poster het voorbeeld van een telefoonadapter is gekozen. Tegenwoordig hebben (bijna) alle leerlingen een mobieltje en deze dient ook vaak opgeladen te worden. Ze zullen ongetwijfeld wel eens gemerkt hebben dat een adapter warm is geworden als zij deze weer uit het stopcontact trekken. Ook hier kan dan weer uit worden gelegd dat er energie verloren gaat in de vorm van warmte en dat dus het rendement nooit 100% is. Als tweede voorbeeld staat er ook een hoogspanningstransformator op om de leerlingen te laten zien dat transformatoren er in allerlei formaten zijn.



Figuur 2.12: Een telefoonadapter transformeert spanning, maar wordt ook warm, waardoor het rendement niet 100% is

Om de leerlingen ook op dit gebied te interesseren voor natuurkunde in de bovenbouw, staat er een draadloze oplader op de poster (zie Fig. 2.13). Deze manier van opladen zien we steeds vaker in de samenleving. De leraar kan de geïnteresseerde leerlingen alvast wat uitleggen over elektromagnetisme.

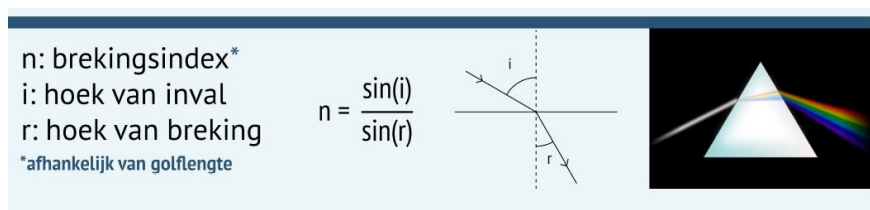


Figuur 2.13: Een telefoon draadloos opladen kan alleen maar door elektromagnetisme

2.5 Straling

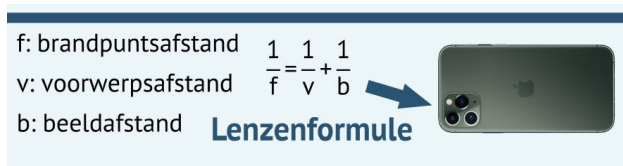
De laatste categorie die behandeld wordt is straling (op de poster gekleurd met een donkerblauwe lijn). Net zoals bij elektriciteit is het atoommodel van Rutherford het eerste

onderwerp in deze categorie. Ditmaal wordt er gekeken naar de opbouw van een atoom met protonen, neutronen en elektronen.



Figuur 2.14: Wit licht dat breekt in alle kleuren laat zien dat breking afhankelijk is van de golflengte

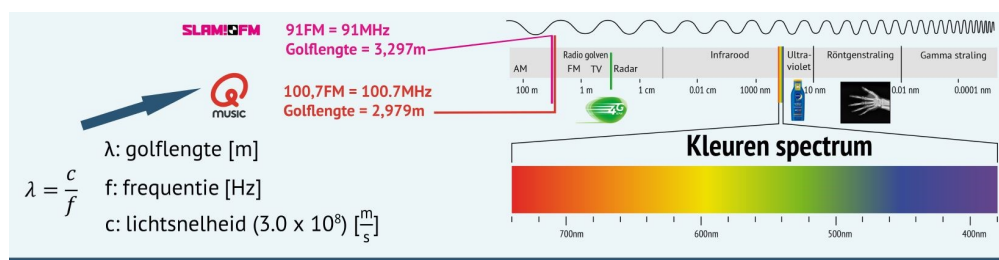
Optica valt op de poster ook onder straling. Voor breking is er gekozen voor wit licht wat door een prisma wordt gestuurd en breekt in alle kleuren van de regenboog (zie Fig. 2.14). Dit komt doordat de brekingsindex verschillend is voor straling met verschillende golflengten. Het elektromagnetisch spectrum staat ook op de poster en de leraar kan alvast vooruitblikken hierop. Het tweede onderwerp van optica is de lenzenformule. De laatste jaren verschijnen er steeds meer mobiele telefoons met 2 of 3 camera's. Veel leerlingen zullen op de hoogte zijn van de nieuwste gadgets en daarom leent dit onderwerp zich uitstekend voor de lenzenformule. Fig. 2.15 laat zien hoe dit op de poster staat. Bij mobiele telefoons waar alles klein en compact moet zijn, is er geen ruimte voor uitgebreide lenzen waarbij het brandpunt en de vergroting kan veranderen. In plaats daarvan worden er nu meerdere kleine camera's met verschillende optische eigenschappen geplaatst. De lenzenformule leert de leerling hoe de natuurkunde achter deze camera's werkt.



Figuur 2.15: Waarom er meerdere camera's op één telefoon zitten, kan men verklaren met dankzij de lenzenformule

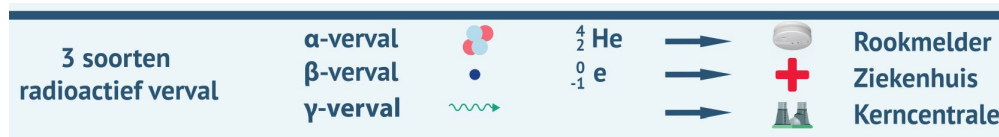
Het elektromagnetisch spectrum staat ook op deze poster (Fig. 2.16). Deze is ook in de meeste lesboeken te zien. Vaak wordt hier de aandacht gefocust op het gebied met de korte golven. Op de poster is geprobeerd om juist ook aandacht te geven aan de andere kant van spectrum door veel voorbeelden te geven die hiervan gebruik maken. Hierdoor vormt kan de leraar de poster ook gebruiken als aanvulling op de lesmethode. Het 4G netwerk valt ook onder de elektromagnetische straling. De discussie om 5G en dat deze gevaarlijk is

voor mensen is ook helemaal hot in 2020. De leraar kan hier mooi op inspelen door te laten zien dat deze golven aan de andere kant van zichtbaar licht in het spectrum liggen en dus helemaal niet gevaarlijk zijn. Een ander voorbeeld bij dit onderwerp zijn de radiozenders. Iedereen weet dat een radiozender op een bepaalde frequentie uitzendt. Op de poster staan twee radiozenders die populair zijn bij jongeren. Met de bijbehorende formule kunnen ze de frequentie omrekenen en zien ze op welke golflengte de radiozenders uitzenden. Waar deze voorbeelden redelijk ver uit elkaar liggen (de meeste radiozenders zenden tussen 87 en 107 FM), zit ze in het elektromagnetisch spectrum heel dicht bij elkaar.



Figuur 2.16: Het elektromagnetisch spectrum met voorbeelden van de verschillende soorten straling

Als laatste onderdeel komen de 3 soorten radioactief verval aan bod. Op de poster staat wat ieder type verval is en enkele voorbeelden. Er zijn maar weinig voorbeelden van toepassingen van straling die terug te vinden zijn in het dagelijks leven van 14 tot en met 16 jarigen. Toch is het gelukt om deze te vinden voor alfa en beta straling. Veel mensen denken bij straling aan iets gevaarlijks doordat vaak alleen de slechte kant in het nieuws komt. De voorbeelden zijn vooral gericht op de leerlingen die stoppen met natuurkunde door te laten zien dat straling ook heel nuttig kan zijn, zoals bijvoorbeeld in een rookmelder die alfastraling gebruikt om rook te detecteren of in het ziekenhuis waar betastraling wordt gebruikt bij kankeronderzoek. Het doel is om de leerlingen kritisch te maken zodat zij niet altijd maar de ene kant van de medaille gaan bekijken.



Figuur 2.17: Drie soorten radioactief verval inclusief toepassingen

ONDERZOEKSMETHODE

In Hoofdstuk 2 werd beschreven hoe een poster is ontworpen. Deze poster moet de motivatie van 3 VWO leerlingen voor het vak natuurkunde verhogen door inzicht te geven in de leerlijn van het vak. Ook moeten de onderwerpen op de poster worden uitgelegd aan de hand van aantrekkelijke contexten. Om aan deze doelen te voldoen is een programma van eisen opgesteld (zie Paragraaf 2.1). In dit hoofdstuk wordt besproken hoe dit programma van eisen getest wordt. Ook geeft dit hoofdstuk meer informatie over de omgeving en de tijd waar dit onderzoek zich afspeelt.

3.1 Deelnemende scholen

Deze poster is ontwikkeld voor het *Twickel College te Hengelo*. Op deze school zijn twee exemplaren van de poster in natuurkundelokalen opgehangen. Er is gekozen om twee andere scholen als referentie te gebruiken om zo het effect van de poster te bestuderen. Er is hiervoor gekozen omdat het praktisch gezien een lastige opgave wordt om binnen één school bepaalde klassen wel en bepaalde klassen niet in contact te laten komen met de poster. Hiervoor zouden namelijk enkele klassen geen les meer mogen krijgen in bepaalde lokalen waar de poster aan de wand hangt of dient de poster telkens verwijderd en opgehangen te worden als een bepaalde klas les heeft in dat lokaal. Een ander groot voordeel is dat hierdoor het aantal leerlingen wat meedoet aan het onderzoek groter wordt wat de betrouwbaarheid ten goede komt. Een nadeel hiervan is dat de andere scholen een ander klimaat hebben wat weer andere typen leerlingen aantrekt. Hierdoor kan het lastig zijn om goede conclusies te trekken aangezien er meerdere variabelen zijn. Het is daarom van belang dat de referentiescholen zoveel mogelijk op het *Twickel College te Hengelo* lijken. Deze scholen zijn gevonden in *Lyceum de Grundel te Hengelo* en *Het Erasmus te Almelo*. In de volgende paragrafen worden kort de eigenschappen van de verschillende scholen genoemd.

3.1.1 *Twickel College te Hengelo*

Het Twickel College heeft 3 locaties: Hengelo, Borne en Delden (Twickel College, 2019b). Op de locatie in Hengelo wordt enkel atheneum en havo onderwijs geboden, terwijl op de andere locaties ook vmbo en lwoo onderwijs wordt gegeven. Het Twickel college is onderdeel van Scholengroep Carmel Hengelo welke op zijn beurt valt onder Stichting Carmelcollege. Het

Twickel College te Hengelo is een relatief kleine school die de afgelopen jaren flink gegroeid is van 1102 in 2017-2018 naar 1265 leerlingen in het schooljaar 2019-2020 (VO-raad, 2020a). Hiervan zitten er gemiddeld 80-90 in 3 VWO welke verdeeld zijn over 3 klassen. Deze klassen worden gedoceerd door twee leraren. Het doel van de school is om de leerlingen op te leiden tot volwaardige burgers en hen voor te bereiden op een toekomst in de maatschappij waarin zij gelukkig zijn. Het *Twickel College te Hengelo* onderscheidt zich door veel persoonlijke begeleiding, eigentijdse onderwijsvormen en optimale ontplooiing van leerlingen. In 2017 zijn zij in een nieuw schoolgebouw getrokken waardoor de onderwijskundige hulpmiddelen bij de tijd zijn (Twickel College, 2019b).

3.1.2 Lyceum de Grundel te Hengelo

Lyceum de Grundel valt ook onder Scholengroep Carmel Hengelo waardoor het veel overeenkomsten heeft met het Twickel College. Op de Grundel wordt enkel havo, atheneum en gymnasium onderwijs gegeven. De school is de afgelopen jaren gekrompen van 936 leerlingen in 2017-2018 tot 794 in 2019-2020 (VO-raad, 2020b). In 3 VWO zitten 69 leerlingen en deze zijn verdeeld over 2 atheneum en 1 gymnasium klas welke allen gedoceerd worden door één leraar. De school wil excellent onderwijs bieden en de leerlingen ontwikkelen tot authentieke jonge mensen. Belangrijk hierbij is dat de leerlingen volop worden uitgedaagd om het beste uit zichzelf te halen. Middels een veilig leerklimaat wil de school ruimte bieden om de leerling te laten zijn wie die is. (Lyceum de Grundel, 2019)

3.1.3 Het Erasmus te Almelo

Het Erasmus is een grote openbare scholengemeenschap van 2250 leerlingen te Almelo waar gymnasium, VWO, HAVO, MAVO, VMBO, praktijkonderwijs en een internationale schakelklas worden gedoceerd. Het MAVO, HAVO en VWO (inclusief gymnasium) zit in één gebouw waar ongeveer 1300 leerlingen zitten. In 3 VWO zitten ongeveer 90 leerlingen verdeeld over drie klassen. Twee leraren doceren deze klassen. De school profileert zich echt als openbare school waar er ruimte is voor eigenheid (Het Erasmus, 2019). Door het samenbrengen van culturen en opvattingen moet er begrip ontstaan. Gezamenlijkheid is binnen de school erg belangrijk, maar er is zeker ook ruimte voor individuele ontplooiing. Dit is terug te zien in de verschillende stromingen die leerlingen kunnen kiezen. Zo bestaan de drie 3 VWO klassen uit een technasium, een gymnasium en een kunststroom.

3.2 Methode

Informatie over het effect van de poster wordt uit de leerlingen gehaald door middel van anonieme enquêtes. Doordat ervoor gekozen is om het onderzoek op meerdere scholen te

laten plaatsvinden, dient er eerst een nulmeting gedaan te worden. Dit is de zogenoemde voortest. Omstreeks de herfstvakantie (maand oktober) wordt er een eerste enquête gehouden bij alle leerlingen. Er is voor deze periode gekozen omdat de leerlingen dan even de tijd hebben gehad om aan het derde leerjaar te wennen. Zoals in Paragraaf 1.1 al gesteld was, wordt het vak natuurkunde vaak pas in 3 VWO losgekoppeld van scheikunde en/of biologie. In de eerste weken hebben ze daardoor goed een beeld kunnen krijgen van wat het vak inhoudt. Daarnaast beginnen op veel scholen in deze periode de eerste voorlichtingen over de profielkeuze. Hierdoor zijn de leerlingen al wel aan het denken gezet over wat zij willen gaan doen later, maar is dit proces nog niet zover gevorderd dat de leerlingen al een definitieve keuze hebben gemaakt. Na de voortest zal de poster pas op het Twickel worden opgehangen. Een tweede vragenlijst wordt door de leerlingen aan het begin van februari ingevuld. Dit is de natest. Om het effect van de poster te bestuderen is een zo lang mogelijke meetperiode wenselijk daar dit de betrouwbaarheid van het onderzoek vergroot. Eind januari of begin februari geven de leerlingen vaak hun definitieve profielkeuze door. Omdat de leerlingen dan weten of zij doorgaan met een vak of niet, beïnvloedt dit de houding en motivatie voor het vak. Op dat moment is het lastig om nog onderscheid te maken over het effect van de poster of de profielkeuze op de motivatie van leerlingen en daarom is dit als laatste meetpunt van het onderzoek gekozen.

Om de individuele resultaten tussen de eerste en tweede enquête te vergelijken en toch anonimiteit te waarborgen dient de leerling bij beide vragenlijsten een code in te vullen. Middels deze code kunnen de antwoorden uit beide enquêtes aan elkaar gekoppeld worden.

3.2.1 Voortest

Op alle scholen krijgen de leerlingen dezelfde eerste vragenlijst. Deze bevat zowel schaal vragen voor kwantitatief onderzoek en open vragen voor kwalitatief onderzoek. De vragen hebben twee doelen:

1. Achterhalen hoe groot de motivatie van de leerling is voor het vak natuurkunde
2. Beargumenteren welke factoren van invloed zijn op de motivatie van de leerling

Deze doelen zullen in de subparagrafen hierna verder worden uitgediept. De voortest heeft naast het testen van de motivatie ook als doel om inspiratie op te doen voor de poster door te vragen wat er volgens de leerlingen nodig is om hen meer te motiveren voor natuurkunde. Daarnaast wordt er in de voortest ook gevraagd of de leerlingen een hypothese kunnen doen voor dit onderzoek door te vragen of de leerlingen zelf denken dat het inzicht geven

in de leerlijn en het gebruik van praktijkvoorbeelden hen helpt met de begrijpbaarheid van natuurkunde.

Grootte van de motivatie

Uiteindelijk moet de poster de motivatie van de leerlingen vergroten. Daarvoor moet men eerst weten hoe groot de motivatie aan het begin is. Het eerste doel is dan ook om te kijken hoe groot de motivatie van de leerling is voor het vak natuurkunde voordat de poster wordt opgehangen. Dit gebeurt middels schaalvragen met daaropvolgend een open vraag om te kijken naar de redenatie voor de opgegeven schaal. Tevens wordt er gekeken naar de motivatie voor andere vakken. Zo kan er gekeken worden of de motivatie specifiek is voor het vak natuurkunde of dat de leerling in zijn algemeenheid een hoge/lage motivatie heeft voor school.

Factoren die motivatie beïnvloeden

Zoals er in Hoofdstuk 1 te lezen was zijn er enorm veel factoren die motivatie beïnvloeden. Aangezien het doel van de poster is om de motivatie te verhogen door middel van inzicht te geven in de leerlijn voor natuurkunde, moet geprobeerd worden om de effecten van andere factoren ook in kaart te brengen. Enkel als men weet hoe groot de andere invloeden zijn, kan er iets nuttig gezegd worden over het effect van de poster. Bij dit doel wordt er gekeken naar de factoren achter de motivatie van de leerling. Zo concludeerde Whitelegg dat de invloed van de leraar enorm belangrijk is voor de mening van de leerling over het vak (Paragraaf 1.2.2). Daarom is het van belang om te weten hoe leuk de leerling de docent vindt en of deze goed uit kan leggen. Een andere factor die van invloed is is het type motivatie. Is deze vooral intrinsiek of extrinsiek. Door vragen over het wel/niet nuttig vinden van natuurkunde en of zij denken natuurkunde later veel nodig te hebben wordt geprobeerd hierop antwoord te vinden. Volgens de *Self-Efficacy Theory* van Bandura en de *Attribution theory* van Weiner (zie Paragraaf 1.1.1) is ook de competentie van de leerling en zijn verwachtingen van belang op de motivatie voor het vak. Daarom wordt er gekeken of de leerling het vak moeilijk vindt en of hij vaak hulp nodig heeft bij het huiswerk. Of een leerling al voor zichzelf gekozen heeft om natuurkunde te kiezen in de bovenbouw is ook een factor die van invloed kan zijn op de motivatie en daarom wordt dit ook getoetst.

3.2.2 Natest

De tweede vragenlijst bevat grotendeels hetzelfde type vragen als de eerste. Er is voor gekozen om bij een aantal vragen exact dezelfde vraag te stellen zoals: *Hoe leuk vind je jouw natuurkunde leraar?*. Hiermee kan het absolute verschil worden gemeten tussen hoe leuk de

docent bij de voortest en bij de natest werd gevonden. Er zijn ook een aantal vragen die vragen of de leerling verschil ervoer ten opzichte van eerder in het jaar zoals: *Je kent jouw leraar nu iets beter dan in het begin van het jaar. Heeft dit ook effect gehad op het begrijpen van de uitleg?* terwijl dezelfde vraag in de voortest is *Hoe goed kan jouw natuurkunde leraar uitleggen?*. Bij deze vragen komt ook een gedeelte perceptie van de leerling erbij. Zoals eerder gesteld in Hoofdstuk 1, verandert de leerling enorm in deze periode doordat hij door de decaan of mentor aan het denken is gezet over wat hij wil en waar zijn interesses liggen. Uit deze vragen en met name de daaropvolgende waarom vragen, valt beter te halen waardoor de mening is veranderd. Door het inzichtelijk maken van de factoren die invloed hebben op de motivatie van leerlingen, kan er gekeken worden of de leerlingen op het *Twickel College te Hengelo* meer motivatie hebben gekregen dankzij de poster. Het testen van het programma van eisen gebeurt door de leerlingen op het Twickel nog enkele extra vragen te geven over de poster zoals positieve en negatieve punten, of deze opvalt en of de leerlingen het voordeel inzien van de poster. Ook feedback van de leraren wordt gebruikt voor het testen van het programma van eisen.

RESULTATEN EN ANALYSE

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de voor en de natest getoond en geanalyseerd. Eerst zullen de algemene resultaten worden besproken die gaan over de motivatie van de leerlingen. De tweede paragraaf gaat dieper in op de mening over en het effect van de poster. Hoofdstuk 4 toont het aantal respondenten dat met de verschillende enquêtes heeft meegedaan per school. Hiermee komt het totale aantal respondenten voor de voortest op 234 en voor de natest op 193. Het aantal respondenten ligt bij alle scholen iets lager bij de natest. Bij het Twickel kon één hele klas niet deelnemen aan de tweede enquête. Het aantal respondenten die gekoppeld konden worden middels hun unieke code ligt nog iets lager op 142 respondenten. Een aantal codes misten bij de natest en enkele codes kwamen dubbel voor in één van de twee vragenlijsten, waardoor niet met zekerheid te zeggen was welke resultaten bij elkaar hoorden. Deze zijn verwijderd bij de leerling specifieke analyse.

Om aan te tonen dat de controlegroep (het Erasmus en de Grundel) eenzelfde groep leerlingen bevat als het Twickel is er een t-test gedaan. Hiervoor zijn de resultaten van het Erasmus bij die van de Grundel opgeteld. Daarnaast zijn van alle schaalvragen de scores opgeteld. De t-test laat een waarde van $P = 0.4777$ zien. Aangezien dit vele malen hoger is dan $P = 0.05$, toont het aan dat de controlegroep niet significant verschilt van de experimentele groep.

		Voortest	Natest	Gekoppeld
Controlegroep	Erasmus	89	81	59
	Grundel	66	62	43
	<i>Totaal</i>	<i>155</i>	<i>143</i>	<i>102</i>
Exp. groep	Twickel	79	50	40

Tabel 4.1: Aantal respondenten per school

Categorie	Nr.	Vraag	E	G	T
Motivatie	1	Hoeveel motivatie heb je om naar natuurkunde lessen te gaan?	3.08	2.56	2.94
Leuk	1	Hoe leuk vind je natuurkunde?	3.25	2.64	2.84
	2	Vind je natuurkunde leuker of minder leuk geworden dan aan het begin van het jaar?	2.73	2.95	2.90
Volgorde HW	1	Als je huiswerk zou hebben voor wiskunde, natuurkunde, geschiedenis en Engels. Waar zou je als eerste huiswerk voor maken?	2.71	2.99	2.99
	2	Als je huiswerk zou hebben voor wiskunde, natuurkunde, geschiedenis en Engels. Waar zou je als eerste huiswerk voor maken?	3.01	3.03	3.04
Inzet	2	Ben je beter je best gaan doen voor natuurkunde?	3.27	3.55	3.42
	2	Heeft dit geleid tot betere cijfers?	3.00	3.35	3.62
Moeilijkheid	1	Hoe moeilijk vind je natuurkunde?	2.91	3.04	3.45
	2	Hoe moeilijk vind je natuurkunde?	3.47	3.31	3.42
	1	Heb je vaak hulp nodig bij natuurkunde huiswerk?	2.03	2.43	2.68
	2	Heb je vaak hulp nodig bij natuurkunde huiswerk?	2.42	2.68	2.66
Leraar	1	Hoe goed kan jouw natuurkunde leraar uitleggen?	3.81	3.16	3.38
	2	Je kent jouw leraar nu iets beter dan in het begin van het jaar. Heeft dit ook effect gehad op het begrijpen van de uitleg?	21%	35%	26%
	1	Hoe leuk vind je jouw natuurkunde leraar? (jouw leraar komt dit niet te weten)	4.02	3.11	2.94
	2	Hoe leuk vind je jouw natuurkunde leraar? (jouw leraar komt dit niet te weten)	3.16	3.46	2.86
	1	Hoe vaak wijst jouw natuurkunde leraar op het nut van natuurkunde?	1.84	2.28	2.09
	2	Hoe vaak wijst jouw natuurkunde leraar op het nut van natuurkunde?	2.76	2.24	2.44
Nut	1	Vind je natuurkunde nuttig?	74%	56%	57%
	2	Ben je in het afgelopen half jaar meer het nut van natuurkunde gaan inzien?	35%	51%	44%
	1	Hoeveel denk je natuurkunde later nodig te hebben?	2.85	2.88	2.92
	2	Hoeveel denk je natuurkunde later nodig te hebben?	2.88	2.69	2.86

Tabel 4.2: Scores op de vragen uit de voor- (1) en natest (2). In de tabel staat E voor Erasmus, G voor Grundel en T voor Twickel. Op vragen waar enkel ja of nee geantwoord kon worden, staan de scores voor het percentage ja.

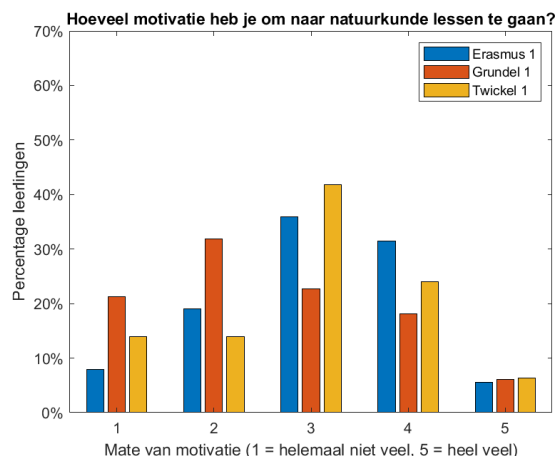
4.1 Resultaten met betrekking tot de motivatie

In deze paragraaf worden de resultaten met betrekking tot de motivatie besproken. Tabel 4.2 toont de scores van de verschillende scholen op de verschillende vragen. In Appendix A staan grafieken die laten zien hoe de gemiddeldes in deze tabel tot stand gekomen zijn. Er zal eerst gekeken worden naar de hoeveelheid motivatie en of deze veranderd is. Daarna wordt dieper ingegaan op de factoren die motivatie kunnen beïnvloeden (zie Hoofdstuk 1).

4.1.1 *Hoeveelheid motivatie*

Om te kijken of de poster de leerlingen meer gemotiveerd heeft, moet er gekeken worden naar hoeveel motivatie de leerling sowieso voor het vak natuurkunde heeft aan het begin van het onderzoek. Fig. 4.1 laat zien hoe de motivatie verdeeld is bij de verschillende scholen aan de start van het onderzoek. Bij de meeste scholen ziet deze er redelijk normaal verdeeld uit. In Tabel 4.2 staan de gemiddeldes die volgen uit Fig. 4.1. Het gemiddelde van de Grundel ligt iets lager dan die van de andere scholen. Dit is ook significant want zowel de t-test tussen de Grundel en het Erasmus ($P_{EG} = 0.0042$) als de t-test tussen de Grundel en het Twickel ($P_{GT} = 0.042$) is kleiner dan 0.05. Uit de vraag waarom de leerlingen zoveel motivatie hebben komen verschillende redenen naar boven. Een groot gedeelte geeft aan dat ze geen interesse hebben in natuurkunde en dus niet intrinsiek gemotiveerd zijn. Dit werkt ook andersom, doordat leerlingen zeggen dat ze natuurkunde wel interessant vinden en dus wel intrinsiek gemotiveerd zijn. Ook extrinsieke motivatie speelt een belangrijke rol. Dit is terug te zien in dat de leerlingen gemotiveerd zijn omdat ze natuurkunde nodig hebben om later de opleiding te kunnen doen die ze willen, maar ook absentie en de bijbehorende consequenties laten zien dat de leerling wel naar de les gaat, maar dit eigenlijk niet wil omdat het geen intrinsieke motivatie heeft. De leraar speelt eveneens een belangrijke rol in de motivatie van de leerlingen en dit is terug te zien in Paragraaf 4.1.3. Bij de Grundel zijn de leerlingen iets minder gemotiveerd om naar de natuurkunde lessen te gaan. De redenen zijn over het algemeen vergelijkbaar met de andere scholen al wordt de leraar en de moeilijkheid van het vak wel vaker als argument voor de lage motivatie gebruikt. Bij één klas van de Grundel wordt vaak het tijdstip van de laatste lessen op vrijdag als argument gebruikt voor het hebben van minder motivatie voor natuurkunde

Hoe leuk leerlingen het vak vinden komt redelijk overeen met de motivatie. De gemiddeldes wijken iets af ten opzichte van de hoeveelheid motivatie, maar er is eenzelfde trend te zien tussen de verschillende scholen. Dit is echter alleen significant bij een vergelijking tussen Erasmus en Grundel ($P_{EG} = 3.3 \cdot 10^{-4}$ en $P_{GT} = 0.289$). Redenen voor hun antwoord liggen vooral bij hun persoonlijke interesse. De antwoorden op de bijbehorende open vraag van de technasium klas op het Erasmus laten zien dat veel leerlingen het leuk vinden omdat zij



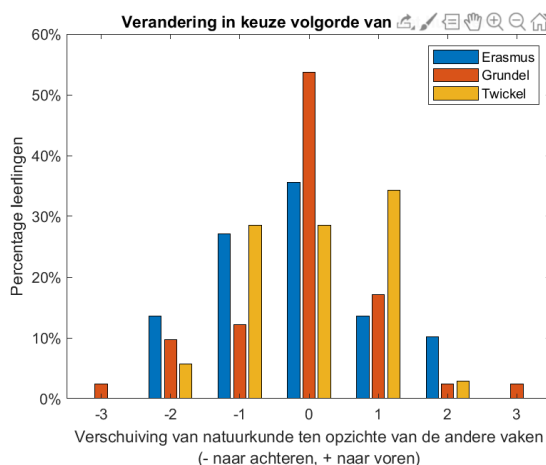
Figuur 4.1: Resultaten hoeveelheid motivatie bij start onderzoek

geïnteresseerd zijn in het vak. Dit verklaart ook waarom het Erasmus een hogere waarde heeft. Het Erasmus heeft daarnaast tevens een kunststroom klas en de verwachting was dat deze klas een stuk minder motivatie voor het vak heeft omdat de leerlingen over het algemeen meer interesse hebben in de gamma en alfa vakken. Dit is echter niet het geval en de interesse is veelal hetzelfde als bij de gewone atheneum klas van het Erasmus. Ook het wel of niet om kunnen gaan met formules speelt een rol in hoe leuk ze het vak vinden. Dit was ook te lezen in de *Attribution theory* van Weiner (zie Paragraaf 1.1.1). De interpretatie van resultaten van leerlingen is erg belangrijk in de verwachting die men nog heeft. Ook Boekaerts schreef dat als een leerling eenmaal negatieve overtuigingen heeft voor het vak dit lastig om te zetten is. Doordat de leerlingen moeite hebben met de formules en dit keer op keer terug komt, falen zij telkens en vinden ze het vak niet leuk. Voor de natest is gevraagd of de leerlingen natuurkunde leuker of minder leuk zijn gaan vinden dan aan het begin van het jaar. In deze vraag zit ook een deel perceptie van de leerling. De gemiddeldes in Tabel 4.2 laten geen verschillen zien tussen de scholen ($P_{EG} = 0.152$, $P_{GT} = 0.769$, $P_{TE} = 0.313$). Het gemiddelde van de schaal ligt op drie. Alle scores zijn onder de drie en het toont dus aan dat over het algemeen de leerlingen natuurkunde niet leuker zijn gaan vinden. Uit de bijbehorende open vraag blijkt eveneens dat veel leerlingen dezelfde mening behouden. Redenen voor het leuker of minder leuk vinden zijn vaak de onderwerpen die aan bod zijn gekomen. Tevens vinden veel leerlingen dat het moeilijker is geworden waardoor ze het minder leuk vinden. Op het Erasmus hebben twee van de drie klassen een andere docent gekregen bij aanvang van de meetperiode. Dit wordt ook vaak als reden gegeven waarom de leerlingen natuurkunde minder leuk zijn gaan vinden.

Er is de leerlingen de vraag gesteld om een volgorde te maken van het huiswerk maken als ze

voor de vakken wiskunde, natuurkunde, geschiedenis en Engels huiswerk hebben. Hierbij is 1 de eerste plaats en 4 de laatste plaats. Tabel 4.2 laat zien waar de leerlingen natuurkunde plaatsen. Veel leerlingen doen natuurkunde pas later. Enkel bij het Erasmus is een verschil te zien in de voortest, dit is alleen significant ten opzichte van de Grundel ($P_{EG} = 0.0307$, $P_{TE} = 0.0554$). De redenen voor de volgorde lopen erg uiteen. De meest voorkomende reden is de strengheid van de docent. Het huiswerk dat gemaakt moet worden voor enorm strenge docenten wordt vaak als eerste gedaan omdat de leerlingen niet in de problemen willen komen. Een andere volgorde die veel wordt genoemd is van makkelijk naar moeilijk, of van kort naar lang. De leerlingen kiezen vaak voor de makkelijkste weg en eerst datgene waar ze moeite mee hebben komt bijna niet voor.

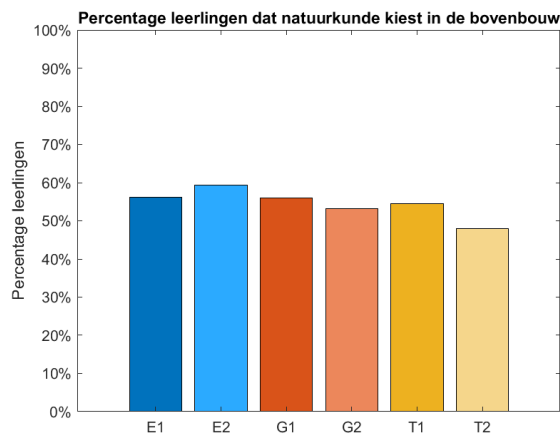
Fig. 4.2 laat de verschuiving van natuurkunde zien ten opzichte van de voortest. -3 geeft aan dat natuurkunde van eerste naar laatste is geschoven en +3 andersom. Bij het Erasmus is natuurkunde vaak naar achteren geschoven in de volgorde. Bij het Twickel zijn er zowel kleine verschuivingen naar voren als naar achteren en bij de Grundel is de plaats van natuurkunde grotendeels gelijk gebleven.



Figuur 4.2: Verplaatsing van natuurkunde

Gedurende de meetperiode wordt de leerling steeds zekerder voor zijn keuze voor een bepaald profiel. Hierdoor kan hij beter of slechter zijn best gaan doen voor het vak natuurkunde. Om deze reden is de vraag gesteld of de leerling beter zijn best is gaan doen. Tabel 4.2 laat zien dat op alle scholen de leerlingen beter hun best zijn gaan doen (antwoorden > 3). Een vervolgvraag hierop is of dit ook heeft geleid tot betere resultaten. Ook deze antwoorden zijn positief aangezien de gemiddeldes boven de drie liggen. Het blijkt dat het Erasmus iets achterblijft op zowel de inzet verhoging als de verhoging van het resultaat ten opzichte van de andere scholen. Voor de inzet verhoging is dit enkel significant verschillend met de Grundel

($P_{EG} = 0.0435$, $P_{TE} = 0.3256$). Op de vraag “Heeft dit geleid tot betere cijfers?” scoort het Erasmus wel significant lager ten opzicht van beide scholen ($P_{EG} = 0.0187$, $P_{TE} = 2.79 \cdot 10^{-4}$). Uit de corresponderende open vraag waarom leerlingen wel/niet beter hun best zijn gaan doen, komt wordt de profielkeuze als voornaamste reden genoemd. Een andere veel genoemde reden is het gemiddelde omhoog halen. In Appendix A staan grafieken waarop de vragen aan elkaar gecorreleerd zijn. Fig. 4.3 laat voor iedere school zien hoeveel procent van de leerlingen aan het begin en aan het eind van de meetperiode wil gaan kiezen voor natuurkunde in de bovenbouw. Hierbij staat de letter voor de school (E = Erasmus, G = Grundel, T = Twickel) en staat de 1 voor de voortest en 2 voor de natest. Bij het Erasmus is een stijging te zien (donker- en lichtblauwe staven). Bij de Grundel (rode staven) en het Twickel (gele staven) is er te zien dat de lichte staven lager zijn, wat betekent dat er minder leerlingen voor natuurkunde gaan kiezen in de bovenbouw. Het is opmerkelijk dat uit Tabel 4.2 blijkt dat de leerlingen wel meer hun best zijn gaan doen, maar dat er minder leerlingen voor natuurkunde gaan kiezen. De leerlingen zullen dus vooral om andere redenen beter hun best zijn gaan doen voor natuurkunde en niet vanwege de verhoogde extrinsieke motivatie omdat zij voor natuurkunde kiezen in de bovenbouw.



Figuur 4.3: Keuze voor het vak natuurkunde in de bovenbouw

4.1.2 Moeilijkheid van het vak

In Paragraaf 4.1.1 was al te zien dat de reden dat natuurkunde moeilijk is vaak als verklaring voor de lage motivatie voor natuurkunde wordt gegeven. Ook de resultaten op de vraag *hoe moeilijk vind je natuurkunde?* in Tabel 4.2 bevestigen dit. Natuurkunde wordt als moeilijk ervaren. Dit is te zien in zowel de voortest als de natest. Het Erasmus vormt weer een uitzondering doordat de score bij de voortest veel lager is dan bij de andere scholen ($P_{EG} = 1.39 \cdot 10^{-4}$, $P_{TE} = 0.0018$). Wel is bij de natest de score omhoog geschoten ($P_{EG} = 0.0224$,

$P_{TE} = 0.0652$). De voornaamste reden voor het moeilijk vinden van natuurkunde is het werken met formules. Onderdeel daarvan is het niet om kunnen gaan met de afkortingen voor de grootheden en eenheden. Een andere manier om moeilijkheid van natuurkunde te meten is om te vragen hoeveel hulp de leerlingen nodig hebben bij het huiswerk. Hoewel de leerlingen het vak moeilijk vinden, geven ze toch aan niet veel hulp nodig te hebben bij het maken van huiswerk. De verhoudingen tussen de scholen bij zowel de eerste als de tweede enquête is hetzelfde als bij de moeilijkheid van het vak. Wel ligt deze score dus lager dan de moeilijkheid.

4.1.3 Leraar

De leraar is enorm van invloed op de motivatie van de leerlingen. Dit werd vaak al als reden gegeven voor de hoeveelheid motivatie in Paragraaf 4.1.1. Het begrijpbaar kunnen uitleggen is één van de factoren waarmee de docent van invloed is op de motivatie. Uit Tabel 4.2 blijkt dat de leraren op het Erasmus het beste kunnen uitleggen. Dit verschil blijkt ook significant ten opzichte van de andere scholen ($P_{EG} = 0.000049$ en $P_{ET} = 0.0036$). De Grundel en het Twickel verschillen niet veel van elkaar ($P_{GT} = 0.23$). De redenatie erachter is erg verschillend. Een gedeelte vindt dat de leraar wel duidelijk uitlegt en overzichtelijke aantekeningen maakt, maar een groot deel vindt dit niet. Dit komt voornamelijk doordat het te snel gaat voor deze leerlingen. Dit is soms terug te zien bij de andere scholen. Bij de natest is gevraagd of de leerlingen vinden dat de uitleg beter begrijpbaar is doordat de leerlingen de leraar nu langer kennen. Vaak kost het namelijk even tijd om te wennen aan de uitleg en de werkwijze van een leraar. Bij de Grundel werkt dit positief en snappen relatief veel leerlingen zijn uitleg beter. Het percentage ja is het hoogste ten opzichte van de andere scholen. Door de wisseling van docent in twee van de drie klassen op het Erasmus, gaat deze vraag niet op voor een groot gedeelte van de respondenten van het Erasmus, daar zij een nieuwe docent hebben en deze dus niet beter kennen. De leraren op het Erasmus worden ook het leukst gevonden ($P_{EG} = 4.9 \cdot 10^{-11}$ en $P_{ET} = 1.7 \cdot 10^{-5}$). Met een gemiddelde score van 4.02/5 in de voortest staan deze leraren ruim boven de andere docenten. Wel zakt deze score enorm bij de natest. De Grundel daarentegen stijgt iets. Het duidelijk uitleggen is de voornaamste reden waarom leerlingen een leraar leuk vinden. Ook de omgang met de leerlingen is van belang. Een aardige leraar die grapjes maakt wordt meer gewaardeerd. Niet duidelijk, kinderlijk of langdradig uitleggen zijn negatieve redenen van de leerlingen. Tevens het enkel aandacht geven aan de leerlingen die het goed doen wordt gezien als een negatieve eigenschap van een leraar. In Fig. A.9 is te zien hoe vaak de leraar volgens de leerlingen op het nut van natuurkunde wijst. Één van de eisen aan de poster is dat de contexten terug moeten te vinden zijn in het dagelijks leven van 14 tot en met 16 jarigen. Hiermee moet

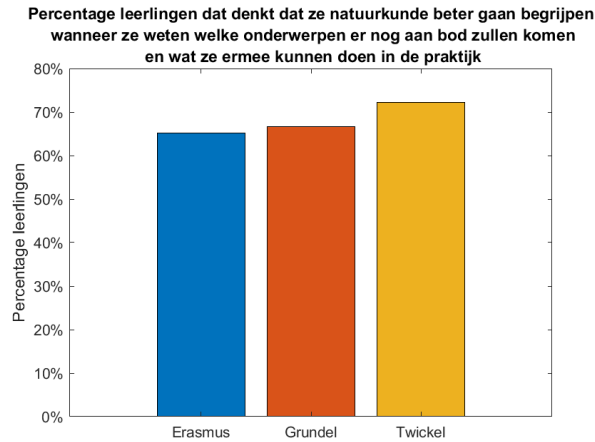
het nut van natuurkunde aangetoond worden. Om deze reden is er eveneens gevraagd of de leraren veel op het nut van natuurkunde wijzen. Uit Tabel 4.2 blijkt dat de leraren dit niet heel veel doen. Dit is op de Grundel ook niet veranderd. Op het Erasmus is dit wel sterkt toegenomen, al valt dit waarschijnlijk te wijten aan de nieuwe docent. Ook op het Twickel is dit toegenomen. De omstandigheden zijn hetzelfde gebleven, dus deze toename kan worden verklaard doordat de leraar de poster gebruikt in zijn lessen.

4.1.4 *Nut van natuurkunde*

Er is ook gevraagd of de leerlingen het nut van natuurkunde in zien. Meer dan de helft van de leerlingen ziet wel het nut van natuurkunde in en op het Erasmus is dit zelfs bijna driekwart van de leerlingen. Bij de Grundel is de reden erachter veel dat het nodig is voor bepaalde beroepen. Voornamelijk bij het Twickel, maar in mindere mate ook bij het Erasmus wordt als reden gegeven dat het nodig is om de wereld om je heen een beetje beter te begrijpen. Dit spreekt veel meer in intrinsieke motivatie aan. De leerlingen verwachten dat ze natuurkunde nodig hebben om later dingen in het dagelijks leven beter te snappen. De vervolgvraag in de natest was of de leerlingen meer het nut zijn gaan inzien in het afgelopen half jaar. Hierop scoort de Grundel het beste en het Erasmus het slechtste. De profielkeuze is de belangrijkste reden die de leerlingen geven waarom de leerlingen meer het nut zijn gaan inzien. Tevens wordt vaak als reden gegeven dat ze meer het nut van natuurkunde in zijn gaan zien dat ze beter de verbanden kunnen leggen met andere vakken of doordat ze meer onderwerpen hebben gehad en deze meer terug zien in hun dagelijks leven. Een andere vraag om te testen of ze het nut van natuurkunde inzien is hoeveel ze denken natuurkunde later nodig te hebben. De leerlingen op alle scholen zijn hier redelijk eensgezind. Bij de natest blijkt dat hun mening hierover niet veranderd is. Enkel bij de Grundel is de score lichtelijk gedaald. De redenen die leerlingen voor hun antwoord op deze vraag geven zijn vooral gerelateerd aan hun toekomst en baan. Dit in tegenstelling tot de vraag over het nut van natuurkunde, waar de antwoorden veel meer over het dagelijks leven gingen.

4.2 Effect van de poster

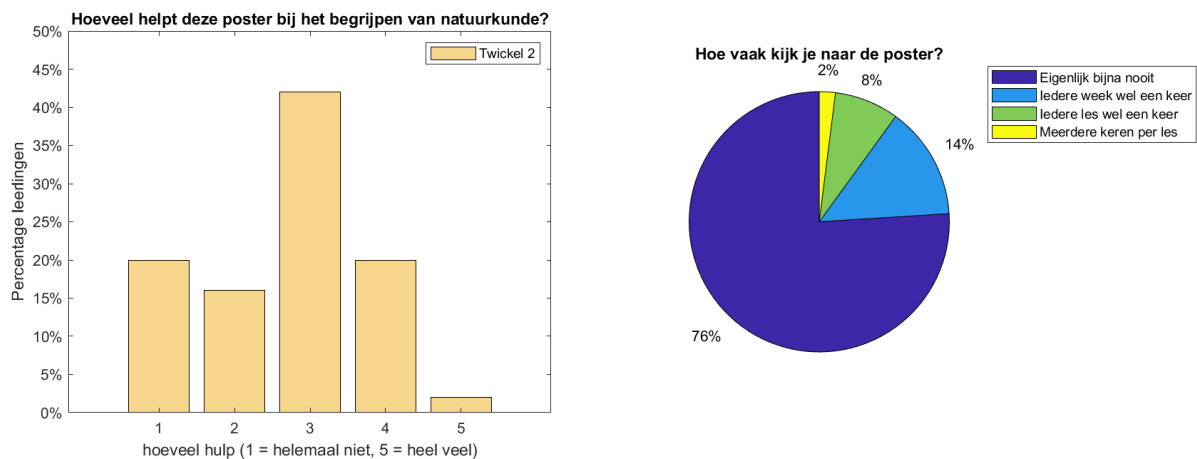
Deze paragraaf gaat over de invloed van de poster. Bij de voortest kregen de leerlingen de vraag: *Denk je dat je natuurkunde beter gaat begrijpen wanneer je weet welke onderwerpen er nog aan bod zullen komen en wat je ermee kunt doen in de praktijk?* Fig. 4.4 geeft de percentages waarop de leerlingen de vraag met “Ja” beantwoordden voor iedere school weer. Op alle scholen ligt dit percentage zo rond de 70% waarbij het Twickel het hoogste scoort. De leerlingen denken vooral dat ze dan beter weten waar ze het voor doen. Met andere woorden: ze verwachten dat ze het nut van natuurkunde meer gaan inzien als ze



Figuur 4.4: Resultaten van de verwachting van de leerlingen op de begrijpbaarheid als er inzicht wordt geboden in de leerlijn en de toepasbaarheid van het vak

meer praktijkvoorbeelden krijgen. Meer inzicht in de onderwerpen die aan bod komen zien ze vooral als voordeel voor een betere voorbereiding. Ook is er gevraagd wat er volgens de leerlingen moet veranderen om hen meer te motiveren voor het vak natuurkunde. Hieruit kwam vooral naar voren dat de leerlingen meer practica willen.

Bij de natest kregen de leerlingen van het Twickel extra vragen over de poster. Er is gevraagd naar wat de eerste indruk van de leerlingen was over de poster. De meningen hierover zijn verdeeld. Een gedeelte geeft aan dat de poster helemaal niet is opgevallen of dat deze moeilijk te begrijpen is. Een ander gedeelte zegt dat het erg handig is. Positieve punten aan de poster zijn dat het actueel is, het overzicht biedt en dat er allerlei formules op staan die de leerlingen normaal zouden vergeten. Negatieve punten zijn dat het soms onoverzichtelijk of overweldigend is. Fig. 4.5a laat zien of de poster hen helpt bij natuurkunde en Fig. 4.5b laat zien hoe vaak er naar de poster gekeken wordt. Er wordt weinig naar de poster gekeken. Of dit bewust of onbewust is, is onbekend. Wel hangt de posters achterin de lokalen en dus moeten de leerlingen moeite doen om naar de poster te kijken aangezien deze niet in het gezichtsveld zit. Veel leerlingen die aangeven dat de poster ook nauwelijks hulp biedt geven aan dat zij nooit naar de poster kijken. Andere redenen zijn dat de leerlingen de poster niet begrijpen of dat zij dingen uit het hoofd leren. Positieve reacties zijn dat het overzichtelijk is en dat het handig is omdat alle formules erop staan.



(a) Effect van de poster op de begrijpbaarheid van het vak
(b) Aantal keren dat er naar de poster gekeken wordt

Figuur 4.5: Resultaten met betrekking tot het effect van de poster

Als er wordt gekeken naar het programma van eisen, dan kunnen er een aantal dingen geconcludeerd worden. De poster is zeker groot, maar hij valt niet goed op. Dit kan te maken hebben met de locatie van de poster in de klas. Op zichzelf is de poster voor veel leerlingen te ingewikkeld of te overweldigend. Het blijkt dat veel leerlingen moeite hebben om de poster te begrijpen. De poster voldoet dus niet aan de eis dat deze passief te gebruiken moet zijn. Bij de vraag “Wat vind je goed aan de poster?” wordt wel 12 van de 50 keer genoemd dat de poster overzichtelijk, samenvattend of iets soortgelijks is. Er is dus een gedeelte van de leerlingen die wel verbanden in de poster ziet. Dit percentage is echter maar 24% en dat is te laag om te voldoen aan de eis dat de leerlingen een opbouw in moeilijkheid en verbanden tussen de verschillende onderwerpen moet kunnen zien. Aan de hand van dit percentage kan er ook niet geconcludeerd worden dat de poster leerlingen nieuwsgierig maakt naar wat er nog meer met natuurkunde mogelijk is. Uit de reacties is lastig op te maken of de contexten leerlingen van 14 tot en met 16 jaar aanspreken. De reacties op de vraag over de positieve punten zijn erg kort en behandelen vaak één onderwerp (zoals “overzichtelijk” of “Dat het up to date is met een iPhone 11”). Er zijn tal van positieve reactie, maar dit zijn er niet voldoende om valide conclusies te rekken of de poster aan een bepaalde eis voldoet.

Het uiteindelijke doel van de poster is om 3 VWO leerlingen meer te motiveren voor het vak natuurkunde door inzicht te geven in de leerlijn van natuurkunde. De resultaten in Tabel 4.2 laten niet duidelijk zien dat de leerlingen op het Twickel meer gemotiveerd zijn. Dit blijkt ook uit de t-test die gedaan is met de resultaten van de natest. Met $P = 0.27$ blijkt er geen significant verschil te zitten in de motivatie van leerlingen van het Twickel en

de controlescholen. De leerlingen zijn natuurkunde niet leuker gaan vinden en ook is het percentage van de leerlingen wat meer het nut van natuurkunde is gaan inzien niet hoger dan de Grundel. Uit de tabel blijkt ook dat de andere factoren die de motivatie beïnvloeden sterk zijn veranderd op alle scholen, waardoor het moeilijker is om een conclusie te trekken over het effect van de poster. De invloed die de leraar heeft op de motivatie van studenten is heel groot. Dit verband kan worden gezien omdat de resultaten van het Erasmus bij de natest significant anders zijn dan die van de voortest en omdat er een docentwissel bij twee van de drie geteste klassen op het Erasmus was.

ONTWERP LERARENHANDLEIDING

In dit hoofdstuk wordt enkele feedback gegeven van de leraren die aan dit project meedoen. Daarnaast wordt er beschreven hoe de lerarenhandleiding tot stand is gekomen.

5.1 Feedback leraren

In de meetperiode is er al contact geweest met de leraren op het Twickel. Daaruit bleek dat ten minste één van de leraren het lastig vond om de poster te betrekken in de les. Na afloop van de meetperiode is er ook nog contact geweest met de leraren. Beide leraren vonden het een mooie poster welke een goede toevoeging is aan het lokaal. De andere leraar op het Twickel (welke geen moeite had met het in de les gebruiken van de poster) vertelde dat hij de poster erg handig vond en dat hij er regelmatig naar refereerde in de les. Doordat er veel contexten op staan die anders zijn dan die van de lesmethode, vormt het een mooie aanvulling. Het viel hem op dat vooral tijdens het maken van proefwerken er naar de poster gekeken werd en dat dit gedurende de normale lessen vele malen minder het geval was. Dit komt omdat hier de formules op staan en het daarom gebruikt kon worden als spiekbriefje. Dit vond hij niet erg aangezien vaak de formule ook al gegeven is bij het proefwerk. Bij de bezoeken aan de andere scholen voor het afnemen van de natest, is de poster ook getoond aan de leraren op deze scholen. Met name de docent op de Grundel was erg enthousiast en wil ook graag deze poster in zijn lokaal hebben hangen.

5.2 Lerarenhandleiding

Zoals gesteld bij het programma van eisen in Paragraaf 2.1, moet de poster zowel actief als passief te gebruiken zijn. Halverwege de meetperiode bleek dat in ieder geval één docent moeite had met het betrekken van de poster in de les. Hoewel hier geen conclusies over getrokken kunnen worden, is het wel een signaal dat leraren moeite hebben met het begrijpen van de poster. Daarmee is de kans ook groot dat veel leerlingen de poster niet begrijpen. Hierop is besloten om een docentenhandleiding te ontwikkelen. De handleiding is te vinden in Appendix B.

De handleiding moet de leraar helpen om de poster beter te begrijpen. De poster is ontworpen door één persoon die hier bepaalde ideeën bij had. Het kan voorkomen dat niet iedereen de gedachtegang van deze persoon direct kan volgen. Deze handleiding is er daarom ook voor

bedoeld om deze gedachtegang toe te lichten. In de introductie van de docentenhandleiding wordt uitgelegd waarom deze poster ontworpen is. Hierbij wordt verteld dat het doel van de poster is om leerlingen van 3 VWO meer te motiveren door inzicht te geven in de leerlijn van het vak natuurkunde. Daarnaast wordt er verteld dat de poster is opgebouwd uit drie grote lijnen die staan voor drie domeinen binnen de natuurkunde en dat alle onderwerpen aan deze drie lijnen zijn gekoppeld. Ook wordt er uitgelegd dat deze onderwerpen zo geplaatst zijn dat leerlingen zowel horizontale als verticale verbanden kunnen ontdekken. Dit is voor de leraar erg belangrijk om te weten. Deze kan namelijk de leerlingen begeleiden om deze verbanden te ontdekken. Hiervoor moet hij zelf wel eerst de verbanden zien. Verder is in de introductie nog uitgelegd dat er ook geprobeerd is om zoveel mogelijk contexten te kiezen die in het dagelijkse leven van de leerlingen voorkomen om zo het wetenschappelijke karakter van natuurkunde weg te halen. Vervolgens worden in drie hoofdstukken de drie domeinen op de poster besproken. Ieder onderwerp komt aan bod. Bij de onderwerpen worden de formules besproken en wordt het voorbeeld wat op de poster staat uitgelegd. Verder worden er suggesties gedaan voor andere voorbeelden die bij het betreffende onderwerp passen. Ook worden er eventueel connecties met andere onderwerpen die op de poster staan getoond. De verwachting is dat door deze docentenhandleiding de gedachtegang van de ontwerpen beter begrepen wordt, waardoor de leraren de poster actiever kunnen gebruiken in hun lessen. Ook wordt verwacht dat als de leerlingen eenmaal weten hoe zij de poster kunnen gebruiken, deze ook passief meer gebruikt zal worden. De tijd waarin dit onderzoek plaats vond was niet toereikend om deze hypotheses ook te testen.

CONCLUSIE

In dit project is een poster (Appendix C) ontwikkeld met als doel het meer motiveren van 3 VWO leerlingen door inzicht te geven in de leerlijn van natuurkunde. Om dit te bereiken is er eerst onderzoek gedaan naar hoe motivatie werkt en welke factoren hierop van invloed zijn. Met deze kennis is de poster ontworpen. Hierna is er getest of de poster aan de gestelde eisen voldeed. Daarnaast is er vanuit de feedback van de leraren die met de poster werkten ook een docentenhandleiding ontwikkeld waardoor docenten de poster meer kunnen integreren in hun lessen.

De poster voldoet niet helemaal aan het programma van eisen zoals gesteld in Paragraaf 2.1. De poster is groot en de leraren vinden ook dat deze opvalt. De leerlingen vinden niet dat deze opvalt. Ook vinden de leraren het een goede toevoeging aan hun klaslokalen. Uit de antwoorden van de leerlingen blijkt dat een groot gedeelte van de leerlingen moeite heeft om de poster te gebruiken. Hierdoor wordt niet aan de eis voldaan dat de poster passief gebruikt moet kunnen worden. Ook niet alle leraren weten hoe ze de poster in hun lessen moeten gebruiken en daarom faalt de poster ook op het gebied dat deze actief te gebruiken moet zijn. Wel wordt er verwacht dat met het gebruik van de docentenhandleiding dit verbetert. De poster toont de belangrijkste onderwerpen van 3 VWO. Het is echter voor de leerling moeilijk om hierin verbanden te zien en om opbouw in moeilijkheidsgraad te ontdekken. Doordat een groot gedeelte van de leerlingen niet weet hoe ze de poster moeten gebruiken en doordat veel antwoorden op de vraag over de positieve punten van de poster kort zijn is de informatie over wat de leerlingen van de poster vinden beperkt. Hoewel er zeker positieve punten genoemd worden bij de natest is het aantal niet voldoende groot om te kunnen stellen dat de poster aan bepaalde eisen voldoet. Dit geldt voor de eis dat de poster leerlingen nieuwsgierig maken naar wat er nog meer mogelijk is met natuurkunde en voor de eis om contexten te gebruiken die leerlingen van 14 tot en met 16 jaar aanspreken. Of de contexten daadwerkelijk ook jongens en meisjes aanspreken en of deze ook terug te vinden zijn in het dagelijks leven van 14 tot en met 16 jarigen is niet specifiek getest. De poster voldoet daarom voor een gedeelte aan het gestelde programma van eisen.

Of het doel van het meer motiveren van 3 VWO leerlingen door inzicht te geven in de leerlijn van natuurkunde behaald is, valt niet te concluderen. Uit de resultaten blijkt niet significant ($P = 0.27$) dat de leerlingen op het *Twickel College te Hengelo*, waar de poster

hing, gemotiveerder zijn geworden dan de leerlingen op *Het Erasmus te Almelo* en *Lyceum de Grundel te Hengelo*, waar de poster niet hing. Bovendien blijkt dat veel andere factoren die invloed hebben op de motivatie van leerlingen veranderd zijn op alle scholen. Zeker op het Erasmus zijn grote verschillen in de voortest en de natest. Aangezien dit gepaard gaat met de docentwissel in twee van de drie klassen, doet dit vermoeden dat de docent veel invloed heeft op de motivatie van leerlingen. Dit kan echter niet significant bewezen worden.

Door invloed van de verschillende factoren op de motivatie kan er niet geconcludeerd worden dat de poster daadwerkelijk de motivatie van de leerlingen verhoogd door inzicht te geven in de leerlijn van natuurkunde. Wel zijn de docenten erg tevreden over de poster. In combinatie met de docentenhandleiding, die de leraren laat zien hoe de poster in lessen geïntegreerd kan worden, is deze poster een goede toevoeging aan ieder natuurkundelokaal.

DISCUSSIE EN AANBEVELINGEN

Uit Hoofdstuk 6 blijkt dat er niet duidelijk te concluderen valt of de poster het doel van het meer motiveren van 3 VWO leerlingen door inzicht te geven in de leerlijn van het vak natuurkunde behaald is. In dit hoofdstuk wordt besproken welke factoren ervoor hebben gezorgd dat deze conclusie niet getrokken kan worden. In Paragraaf 7.1 wordt bediscussieerd wat er aan de onderzoeksmethode veranderd moet worden om een beter resultaat te krijgen. In Paragraaf 7.2 staan aanbevelingen voor het verbeteren van de poster.

7.1 Onderzoeksmethode

De keuze om de poster op één school op te hangen en twee referentiescholen te kiezen om het effect van de poster te bestuderen is goed. Naast dat het onpraktisch is om de poster op één school te hangen waarbij bepaalde klassen wel en bepaalde klassen deze poster niet te zien krijgen, geeft dit ook te weinig respondenten. Dit had nog ondervangen kunnen worden door op alle scholen de poster op te hangen voor één of twee klassen. Dan blijft het echter nog steeds lastig om een valide conclusie over het effect van de poster te trekken. Er zijn enorm veel factoren die van invloed zijn op de motivatie van leerlingen en het is ook nog ontzettend lastig te meten hoeveel iedere factor bijdraagt. Het is niet zoals in een lab waar de omstandigheden hetzelfde gehouden kunnen worden en er één factor gevarieerd kan worden zodat de invloed van deze factor bestudeerd kan worden. Hier is onderzoek gedaan naar het gedrag en de gedachte van mensen en daarbij blijven altijd meerdere factoren een rol spelen. De scores van de voor en de natest op vragen die antwoord moeten geven op de invloed van de verschillende motivatiefactoren verschillen ook. Dit bevestigt dat al deze factoren een rol spelen (zie Tabel 4.2).

Uit de literatuur bleek al dat de leraar een enorm belangrijke factor is in de motivatie van de student. De resultaten in Tabel 4.2 laten dit ook zien doordat er duidelijke verschillen zijn bij het Erasmus en doordat hier een andere leraar voor twee van de drie klassen is gekomen bij het begin van de meetperiode. De score van de voortest gaat voor een groot deel over de eerste docent en de score van de natest over de nieuwe docent.

De score bij de vraag *Hoe leuk vind je natuurkunde?* was bij de Grundel in de voortest nog het laagst van de drie deelnemende scholen. De score op de vraag *Vind je natuurkunde*

leuker of minder leuk geworden dan aan het begin van het jaar? bij de natest is bij de Grundel het hoogste van de drie scholen. Toevallig kregen de leerlingen op deze school in de meetperiode een andere onderwijsmethode. Zij gingen na de herfstvakantie aan de slag met Arduinos om meer te leren over afstand en snelheid. Deze praktische aanpak is heel anders dan de traditionele manier van lesgeven welke gedurende een groot gedeelte van de lessen wordt gehandhaafd. De scores op de eerder genoemde vragen lijken te impliceren dat deze onderwijsmethode het vak leuker maakt. Uiteraard dienen deze aanpakken alleen maar aangemoedigd te worden. Echter wordt er bij dit project onderzoek gedaan naar een andere factor die van invloed is op de motivatie en hierdoor is het moeilijker om een conclusie te trekken voor dit onderzoek.

Een ander element dat van invloed kan zijn op de resultaten is de afname van de enquêtes. Er is geprobeerd om aanwezig te zijn toen alle enquêtes werden afgenomen. Hierdoor kon er een inleidend verhaal verteld worden en was ik er om eventuele vragen tijdens het invullen van de vragenlijst op te vangen. Daarnaast geeft het de leerlingen een ander beeld, doordat ze weten voor wie zij die vragenlijst invullen. Helaas was het om logistieke redenen niet mogelijk om bij alle 18 momenten waarop de enquêtes werden afgenomen aanwezig te zijn. Uitgerekend op het Twickel kon ik bij de eerste enquête en één van de twee tweede enquêtes niet aanwezig zijn. Ook bij de andere scholen kon ik niet altijd aanwezig zijn, maar was dit minder vaak (bij het Erasmus slechts één keer tijdens de tweede enquête en bij de Grundel twee maal tijdens de eerste en één maal tijdens de tweede enquête). De antwoorden op veel open vragen die gegeven zijn door de leerlingen op het Twickel doen vermoeden dat de leerlingen op deze school minder serieus met de vragenlijsten omgingen.

7.2 Poster

Naast dat er niet geconcludeerd kan worden of de poster voldoet aan het gestelde doel, voldoet de poster ook niet aan een aantal eisen die in het programma van eisen zijn gesteld. Dit was te lezen in Hoofdstuk 6. In deze paragraaf worden aanbevelingen gedaan om de poster wel aan deze eisen te laten voldoen.

Hoewel de leraren wel vonden dat de poster opvalt, vonden de leerlingen dit niet. Een verklaring hiervoor kan gevonden worden in de positie van de poster in het klaslokaal. De poster hing op het Twickel in beide lokalen achter de leerlingen. Achterin het lokaal ziet de leraar de poster wel veel, daar hij altijd in de klas kijkt. De leerlingen kijken altijd de andere kant op en zien de poster dus bijna nooit. Dit kan een reden zijn waarom de docenten en de leerlingen van mening verschillen. Helaas leenden de lokalen zich er niet voor om de poster voorin of aan de zijkant te hangen. De leerlingen zullen bijna nooit achterom zitten en als

zij afdwalen met hun gedachte zullen ze eerder opzij dan naar achter kijken, omdat dit teveel opvalt voor de docent. Dit verklaart misschien ook waarom veel leerlingen de poster niet gezien hebben, al is het moeilijk voor te stellen dat de poster helemaal niet is opgevallen. Het zou beter zijn om de poster voorin het lokaal of op één van de zijwanden te plaatsen.

Ook voldeed de poster niet aan de eis dat deze zowel passief als actief te gebruiken moet zijn. Gedurende het onderzoek is er al een mogelijke oplossing gevonden voor het actief gebruiken van de poster in de docentenhandleiding. Meer hierover valt te lezen in Hoofdstuk 5. Deze handleiding moet de docent in staat stellen om de poster actief te gebruiken en de verwachting is dan ook dat met deze handleiding de poster in ieder geval voldoet aan de eis dat hij actief te gebruiken is. Daarnaast is ook de verwachting dat als de leerlingen eenmaal weten hoe ze de poster moeten gebruiken, deze ook passief gebruikt kan worden. Dit is echter niet getest en een nieuwe test zal moeten uitwijzen of dit daadwerkelijk ook het geval is.

De reden dat de leerlingen niet zelfstandig de poster konden gebruiken is dat zij de poster te ingewikkeld vonden. Het is de verwachting dat als men eenmaal weet hoe de poster werkt, men deze ook beter zal begrijpen. Er is weinig wat aan de poster zelf veranderd kan worden. De poster zou minder druk kunnen worden door deze nog groter te maken, waardoor er meer lege ruimtes ontstaan. Onderwerpen verwijderen is geen optie, omdat de poster dan niet meer alle belangrijke onderwerpen van 3 VWO laat zien. Een andere optie is om de formules en de bijbehorende verklaring van de eenheden te verkleinen. Deze zijn er echter opgezet om verbanden te laten zien tussen verschillende onderwerpen. Daarnaast bleek uit Paragraaf 4.1.2 dat een veelgenoemde reden voor het moeilijk vinden van natuurkunde de formules en de bijbehorende grootheden en eenheden is. Een veel gelezen reactie op de positieve punten was ook *Handig spiekbriefje* waaruit blijkt dat de leerlingen zeker waarde hechten aan de toevoeging van de formules. Als deze verkleind worden valt een groot gedeelte van de effectiviteit van dit onderdeel weg.

Enkele antwoorden toonden wel dat de poster leerlingen nieuwsgierig maakt, maar omdat dit maar een klein aantal antwoorden was, werd alsnog geconcludeerd dat de poster niet aan deze eis voldoet. Er is echter een groot gedeelte van de leerlingen die de poster nog niet snapt en daarom hier niks zinnigs over kan zeggen. Gebaseerd op dat er nu een aantal positieve antwoorden zijn terwijl maar een gedeelte de poster snapt, is de verwachting dat de poster alsnog aan deze eis voldoet als meer leerlingen de poster snappen. De eis dat de contexten zowel meisjes als jongens moet aanspreken en dat de contexten in het dagelijks leven van 14 tot en met 16 jarigen terug te vinden moeten zijn, zijn niet specifiek getest. Er is met het ontwerp wel rekening gehouden met deze eisen, dus de verwachting is dat de poster hier wel aan voldoet. Om het zeker te weten, moet dit echter nog getest worden.

BIBLIOGRAFIE

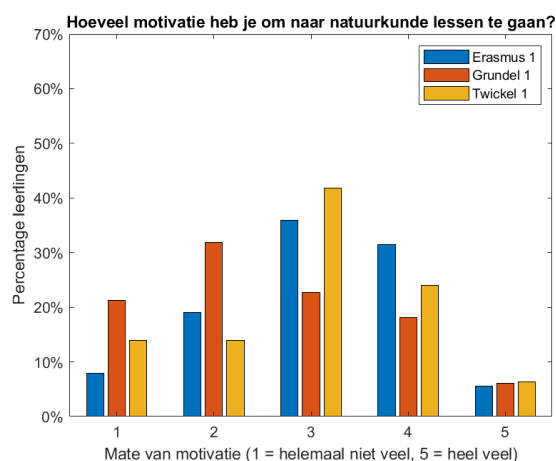
- Bennett, J., Lubben, F. & Hogarth, S. (2007). Bringing Science to Life: A Synthesis of the Research Evidence on the Effects of Context-Based and STS Approaches to Science Teaching. *Science Education*, 91(3), 347–370.
- Boekaerts, M. *Motivation to Learn: Education Practices*. International Academy of Education. 2002.
- Commissie Vernieuwing Natuurkundeonderwijs havo/vwo. (2005). *Natuurkunde leeft. Visie op het vak natuurkunde in havo en vwo*. Nederlandse Natuurkundige Vereniging.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior*. Springer.
- Eccles, J. S. & Wigfield, A. (2002). Motivational Beliefs, Values, and Goals. *Annual Review of Psychology*, 53, 109–132.
- Het Erasmus. (2019). WIE WE ZIJN EN WAAR WE VOOR STAAN. Verkregen 26 juni 2020, van <https://schoolgidsvanhet-erasmus.nl/mavo-havo-vwo/wie-we-zijn-en-waar-we-voor-staan/>
- Inspectie van het Onderwijs. (2020). De Staat van het Onderwijs. Verkregen 4 juni 2020, van <https://www.onderwijsinspectie.nl/documenten/rapporten/2020/04/22/staat-van-het-onderwijs-2020>
- Lijnse, P. (2014). *Omzien in verwarring. Een persoonlijke terugblik op 40 jaar werken in de natuurkundendidactiek*. Flsme Scientific Library.
- Lyceum de Grundel. (2019). Schoolgids 2019 2020. Verkregen 26 juni 2020, van https://lyceumdegrundel.nl/assets/files/Schoolgidsen/schoolgids_grundel_2019_2020.pdf
- OECD. (2016). *Netherlands 2016: Foundations for the Future*. Reviews of National Policies for Education, OECD Publishing, Paris.
- Pintrich, P. R. (2003). A Motivational Science Perspective on the Role of Student Motivation in Learning and Teaching Contexts. *Journal of Educational Psychology*, 95(4), 667–686.
- Pol, H. (2017). Curriculum (1ste ed.), In *Handboek natuurkundendidactiek* (1ste ed.). Epsilon Uitgaven.
- Rijksoverheid. (2020). Hoe zit het vwo in elkaar? Verkregen 11 augustus 2020, van <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/voortgezet-onderwijs/vraag-en-antwoord/hoe-zit-het-vwo-in-elkaar>
- Schunk, D. H., Meece, R. J. & Pintrich, P. R. (2013). *Motivation in education: Theory, research, and applications* (4de ed.). Pearson Education Limited.

- Strijker, A. (2010). *Leerlijnen en vocabulaires in de praktijk - Verkennende studie in opdracht van het Programma 'Stimuleren Gebruik Digitaal Leermateriaal* (tech. rap.). SLO. Postbus 2041, 7500 CA Enschede.
- Twickel College. (2019a). PTA van A4. Verkregen 12 augustus 2020, van https://twickelcollege.nl/assets/files/Twickel_Hengelo/PTA_A4.pdf
- Twickel College. (2019b). Schoolgids 2019 2020. https://twickelcollege.nl/assets/files/Schoolgidsen/schoolgids_twickel_2019_2020.pdf
- Vaksectie Natuur & techniek. (2017). *Natuurwetenschappelijke vakken: Vakspecifieke trendanalyse 2017*. SLO. Postbus 2041, 7500 CA Enschede.
- Veen, T. v. d. & Wal, J. v. d. (2012). *Van leertheorie naar onderwijspraktijk* (6de ed.). Noordhoff Uitgevers.
- VO-raad. (2020a). Scholen op de kaart. Verkregen 22 juni 2020, van <https://scholenopdekaart.nl/Middelbare-scholen/938/1085/Het-Twickel-College-Hengelo/Aantal-leerlingen>
- VO-raad. (2020b). Scholen op de kaart. Verkregen 26 juni 2020, van <https://scholenopdekaart.nl/Middelbare-scholen/24151/1085/Lyceum-de-Grundel/Aantal-leerlingen>
- Whitelegg, E. & Edwards, C. (2001). Beyond the Laboratory – Learning Physics Using Real-Life Contexts. *Research in Science Education-Past, Present, and Future*, 337–342.

GRAFIEKEN RESULTATEN

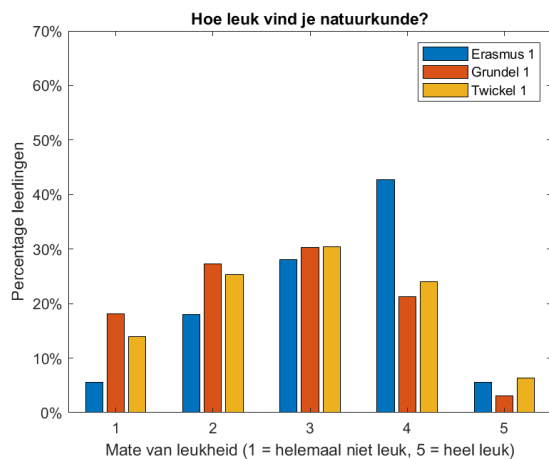
In deze appendix staan grafieken die meer inzicht geven in de gemiddelde resultaten die in Tabel 4.2 in Hoofdstuk 4 staat. Deze grafieken laten zien hoe het gemiddelde tot stand is gekomen aan de hand van de percentages leerlingen die voor een bepaald antwoord hebben gekozen.

A.1 Hoeveelheid motivatie

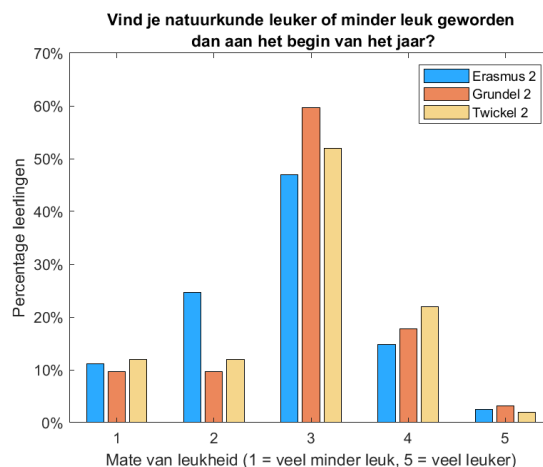


Figuur A.1: Resultaten hoeveelheid motivatie bij start onderzoek

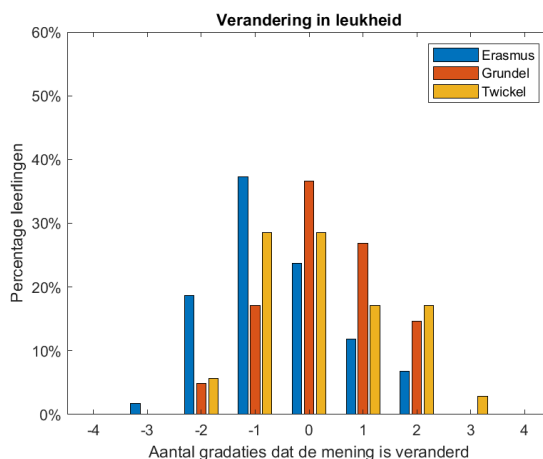
Fig. A.1 laat de scores zien op de vraag “Hoeveel motivatie heb je om naar natuurkunde lessen te gaan?”. Deze vraag is enkel gesteld bij de voortest. In Fig. A.2a staan de scores op de vraag “Hoe leuk vind je natuurkunde?”. Dit is de vraag die in de voortest is gesteld. Met de vraag “Vind je natuurkunde leuker of minder leuk geworden dan aan het begin van het jaar?” is hier een vervolg op gekomen in de natest. De resultaten op deze vraag staan in Fig. A.2b. Middels de unieke koppelingscode die de leerlingen hebben gebruikt kunnen de resultaten op de vraag in de voortest gekoppeld worden aan de vraag in de natest voor individuele leerlingen. Hierdoor is het ook mogelijk om veranderingen in de antwoorden van leerlingen te zien. Bijvoorbeeld als een leerling van antwoord 1 op de voortest, naar antwoord 4 in de natest zijn gegaan. Fig. A.2c laat de resultaten hiervan zien.



(a) Resultaten leukheid van natuurkunde bij start onderzoek



(b) Resultaten verandering in leukheid

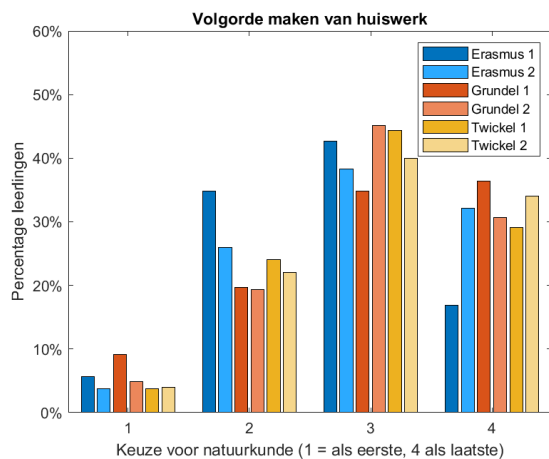


(c) Verandering van leukheid gebaseerd op de verschillen van individuen

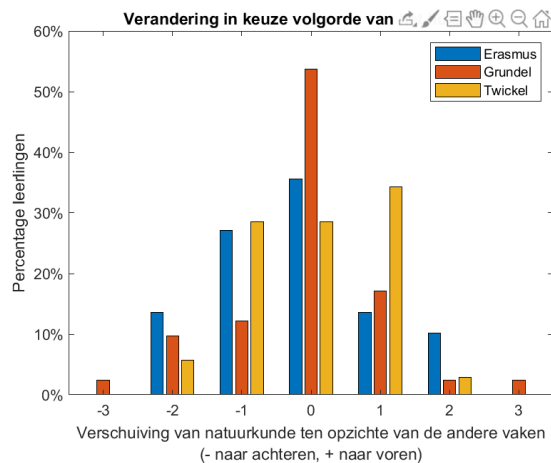
Figuur A.2: Leukheid van het vak

A.2 Volgorde huiswerk

Er is aan de leerlingen gevraagd om een volgorde te maken waarin zij het huiswerk zouden maken als zij huiswerk zouden hebben voor de vakken wiskunde, natuurkunde, geschiedenis en Engels. De plaats waarop natuurkunde staat staat aangegeven in Fig. A.3a. In deze grafiek zijn zowel de resultaten van de voortest (donkere staven) en de natest (lichte staven). Ook bij deze vraag is gekeken naar de verandering van individuele leerlingen. Deze resultaten staan in Fig. A.3b.



(a) Keuze voor natuurkunde

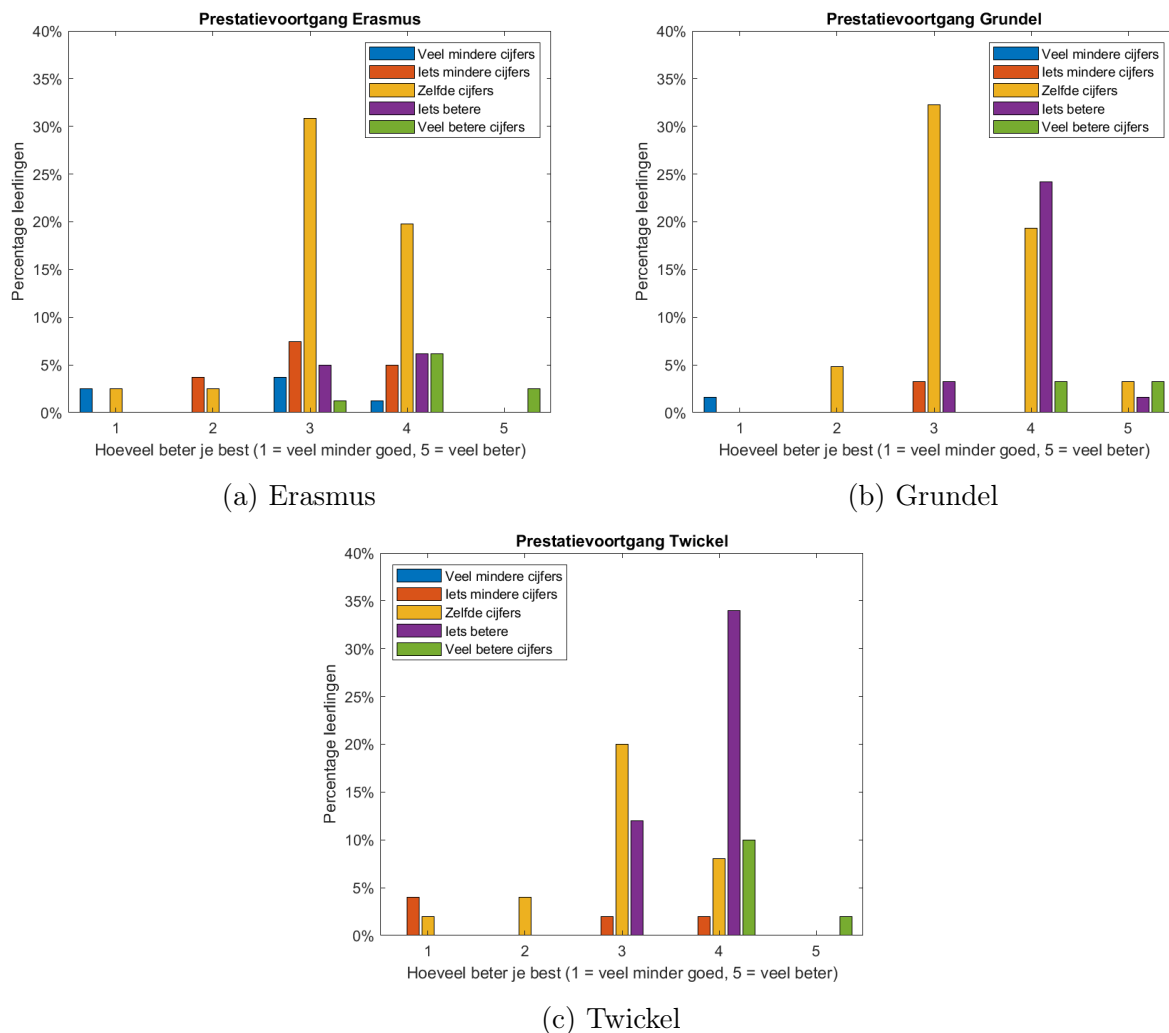


(b) Verplaatsing van natuurkunde

Figuur A.3: Resultaten met betrekking tot de volgorde van huiswerk maken voor de vakken wiskunde, natuurkunde, geschiedenis en engels

A.3 Prestatievoortgang

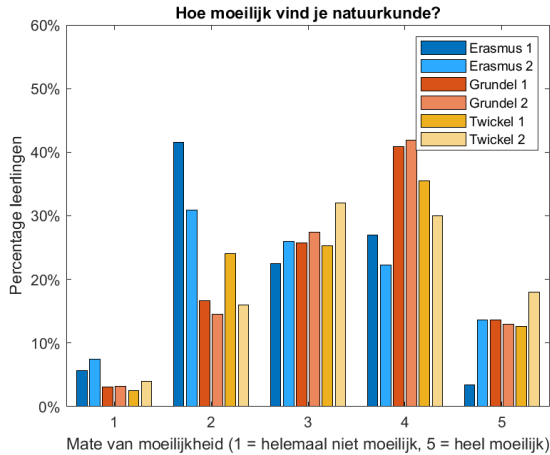
De leerlingen kregen de vraag “Ben je beter je best gaan doen voor natuurkunde?”. Hierop konden zij een score van 1 (veel minder goed) tot 5 (veel beter) invullen. De vervolgvraag hierop was “Heeft dit geleid tot betere cijfers?”. Hier konden zij ook weer een score van 1 (veel minder goede cijfers) tot 5 (veel betere cijfers) aan hangen. Fig. A.4 weergeeft 3 grafieken waarop voor iedere school de resultaten van de gecombineerde antwoorden van deze vragen staan.



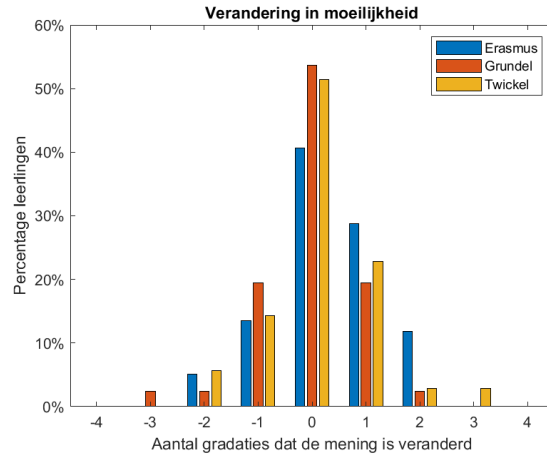
Figuur A.4: Verandering in inzet en het bijbehorende resultaat

A.4 Moeilijkheid

In Fig. A.5a staan de resultaten van de voor- en natest op de vraag “Hoe moeilijk vind je natuurkunde?”. Fig. A.5b laat de individuele verandering tussen de voor- en de natest zien op deze vraag.



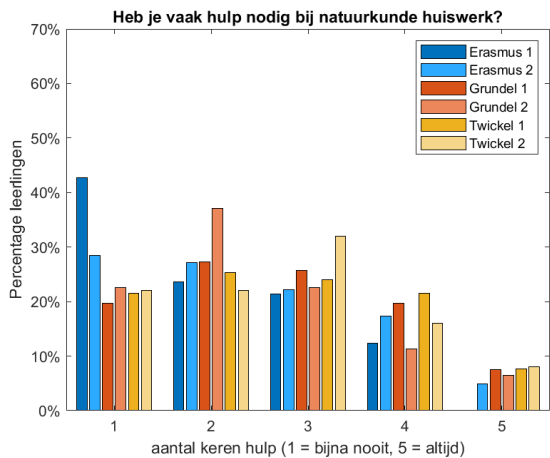
(a) Resultaten moeilijkheid van het vak



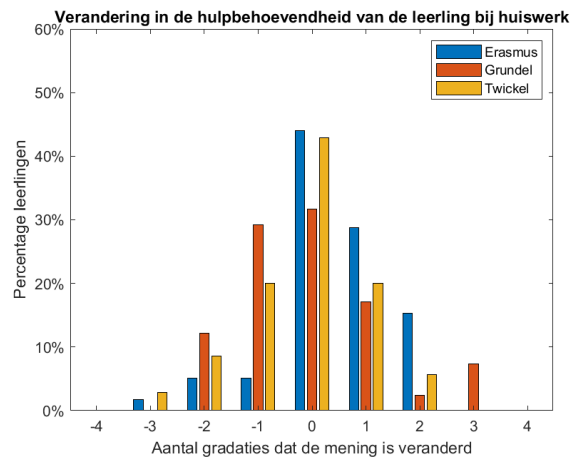
(b) Resultaten moeilijkheid van het vak

Figuur A.5: Affiniteit met het vak natuurkunde

De resultaten op de vraag “Heb je vaak hulp nodig bij natuurkunde huiswerk?” staan in Fig. A.6a. De resultaten van de individuele verandering op deze vraag staan in Fig. A.6b.



(a) Aantal keren hulp bij natuurkunde huiswerk

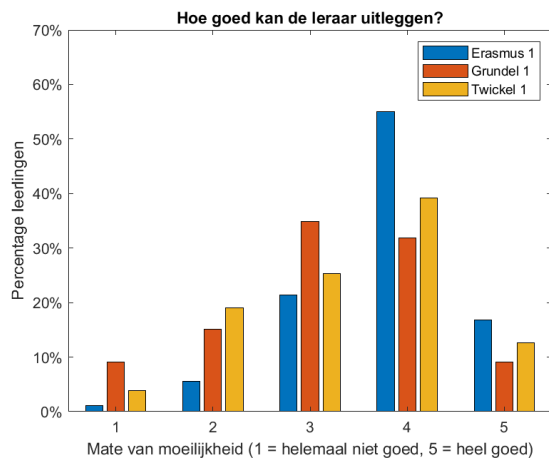


(b) Verandering in de hulp bij huiswerk

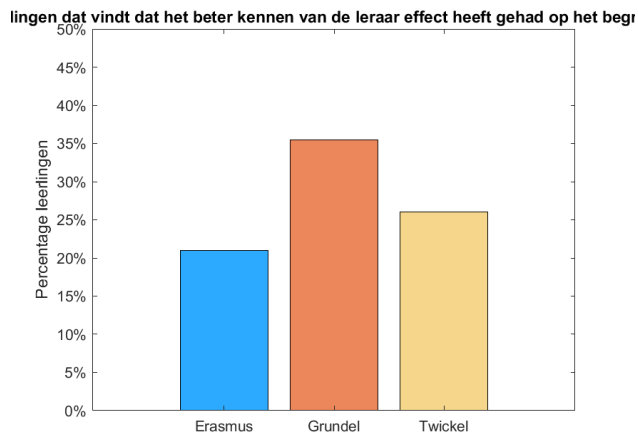
Figuur A.6: Resultaten met betrekking tot de hulp bij het huiswerk

A.5 Leraar

Er is een aantal vragen over de leraar gesteld. De eerste vraag was “Hoe goed kan jouw natuurkunde leraar uitleggen?”. De resultaten hiervan staan weergegeven in Fig. A.7a. Bij de natest werd gevraagd of het beter kennen van de leraar effect gehad heeft op het begrijpen van de uitleg. De percentages die deze vraag met “Ja” beantwoordden staan in in Fig. A.7b.



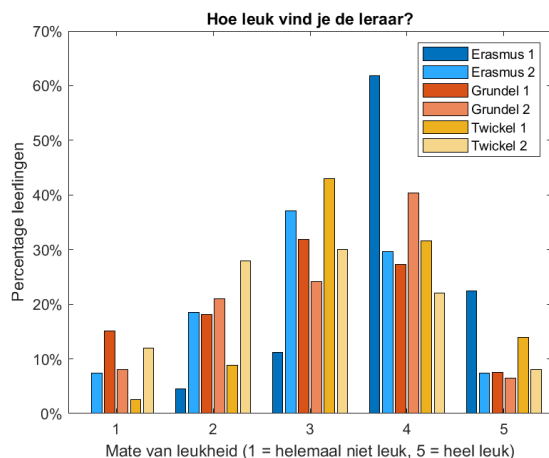
(a) Uitleg van de leraar



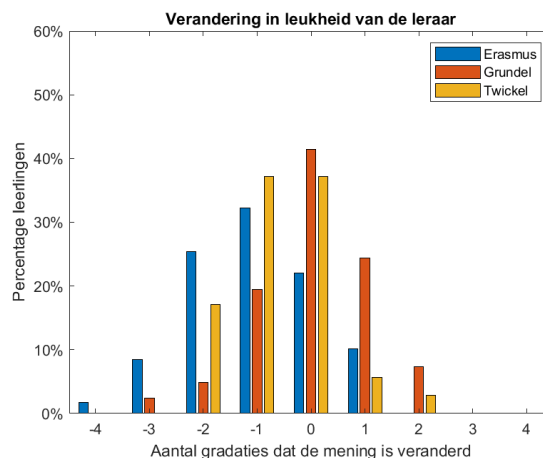
(b) Verandering in begripbaarheid van de uitleg van de leraar

Figuur A.7: Resultaten met betrekking tot de uitleg van de docent

De tweede vraag over de docent die zowel in de voortest als de natest is gesteld luidt: “Hoe leuk vind je de leraar?”. De algemene resultaten hiervan zijn te vinden in Fig. A.8a en de gekoppelde individuele resultaten in Fig. A.8b.



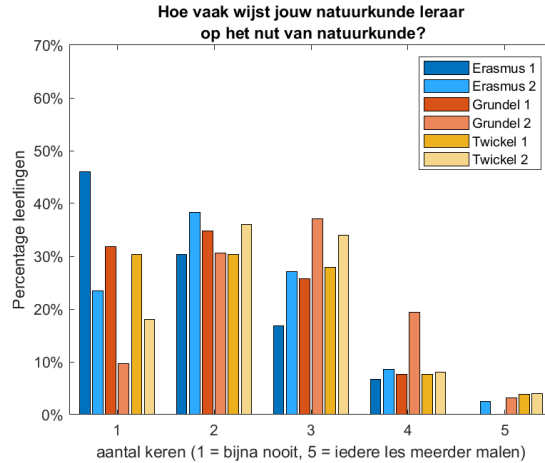
(a) Leukheid van de leraar



(b) Verandering in de leukheid van de leraar

Figuur A.8: Resultaten met betrekking tot hoe leuk de docent is

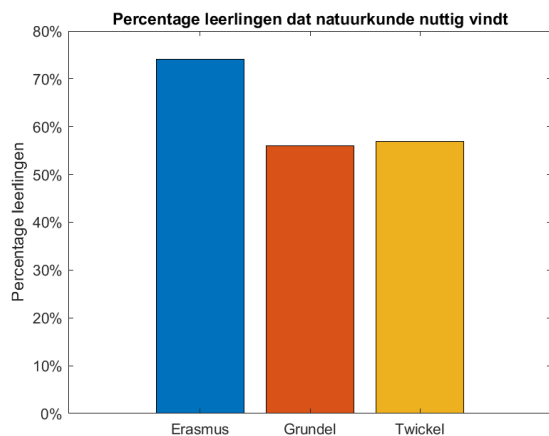
De laatste vraag met betrekken tot de leraar is: “Hoe vaak wijst jouw natuurkunde leraar op het nut van natuurkunde?”. Ook deze vraag is in beide testen gesteld. Fig. A.9 weergeeft de uitkomst hiervan.



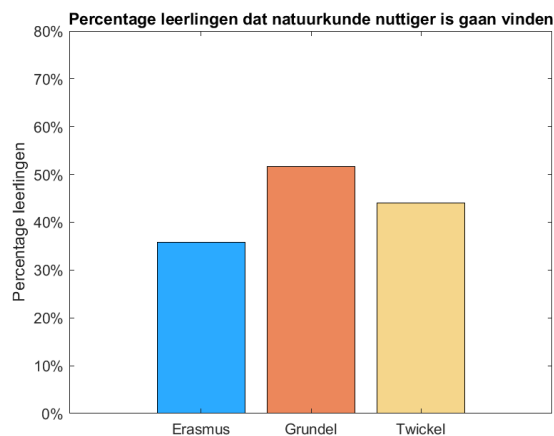
Figuur A.9: Aantal keren dat de leraar op het nut van natuurkunde wijst

A.6 Nut van natuurkunde

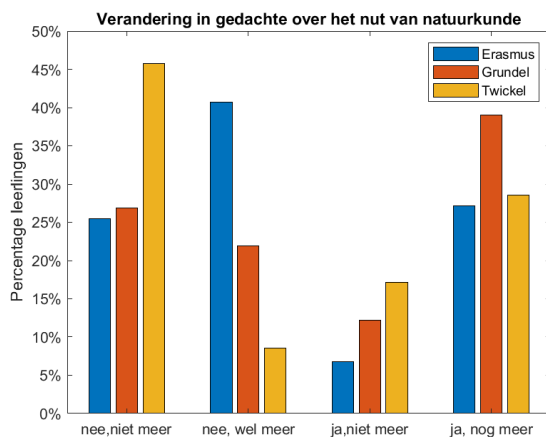
In de voortest is aan de leerlingen gevraagd of zij natuurkunde nuttig vinden. De percentages leerlingen die natuurkunde nuttig vinden staan weergegeven in Fig. A.10a. Bij de natest is gevraagd of de leerlingen in het afgelopen half jaar meer het nut van natuurkunde in zijn gaan zien. De percentages die deze vraag met “Ja” beantwoordden zijn te vinden in Fig. A.10b. Middels de code zijn bij deze vragen de individuele antwoorden bekeken en vergeleken. Fig. A.10c laat de resultaten hiervan zien. De leerlingen is ook gevraagd hoeveel zij denken natuurkunde nodig te hebben. Fig. A.11a geeft de uitkomsten van zowel de voortest als de natest. In Fig. A.11b zijn de resultaten van de gekoppelde individuele antwoorden te zien.



(a) Nuttigheid aan het begin van het onderzoek

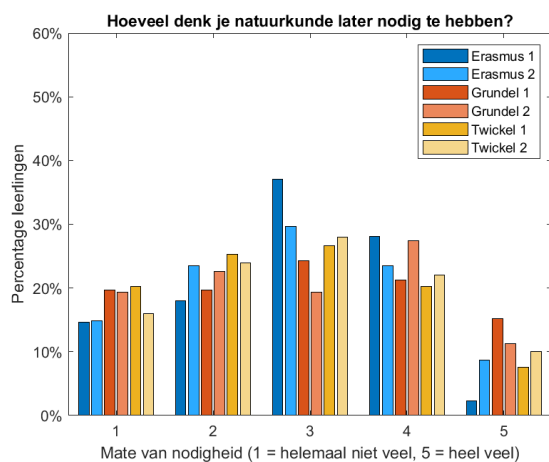


(b) Verandering in nuttigheid

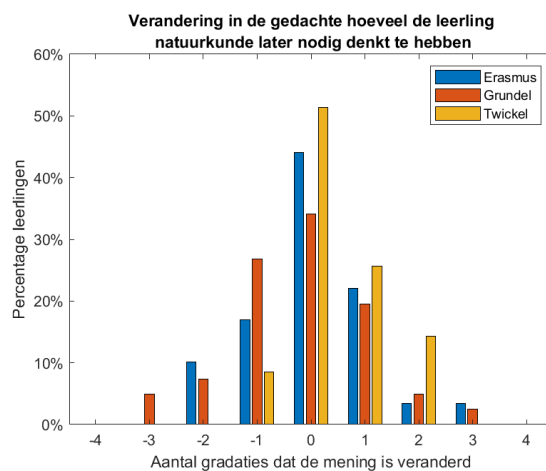


(c) Verduidelijking van de veranderende leerlingen

Figuur A.10: Resultaten van de waarde die aan natuurkunde hangt



(a) Resultaten over de verwachting



(b) Verandering in de verwachting

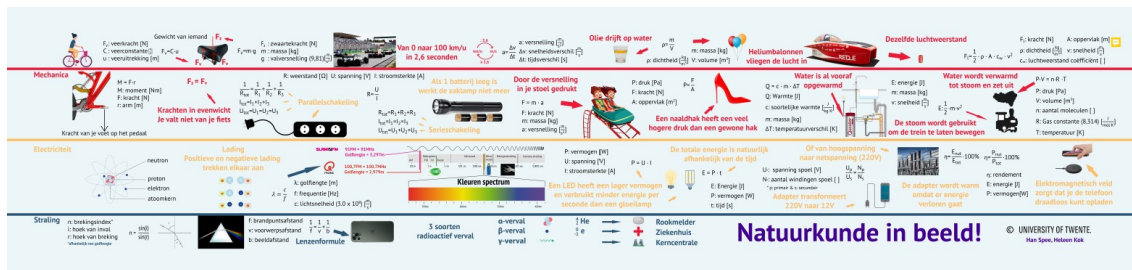
Figuur A.11: Resultaten over de verwachting natuurkunde nodig te hebben later

LERARENHANDLEIDING

Op de volgende pagina's is de lerarenhandleiding te vinden.

Lerarenhandleiding Natuurkunde in beeld!

13 AUGUSTUS 2020



H. SPEE
S1230344

Inhoudsopgave

1	Introductie	2
2	Mechanica	4
2.1	Fiets	4
2.1.1	Zadel	4
2.1.2	Trapper	5
2.2	Formule 1	6
2.2.1	Vertraging	6
2.3	Achtbaan	7
2.4	Dichtheid	7
2.5	Zonneauto	8
2.6	Naaldhak	9
2.7	Quooker	10
2.8	Stoomtrein	10
3	Elektriciteit	12
3.1	Lading	12
3.2	Schakelingen	13
3.2.1	Parallelschakeling	13
3.2.2	Serieschakeling	13
3.3	Verschil tussen gloeilamp en LED lamp	14
3.4	Transformator	15
3.5	Elektromagnetisme	16
4	Straling	17
4.1	Breking van licht	17
4.2	Lenzenformule	18
4.3	Elektromagnetisch spectrum	18
4.4	Radioactief verval	19

Hoofdstuk 1

Introductie

In uw klas hangt de poster "Natuurkunde in beeld!". Deze poster is bedacht en ontworpen door Han Spee voor het vak *Onderzoek van onderwijs* om daarmee de opleiding *Science, Education and Communication* aan de *Universiteit Twente* af te ronden.

Het derde leerjaar is voor VWO leerlingen erg belangrijk. Het is vaak het eerste jaar waarin zijn natuurkunde als losstaand vak krijgen en het niet gegeven wordt als samentrekking van scheikunde, biologie en natuurkunde. Veel leerlingen zullen dus aan het begin van het jaar nog niet exact weten wat het vak natuurkunde inhoudt. In dit jaar kiezen de leerlingen ook hun profiel voor de bovenbouw. In een relatief korte tijd zullen zij dus kennis moeten maken met het vak en ook moeten beslissen of zij dit voor de laatste 3 jaar van hun schooltijd willen volgen. Het wetenschappelijke karakter en de vele formules die gebruikt worden bij natuurkunde kunnen de leerling afschrikken en demotiveren.

Deze poster heeft als doel om de leerlingen meer te motiveren voor het vak natuurkunde door inzicht te geven in de leerlijn van natuurkunde. Deze poster bevat de belangrijkste onderwerpen van 3 VWO en ook enkele onderwerpen van 4 VWO. Al deze onderwerpen zijn aan drie domeinen in de natuurkunde gehangen:

1. Mechanica / Algemene natuurkunde
2. Elektriciteit
3. Straling

Deze drie domeinen voor de rode lijnen door de poster. Er is geprobeerd om de onderwerpen zo te plaatsen dat leerlingen verbanden tussen de onderwerpen kunnen ontdekken. Dit gaat om zowel horizontale verbanden als verticale verbanden. Met verticale verbanden wordt bedoeld verbanden binnen hetzelfde domein. Je moet bijvoorbeeld eerst weten wat versnelling is om de tweede wet van Newton te kunnen gebruiken. Horizontale verbanden zijn verbanden tussen verschillende domeinen. Elektrische energie kan bijvoorbeeld worden omgezet in warmte. De verticale verbanden worden vooral weergegeven door de drie gekleurde lijnen. Er is voor gekozen om juist formules met eenheden en grootheden op de poster te zetten. Uit eigen ervaring weet ik dat veel leerlingen hier mee worstelen. De grootheden en eenheden kunnen ook helpen met het ontdekken van horizontale verbanden.

Er is geprobeerd om bij elk onderwerp pakkende voorbeelden te gebruiken die de leerlingen tegen kunnen komen in hun dagelijkse leven. Dit moet het wetenschappelijk karakter van het vak wegnemen en de leerlingen laten inzien dat zij in alledaagse dingen natuurkunde tegen kunnen komen. Door zowel inzicht te geven in waar zij natuurkunde later in het jaar (of in de bovenbouw) natuurkunde voor nodig hebben als de toepasbaarheid in het dagelijks leven te laten zien, wordt getracht de vraag "Maar waarom moet ik dit doen? Ik ga er toch nooit meer gebruik van maken" te beantwoorden.

In de volgende hoofdstukken worden aan de hand van de drie domeinen alle onderwerpen besproken. Bij ieder onderwerp wordt uitleg gegeven wat ermee bedoeld wordt en wat de formules inhouden. Dit moet het voor u makkelijker maken om de poster in de les te betrekken of vragen van leerlingen hierover te beantwoorden. Vaak worden ook nog suggesties gegeven van andere voorbeelden dit het onderwerp kunnen verduidelijken.

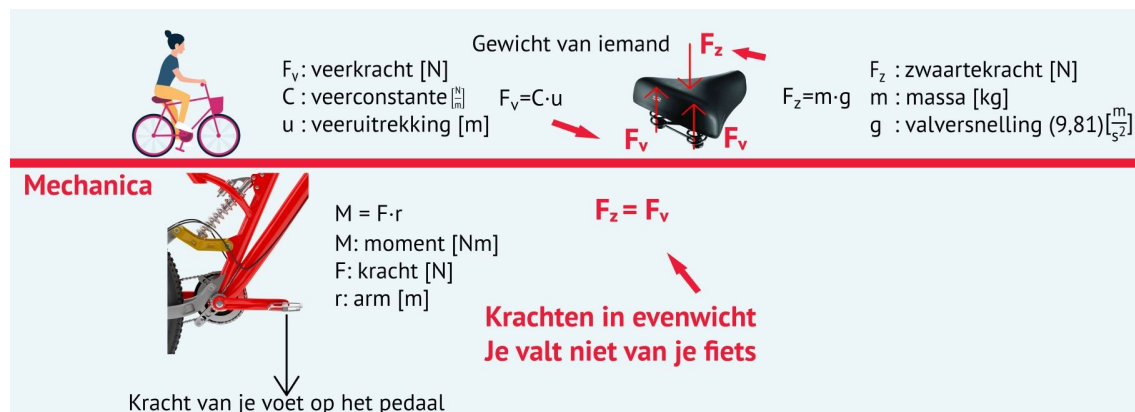
Hoofdstuk 2

Mechanica

Het eerste domein op de poster is mechanica of de algemene natuurkunde. Op de poster is dit domein aangeduid met de rode lijn. Zeker aan het begin van de lijn (linkerkant) staan veel mechanica onderwerpen. Later komen er ook onderwerpen uit de thermodynamica bij.

2.1 Fiets

Het eerste onderwerp van de mechanica is de fiets. De fiets is natuurlijk erg bekend onder de scholieren zullen vaak heen en weer naar school fietsen. Weinig leerlingen zullen daadwerkelijk interesse hebben in de werking van de fiets, maar doordat het zoveel gebruikt wordt spreekt het wel tot de verbeelding. Bij deze poster worden slechts twee onderdelen van de fiets belicht: het zadel en de trappers. Natuurlijk zijn er nog veel meer onderwerpen, zoals de dynamo, fietsbanden of versnellingen. Deze staan hier echter niet op, omdat dit veelal bovenbouw stof is. Natuurlijk kan hier wel naar worden verwezen.



Figuur 2.1: Bij de fiets horen de spelen veel krachten.

2.1.1 Zadel

Het eerste onderwerp is het zadel. Als je op het zadel gaat zitten, dan zul je iets doorzakken. Hier kunnen drie onderwerpen aan worden gelinkt: Krachten in evenwicht, veerkracht en zwaartekracht.

Formule 2.2 geeft weer hoe de veerkracht zich weerhoudt tot de uittrekking of indrukking van de veer. Formule 2.1 laat de vergelijking voor de zwaartekracht zien. Deze is natuurlijk afhankelijk van de massa en de valversnelling. Er kan een vergelijking worden gemaakt tussen een kind en een volwassene. De volwassene zal bij dezelfde fiets met hetzelfde zadel verder

doorzakken dan het kind. Dit komt doordat de volwassene zwaarder is.

$$F_z = m \cdot g \quad (2.1)$$

1. F_z : zwaartekracht in newton $[N]$
2. m : massa in kilogram $[kg]$
3. g : valversnelling in meter per seconde kwadraat $[\frac{m}{s^2}]$

De vergelijking voor de veerkracht is te vinden in formule 2.2. De veerkracht hangt af van de veerconstante van de veer en van de uittrekking of indrukking van de veer. Het kost steeds meer kracht om het zadel verder in te drukken.

$$F_v = C \cdot u \quad (2.2)$$

1. F_v : veerkracht in newton $[N]$
2. C : veerconstante in newton per meter $[\frac{N}{M}]$
3. u : veeruitrekking in meter $[m]$

$$F_z = F_v \quad (2.3)$$

De veerkracht en de zwaartekracht zijn samen in evenwicht (zie vergelijking 2.3) als iemand op de fiets gaat zitten. Het kind is lichter dan de volwassene. Dus het kind heeft minder zwaartekracht dan de volwassene. Doordat de krachten in evenwicht zijn is de zwaartekracht even groot als de veerkracht. Beide personen gaan op dezelfde fiets zitten en dus zijn de veren en de veerconstante gelijk. Door de grotere zwaartekracht van de volwassene, moet de tegenwerkende veerkracht ook groter zijn dan die van het kind en dus zal de vader verder doorzakken, dan het kind.

2.1.2 Trapper

Het tweede onderwerp van de fiets is de trapper. Dit onderwerp leent zich mooi om het moment uit te leggen. Het moment is afhankelijk van de kracht en de arm (zie vergelijking 2.4). De arm is de lengte tussen de trapper en de as waar het tandwiel aan zit (mits de trapper horizontaal staat). Een voorbeeld is het wegfietsen nadat het stoplicht op groen is gegaan. Het is het beste om de trappers horizontaal te hebben voor het wegfietsen. Op dat moment is de arm het grootst en kost het minder energie om hetzelfde moment te leveren om weg te fietsen. Staat de trapper op bijvoorbeeld 10° van de verticale positie, dan is het heel moeilijk om weg te fietsen. Dit komt omdat de horizontale arm erg kort is. Er is wel kans op misconcepties. De trapper is immers even lang en waarom is dan de arm toch kleiner? Het valt uit te leggen doordat de kracht loodrecht op de arm moet staan om een moment te genereren. Dan moet de kracht echter ontbonden worden en dat is bovenbouw stof. Het gevoel dat je makkelijker wegfiets als je trapper horizontaal staat in plaats van op 10° , zal echter voor de leerlingen wel herkenbaar zijn.

$$M = F \cdot r \quad (2.4)$$

1. M : moment in Newton meter $[Nm]$
2. F : kracht in Newton $[N]$
3. r : arm in meter $[m]$

2.2 Formule 1

De Formule 1 is de laatste jaren helemaal hot nu Max Verstappen het zo goed doet. Aan deze sport hangen natuurlijk veel natuurkundige aspecten, zoals de luchtweerstand (waarom heeft een formule 1 auto zoveel flapjes en vleugels), de banden (waarom hebben deze banden geen profiel en auto- of fietsbanden wel) of de remmen (de energieomzetting van kinetische energie naar warmte laat de remmen mooi rood gloeien). Dit is echter allemaal veel te hoog gegrepen en hier kan eventueel in de bovenbouw nog naar verwezen worden. Voor 3 VWO is het simpel gehouden door alleen te kijken naar de versnelling.



Figuur 2.2: Bij de start van een Formule 1 wedstrijd bereiken de auto's binnen een mum van tijd enorme snelheden.

De formule voor de versnelling is te vinden in vergelijking 2.5. De versnelling krijg je door het verschil in snelheid te delen door het verschil in tijd. In het dagelijks leven gebruiken wij vaker km per uur dan meter per seconde. Je gaat van km/u naar m/s door het te vermenigvuldigen met 3.6 en omgekeerd door het te delen door 3.6. Een Formule 1 auto haalt een hoge snelheid binnen een mum van tijd. De leerlingen kunnen oefenen door deze snelheid (bijvoorbeeld 100 km/u of de topsnelheid van 320 km/u) om te rekenen naar m/s en vice versa. Het belangrijkste is natuurlijk de enorme acceleratie van een F1 auto. De leerling kan geïnteresseerd worden door een filmpje van de start van een race te laten zien. Op youtube zijn enorm veel filmpjes te vinden. Bij de nieuwere races (Brazilië of Abu Dhabi 2019) staat vaak ook van een auto hoe snel hij optrekt.

Men moet wel waken voor de interesse van de leerling. Hoewel F1 steeds populairder wordt bij vrouwen, zijn mannen vaker geïnteresseerd in de sport. Er kunnen ook uitstapjes gemaakt worden naar andere sporten, bijvoorbeeld schaatsen of hardlopen. Een ander voorbeeld is de versnelling in een achtbaan (zie sectie 2.3)

2.2.1 Vertraging

Ter verdieping kan ook naar de vertraging gekeken worden. Een voorbeeld hiervan zijn crashes. Bij de crashes van 2018 en 2019 staat ook vermeld hoeveel g de coureur te verduren krijgen. Het is aan de leraren om uit te leggen dat g staat voor de gravitatieversnelling van $9.81 m/s^2$. Als er geen snelheid bij staat, moet dit door de leraar erbij bedacht worden. De leerling kan op die manier de tijd berekenen die het duurt om de auto tot stilstand te brengen.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (2.5)$$

1. a : versnelling in meter per seconde kwadraat $[\frac{m}{s^2}]$
2. Δv : snelheidsverschil in meter per seconde $[\frac{m}{s}]$
3. Δt : tijd in seconde $[s]$

2.3 Achtbaan



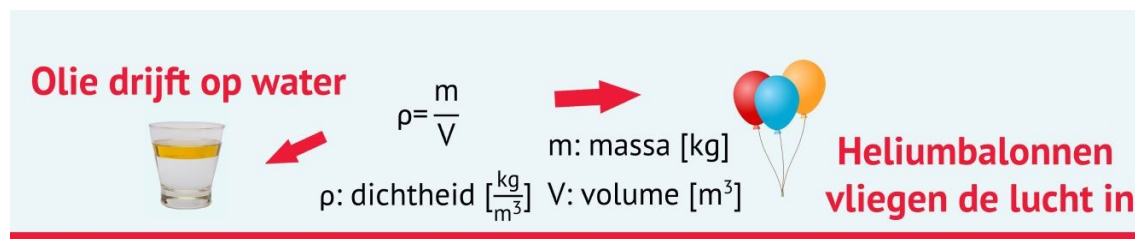
Figuur 2.3: Je wordt in je stoel gedrukt als je in een achtbaan naar beneden gaat.

Er is snel een connectie gemaakt tussen de Formule 1 (sectie 2.2) en een achtbaan. In een achtbaan onderga je ook enorme versnellingen en vertragingen. Dit onderwerp spreekt de leerlingen waarschijnlijk erg aan omdat ze allemaal wel eens in een achtbaan zijn geweest. Ook hier kan de versnelling berekend worden. Een goed voorbeeld hiervoor is de achtbaan “Xpress, Platform 13” [1]. Deze achtbaan gaat van 0 naar 90 km/u in 2.8 sec . De passagiers worden in hun stoel gedrukt bij de lancering. Hier kan de brug worden gemaakt naar de derde wet van Newton. Deze staat in vergelijking 2.6 en het beschrijft dat de kracht die een voorwerp ondervind afhankelijk is van zijn massa en de versnelling die het maakt. De versnelling van de achtbaan kunnen ze berekenen. Ze kunnen zien dat niet iedereen dezelfde kracht ondervind in een achtbaan aangezien dit afhankelijk is van de massa. Daarnaast is datgene wat een achtbaan zo leuk de grote versnellingen en vertragingen. Dit drukt je immers in of uit je stoel. Verder kan er verteld worden dat een achtbaan die een constante snelheid heeft (ook al is deze 100 km/u) helemaal niet leuk is. De versnelling is namelijk 0 m/s^2 en dus voel je geen kracht (behalve de wind).

$$F = m \cdot a \quad (2.6)$$

1. F : kracht in newton $[N]$
2. m : massa in kilogram $[kg]$
3. a : versnelling in meter per seconde kwadraat $[\frac{m}{s^2}]$

2.4 Dichtheid



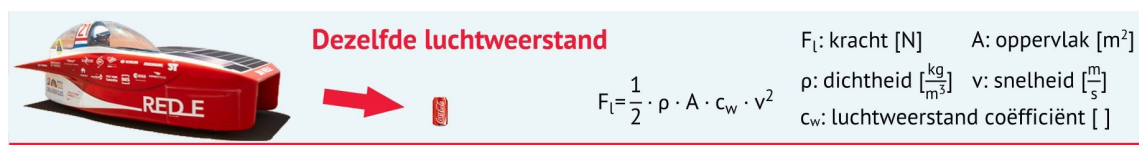
Figuur 2.4: De dichtheid bepaald of iets zinkt of de lucht in gaat.

Hoewel dichtheid nieuw is voor de leerlingen is het niet heel lastig uit te leggen. De formule van dichtheid is te vinden in vergelijking 2.7. De leerlingen weten inmiddels wat gewicht is en de dichtheid is enkel het volume delen door de dichtheid. Er zijn talloze voorbeelden zoals olie wat drijft op water en heliumballonnen die de lucht in gaan. Een andere manier om dit begrip duidelijk te maken is het laten zien van verschillende metalen cilinders (bijvoorbeeld aluminium, lood, staal) van dezelfde grootte. Door deze te wegen kunnen de leerlingen zien dat een ander gewicht hebben.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.7)$$

1. ρ : dichtheid in kilogram per kubieke meter $[\frac{kg}{m^3}]$
2. m : massa in kilogram $[kg]$
3. V : volume in kubieke meter $[m^3]$

2.5 Zonneauto



Figuur 2.5: De zonneauto van de Universiteit Twente heeft dezelfde luchtweerstand als een colablikje.

Luchtweerstand is een lastig onderwerp met een lastige formule (zie vergelijking 2.8). De kracht die een object ondervindt is afhankelijk van de dichtheid van het medium waarin het zich bevindt (meestal lucht), het frontale oppervlak waar die medium tegenaan komt, de luchtweerstand coëfficiënt welke afhankelijk is van het object en de snelheid waarmee het medium stroomt. Deze aspecten kunnen één voor één aan de leerlingen uitgelegd worden aan de hand van voorbeelden. Bij de dichtheid kan de vergelijking gemaakt worden tussen voortbewegen in water en lucht. Met zwemmen kost het veel meer moeite om vooruit te komen dan met lopen omdat de dichtheid van water veel groter is dan die van lucht en daardoor ondervindt je veel meer tegenwerkende kracht tijdens het zwemmen. De snelheid is ook relatief eenvoudig uit te leggen aan de hand van fietsen. Als je sneller gaat fietsen (of meer wind tegen hebt) ondervindt je meer weerstand. Lastig is hierbij om uit te leggen dat dit kwadratisch is. Hier valt niet veel anders over te zeggen dan als je 2 maal zo snel fietst je 4 maal zoveel luchtweerstand ondervindt. De vergelijking die wordt gemaakt op de poster is tussen de zonneauto van Solar Team Twente en een colablikje. De c_w waarde is het lastigste uit te leggen. Leerlingen zullen zich wellicht verbazen dat een auto die veel groter is dezelfde weerstand ondervindt als een colablikje. Dit kan verklaard worden doordat de auto heel erg gestroomlijnd is en dat de lucht daardoor heel makkelijk langs de auto glijdt, terwijl dat heel lastig is bij het blikje. Andere vergelijkingen hiervoor die gebruikt kunnen worden zijn treinen (de DDZ trein van NS heeft een vierkante neus en de Thalys een spitse) of auto's (oude versus nieuwere auto's).

$$F_l = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot c_w \cdot v^2 \quad (2.8)$$

1. F_l : kracht in Newton $[N]$
2. ρ : dichtheid in kilogram per kubieke meter $[\frac{kg}{m^3}]$

3. A : oppervlak in vierkante meter [m^2]
4. c_w : luchtweerstand coëfficiënt []
5. v : snelheid in meter per seconde [$\frac{m}{s}$]

2.6 Naaldhak



Figuur 2.6: Door de enorme druk in een naaldhak kan iemands voet geperforeerd raken.

Er zijn vele manieren om druk uit te leggen. De leerlingen zullen het wellicht kennen van hun fietsband. De meeste nieuwere fietspompen hebben inmiddels een drukmeter erop. Het is niet heel eenvoudig om druk uit te leggen aan de hand van dat voorbeeld. Op de poster wordt een naaldhak gebruikt. Waar de Formule 1 misschien eerder een mannen onderwerp is, is dit een echt dames onderwerp. De druk wordt bepaald door de kracht te delen door het oppervlak waarop deze kracht wordt uitgevoerd. Bij naaldhakken is dit oppervlak enorm klein terwijl hier een groot gedeelte van het lichaamsgewicht op rust. De druk is dus hoog. Zo hoog zelfs dat als iemand met een naaldhak op de voet van iemand anders gaat staan, deze geperforeerd kan worden (voorbeelden kunnen gevonden worden door stiletto injury te googlen, al is dit niet verstandig om aan de klas te laten zien).

$$P = \frac{F}{A} \quad (2.9)$$

1. P : druk in Pascal [Pa]
2. F : kracht in Newton [N]
3. A : oppervlak in vierkante meter [m^2]

2.7 Quooker



Figuur 2.7: Bij een Quooker kun je kokend water uit de kraan krijgen.

De Quooker is in steeds meer in huizen te vinden. Voor de leerlingen lijkt het haast wel magie dat er kokend water uit de kraan kan komen. Dit water is natuurlijk al van de voren opgewarmd in een kleine boiler onder de kraan. Met dit voorbeeld is verwarmen (vergelijking 2.10) goed uit te leggen. De hoeveelheid warmte die een stof kost of oplevert is afhankelijk van de soortelijke warmte van de stof, de massa van deze stof en het temperatuurverschil dat deze stof. Het water in de boiler wordt van kamertemperatuur verwarmd tot $110^{\circ}C$. Doordat deze onder druk staat (waterleidingdruk) gaat dit niet koken. Wanneer het uit de kraan komt kookt het meteen. Dit voorbeeld is nagenoeg gelijk aan die van een waterkoker, alleen spreekt het leerlingen meer aan.

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T \quad (2.10)$$

1. Q : warmte in Joule [J]
2. c : soortelijke warmte in Joule per kilogram Kelvin [$\frac{J}{kg \cdot K}$]
3. m : massa in kilogram [kg]
4. ΔT : temperatuurverschil in Kelvin [K]

2.8 Stoomtrein



Figuur 2.8: Bij een stoomtrein wordt chemische energie (kolen) omgezet in warmte en druk waardoor de trein uiteindelijk kinetische energie krijgt.

Hoewel de stoomtrein in het dagelijks wereldbeeld nauwelijks meer zichtbaar is zullen de leerlingen het natuurlijk wel herkennen. Het was één van de belangrijkste ontwikkelingen in de industriële revolutie. Voor het eerst kon chemische energie omgezet worden in nuttige arbeid. Bij de stoomtrein wordt chemische energie omgezet in kinetische energie. Door kolen te verbranden warmt water op. Hierbij is eenvoudig een connectie te maken met de vorige sectie (2.7). Dit water wordt omgezet tot stoom. De gaswet staat in vergelijking 2.11. De druk maal het volume is gelijk aan het aantal moleculen van de stof vermenigvuldigd met de algemene gasconstante maal de temperatuur. Doordat de temperatuur toeneemt en de overige waarden gelijk blijven, neemt de druk toe. Deze druk wordt gebruikt om een cilinder in beweging te krijgen waardoor de trein gaat rijden.

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \quad (2.11)$$

1. P : druk in Pascal [Pa]
2. V : volume in kubieke meter [m^3]
3. n : aantal moleculen [$]$
4. R : gas constante (8,314) [$\frac{J}{molK}$]
5. T : temperatuur in Kelvin [K]

De trein krijgt dus kinetische energie. De hoeveelheid kinetische energie is afhankelijk van de massa van het voertuig en de snelheid in het kwadraat (zie vergelijking 2.12). Uiteindelijk wordt dus chemische energie die omgezet naar warmte welke vervolgens wordt omgezet in kinetische energie. Er zullen meer kolen verbrand moeten worden om een grotere (en dus zwaardere) trein dezelfde snelheid te geven als een lichte trein.

$$E = m \cdot v^2 \quad (2.12)$$

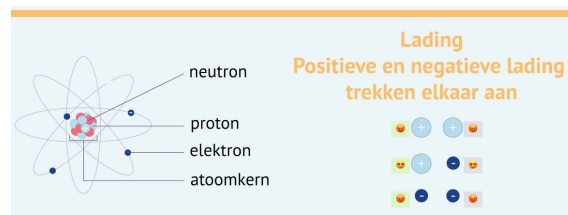
1. E : energie in Joule [J]
2. m : massa in kilogram [kg]
3. v : snelheid in meter per seconde [$\frac{m}{s}$]

Hoofdstuk 3

Elektriciteit

Het tweede domein op de poster is elektriciteit. Dit is aangeduid met geel. Het begint met het atoommodel en eindigt met elektromagnetisme.

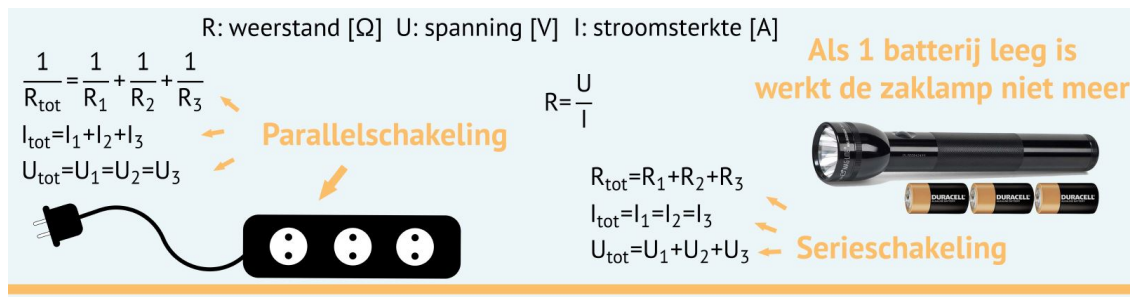
3.1 Lading



Figuur 3.1: Het atoommodel van Rutherford.

Om te snappen wat elektriciteit is, moet de leerling eerst snappen wat lading en elektronen zijn. Figuur 3.1 laat het atoommodel zien. Een atoom is opgebouwd uit een kern met protonen en neutronen. Om deze kern cirkelen elektronen. Protonen hebben een positieve lading, elektronen hebben een negatieve lading en neutronen hebben geen lading. Voorwerpen kunnen ook positief, negatief of niet geladen zijn. Dit heeft effect op elkaar. Twee positieve deeltjes of voorwerpen zullen elkaar afstoten. Dit is ook aan de rechterkant van figuur 3.1 weergegeven doordat de twee protonen allebei boos op elkaar zijn; ze houden niet van elkaar en stoten elkaar daarom af. Hetzelfde geldt voor twee negatief geladen deeltjes of voorwerpen. Deze zullen elkaar ook afstoten. Een positief geladen voorwerp of deeltje houdt alleen maar van een negatief geladen voorwerp of deeltje. Dit is in de figuur ook te zien met de verliefde emoticons. Deze basiskennis is nodig om te snappen dat stroom van + naar - loopt.

3.2 Schakelingen



Figuur 3.2: Elektrische apparaten zijn opgebouwd uit serie en/of parallelschakelingen.

Een belangrijk onderdeel in 3 VWO van het onderwerp elektriciteit zijn schakelingen. Als de leerlingen volwassen zijn zal dit ook nog regelmatig terugkomen bij bijvoorbeeld een verbouwing of als er telkens een stop uit knalt door overbelasting. Alle leerlingen (ook die natuurkunde laten vallen in de bovenbouw) hebben daarom een benul van schakelingen nodig. De leerlingen hebben in 2 VWO al kennisgemaakt met begrippen als spanning en stroomsterkte. Zij moeten voor het gebruik van schakelingen ook nog het begrip weerstand kennen. Weerstand is de spanning gedeeld door de stroomsterkte (zie vergelijking 3.1) en het zegt iets over hoe gemakkelijk stroom door een element kan gaan.

$$R = \frac{U}{I} \quad (3.1)$$

1. R : weerstand in Ohm [Ω]
2. U : spanning in Volt [V]
3. I : stroomsterkte in Ampère [A]

3.2.1 Parallelschakeling

De eerste soort schakeling is een parallelschakeling. De schakeling kent T-splitsingen waardoor de stroom verdeelt wordt. De spanning is echter overal hetzelfde. In de lesboeken zijn schematische tekeningen hiervan te vinden. Deze staan niet op de poster, omdat de leerling deze al vaak genoeg zien. Op de poster staat een toepassing, namelijk een stekkerdoos. De stroom wordt hier parallel verdeeld. Het voordeel van deze schakeling is dat als één van de stopcontacten het niet meer doet, de anderen wel blijven werken. Een ander voorbeeld is de verdelingen van de groepen in een huis.

$$\frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (3.2)$$

$$I_{tot} = I_1 + I_2 + I_3 \quad (3.3)$$

$$U_{tot} = U_1 = U_2 = U_3 \quad (3.4)$$

3.2.2 Serieschakeling

De tweede soort schakeling is een serieschakeling. Hierbij wordt de stroom niet verdeeld, maar wordt alles achter elkaar aan geknoopt en ontstaat er één grote lange stroomcirkel. De stroom is dan ook overal gelijk, maar de spanning en de weerstand verdelen zich over de elementen in de stroomcirkel. Het nadeel is dat als er een defect in de cirkel zit, er ook geen stroom

meer loopt. Een klassiek voorbeeld van een serieschakeling is oude kerstverlichting. Als één lampje het niet meer doet, is de hele kerstboom niet meer verlicht. Echter is dat tegenwoordig bijna niet meer het geval door de moderne LED verlichting. Een ander voorbeeld is een Maglite (of andere zaklamp). De batterijen worden er achter elkaar in gestopt. Deze batterijen staan in serie, waardoor de spanning van iedere batterij bij elkaar opgeteld mag worden.

$$R_{tot} = R_1 + R_2 + R_3 \quad (3.5)$$

$$I_{tot} = I_1 = I_2 = I_3 \quad (3.6)$$

$$U_{tot} = U_1 + U_2 + U_3 \quad (3.7)$$

3.3 Verschil tussen gloeilamp en LED lamp



Figuur 3.3: LED lampen hebben een lager vermogen dan gloeilampen terwijl ze evenveel licht uitzenden.

Twee andere onderwerpen die de leerlingen in 3 VWO leren zijn vermogen en energie. Energie hebben de meeste leerlingen al wel een idee van, omdat ze hier ook met andere onderwerpen mee te maken hebben gehad. Vermogen is iets nieuws en iets abstract waar de leerlingen vaak meer moeite mee hebben. De formule voor vermogen is niet heel moeilijk: vermogen is de spanning maal de stroomsterkte (zie vergelijking 3.8). Vermogen zegt iets over de hoeveelheid energie die een apparaat verbruikt als het aan staat. Of te wel: het apparaat heeft het vermogen om zoveel energie te gebruiken, maar het doet dit pas als het aan staat. Het zegt dus iets over de zuinigheid van een apparaat.

$$P = U \cdot I \quad (3.8)$$

1. P : vermogen in Watt [W]
2. U : spanning in Volt [V]
3. I : stroomsterkte in Ampère [A]

De energie die verbruikt wordt is afhankelijk van het vermogen van een apparaat en hoe lang dit apparaat aan staat (formule 3.9). Een gloeilamp heeft een veel groter vermogen dan een LED lamp terwijl ze dezelfde hoeveelheid licht uitzenden. Als dezelfde hoeveelheid energie verbruikt mag worden, dan kan een LED lamp dus veel langer aan staan dan een gloeilamp. Dit komt door het hogere rendement van een LED lamp (zie sectie 3.4).

$$E = P \cdot t \quad (3.9)$$

1. E : energie in Joule $[J]$
2. P : vermogen in Watt $[W]$
3. t : tijd in seconde $[s]$

3.4 Transformator

Of van hoogspanning naar netspanning (220V)

U : spanning spoel $[V]$ $\frac{U_p}{U_s} = \frac{N_p}{N_s}$

N : aantal windingen spoel $[]$

* p: primair & s: secundair

Adapter transformeert 220V naar 12V

De adapter wordt warm omdat er energie verloren gaat

$\eta = \frac{E_{nut}}{E_{tot}} \cdot 100\%$

Figuur 3.4: Middels enorme transformatoren wordt elektriciteit getransporteerd vanaf de energiecentrale en dankzij kleine transformatoren kan je je telefoon opladen.

Transformatoren zet lage spanning om naar hoge spanning of vice versa. Dit gebeurt door middel van spoelen en elektromagnetisme. Dit onderwerp is echter bovenbouw stof en de leerlingen hoeven alleen maar te weten hoe je spanning om kunt zetten. Er kan echter al wel interesse hiervoor worden gewekt. Vergelijking 3.10 geeft weer hoe spanning omgezet wordt. Dit is afhankelijk van het aantal windingen van een spoel.

$$\frac{U_p}{U_s} = \frac{N_p}{N_s} \quad (3.10)$$

1. U_p : spanning in primaire spoel in Volt $[V]$
2. U_s : spanning in secundaire spoel in Volt $[V]$
3. N_p : aantal windingen in primaire spoel $[]$
4. N_s : aantal windingen in secundaire spoel $[]$

De leerlingen zullen zich vooral afvragen waarom verschillende spanningen nodig zijn en waarom alles niet gewoon één spanning kan hebben. Dit komt doordat elektriciteit op hoge spanning met minder verlies getransporteerd worden. Het rendement van elektriciteitstransport op hoge spanning is hoger dan op lage spanning. Vergelijkingen 3.11 en 3.12 laten zien wat rendement is. Bij elektriciteitstransport gaat er altijd energie verloren. Energiebedrijven willen dat alle elektrische energie die ze produceren in de centrale ook aankomt bij de consumenten. Echter gaat er tijdens dit transport energie verloren doordat er warmte ontstaat. Bij transport op hoge spanning wordt er minder warmte geproduceerd en dus is het rendement hoger. Een transformator heeft ook een rendement, want de elektrische energie in de ene spoel wordt niet allemaal omgezet naar elektrische energie in de andere spoel. Er ontstaat ook warmte. De leerlingen zullen dit wel herkennen doordat de adapter van hun telefoon- of laptopoplader altijd warm is. De lader heeft dus geen 100% rendement aangezien er energie verloren gaat in de vorm van warmte.

$$\eta = \frac{E_{nut}}{E_{tot}} \cdot 100\% \quad (3.11)$$

$$\eta = \frac{P_{nut}}{P_{tot}} \cdot 100\% \quad (3.12)$$

1. η : rendement in procenten [%]
2. E : energie in Joule [J]
3. P : vermogen in Watt [W]

3.5 Elektromagnetisme



Figuur 3.5: Dankzij elektromagnetisme kan je je telefoon draadloos opladen.

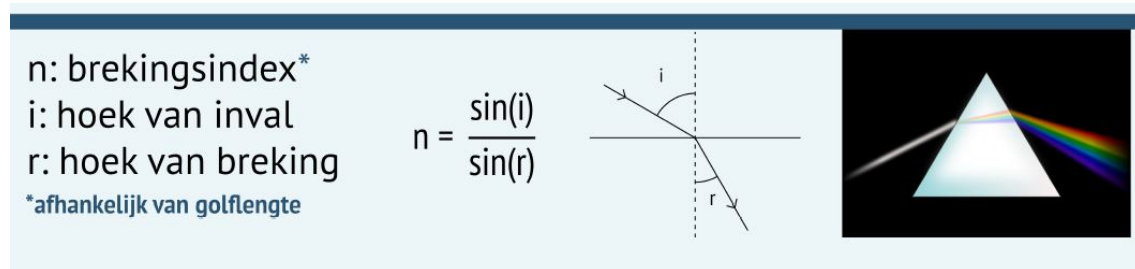
De leerlingen krijgen in 3 VWO de basis voor elektriciteit. In de bovenbouw gaat dit veel verder en krijgen ze ook elektriciteit en magnetisme. Een draadloze oplader maakt gebruik van elektromagnetisme. Deze oplader zien we steeds meer in onze samenleving. De leerling kan alvast geïnteresseerd worden in de onderwerpen van de bovenbouw middels dit onderwerp.

Hoofdstuk 4

Straling

Het laatste domein is straling en deze heeft de kleur blauw. Naast dat dit gaat over radio-activiteit, zijn ook de onderwerpen over licht onder dit domein geplaatst.

4.1 Breking van licht



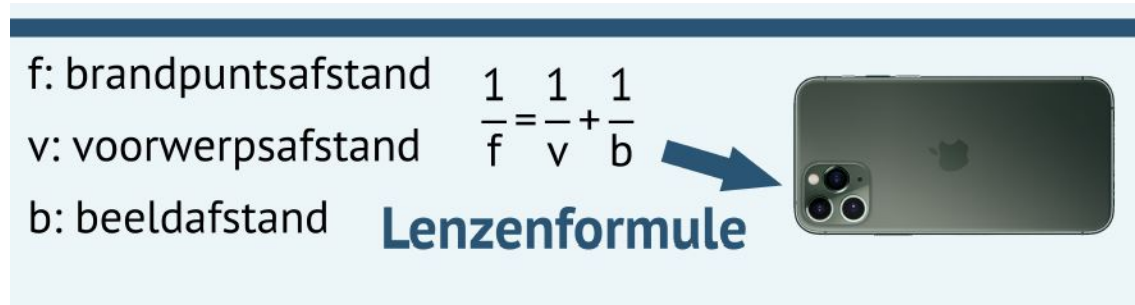
Figuur 4.1: Zonlicht breekt in alle kleuren als het door een prisma gaat.

In 3 VWO is er nog weinig aandacht voor straling en de bijbehorende verschijnselen. Het belangrijkste onderdeel van straling in dat leerjaar is licht. Dat begint met de weerkaatsing en breking van licht. In vergelijking 4.1 staat de formule voor breking van licht. Hoe licht breekt is afhankelijk van de hoek van inval en de brekingsindex. Deze op zijn beurt weer afhankelijk van de golflengte van het licht. Het plaatje op de poster staat ook in de meeste lesboeken. Wit licht (wat bestaat uit licht met alle golflenten) breekt op in allerlei kleuren. Hierbij kan alvast de connectie worden gemaakt met het elektromagnetisch spectrum (zie sectie 4.3 en figuur 4.3).

$$n = \frac{\sin(i)}{\sin(r)} \cdot 100\% \quad (4.1)$$

1. n : brekingsindex []
2. i : hoek van inval in graden [°]
3. r : hoek van breking in graden [°]

4.2 Lenzenformule



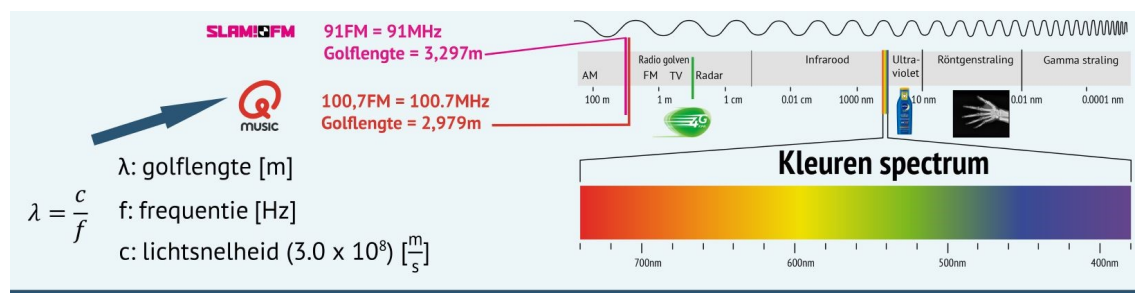
Figuur 4.2: De Iphone 11 Pro heeft drie camera's waardoor je zowel portret als normale als panorama foto's kunt maken.

Lichtbreking vormt de basis voor de werking van lenzen en de bijbehorende lenzenformule (vergelijking 4.2). Elke lens heeft een brandpunt waarin alle lichtstralen (die evenwijdig binnenkomen) samenkomen. Bij camera's bepaald de brandpuntsafstand wat er allemaal scherp op de foto komt. De licht gevoelige plaat verandert namelijk niet van grootte en blijft op dezelfde afstand van de lens. De voorwerpsafstand is dus afhankelijk van de brandpuntsafstand. Bij grote spiegelreflexcamera's kan deze brandpuntsafstand verschoven worden, waardoor je zowel voorwerpen dichtbij als veraf scherp kunt fotograferen. De kleine camera's die op mobiele telefoons zitten kunnen dat niet of niet zoveel. Daarom komen er op steeds meer telefoons meerdere camera's met verschillende brandpuntsafstanden (zie figuur 4.2). Één van die camera's is dan voor landschapsfoto's en een andere is voor portretfoto's terwijl de derde voor het gebied tussen veraf en dichtbij is.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{b} \quad (4.2)$$

1. f : brandpuntsafstand in meter[m]
2. v : voorwerpsafstand in meter [m]
3. b : beeldafstand in meter[m]

4.3 Elektromagnetisch spectrum



Figuur 4.3: De mensheid maakt gebruik van het hele elektromagnetische spectrum.

Het elektromagnetisch spectrum is heel groot en kent vele toepassingen. Om dit te snappen moet de leerling eerst het verband weten tussen golflengte en frequentie (vergelijking 4.3). Elke

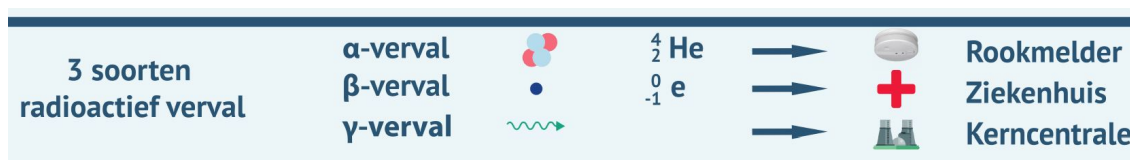
straal plant zich namelijk voort met de lichtsnelheid van $3.0 \cdot 10^8 m/s$. De frequentie waarop dit gebeurd is verschillend. Waar gamma straling een hele hoge frequentie heeft hebben radiogolven een hele lage frequentie en trillen deze dus veel minder per seconde. Omdat beiden met de snelheid voortbewegen, hebben radiogolven een veel grotere golflengte.

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (4.3)$$

1. λ : golflengte in meter[m]
2. c : lichtsnelheid ($3.0 \cdot 10^8$) in meter per seconde [$\frac{m}{s}$]
3. f : frequentie in per seconde [$\frac{1}{s}$]

Figuur 4.3 laat het elektromagnetisch spectrum zien met een aantal toepassingen. Zichtbaar licht is slechts een klein gedeelte van het hele elektromagnetische spectrum. Bij de radiogolven horen ook de radiozenders. Elke radiozender is op een andere FM te horen. Deze FM staat voor de frequentie van de golven waarop zij uitzenden. Als voorbeeld op de poster zijn Slam FM en Qmusic gebruikt. Deze zijn expres zo gekozen omdat de frequentie redelijk ver uit elkaar ligt. Met formule 4.3 kan de bijbehorende golflengte berekend worden van de golven. De leerlingen kunnen zien dat deze golflengten toch dicht bij elkaar liggen (slechts $32cm$ verschil). Tussen deze radiozenders zitten nog vele andere golflengten. Om de de leerlingen te laten oefenen met het omzetten van frequentie naar golflengte, kan ook van andere radiozenders de golflengte bepaald worden. Ze zullen zien dat het verschil in golflengte dan nog kleiner is. Een ander voorbeeld van radiogolven is 4G. Iedereen kent het en maakt er volop gebruik van. Infrarood licht wordt gebruikt in afstandsbedieningen, maar het is natuurlijk vooral bekend als warmte. Hoe meer naar rechts op het elektromagnetisch spectrum, hoe destructiever de straling wordt. UV licht kennen de leerlingen natuurlijk ook. Er kan worden uitgelegd dat dit schadelijk is en dat als je verbrand bent, je eigenlijk je huid hebt beschadigd. Röntgenstraling is natuurlijk erg handig om door voorwerpen of het lichaam te kunnen kijken, maar teveel is slecht voor het lichaam omdat het schade aanricht. Met gammastraling wordt een brug gemaakt naar de drie soorten van radioactief verval.

4.4 Radioactief verval



Figuur 4.4: Er zijn 3 soorten radioactief verval.

Het laatste onderdeel wat van straling in 3 VWO wordt behandeld is radioactief verval. Er zijn 3 soorten radioactief verval. α straling is het vrijkomen van een heliumkern als een molecuul verval. Bij β straling komt er een elektron vrij en γ straling is elektromagnetische straling (zie sectie 4.3). Dit is allemaal ioniserende straling en het kan dus atomen ioniseren. Hierdoor is het schadelijk voor het lichaam. Op de poster staan voorbeelden waarin deze straling gebruikt wordt, want dit kan ook voor nuttige doeleinden gebruikt worden. Zo wordt alfastraling vaak gebruikt in rookmelders. Betastraling (maar ook gammastraling) wordt gebruikt in ziekenhuizen voor de bestrijding van tumoren. Gammastraling is vooral te vinden in kerncentrales.

Bibliografie

- [1] Xpress: Platform 13 front seat on-ride hd pov walibi holland. <https://youtu.be/oiSTNTiVNcI>.

NATUURKUNDE IN BEELD! POSTER

Op de volgende pagina is een uitklapbare versie van de poster te vinden.

