

# Het ontwikkelen van een digitale tool voor peer feedback

---

Leroy Tromp

*11 maart 2024*



# UNIVERSITY OF TWENTE.

University of Twente  
Faculty of Behavioural, Management and Social Sciences (BMS)  
ELAN Teacher Development (ELAN)

Onderzoek van onderwijs

## Het ontwikkelen van een digitale tool voor peer feedback

Leroy Tromp

*Eerste begeleider*

**dr. ir. Henk Pol**

Faculty of Behavioural, Management and Social Sciences  
(BMS), ELAN Teacher Development (ELAN)  
University of Twente

*Tweede begeleider*

**Wim Nijhuis**

Faculty of Behavioural, Management and Social Sciences  
(BMS), ELAN Teacher Development (ELAN)  
University of Twente

11 maart 2024

**Leroy Tromp**

*Het ontwikkelen van een digitale tool voor  
peer feedback*

Onderzoek van onderwijs, 11 maart 2024

Begeleiders: dr. ir. Henk Pol en Wim Nijhuis

*ELAN Teacher Development (ELAN)*

Faculty of Behavioural, Management and Social Sciences (BMS)

University of Twente

Drienerlolaan 5

7522 ZB Enschede

# Samenvatting

In dit ontwerponderzoek wordt een digitale tool ontwikkeld ter ondersteuning van peer feedback activiteiten in de klas. De tool is in de vorm van een webapplicatie die leerlingen begeleidt bij het uitvoeren van een leeractiviteit waarbij ze consensus met elkaar moeten vormen over de antwoorden van enkele vraagstukken. De focus van dit onderzoek is het ontwerpen van de webapplicatie ten behoeve van de hierboven beschreven activiteit. Om een eerste indruk te krijgen van de effectiviteit van de webapplicatie in onderwijssituaties, werd een korte evaluatie gedaan met betrekking tot de probleemoplosvaardigheden en het zelfvertrouwen van de leerlingen. De onderzoeksgroep bestond uit twee vergelijkbare leerjaar 4 vwo klassen. De experimentele groep werd naast het regulier curriculum aan een drietal interventies met de webapplicatie onderworpen. De controlegroep volgde het regulier lesprogramma. De lessenserie ging over kracht, beweging en energieomzettingen. Ondanks enkele bugs en verbeterpunten was de ontwikkelde prototype webapplicatie redelijk succesvol in het ondersteunen van leerlingen en docent in het uitvoeren van peer feedback activiteiten. Bij het uitproberen van de applicatie in onderwijssituaties, zagen wij dat de interventie niet onder deed voor het regulier curriculum.



# Voorwoord

Hier wil ik een aantal mensen bedanken die vooral heel veel geduld met mij hebben gehad:

- Ten eerste, wil ik graag mijn dank uitspreken aan Henk Pol voor alle goede feedback en zijn bijna oneindige geduld met mij.
- Ten tweede wil ik Wim Nijhuis bedanken voor het vrijmaken van tijd in zijn drukke schema om mijn tweede begeleider, en voor zijn gedetailleerde feedback.
- Ook wil ik Anja Groeneweg bedanken, want zonder haar constante aanmoediging zou het voltooien van dit verslag nog langer geduurd hebben.
- Ten slotte wil ik mijn familie bedanken voor hun niet aflatende steun. Alles wat ik doe is om jullie trots te maken.





# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1	Praktijkprobleem . . . . .	1
1.1.1	Probleemoplosvaardigheden . . . . .	2
1.1.2	Zelfvertrouwen . . . . .	4
1.1.3	Feedback . . . . .	5
1.2	Mogelijke oplossing . . . . .	7
1.3	Eisen leeractiviteit . . . . .	9
1.4	De ontwerpeisen . . . . .	10
<b>2</b>	<b>Ontwerpfase</b>	<b>13</b>
2.1	Ontwerp webapplicatie . . . . .	13
2.1.1	Vormgeving gebruikersinterface . . . . .	13
2.1.2	Opdrachten klaarzetten . . . . .	14
2.1.3	Opdrachten maken en voortgang zien . . . . .	15
2.1.4	Leerlingen koppelen voor peer feedback . . . . .	16
2.1.5	Consensus zichtbaar maken . . . . .	17
2.1.6	Docentendashboard . . . . .	18
2.2	Eindontwerp . . . . .	19
<b>3</b>	<b>Methode evaluatie</b>	<b>21</b>
3.1	Opzet van het ontwerponderzoek . . . . .	21
3.1.1	Ontwerpfase . . . . .	22
3.1.2	Onderwijskundige evaluatie . . . . .	23
3.2	Evaluatie . . . . .	23
3.2.1	Beperkingen . . . . .	24
3.2.2	Verbeterpunten . . . . .	25
3.3	Test probleemoplosvaardigheden . . . . .	26
3.3.1	Resultaten . . . . .	27
3.4	Test zelfeffectiviteit . . . . .	29
3.4.1	Resultaten . . . . .	30
<b>4</b>	<b>Conclusie, discussie en aanbevelingen</b>	<b>33</b>

4.1 Conclusie . . . . .	33
4.2 Discussie en aanbevelingen . . . . .	37
<b>Bibliografie</b>	<b>39</b>
<b>A Bijlage</b>	<b>49</b>
A.1 Schriftelijke toets probleemoplosvaardigheden . . . . .	49

” *No thief, however skillful, can rob one of knowledge, and that is why knowledge is the best and safest treasure to acquire.*

— **Lyman Frank Baum**  
(Auteur)

## 1.1 **Praktijkprobleem**

Een probleem is een situatie dat een antwoord vereist, waarbij inspanning, kennis en ervaring nodig zijn om tot een oplossing te komen (Ince, 2018). Het vak natuurkunde bestaat uit veel verschillende domeinen en subdomeinen. Van beweging, krachten, elektriciteit, magnetisme, straling, tot de quantumwereld, om een paar te noemen. Binnen al deze domeinen krijgen leerlingen problemen voorgeschoteld die zij moeten oplossen.

Voor het oplossen van natuurkundige vraagstukken heeft een leerling niet alleen inhoudelijke kennis van de natuurkunde nodig, maar ook wiskundige vaardigheden en procedurele kennis (bijvoorbeeld het toepassen van formules), is van belang. Verder speelt de strategische kennis die nodig is om de andere vormen van kennis met elkaar te combineren een cruciale rol bij het oplossen van problemen. Mijn ervaring is dat leerlingen voornamelijk moeite hebben op het gebied van procedurele en strategische kennis. Dit is vooral zichtbaar in de bovenbouw, wanneer het aantal denkstappen die gemaakt moeten worden toeneemt. Een reden hiervoor dat ik vaak van mijn leerlingen hoor, is dat ze zelf wel weten hoe ze inhoudelijke hiaten kunnen wegwerken, maar niet weten hoe ze het probleemoplossend denken kunnen leren. Ook in de literatuur zien we dat het aanleren van probleemoplosvaardigheden een van de belangrijkste onderwerpen binnen het natuurkundeonderwijs is, en dat het ook het vakgebied is waar leerlingen de meeste moeilijkheden mee hebben (Ince, 2018).

Tijdens een college vakdidactiek werd een filmpje getoond die een werkvorm liet zien die als voornaamste inspiratiebron diende voor dit ontwerponderzoek (NASUWT, 2012). Hierbij krijgen leerlingen een wiskundig probleem op een post-it plakkertje, en moeten ze als ze klaar zijn hun naam en antwoord opschrijven op de achterkant. Een medeleerling kan vervolgens ook aan de slag gaan met dezelfde plakkertje en zijn of haar antwoord vergelijken met het antwoord dat op de achterkant staat. Indien de antwoorden niet met elkaar overeenkomen kunnen de leerlingen met elkaar in discussie om tot één antwoord te komen. Deze activiteit werd in zijn originele vorm door mij uitgetoond in mijn lespraktijk. Ik zag dat deze werkvorm in mijn lessen een actievere leerhouding stimuleerde bij de leerlingen. Tegelijkertijd zag ik ook manieren waarop computerondersteuning deze activiteit mogelijk zou kunnen verbeteren op het gebied van begeleiding, feedback en werkdrukverlaging.

Bij het uitvoeren van de leeractiviteit met plakkertjes, constateerde ik dat leerlingen over het algemeen actief bezig waren met het oplossen van de opdrachten. Deze manier leverde naar mijn mening doorgaans een actievere werkhouding vergeleken met lessen waarbij leerlingen alleen maar een reeks opgaven krijgen om zelfstandig aan te werken.

Wat mij trouwens wel opviel bij het uitvoeren is dat niet alle leerlingen altijd even actief waren. Omdat het initiatief voor overleg bij de leerlingen zelf ligt, is het mogelijk dat een leerling zich minder actief opstelt, en niet aan de discussies participeert. Een leerling die zo onder de radar vliegt, ervaart dan niet de voordelen van peer feedback. Ook ervaarde ik als docent dat bij de uitvoering van de activiteit met plakkertjes, dat het moeilijk was om overzicht te houden over de voortgang van de klas. Om de participatie van leerlingen en het overzicht voor de leraar te vergroten, besloot ik de leeractiviteit te verbeteren met behulp van een digitale tool.

### 1.1.1 Probleemoplosvaardigheden

Door de jaren heen zijn er diverse strategieën ontwikkeld met betrekking tot deze algemene probleemoplosvaardigheden. De Hongaarse wiskundige George Pólya wordt als een belangrijke grondlegger gezien in de wereld van oplossingsstrategieën. In 1945 publiceerde Pólya zijn model dat het probleemoplossend proces definieert als een gefaseerd proces (Çalışkan e.a., 2010).

De vier fasen van Pólya zijn:

1. Het probleem begrijpen.
2. Een plan formuleren.
3. Uitvoering van het plan.
4. Terugkijken.

De ideeën van Pólya hebben ook buiten de wiskunde een belangrijke bijdrage geleverd aan de heuristiek, de tak van de psychologie die zich bezig houdt met oplossingsstrategieën. Hierna, ontwikkelde A. Schoenfeld (1985) een model voor het oplossen van wiskundige vraagstukken op basis van het Pólya-model. Schoenfeld merkte op dat leerlingen tijdens het oplossen van problemen verschillende categorieën van gedrag vertonen. Schoenfeld noemt deze categorieën 'episodes' (Harskamp & Suhre, 2007). Het model van Schoenfeld omvat vijf van deze episodes of fasen:

1. Het probleem verkennen.
2. Voorkennis activeren.
3. Een plan formuleren.
4. Uitvoering van het plan.
5. Het antwoord controleren.

Het oplossen van problemen is volgens Schoenfeld geen lineair proces dat van de ene stap naar de andere gaat, maar springen ervaren leerlingen tussen de verschillende fasen heen en weer. Ook liet hij zien dat experts relatief gezien meer tijd spenderen aan het lezen, begrijpen, analyseren en controleren van een vraagstuk, terwijl beginners meteen een plan van aanpak kiezen, en zich erin vastbijten. Beginners gingen ook veel te lang door met een gekozen aanpak, ondanks duidelijk bewijs dat ze geen voortgang aan het maken waren (A. H. Schoenfeld, 2016).

De oplossingsstrategie waarmee de onderzoeksgroep in deze studie geïnstrueerd wordt, is een stappenplan ontwikkeld door Bernard La Rivière (2014), dat losjes gebaseerd is op de 5 fasen van Schoenfeld. Hierbij is er gekozen voor activerende benamingen van de fasen die makkelijk te onthouden zijn voor de leerlingen:

1. Lezen
2. Verwoorden
3. Aanpak
4. Uitvoeren
5. Controleren

Uit mijn eigen lespraktijk is gebleken dat deze aanpak verschillende voordelen met zich meebrengt. Ten eerste geeft het leerlingen een systematische manier om vraagstukken op te lossen en op papier te zetten. Het goed op papier zetten van denkstappen levert vaak hogere cijfers op toetsen op, omdat deelscores makkelijker worden gehaald. Ook is gebleken dat deze aanpak leerlingen in staat stelt om gerichtere vragen te stellen, omdat ze precies kunnen aangeven waar de blokkade zit. Mijn ervaring was dat de vragen die deze leerlingen aan mij stelden, meer gericht en minder algemener van aard waren.

### 1.1.2 Zelfvertrouwen

Een andere constatering van mij is dat de eerder besproken moeilijkheden die mijn leerlingen hebben met het oplossen van vraagstukken bij natuurkunde, vaak ook leidt tot weinig zelfvertrouwen bij deze leerlingen. Zelfvertrouwen is de mate waarin iemand gelooft in het eigen kunnen. In het onderwijs kijkt men vaak naar een specifieke variant van zelfvertrouwen, namelijk het vertrouwen dat iemand in zichzelf heeft dat hij of zij een specifieke taak wel of niet kan uitvoeren. Deze vorm van zelfvertrouwen wordt zelfeffectiviteit genoemd. Hoe hoger iemands zelfeffectiviteit binnen een bepaalde context is, hoe meer ze geloven dat ze in staat zijn om een taak te volbrengen. Zelfeffectiviteit wordt in het onderwijs vaak gebruikt om de prestaties van leerlingen op school te verklaren (Olivier e.a., 2019). Grondlegger van de zelfeffectiviteitstheorie is Albert Bandura, die aangaf dat zelfeffectiviteit voornamelijk wordt beïnvloed door de volgende 4 factoren (Bandura, 1977):

1. Eigen prestaties uit het verleden.
2. Plaatsvervangende ervaring door het observeren van anderen.
3. Directe sociale overtuiging (door anderen).
4. Fysiologische factoren.

Volgens Bandura (1977) speelt zelfeffectiviteit een belangrijke rol in hoe iemand reageert op een bepaald resultaat. Als mensen met een hoge zelfeffectiviteit slagen in een bepaalde doelstelling, is de kans groot dat ze in het vervolg voor een iets moeilijker doel zullen kiezen. Ook als een zeker doel niet behaald wordt, is zelfeffectiviteit mede bepalend hoe iemand hiermee omgaat (Latham, 2007). Hoe mijn leerlingen omgaan met blokkades bij het oplossen van natuurkundige problemen is volgens mij ook een belangrijke reden waarom ze het moeilijk blijven vinden. Uit de dagelijkse praktijk blijkt ook dat leerlingen weinig kansen krijgen of aanpakken om vraagstukken zelfstandig op te lossen. Als leerlingen bij een opgave vastlopen, wordt er vaak voortijdig naar de uitwerkingen gegrepen. Het hierdoor uitblijven van zelfstandige succeservaringen draagt mogelijk bij aan het laag zelfbeeld met betrekking tot de eigen probleemoplosvaardigheden die ik bij deze leerlingen ervaar.

### 1.1.3 Feedback

Effectieve feedback op het leerproces kan helpen bij het eigen maken van de procedures om vraagstukken op te lossen, en zodoende het zelfvertrouwen en de zelfstandigheid van leerlingen te vergroten. Feedback wordt door Shute (2008) omschreven als informatie die leerlingen helpt het gat te dichten tussen wat ze al beheersen en wat ze moeten bereiken. Hattie en Timperley (2007) conceptualiseren feedback als informatie die aan iemand wordt verstrekt over zijn of haar prestatie of begrip. Ook geven ze aan dat feedback uiteenlopende bronnen kan hebben. Zo kan feedback gegeven worden door een leraar, door medeleerlingen, door een boek, of zelfs door eigen ervaring (Hattie & Timperley, 2007). De terugkoppeling kan mondeling, schriftelijk of non-verbaal gebeuren. Uit de literatuur blijkt dat feedback een van de meest krachtige effecten op leren en prestaties kan hebben, maar deze impact kan zowel positief als negatief zijn (Hattie & Timperley, 2007). Volgens Hattie en Timperley (2007) moet goede feedback antwoord geven op de volgende drie vragen:

1. Waar werk ik naartoe?
2. Doe ik het zo goed?
3. Wat moet ik hierna doen?

Naast Hattie en Timperley (2007) hebben veel auteurs hun visie uitgesproken over hoe goede feedback eruit moet zien. Uit een analyse van de onderzoeksliteratuur identificeren Nicol en Macfarlane-Dick (2006) 7 principes voor goede feedback:

1. Verduidelijkt wat een goede prestatie is (leerdoelen en succescriteria);
2. Vergemakkelijkt de ontwikkeling van zelfevaluatie in het leren;
3. Geeft de leerlingen hoogwaardige informatie over hun leerproces;
4. Stimuleert de dialoog tussen leerkrachten en leerlingen over het leerproces;
5. Stimuleert positieve motivatie en zelfvertrouwen;
6. Biedt mogelijkheden om de kloof tussen huidige en gewenste prestaties te dichten;
7. Biedt informatie dat docenten kunnen gebruiken om het onderwijs vorm te geven.

Volgens Gielen e.a. (2010) zijn er verschillende criteria waaraan feedback moet voldoen om een positieve invloed op het leren te hebben:

1. Voldoende zijn qua frequentie en gedetailleerdheid;
2. Gericht zijn op de prestaties van leerlingen, in plaats van op de leerlingen zelf;
3. Tijdig zijn;
4. Passend bij het doel van de opdracht en de daarbij behorende succescriteria;
5. Passend bij de opvattingen van studenten over leren;
6. Door actie opgevolgd worden.

We zien dus uit de bovengenoemde criteria dat naast de inhoudelijke factoren, goede feedback ook aan een aantal technische randvoorwaarden moet voldoen. Zo is de timing van feedback ook van belang voor de effectiviteit hiervan. Over het algemeen is het beter als iemand feedback ontvangt zo snel mogelijk na het moment dat aanleiding geeft voor de feedback. Een andere belangrijke kanttekening dat door O'Donovan e.a. (2021) wordt geplaatst is dat alleen het vervullen van de



vereiste technische aspecten van feedback, zoals de inhoud, timing of het medium, onvoldoende is om te garanderen dat feedback ook als goed wordt ervaren door de ontvanger. Zorgen dat feedback goed overkomt is zeker ook essentieel, omdat mensen de neiging hebben om dingen te negeren die ze niet goed vinden. Uit onderzoek dat zich richt op de kenmerken van goede feedback vanuit het perspectief van ontvangers, komt naar voren dat ze vooral waarde hechten aan specificiteit van de feedback en erkenning van de geleverde inspanningen (O'Donovan e.a., 2021). Feedback dat niet specifiek genoeg is, kan ertoe leiden dat de ontvanger het als nutteloos en/of frustrerend beschouwt (Hattie & Timperley, 2007). Een noemenswaardige randvoorwaarde voor de positieve ontvangst van feedback, is dat de ontvanger de taak zelf als goed ontworpen en ondubbelzinnig moet beoordelen (O'Donovan e.a., 2021). Uit de praktijk blijkt dat het vaak lastig is om consequent aan al deze criteria en randvoorwaarden te voldoen bij het geven van feedback. Het verzorgen van gepersonaliseerde en tijdige feedback in een grote klas kan lastig zijn, omdat het vereist dat de docent aandacht besteedt aan de individuele behoeften van elke leerling (Rodríguez e.a., 2022). Ook het ontbreken van tools voor het geven van gepersonaliseerde feedback wordt door Rodríguez e.a. (2022) aangehaald. Dit allemaal zorgt ervoor dat het geven van goede gepersonaliseerde feedback vaak zeer tijdrovend en arbeidsintensief is.

## 1.2 Mogelijke oplossing

Zoals uitgelicht in paragraaf 1.1, is effectieve feedback een potentiële manier om de geconstateerde praktijkproblemen met strategische kennis en zelfvertrouwen bij de leerlingen aan te pakken, maar is het verzorgen van deze feedback in de huidige onderwijssetting ingewikkeld. Een mogelijke oplossing om ondanks de in paragraaf 1.1.3 aangekaarte beperkingen, effectief feedback te kunnen verzorgen, is om werkvormen toe te passen in de klas die gebruik maken van peer feedback. Peer feedback is feedback dat verzorgd wordt door iemands gelijke. In dit geval gaat het dus om feedback dat wordt gegeven door een leerling aan een medeleerling.

Zoals eerder aangegeven in paragraaf 1.1.3 geven Hattie en Timperley (2007) aan dat, mits correct geïmplementeerd, feedback een van grootste effecten kan hebben op leerresultaten. Dit geldt ook voor peer feedback. Peer feedback kan dus ook deze effectgroottes bewerkstelligen, en heeft nog andere bijkomende voordelen, zoals het feit dat de grootte van klassen minder van belang is, omdat de leerlingen van elkaar leren. Zo kan peer feedback bijdragen aan het aantal feedbackmomenten, zonder een overeenkomstige toename van de werkdruk op de leraar. Verder is ook aangetoond

dat feedback van medeleerlingen vaak nuttiger is dan die van docenten, omdat leerlingen in staat zijn om commentaar te leveren op een niveau dat begrijpelijker is dan die van de leraar (Nicol, 2011). Een belangrijke kanttekening is dat de feedback die leerlingen aan elkaar geven van goede kwaliteit moet zijn, om de effectiviteit van de algehele leeractiviteit te verhogen.

Mijn ambitie in dit ontwerponderzoek is om een peer feedback activiteit te ontwerpen waarbij leerlingen oefenen met probleemoplosvaardigheden, met als doel het verbeteren van de strategische kennis (weten wat je moet doen als je niet weet wat je moet doen) van de leerlingen. Deze verbetering in de probleemoplosvaardigheden zal hopelijk ook het zelfvertrouwen van de leerlingen doen toenemen. Peer feedback is een breed concept en kan dus op verschillende manieren worden geïmplementeerd.

Mijn idee was dat leerlingen op een laptop, tablet of mobiele telefoon deelnemen aan de activiteit in plaats van alleen met pen en papier. Het is wel evident dat de pen en papier methode wel enkele voordelen met zich mee heeft ten opzichte van de digitale variant, zoals gemak in de uitvoerbaarheid en geen last van technische storingen, maar er zijn ook nadelen. Alle reeds gegeven antwoorden zijn direct zichtbaar voor de leerlingen. Niks weerhoudt een leerling om het plakkerje om te draaien, en vervolgens naar het meest populaire antwoord toe te werken. Andere nadelen van pen en papier zijn dat het minder makkelijk is voor de leraar om live de voortgang te volgen, en vergt het naderhand analyseren van de resultaten ook iets meer tijd en moeite. Deze nadelen kunnen grotendeels aangepakt worden door de leeractiviteit op een computer uit te laten voeren. Met een computerondersteunde peer feedback activiteit hebben wij volledige controle over wanneer leerlingen de antwoorden te zien krijgen, en is het zeer eenvoudig om zowel live en naderhand de resultaten te analyseren door middel van een dashboard. Het verbeteren van de gegevens die via dashboards aan leraren in de klas worden verstrekt is volgens Baker e.a. (2022) misschien wel de grootste directe kans voor het verbeteren van mens-computersystemen in onderwijs. Ook maakt een computerprogramma het mogelijk om spelelementen toe te voegen, zoals een voortgangsbalk die aangeeft over hoeveel opgaven de leerlingen al consensus hebben bereikt. Er is aangetoond dat voortgangsbalken een motiverend effect hebben (Mazarakis & Bräuer, 2023).

Een implementatie van de peer feedback activiteit met behulp van een computerprogramma kan op diverse manieren en in verschillende programmeertalen. Om te beginnen kan men kiezen tussen een native applicatie of een webapplicatie. Native applicaties worden op het apparaat zelf geïnstalleerd en zijn speciaal ontwikkeld voor een bepaald besturingssysteem (zoals Windows, Android, iOS of Linux). We-

bapplicaties zijn toegankelijk via de webbrowser van het apparaat, en hoeven dus niet geïnstalleerd te worden op het apparaat zelf. Over het algemeen zijn native applicaties sneller dan webapplicaties. Daarentegen zijn webapplicaties eenvoudig te ontwikkelen en te onderhouden, omdat ze een gemeenschappelijke codebase hebben, ongeacht het besturingssysteem. Ook draait met een webapplicatie iedereen in principe altijd op de laatste versie, terwijl bij een native applicatie dit niet altijd het geval is, omdat gebruikers zelfs verantwoordelijk zijn voor het updaten van de software op hun apparaat.

## 1.3 Eisen leeractiviteit

Zoals al in paragraaf 1.1 is benoemd, is de leeractiviteit in dit onderzoek voortgevoerd uit een bestaande werkvorm waarbij leerlingen een wiskundig probleem op een post-it plakkertje krijgen en die moeten oplossen. Als ze klaar zijn, moeten ze alleen het eindantwoord opschrijven op de achterkant van het plakkertje. Vervolgens wordt de opgave door andere leerlingen gemaakt die hetzelfde doen. Leerlingen kunnen dus hun eigen antwoord controleren met behulp van de eindantwoorden van hun medeleerlingen op de achterkant van het plakkertje. Als een leerling bij de controle constateert dat zijn of haar antwoord verschilt van de antwoorden van de medeleerlingen, is het de bedoeling om dan in discussie te gaan met een leerling met een afwijkend antwoord. Al discussiërend moeten de leerlingen tot één gezamenlijk antwoord komen. Daarna kunnen ze verder met een andere opdracht op een ander plakkertje. Het einddoel is om met de hele klas een consensus te vormen over de juiste antwoorden van de opdrachten (NASUWT, 2012).

Omdat het de bedoeling is bij deze leeractiviteit dat leerlingen van elkaar leren, is het belangrijk bij het opstellen van de opdrachten dat de leraar rekening houdt met de zone van naaste ontwikkeling van de leerlingen. De zone van naaste ontwikkeling is een concept dat door de psycholoog Lev Vygotsky werd geïntroduceerd (Vygotsky, 1978). Het betreft de ruimte tussen wat een leerling zonder ondersteuning kan doen en wat de leerling zelfs met ondersteuning niet kan doen. Binnen deze zone van naaste ontwikkeling kan de leerling presteren, maar alleen met de steun van een leraar of een ander met meer kennis. In ons geval willen wij dat leerlingen probleemoplossend leren, onder begeleiding van klasgenoten.

Een voorwaarde om dit te bereiken, is dat de opdrachten die wij aan de leerlingen voorschotelen, in hun gedeelde zone van naaste ontwikkeling ligt. Te gemakkelijke of te moeilijke opdrachten zijn onproductief, omdat ze respectievelijk tot verveling

of frustratie leiden (Taber, 2020). Bij te gemakkelijke opdrachten komt het peer feedback aspect van deze leeractiviteit niet tot zijn recht, omdat vrijwel iedereen alle opdrachten zonder overleg goed kunnen maken. Als de opdrachten daarentegen voor alle leerlingen veel te moeilijk zijn, hebben ze heel weinig aan de feedback van medeleerlingen.

Voordat we over kunnen gaan tot de ontwerpfase, is het handig om op een rijtje te zetten hoe het beoogde leeractiviteit eruit moet zien, en wat we daarmee willen bereiken, ongeacht de exacte technische details van de implementatie. We willen een peer feedback leeractiviteit ontwikkelen voor in de klas, geïnspireerd door NASUWT (2012), die aan de volgende eisen voldoet:

- De docent kan opdrachten klaarzetten voor de leerlingen;
- De opdrachten liggen in de zone van naaste ontwikkeling van de leerlingen;
- Een leerling kan eindantwoorden op de opdrachten noteren;
- Een leerling kan de consensus over zijn of haar antwoord zien;
- Een leerling kan zijn of haar voortgang zien;
- Een leerling gaat in discussie met een medeleerling met een ander eindantwoord.

## 1.4 De ontwerpeisen

Met ons praktijkprobleem (paragraaf 1.1) en alle overwegingen van paragrafen 1.2 en 1.3 in het achterhoofd, kunnen we nu enkele technische eisen opstellen voor ons ontwerp. Ondanks het feit dat een peer feedback activiteit ook prima met alleen pen en papier uitgevoerd kan worden, zoals NASUWT (2012) laat zien, werd het door mijn voorgaande overwegingen snel duidelijk dat een digitale tool om leerlingen te begeleiden bij het uitvoeren van de peer feedback activiteit een waardevolle toevoeging kan zijn aan het geheel. Zo kunnen we bijvoorbeeld met behulp van meldingen op een het scherm, leerlingen stimuleren om actief deel te nemen aan discussies met medeleerlingen. De tool kan ook werkdrukverlagend werken voor de docent, door automatisch leerlingen aan elkaar te koppelen voor peer feedback, en informatie over de voortgang van de leerlingen te verzamelen en te presenteren.

De belangrijkste doelen van de applicatie is om (1) leerlingen te begeleiden bij het uitvoeren van een peer feedback leeractiviteit en (2) om de docent van data te voorzien over de voortgang van de leerlingen middels een dashboard. Voor de eerste functie moet de applicatie aan de volgende ontwerpeisen voldoen:

1. Een docent met basiskennis HTML kan opdrachten klaarzetten voor leerlingen;
2. Een leerling kan eindantwoorden op de opdrachten invoeren;
3. Een leerling kan de consensus over zijn of haar antwoord zien;
4. Een leerling kan zijn of haar voortgang zien;
5. Een leerling wordt aan een medeleerlingen met een afwijkend antwoord gekoppeld voor peer feedback;
6. De applicatie kan door ten minste 24 leerlingen tegelijkertijd gebruikt worden;
7. De bediening van de applicatie is eenvoudig en intuïtief;
8. De applicatie werkt op alle apparaten en besturingssystemen.

Deze laatste eis is belangrijk omdat leerlingen vaak met verschillende apparaten werken, en dit geen belemmering hoeft te vormen voor het deelnemen aan de leeractiviteit. Ook voor de tweede functie, de docent van data te voorzien, moet de applicatie aan enkele eisen voldoen:

9. Docent kan leerlingen toevoegen aan de activiteit en verwijderen;
10. Docent kan de activiteit starten en stoppen;
11. De applicatie toont de voortgang van de leerlingen tijdens de activiteit aan de docent;
12. De applicatie bewaart de resultaten van de leerlingen voor analyse achteraf.



” *The ultimate test of your knowledge is your capacity to convey it to another.*

— **Richard Feynman**

(Natuurkundige en Nobelprijswinnaar)

Zoals eerder uitgelegd in hoofdstuk 1, is het doel van dit ontwerponderzoek om een computer ondersteunde uitbreiding op de standaard-werkvorm te maken, waarbij leerlingen aan opdrachten werken en de antwoorden met elkaar bespreken. In dit hoofdstuk wordt het ontwerp- en ontwikkelproces van de gemaakte webapplicatie beschreven.

## 2.1 Ontwerp webapplicatie

In deze paragraaf worden de gemaakte keuzes in de ontwerpfase van de webapplicatie ter ondersteuning van peer feedback activiteiten uitgelegd. Aan de hand van de twaalf ontwerpeisen uit paragraaf 1.4 zijn de verschillende onderdelen van de webapplicatie ontwikkeld. Het ontwerp van elk van deze onderdelen wordt hieronder verder toegelicht.

### 2.1.1 Vormgeving gebruikersinterface

Ontwerpeis nummer 7 was dat de bediening van de applicatie eenvoudig en intuïtief is, zodat de aandacht van gebruikers dus uit kan gaan naar de inhoud in plaats van de bediening. Om hieraan te voldoen werd gebruik gemaakt van een open source bibliotheek van componenten en richtlijnen voor het bouwen van gebruikersinterfaces (PatternFly, 2023). De makers van deze bibliotheek hebben veel onderzoek gedaan naar de gebruikersvriendelijkheid van de componenten, zodat daarmee gemaakte webapplicaties makkelijk te bedienen zijn. Een bijkomend voordeel van het gebruik van deze bibliotheek is dat de componenten ook uitvoerig zijn getest op toegankelijkheid voor mensen met een beperking. Goede toegankelijkheid voor

mensen met een beperking was in dit vroeg stadium geen ontwerpeis voor ons, omdat tussen de beoogde eerste gebruikers dit geen factor was. Wel is het mooi om te constateren dat dit aspect alvast in orde is voor de toekomst.

## 2.1.2 Opdrachten klaarzetten

Onze eerste ontwerpeis is dat de docent zelf eigen opdrachten kan klaarzetten voor de leerlingen. Om de complexiteit van de applicatie in deze vroege ontwikkelfase te beperken, is ervoor gekozen om enkel opdrachten te ondersteunen met een berekend numeriek antwoord. Dat wilt dus zeggen dat leerlingen als eindantwoord een getal moeten invoeren. Voordeel hiervan is dat het voor een computerprogramma heel makkelijk is om verschillende antwoorden met elkaar te vergelijken. Hierdoor wordt de logica voor het aan elkaar koppelen van leerlingen met een verschillend antwoord ook makkelijker gemaakt. Nadeel is natuurlijk dat dit een aardig grote beperking legt op wat voor type opgaven hiermee geoefend kunnen worden.

Voor het aanmaken van nieuwe opdrachten is een beetje basiskennis van HTML vereist van de docent. Symbolen en formules worden hierbij ook ondersteund door middel van LaTeX. Als de docent bijvoorbeeld codevoorbeeld 2.1 invoert, wordt het volgende als opdracht geproduceerd:

Diamant heeft een dichtheid van  $\rho = 3,52 \text{ g/cm}^3$

**Bereken het volume van een 2,2 gram wegende diamant.**

```
1 <p>
2   Diamant heeft een dichtheid van  $\rho = 3,52 \text{ g/cm}^3$ 
3 </p>
4 <strong>
5   Bereken het volume van een 2,2 gram wegende diamant.
6 </strong>
```

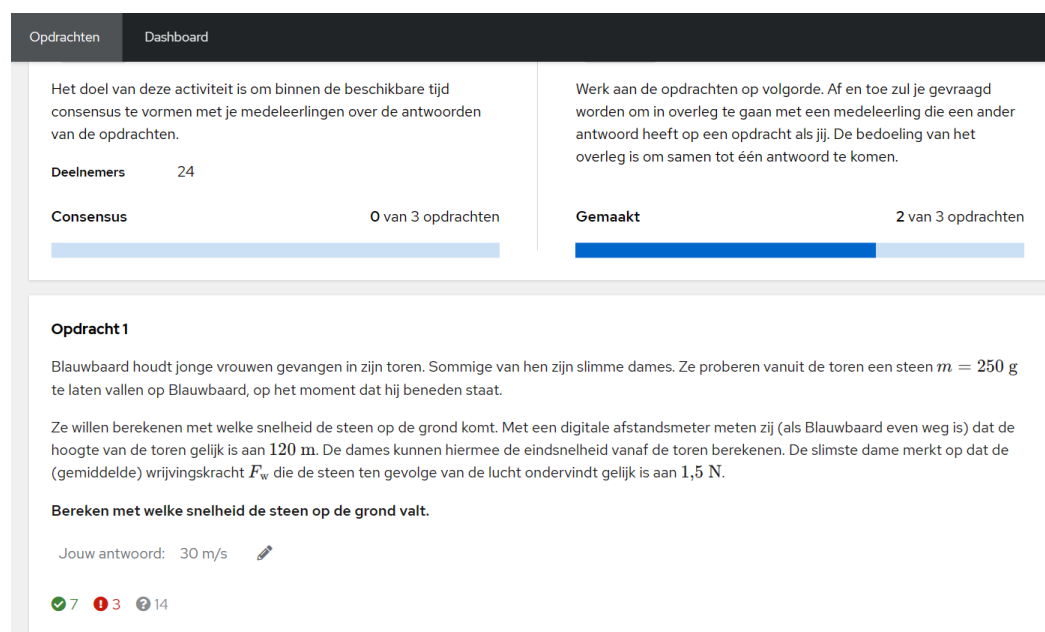
**Codevoorbeeld 2.1:** HTML invoer voor het produceren van de bovenstaande opdracht.



## 2.1.3 Opdrachten maken en voortgang zien

De opdrachten die door de leraar zijn klaargezet, worden zichtbaar voor de leerlingen wanneer de activiteit is gestart. Leerlingen krijgen de opdrachten gepresenteerd via het computerscherm, zoals in figuur 2.1 te zien is. Een opdracht bestaat uit informatie, een vraag en een invoerveld voor het eindantwoord met de gewenste eenheid. Onder het invoerveld voor het antwoord wordt de consensus omtrent het gegeven antwoord op de opdracht met behulp van drie kleuren weergegeven. Consensus betekent overeenstemming, en geeft dus aan in hoeverre de rest van de leerlingen het eens zijn met het antwoord. Leerlingen moeten wel eerst zelf een antwoord geven, voordat ze de consensus te zien krijgen.

Het uitwerken van de opdrachten door leerlingen gebeurt gewoon met pen en papier. Om aan ontwerpeisen 2 t/m 4 te voldoen, moet een leerling in staat zijn om eindantwoorden op de opdrachten in te vullen, en het consensus hierover en de eigen voortgang te zien. In figuur 2.1 zijn er twee voortgangsbalken te zien, waarmee aan ontwerpeis nummer 4 wordt voldaan. De voortgangsbalk aan de linkerkant geeft aan over hoeveel opdrachten consensus is bereikt met de hele klas. De voortgangsbalk aan de rechterkant geeft aan hoeveel opdrachten de leerling al heeft gemaakt. Aangetoond is dat het inzetten van spelelementen zoals voortgangsbalken in het onderwijs de werkhouding, betrokkenheid en prestaties van studenten verbetert (Mazarakis & Bräuer, 2023; Subhash & Cudney, 2018).



Figuur 2.1.: Voorbeeld leerlingenweergave



(a) Leerlingen klikken op het potlood-icoontje om een antwoord te geven of wijzigen.



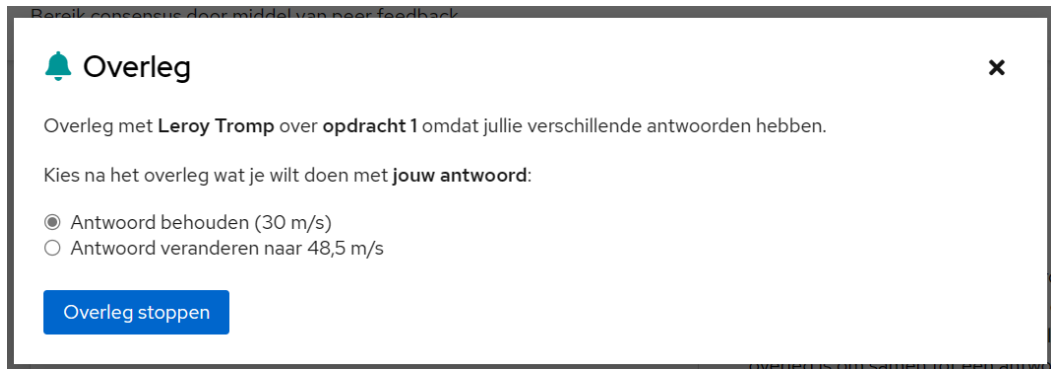
(b) Vervolgens moeten leerlingen de wijziging bevestigen met het vinkje of annuleren met het kruisje.

**Figuur 2.2.:** Het invullen of wijzigen van een antwoord. Consensus over het antwoord van de leerling wordt weergegeven met groene, rode en grijze bolletjes links onder in de hoek, zoals in detail beschreven in paragraaf 2.1.5.

Ook is in figuur 2.1 een voorbeeld van een beantwoorde opdracht te zien. Zoals ontwerpeis nummer 3 voorschrijft, is de consensus over het gegeven antwoord onder het antwoord met drie gekleurde bolletjes te zien. Meer detail over hoe de consensus over het antwoord wordt weergegeven, is te vinden in paragraaf 2.1.5. Ontwerpeis nummer 2 vereist een invoermethode voor het eindantwoord van de leerlingen. Het proces voor het geven of wijzigen van het eindantwoord wordt in figuur 2.2 beschreven.

## 2.1.4 Leerlingen koppelen voor peer feedback

Een activiteit bestaat uit een aantal opdrachten die leerlingen moeten maken. Ontwerpeis nummer 5 was dat een leerling aan een medeleerling met een afwijkend antwoord wordt gekoppeld voor peer feedback. Op door de leraar aangegeven momenten worden de leerlingen door de applicatie geheel willekeurig gekoppeld aan een medeleerling met een afwijkend antwoord, en krijgen ze een melding om in discussie te gaan hierover (zie figuur 2.3). Het is de bedoeling dat aan het eind van een overlegronde één van de twee leerlingen zijn of haar antwoord aanpast. Door dit proces een aantal keer te herhalen is het de bedoeling dat er consensus wordt gevormd over de antwoorden van de opdrachten. De applicatie is ook in staat om dit te doen voor veel meer dan 24 leerlingen tegelijk, zodat ook aan ontwerpeis nummer 6 wordt voldaan.



**Figuur 2.3.:** Melding aan leerling voor overleg.



**Figuur 2.4.:** Visualisatie van de consensus over een antwoord. Er zijn in totaal 24 actieve gebruikers. Hiervan zijn 7 gebruikers met het antwoord eens (*groen*), 3 zijn het er niet mee eens (*rood*) en de overige 14 leerlingen moeten nog een antwoord indienen (*grijs*).

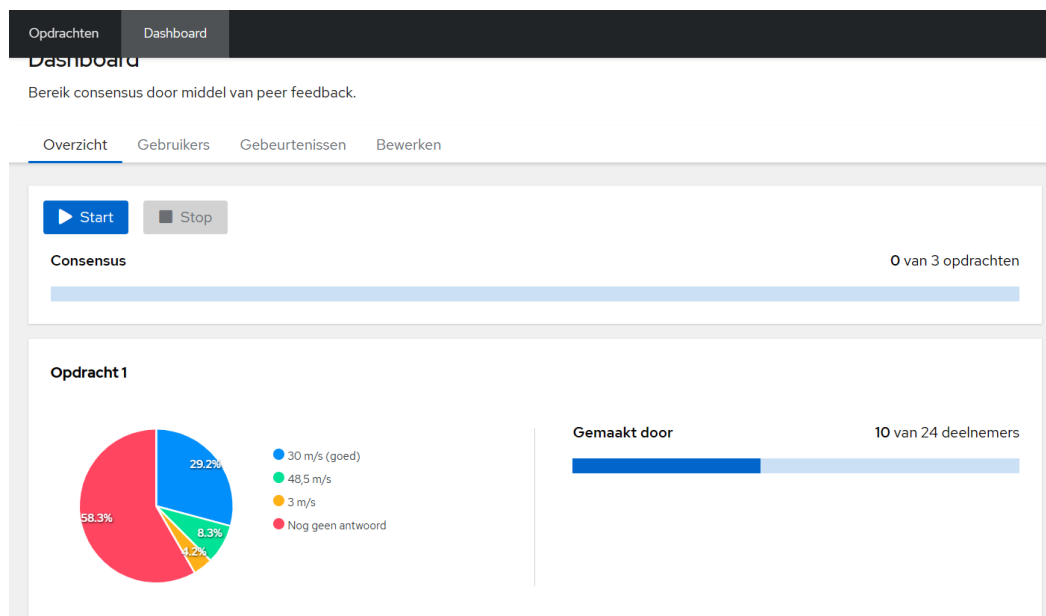
## 2.1.5 Consensus zichtbaar maken

Het belangrijkste aspect van de leeractiviteit is de consensusvorming, en hoe dit aan de leerlingen zichtbaar te maken. Tijdens de ontwerpfase zijn verschillende visualisatiemethoden overwogen, elk met hun eigen sterke en zwakke punten. Een mogelijkheid is bijvoorbeeld om gewoon alle gegeven antwoorden aan iedereen te tonen. Dit heeft echter als nadeel dat het leerlingen in verleiding brengt om het meest populaire antwoord te kiezen, zonder er goed over na te denken waarom hun eigen antwoord fout zou kunnen zijn. Het doel van de leeractiviteit is het leren van eigen fouten, anders is het niet veel beter dan de uitwerkingen erbij pakken. Daarom is gekozen voor een simpele visualisatie van de consensus over een bepaald antwoord met behulp van drie kleuren (zie figuur 2.4). Het is belangrijk dat voor de leerlingen duidelijk is dat rood niet betekent dat hun eigen antwoord per se fout is. Op dezelfde manier is groen geen garantie dat het antwoord goed is. Natuurlijk geeft veel groen of rood respectievelijk meer of minder vertrouwen in het antwoord,

maar het is geen zekerheid dat het correct of verkeerd is. Leerlingen krijgen na het beantwoorden van een opdracht dus alleen te zien hoeveel medeleerlingen hetzelfde antwoord hebben, hoeveel leerlingen een andere antwoord hebben en hoeveel nog een antwoord moeten invullen.

## 2.1.6 Docentendashboard

Twee belangrijke drijfveren om de webapplicatie te maken was het automatiseren van de begeleiding van de activiteit en het automatisch vergaren en presenteren van voortgangsgegevens. Dit gebeurt door middel van een dashboard voor de docent. De docentendashboard geeft live informatie over de voortgang qua aantal gemaakte opdrachten en de consensusvorming. In tegenstelling tot de leerlingen krijgt de leraar een volledig beeld van de consensus, inclusief alle antwoorden. Zo kan de docent het leerproces volgen en indien nodig hierin bijsturen. De dashboard is ook de plek waar de docent de activiteit kan configureren, door bijvoorbeeld het aantal actieve gebruikers aan te passen. Ook is het mogelijk om leerlingen handmatig aan elkaar te koppelen voor overleg. Dit is handig voor als het systeem voor automatisch koppelen uitvalt of ongewenste resultaten levert.



Figuur 2.5.: Voorbeeld docentendashboard.

Bij het uitvoeren van een peer feedback activiteit met behulp van de webapplicatie worden gegevens gegenereerd door de acties van leerlingen, docenten en de applicatie zelf. Deze gegevens worden gebruikt om live de dashboards van data

te voorzien omtrent de voortgang (zie figuur 2.1). Bij aanvang is de activiteit in de begintoestand. Door handelingen van de deelnemers wordt deze toestand elke keer aangepast, en wordt er een update verstuurd naar alle verbonden apparaten. Handelingen of gebeurtenissen die voor een mutatie van de toestand kunnen zorgen, worden ook opgeslagen voor latere analyse. Bij alle gebeurtenissen uit worden gebruikersgegevens van de ingelogde gebruiker en een tijdstempel automatisch gekoppeld aan het serververzoek. Met behulp van deze gegevens kan het hele verloop van de activiteit na de tijd geanalyseerd worden. Wij kunnen dus hierbij vaststellen dat aan ontwerpeisen 9 t/m 12 is voldaan.

## 2.2 Eindontwerp

De ontwikkelde webapplicatie presenteert opdrachten die de leraar heeft klaargezet aan de leerlingen, stimuleert overleg ten behoeve van consensusvorming en houdt de voortgang bij. Het programma draait op een webserver in de cloud. Gebruikers kunnen eenvoudig een account via de browser aanmaken, waarna ze direct aan de slag kunnen. De activiteit begint als de docent de webapplicatie openzet voor de leerlingen. Leerlingen krijgen dan een aantal opdrachten te zien die ze binnen een bepaalde tijd moeten maken. Het uitwerken van de opdrachten gebeurt zelfstandig en gewoon met pen en papier. Het eindantwoord van een opdracht kunnen de leerlingen invoeren in de webapplicatie, waarna ze met de volgende taak bezig kunnen gaan. Het is de bedoeling dat leerlingen de opdrachten uitwerken met behulp van de systematische aanpak zoals beschreven in paragraaf 1.1.1. Naast het feit dat de leerlingen hierdoor oefenen met het overzichtelijk opschrijven van hun oplossing, brengt dit ook enige uniformiteit in de structuur van de uitwerkingen die ze met elkaar gaan bespreken.

Nadat een leerling antwoord heeft gegeven, kan de docent hem of haar automatisch of handmatig koppelen aan een medeleerling met een afwijkend antwoord voor peer feedback. De leerling krijgt dan de taak om in overleg te gaan met een medeleerling die een afwijkend antwoord heeft (zie figuur 2.3). Voortgang van alle leerlingen wordt live bijgehouden en wijzigingen worden automatisch en in realtime doorgegeven aan alle verbonden apparaten. Het doel is om binnen de beschikbare tijd, consensus met de hele klas te vormen over de correcte antwoorden van de opdrachten. De activiteit eindigt als consensus over alle opdrachten is bereikt, of als de docent het stopzet. Omdat dit een webapplicatie is, draait het dus op alle apparaten die over een webbrowser beschikken. De webapplicatie is te vinden op: **natuurkunde.app**



## Methode evaluatie

” *An expert is a person who has found out by his own painful experience all the mistakes that one can make in a very narrow field.*

— **Niels Bohr**  
(Wetenschapper)

De ontwikkelde webapplicatie en bijbehorende leeractiviteit werden aan een technische evaluatie onderworpen, gevolgd door een meer onderwijskundige evaluatie door middel van een test probleemoplosvaardigheden en een test zelfeffectiviteit. In dit hoofdstuk worden de resultaten van dit evaluatie-proces gepresenteerd. Eerst worden wat technische aspecten besproken. Daarna wordt voor zowel de probleemoplosvaardigheden als het zelfvertrouwen van leerlingen, de gebruikte pre- en posttests toegelicht en de resultaten hiervan besproken.

### 3.1 Opzet van het ontwerponderzoek

In dit ontwerponderzoek is een applicatie ontwikkeld ter ondersteuning van peer feedback leeractiviteiten in de klas. Vervolgens is de effectiviteit van de applicatie aan de hand van bijbehorende leeractiviteiten bij het verbeteren van de probleemoplosvaardigheden en zelfvertrouwen van leerlingen uit vwo 4 getest. 47 vierdejaars vwo leerlingen van het Twickel College Hengelo namen deel aan het onderzoek. Deze leerlingen vormden twee klassen (TH4A.nat1 en TH4A.nat2) waarvan er één willekeurig werd gekozen als interventiegroep en de andere als controlegroep (zie tabel 1.1). Alle lessen aan beide groepen werden verzorgd door dezelfde docent. Onderwerpen die in de lessenserie aan bod kwamen waren kracht, beweging en energieomzettingen. Deze onderwerpen zijn gekozen, omdat ze in de voorgaande jaren grotendeels al behandeld zijn en eerder in datzelfde schooljaar zijn herhaald. Hierdoor was de kennis van de leerlingen in ieder geval inhoudelijk op orde om goede feedback te kunnen geven. De controlegroep kreeg les op de traditionele manier. De interventiegroep kreeg ook les grotendeels op de traditionele wijze,

maar enkele lessen werden vervangen door peer feedback activiteiten met behulp van de ontwikkelde applicatie. Bij zowel de controlegroep als interventiegroep is geconstateerd dat de in paragraaf 1.1 beschreven moeilijkheden met probleemoplosvaardigheden en zelfvertrouwen voorkomen. De leeractiviteiten zijn ingezet ter voorbereiding op een theoretische toets.

Groep	Aantal leerlingen	Rol
TH4A.nat1	23	Controle
TH4A.nat2	24	Interventie

**Tabel 3.1.:** Verdeling van de onderzoeksgroep.

Het ontwerponderzoek is uitgevoerd in twee opeenvolgende fasen. De eerste fase was de ontwerpfasen, waarin de applicatie werd ontwikkeld. In deze fase werd uitgezocht hoe de gebruikersomgeving van de applicatie vormgegeven moest worden, en hoe de programmeerlogica voor het aansturen van de leeractiviteit eruit moest zien. De tweede fase van het ontwerponderzoek was de evaluatiefase, waarin de effectiviteit van de ontwikkelde applicatie werd geëvalueerd. In deze fase werd er dus onderzocht in hoeverre de ontwikkelde applicatie bijdraagt aan het verbeteren van de probleemoplosvaardigheden en het verhogen van het zelfvertrouwen van leerlingen.

### 3.1.1 Ontwerpfase

De ontwerpfasen van het ontwerponderzoek werd uitgevoerd in verschillende stappen. Om te beginnen werd op basis van een analyse van het praktijkprobleem en een video van de inspiratie-leeractiviteit (NASUWT, 2012) een programma van ontwerpisen opgesteld. Aan de hand van deze ontwerpisen is een eerste prototype ontwikkeld. Tijdens het ontwikkelen van dit eerste prototype werden nog incomplete onderdelen hiervan meermaals getest op een aantal apparaten, zodat in een vroeg stadium eventuele technische mankementen uit de applicatie gehaald konden worden, en verdere verbeterpunten opgenomen konden worden in het ontwikkelproces. Het resultaat van dit proces was een eerste versie van de applicatie waarin alle basisfunctionaliteiten aanwezig waren. De praktische bruikbaarheid van dit eerste prototype is geëvalueerd aan de hand van twee strategieën, namelijk *Screening* en *Try-out*. Tijdens de screening werd het ontwerp door de onderzoeker beoordeeld aan de hand van een checklist met ontwerpisen. Tijdens de try-out werd het ontwerp in de onderwijspraktijk ingevoerd, zodat alle beoogde gebruikers ook feedback konden geven op het ontwerp, en de prestatie van de applicatie getest kon worden met veel



meer gebruikers tegelijkertijd. Zowel op basis van de screening door de onderzoeker als op basis van de try-out is een lijst met verbeterpunten opgesteld en gedeeltelijk ook geïmplementeerd.

### 3.1.2 Onderwijskundige evaluatie

De ontwikkelde applicatie werd uitgetest op een onderzoeksgroep zoals uitvoerig beschreven in paragraaf 3.1. Deze onderzoeksgroep bestond uit een interventiegroep en een controlegroep. De controlegroep kreeg les op de traditionele manier. De interventiegroep kreeg ook les grotendeels op de traditionele wijze, maar enkele lessen werden vervangen door peer feedback activiteiten met behulp van de applicatie. Om te onderzoeken hoe effectief de applicatie en bijbehorende leeractiviteit zijn in het verbeteren van de probleemoplosvaardigheden van de leerlingen, werd een pre-test en een post-test bij de onderzoeksgroep afgenomen. De afgenomen tests die de strategische kennis van leerlingen moest meten, bestonden uit 5 korte natuurkundeopgaven met als onderwerp afstand, snelheid en versnelling. Het effect van de applicatie en bijbehorende leeractiviteit op het zelfvertrouwen van de leerlingen werd ook gemeten met een pre-test en een post-test. Hierbij werd een vragenlijst gebruikt met 8 gesloten vragen met betrekking tot het zelfvertrouwen van de leerlingen.

## 3.2 Evaluatie

Zoals in paragraaf 3.1.1 staat beschreven, werden de technische aspecten van de webapplicatie geëvalueerd door middel van een *Screening* en een *Try-out*. Met behulp van de ontwerpeisen uit paragraaf 1.4 werd nagegaan of het eerste prototype aan alle eisen voldoet.

Met behulp van onze discussie in hoofdstuk 2, kunnen we concluderen dat wij een applicatie hebben ontwikkeld die aan alle gestelde ontwerpeisen voldoet. Bij de try-out was te zien dat de leerlingen inderdaad door de webapplicatie, gestimuleerd werden in het maken van opdrachten en het geven van feedback. Dit was te zien aan actievere leerhouding van de leerlingen, en aan het feit dat ze vaker aan het overleggen waren over de opdrachten dan normaal. Het was ook te zien dat na wat initiële haperingen die snel werden verholpen, de applicatie het prima deed met 24 gebruikers.

Vervolgens werd de applicatie gebruikt in een drietal lessen. Het waren lessen van 45 minuten, waarin de leerlingen een consensus-activiteit van 4 of 5 opgaven moesten uitvoeren. De opdrachten gingen over beweging, kracht en energieomzettingen. Zoals bij elke nieuwe werkvorm, moesten leerlingen aan het begin even wennen aan hoe alles werkt. Aan het begin waren leerlingen ook vooral veel aan het klikken of uitproberen. Vooral de eerste les hadden de leerlingen veel sturing van de docent nodig om te snappen wat de bedoeling was. De tweede en derde lessen verliepen in dit opzicht wat soepeler. In geen van de lessen werd 100% consensus bereikt. Werktempo was iets lager dan ik van tevoren had ingeschat, en overleg nam ook iets meer tijd in beslag dan begroot. Het is dus nog zoeken naar een goede balans tussen aantal opdrachten, moeilijkheid van de opdrachten en werktempo van de leerlingen. Verder was mijn eerste algehele indruk positief, en leerlingen gaven ook aan in informele gesprekken dat ze het een leuke werkvorm vonden voor de afwisseling.

### 3.2.1 Beperkingen

Ondanks het feit dat de webapplicatie in de klas gebruikt kan worden om een peer feedback activiteit te begeleiden, zijn er voor dit eerste prototype aardig wat beperkingen waar men rekening mee dient te houden bij het inzetten hiervan. De meeste van deze beperkingen komen voort uit de wens om in deze vroege ontwikkelingsfase, de code zo eenvoudig mogelijk te houden. Dit maakt het mogelijk om de focus iets meer te leggen het op het optimaliseren en onderzoeken van de activiteit als geheel. Mogelijke verbeteringen en uitbreidingen worden in paragraaf 4.2 besproken.

De belangrijkste beperking van de webapplicatie is dat alleen opdrachten met een getal als eindantwoord ondersteund worden. De eenheid staat ook vast. Hierdoor kan de applicatie in zijn huidige incarnatie niet gebruikt worden om te oefenen met voorvoegsels, machten van tien en significantie. Een tweede beperking dat het inzetten hiervan door derden bemoeilijkt is dat het aanmaken van een activiteit enige kennis van HTML vereist van de docent (zie paragraaf 2.1). Wat ook opviel tijdens het uitproberen van de webapplicatie in de klas, is dat er nog een paar bugs zijn die pas naar voren komen als de applicatie door veel leerlingen tegelijk worden gebruikt. Deze zijn voornamelijk te vinden in het matchmaking-systeem voor overleg. Af en toe leidde dit tot situaties waarin sommige leerlingen teveel of juist te weinig/niet voor overleg met een medeleerling werden gevraagd. Deze situaties konden door de docent met behulp van het docentenpaneel handmatig verholpen worden, maar dit is niet optimaal. Het uitzoeken en verhelpen van deze

technische bugs valt buiten de scope van dit onderzoek van het onderwijs, en zullen in een volgende versie van de webapplicatie, samen met de andere beperkingen geremedieerd worden.

### 3.2.2 Verbeterpunten

Uit informele gesprekken met de leerlingen en mijn eigen evaluatie kwamen enkele mogelijke verbeterpunten naar voren. Deze zullen nu besproken worden. Hierbij zullen we ook aangeven of deze verbeterpunten op het moment van schrijven geïmplementeerd zijn (✔), of nog niet (⌚):

1. ✔ **Applicatie was soms heel traag of liep vast:** Dit was te wijten aan een bug in de code, waardoor dezelfde data over en weer werd gestuurd tussen de server en het apparaat van de gebruikers. Dit kwam pas aan het licht toen de applicatie door meerdere gebruikers tegelijkertijd werd gebruikt. Dit probleem werd vrijwel direct verholpen met een update waarbij alleen data wordt verstuurd als er daadwerkelijk iets is veranderd. Dit was een prioriteit omdat anders de ontwerperis dat de applicatie door ten minste 24 leerlingen tegelijkertijd gebruikt kan worden, in het gedrang kwam.
2. ⌚ **Gebruikersinterface kan handiger/beter:** Sommige leerlingen vonden dat de gebruikersinterface op verschillende aspecten beter kon. Deze opmerkingen kwamen uiteindelijk vaak op een kwestie van smaak neer. Zoals beschreven in paragraaf 2.1.1 is de gebruikersinterface gemaakt met componenten die uitvoerig zijn getest op een goede gebruikerservaring en toegankelijkheid voor mensen met een beperking. Binnenkomende suggesties zullen altijd in overweging genomen worden, maar vooralsnog is er geen reden gevonden om af te wijken van de richtlijnen van (PatternFly, 2023).
3. ⌚ **Verplaats alle dataverwerking naar de server:** Momenteel krijgen alle apparaten alle data, en wordt het grootste deel van de verwerking op het apparaat van de leerlingen gedaan. Dit is niet optimaal qua dataverbruik, en maakt het in principe mogelijk dat een leerling met genoeg kennis alle antwoorden van medeleerlingen, etc. kan zien. De kans is niet groot dat een leerling dat daadwerkelijk gaat doen, maar dit is wel een verbetering dat op de planning staat, ook met het oog op het dataverbruik.
4. ⌚ **Geen HTML/LaTeX kennis vereist van docent:** Zoals beschreven in paragraaf 2.1.2, is een zekere mate van HTML/LaTeX nodig om opdrachten klaar te zetten. Het is wenselijk om in een toekomstige versie het aanmaken

van opdrachten makkelijker te maken zodat geen programmeerkennis nodig is. Hier wordt actief aan gewerkt.

5. **⌚ Notificaties voor de docent:** Er is een dashboard gebouwd, waar informatie over de voortgang van de leerlingen tijdens de activiteit zichtbaar is voor de docent. Dit vereist wel dat de docent achter zijn of haar scherm moet zijn tijdens de les, om de voortgang bij te houden. Een mogelijke oplossing is, om van tevoren bepaalde criteria op te stellen, waarbij een leraar automatisch een notificatie krijgt. Men kan denken aan bijvoorbeeld een leerling die te lang inactief is, of juist teveel antwoorden in een korte tijd probeert. De leraar is dan vrij om door de klas te lopen, en wordt vanzelf geïnformeerd door de notificaties als bepaalde gevallen zich voordoen.

### 3.3 Test probleemoplosvaardigheden

Het observeren van hoe de doelgroep het product in de praktijk gebruikt is maar een van de onderzoeksactiviteiten die uitgevoerd zijn om de werkelijke bruikbaarheid en effectiviteit van de webapplicatie te toetsen. Zoals beschreven in paragraaf 1.1, is een van de doelen van de webapplicatie om de probleemoplosvaardigheden van leerlingen te verbeteren. Om het startniveau van de twee klassen (en eventuele verschillen) vast te stellen werd er een pre-test afgenomen. Na de interventieperiode werd het eindniveau van de twee klassen te bepaald door het afnemen van een post-test. Als meetinstrument werd een bestaande schriftelijke toets met betrekking tot strategische kennis gebruikt uit een eerder onderzoek (Pol, 2009). De toets werd met toestemming hergebruikt en is iets ingekort voor dit onderzoek van het onderwijs. Voor beide meetmomenten werd dezelfde schriftelijke toets gebruikt. De toets bestaat uit 5 korte natuurkundeopgaven over de onderwerpen afstand, snelheid en versnelling. De opgaven uit de schriftelijke toets van Pol (2009) die als pre- en post-test zijn gebruikt, zijn te vinden in bijlage A.1. Bij het oplossen van de opgaven in de probleemoplossende pre-test en post-test werden de leerlingen expliciet gevraagd om de volgende 3 dingen op te schrijven:

1. Het *verkennen* van het probleem.
2. De *aanpak* van het probleem.
3. De *controle* van de uitkomsten en de conclusie.

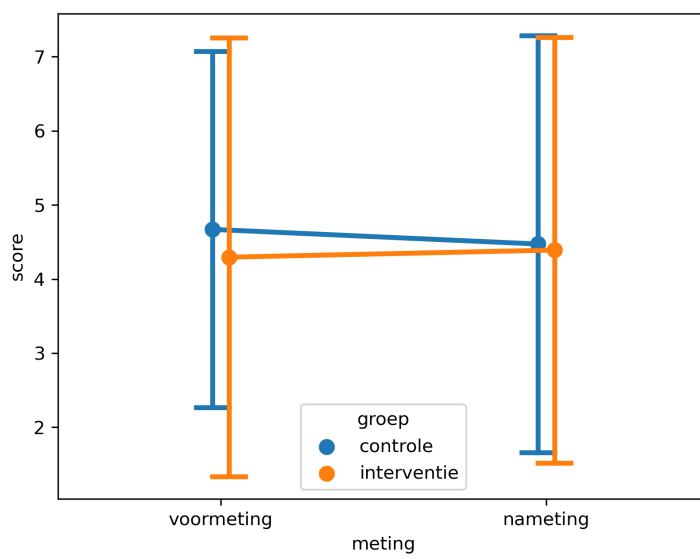
Het correctievoorschrift geeft voor elke opgave een maximum van 2 punten voor de analyse, 6 punten voor het plan (of het uitwerken hiervan) en 2 punten voor de controle. Er zijn dus maximaal 10 punten per opgave te verdienen, en dit resulteert in een maximumscore van 60 punten voor de toets. De afgenomen toets is te vinden in bijlage A.1. De pre-test en post-test probleemoplosvaardigheden is gedurende één lesuur afgenomen tijdens een uur waarin natuurkunde werd gegeven. Omdat niet alle leerlingen aanwezig waren bij de afnamemomenten, moesten enkele leerlingen de pre-test en post-test op een later tijdstip inhalen. Alle schriftelijke toetsen zijn door de lesgevende docent en tevens uitvoerder van dit onderzoek nagekeken en becijferd zoals beschreven in paragraaf 3.3. Om vooringenomenheid te voorkomen, zijn de tests geanonimiseerd voordat ze werden gecorrigeerd. Hierdoor was het voor de docent tijdens de correctie niet duidelijk of het om de interventiegroep of controlegroep ging.

### 3.3.1 Resultaten

Het effect op de probleemoplosvaardigheden van de leerlingen werd onderzocht middels een schriftelijke pre-test en post-test, zoals toegelicht in paragraaf 3.3. De resultaten van de voormeting en nameting zijn in figuur 3.1 te vinden. Voor iets meer detail zijn de gemiddelde resultaten van de test (bijlage A.1) ook per vraag gepresenteerd in tabel 3.1. Uit figuur 3.1 kunnen wij in één oogopslag zien dat er geen weinig verschil is, zowel tussen voor- en nameting binnen een groep, of tussen de nameting in de experimentele en controlegroep. Dit omdat de gemeten kleine verschillen ruim binnen de standaardfout vallen.

Vraag	Controle pre	Controle post	Interventie pre	Interventie post
1	3,8 ± 1,6	3,5 ± 1,5	4,1 ± 2,8	4,1 ± 2,4
2	4,1 ± 2,0	4,5 ± 2,7	3,0 ± 2,7	4,6 ± 1,8
3	5,1 ± 2,1	5,6 ± 2,3	5,0 ± 2,5	5,6 ± 2,6
4	4,7 ± 2,4	4,4 ± 3,5	4,2 ± 3,1	4,7 ± 3,4
5	5,7 ± 3,3	4,4 ± 3,4	5,2 ± 3,3	3,0 ± 3,4
Gemiddeld	4,7 ± 2,3	4,5 ± 2,7	4,3 ± 2,9	4,4 ± 2,7

**Tabel 3.2.:** Resultaten vragenlijst probleemoplosvaardigheden onderverdeeld per vraag met standaardfout van controlegroep (N=23) en interventiegroep (N=24).



**Figuur 3.1.:** Resultaten van de pre-test (voormeting) en post-test (nameting) met betrekking tot de probleemoplosvaardigheden van leerlingen.

## 3.4 Test zelfeffectiviteit

Zoals beschreven in paragraaf 1.1.2 is zelfeffectiviteit het geloof dat iemand heeft om een specifieke taak succesvol uit te voeren. De context van dit onderzoek is het oplossen van natuurkundige vraagstukken. Om het effect van de interventies op de zelfeffectiviteit van leerlingen te meten werd er een pre-test en een post-test afgenomen, gebaseerd op de algemene zelfeffectiviteitsschaal van Chen e.a. (2001). Het betreft een vragenlijst met gesloten antwoorden op een 5-punts-Likertschaal over zelfeffectiviteit, die kunnen worden omgezet naar een score en/of getal. Er is gekozen voor een 5-puntsschaal, omdat er aanwijzingen zijn uit experimenten dat mensen over het algemeen geen zinnig onderscheid kunnen maken tussen meer dan 5 verschillende antwoordcategorieën (Willems e.a., 2020). De vragen waren:

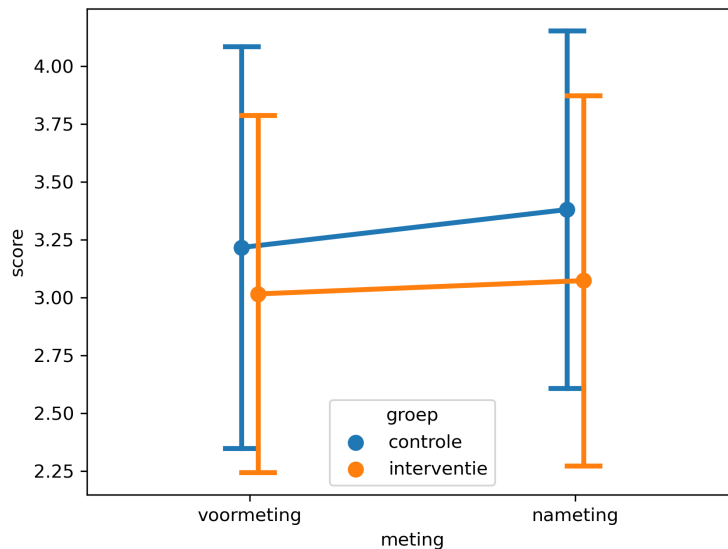
1. Ik ben ertoe in staat om moeilijke natuurkundige problemen op te lossen.
2. Als ik moeilijke natuurkundige problemen tegenkom, weet ik zeker dat ik ze kan oplossen.
3. Over het algemeen denk ik dat ik natuurkundige problemen kan oplossen die voor mij belangrijk zijn.
4. Ik geloof dat ik in staat ben om bijna altijd te slagen met het oplossen van natuurkundige problemen die ik voor ogen heb.
5. Ik ben in staat om veel natuurkundige problemen met succes te overwinnen.
6. Ik ben ervan overtuigd dat ik effectief kan presteren bij het oplossen van veel verschillende natuurkundige problemen.
7. Vergeleken met andere mensen kan ik de meeste natuurkundige problemen goed oplossen.
8. Zelfs als het moeilijk is, kan ik best goed presteren.

Leerlingen hadden bij elke vraag keuze uit de volgende antwoordopties:

- helemaal eens
- eens
- noch mee eens, noch mee oneens
- oneens
- helemaal oneens

### 3.4.1 Resultaten

Om het effect van de interventie met de webapplicatie te meten op de zelfeffectiviteit van leerlingen, werd een voormeting en een nameting gedaan met behulp van een vragenlijst met gesloten antwoorden op een 5-punts-Likertschaal (zie paragraaf 3.4). De test met betrekking tot zelfeffectiviteit is samen met de test over probleemoplosvaardigheden gedurende één lesuur afgenomen tijdens een uur waarin natuurkunde werd gegeven. De resultaten van de voormeting en nameting zijn in figuur 3.2 gepresenteerd. In figuur 3.2 is te zien dat de controlegroep met een hogere zelfeffectiviteit dan de interventiegroep is begonnen en geëindigd. Tevens lijkt de zelfeffectiviteit van de controlegroep iets meer te zijn toegenomen dan de interventiegroep. Ook hier moeten we echter in acht nemen dat de resultaten niet heel veel verschil vertonen en ruim binnen de standaardfout vallen. De gemiddelde scores per vraag van de test over zelfeffectiviteit zijn te vinden in tabel 3.2.



**Figuur 3.2.:** Resultaten van de pre-test (voormeting) en post-test (nameting) over de zelfeffectiviteit van leerlingen.



Vraag	Controle pre	Controle post	Interventie pre	Interventie post
1	3,2 ± 0,7	3,4 ± 0,6	3,2 ± 0,7	3,1 ± 0,4
2	2,6 ± 0,8	2,8 ± 0,8	2,4 ± 0,7	2,5 ± 0,4
3	3,7 ± 0,7	2,9 ± 0,7	3,5 ± 0,6	3,5 ± 0,4
4	3,3 ± 0,9	3,2 ± 0,7	2,7 ± 0,8	3,0 ± 0,4
5	3,4 ± 0,9	3,7 ± 0,7	3,1 ± 0,7	3,3 ± 0,4
6	3,4 ± 1,0	3,7 ± 0,6	3,2 ± 0,7	3,2 ± 0,4
7	3,1 ± 1,0	3,0 ± 0,9	3,0 ± 0,8	2,8 ± 0,4
8	3,1 ± 0,7	3,4 ± 0,6	3,1 ± 0,8	3,1 ± 0,4
Gemiddeld	3,2 ± 0,8	3,4 ± 0,7	3,0 ± 0,7	3,1 ± 0,8

**Tabel 3.3.:** Resultaten vragenlijst zelfeffectiviteit onderverdeeld per vraag met standaardfout van controlegroep (N=23) en interventiegroep (N=24).



# Conclusie, discussie en aanbevelingen

” *The end is important in all things.*

— Yamamoto Tsunetomo  
(Samurai)

In dit hoofdstuk worden de conclusies uit dit onderzoek gepresenteerd en bediscussieerd. Tenslotte worden er aanbevelingen gedaan voor verdere ontwikkeling en onderzoek.

## 4.1 Conclusie

The screenshot shows a digital learning tool interface with a dark header containing 'Opdrachten' and 'Dashboard'. The main content area is divided into two columns. The left column contains a task description: 'Het doel van deze activiteit is om binnen de beschikbare tijd consensus te vormen met je medeleerlingen over de antwoorden van de opdrachten.' Below this, it shows 'Deelnemers 24' and 'Consensus 0 van 3 opdrachten' with a light blue progress bar. The right column contains instructions: 'Werk aan de opdrachten op volgorde. Af en toe zul je gevraagd worden om in overleg te gaan met een medeleerling die een ander antwoord heeft op een opdracht als jij. De bedoeling van het overleg is om samen tot één antwoord te komen.' Below this, it shows 'Gemaakt 2 van 3 opdrachten' with a blue progress bar. A section titled 'Opdracht 1' follows, describing a physics problem about a stone falling from a tower. The problem text is: 'Blauwbaard houdt jonge vrouwen gevangen in zijn toren. Sommige van hen zijn slimme dames. Ze proberen vanuit de toren een steen  $m = 250$  g te laten vallen op Blauwbaard, op het moment dat hij beneden staat. Ze willen berekenen met welke snelheid de steen op de grond komt. Met een digitale afstandsmeter meten zij (als Blauwbaard even weg is) dat de hoogte van de toren gelijk is aan 120 m. De dames kunnen hiermee de eindsnelheid vanaf de toren berekenen. De slimste dame merkt op dat de (gemiddelde) wrijvingskracht  $F_w$  die de steen ten gevolge van de lucht ondervindt gelijk is aan 1,5 N. Bereken met welke snelheid de steen op de grond valt.' Below the text, it shows 'Jouw antwoord: 30 m/s' with an edit icon and a feedback section with 7 green checkmarks, 3 red exclamation marks, and 14 question marks.

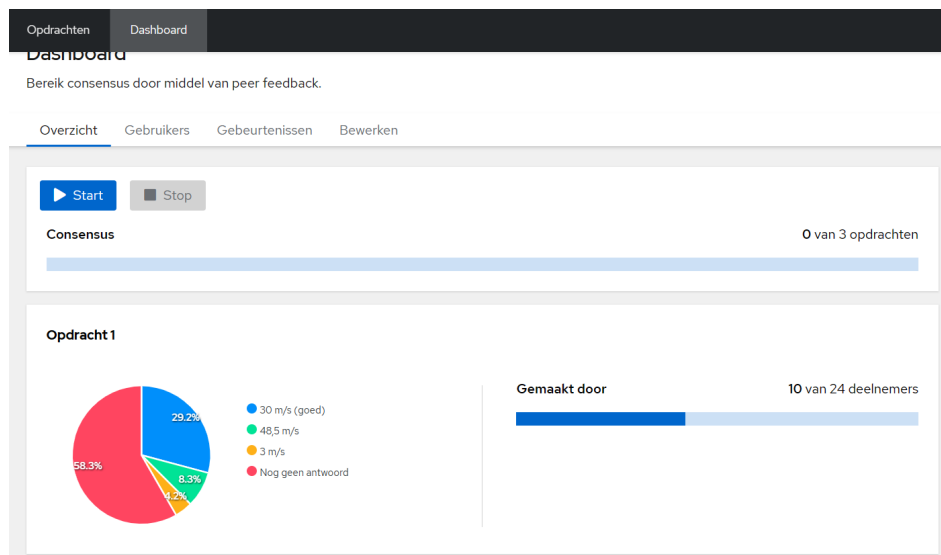
**Figuur 4.1.:** Voorbeeld leerlingenweergave in het eindproduct.

Het doel van dit ontwerponderzoek was om een digitale tool te ontwikkelen die docenten ondersteunt bij het uitvoeren van een peer feedback activiteit in de klas. Om dit doel te bereiken, werd een webapplicatie ontwikkeld zoals beschreven in

hoofdstuk 2. In hoofdstukken 2 en 3 hebben wij laten zien dat de ontwikkelde webapplicatie aan alle gestelde ontwerpeisen voldoet (✔ = voldaan, ⌚ = nog niet voldaan):

1. ✔ **Een docent met basiskennis HTML kan opdrachten klaarzetten voor leerlingen:** In paragraaf 2.1.2 hebben we laten zien dat een docent met de nodige HTML- en LaTeX-kennis opdrachten kan opstellen.
2. ✔ **Een leerling kan eindantwoorden op de opdrachten invoeren:** In paragraaf 2.1.3 hebben we laten zien hoe een leerling eindantwoorden op de opdrachten kan invullen en wijzigen met behulp van de potlood-icoontje naast het antwoord in figuur 4.1.
3. ✔ **Een leerling kan de consensus over zijn of haar antwoord zien:** Onder het antwoord op opdracht 1 in figuur 4.1 zijn drie gekleurde bolletjes te zien met een getal ernaast. Deze bolletje geven de consensus weer van de klas over het eindantwoord van de leerling op opdracht 1. Groen geeft aan hoeveel leerlingen hetzelfde antwoord hebben. Rood geeft aan hoeveel leerlingen een ander antwoord hebben, en grijs geeft aan hoeveel leerlingen nog geen antwoord hebben ingevuld. Meer detail is te vinden in paragraaf 2.1.5.
4. ✔ **Een leerling kan zijn of haar voortgang zien:** Zoals in figuur 4.1 te zien is, zijn er twee blauwe voortgangsbalken. Deze balken geven de voortgang van de leerling met het maken van de opdrachten, en de voortgang van de klas als geheel met het vormen van consensus weer. Meer detail is te vinden in paragraaf 2.1.3.
5. ✔ **Een leerling wordt aan een medeleerlingen met een afwijkend antwoord gekoppeld voor peer feedback:** In paragraaf 2.1.4 hebben we uitgelegd hoe leerlingen met een afwijkend antwoord, door middel van een pop-up willekeurig aan elkaar worden gekoppeld.
6. ✔ **De applicatie kan door ten minste 24 leerlingen tegelijkertijd gebruikt worden:** De webapplicatie is gemaakt met gevestigde en bewezen technologieën die veel meer dan 24 gebruikers tegelijkertijd aankunnen. Dit hebben we ook gezien bij het testen, zoals in paragraaf 3.2 wordt beschreven.
7. ✔ **De bediening van de applicatie is simpel en intuïtief:** Zoals in paragraaf 2.1.1 is beschreven, is de gebruikersinterface gemaakt met componenten en volgens die door een derde partij uitvoerig zijn getest op gebruikersgemak en toegankelijkheid (PatternFly, 2023).






8. **✓ De applicatie werkt op alle apparaten en besturingssystemen:** Het gaat hier om een webapplicatie die dus op ieder systeem kan draaien waar een webbrowser op staat. We hebben naar verwachting geconstateerd bij de het uittesten dat het prima op verschillende apparaten van leerlingen draaide.
9. **✓ Docent kan leerlingen toevoegen aan de activiteit en verwijderen:** In paragraaf 2.1.6 hebben we uitgelegd hoe een docent via het dashboard gebruikers kan toevoegen en verwijderen.
10. **✓ Docent kan de activiteit starten en stoppen:** In paragraaf 2.2 staat beschreven hoe een docent met behulp van het dashboard een activiteit kan starten en stoppen.
11. **✓ De applicatie toont de voortgang van de leerlingen tijdens de activiteit aan de docent:** Het dashboard voor docenten is in figuur 4.2 hierbeneden te zien. Zoals in de figuur te zien, en in paragraaf 2.1.6 te lezen is, toont het dashboard de voortgang van de leerlingen aan de docent. In het hoofdoverzicht is per vraag te zien welke antwoorden gegeven zijn.
12. **✓ De applicatie bewaart de resultaten van de leerlingen voor analyse achteraf:** Zoals ook beschreven is in paragraaf 2.1.6, worden alle gegevens opgeslagen, zodat de docent het verloop van de activiteit na de tijd nog kan analyseren.



**Figuur 4.2.:** Voorbeeld docentendashboard in het eindproduct.

Er is dus aan alle initiële ontwerpeisen voldaan. De webapplicatie werd in een drietal lessen gebruikt, en aan de hand van feedback van de gebruikers werden een aantal

mogelijke verbeterpunten aangedragen (zie paragraaf 3.2.2). Hieruit komen een aantal extra mogelijke ontwerpeisen naar boven drijven voor de volgende cyclus:

1.  **Applicatie was soms heel traag of liep vast:** Dit was te wijten aan een bug in de code, dat al na de eerste les werd verholpen, zodat de overige lessen soepeler konden verlopen
2.  **Gebruikersinterface kan handiger/beter:** Sommige leerlingen vonden dat de gebruikersinterface op verschillende aspecten beter kon. Deze suggesties worden in overweging genomen, maar er zijn tot nu toe geen zwaarwegende redenen gevonden hierin om af te wijken van de richtlijnen en componenten van (PatternFly, 2023).
3.  **Verplaats alle dataverwerking naar de server:** De dataverwerking gebeurt momenteel voornamelijk op het apparaat van de leerling. Dit betekent dat het apparaat dus alle data opgestuurd krijgt, en pas op het apparaat wordt gekeken wat er getoond moet worden aan de gebruiker. Dit zorgt voor onnodig dataverbruik, en maakt het in principe mogelijk, maar zeer onwaarschijnlijk dat een leerling data van andere leerlingen kan zien. Dit is onwenselijk en zal in de volgende cyclus verholpen worden.
4.  **Geen HTML/L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X kennis vereist van docent:** Zoals beschreven in paragraaf 2.1.2, is een zekere mate van HTML/L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X nodig om opdrachten klaar te zetten. Er wordt actief aan gewerkt om een makkelijkere manier van opdrachten invoeren te bewerkstelligen.
5.  **Notificaties voor de docent:** Om de activiteit te volgen, moet de docent achter zijn of haar scherm zitten tijdens de les. Het is onwenselijk om dit de hele tijd te doen. Een verbetering is, om van tevoren bepaalde criteria op te stellen, waarbij een leraar automatisch een notificatie krijgt. Dit kan bijvoorbeeld zijn als een leerling te lang inactief is.

Voor een meer onderwijskundige evaluatie werd het effect van de webapplicatie op de probleemoplosvaardigheden en zelfeffectiviteit van leerling bestudeerd. Met behulp van de ontwikkelde webapplicatie werden er drie peer feedback activiteiten uitgevoerd in de interventiegroep, zoals beschreven in hoofdstuk 3.1. Bij de inhoudelijke evaluatie was er niet veel verschil te zien, zowel tussen voor- en nameting van de probleemoplosvaardigheden en zelfeffectiviteit binnen een groep, of tussen de nameting van deze aspecten in de experimentele en controlegroep.

## 4.2 Discussie en aanbevelingen

Zoals beschreven in paragraaf 1.1, was de zoektocht om gepersonaliseerde feedback aan leerlingen in een grote klas te verbeteren een belangrijke aanleiding voor dit onderzoek. Een snelle blik op de resultaten van de voor- en nametingen geeft in eerste instantie de impressie dat de interventie niet heel succesvol was. Echter moeten we niet uit het oog verliezen dat de interventie gelimiteerd was tot drie lesactiviteiten met een webapplicatie dat nog in de kinderschoenen stond. In zijn huidige staat doet de webapplicatie niet veel onder voor de controle lesactiviteit, waarbij leerlingen aan de opdrachten werken en met behulp van uitwerkingen dit controleren.

De verschillende bugs die pas aan het licht kwamen toen de applicatie door meerdere gebruikers tegelijkertijd gebruikt werd, hebben zeker niet bijgedragen aan de effectiviteit van de interventies. Ook kwamen er tijdens de uitvoering van de activiteit enkele randgevallen naar voren, waar geen rekening mee is gehouden in de ontwerpfase van de webapplicatie, zoals bijvoorbeeld leerlingen die na een discussie allebei van antwoord willen veranderen. Voor deze problemen moesten er tijdelijke oplossingen ter plekke verzonden worden. Er is dus veel ruimte voor verbetering aan de webapplicatie in zowel de gebruikersomgeving als technische stabiliteit, wat de effectiviteit hiervan mogelijksterk kan verbeteren. Ook deze werkvorm vaker en over een langere periode uitvoeren met een groep, kan ten goede komen aan de effectiviteit hiervan. Waar we ook even bij moetenilstaan is het feit dat de ontwikkelde webapplicatie wel ervoor zorgt dat leerlingen aan elkaar worden gekoppeld voor peer feedback, maar dat het geen garanties geeft over de kwaliteit van het gegeven feedback. De feedback wordt namelijk door de leerlingen zelf verzorgd. Het is dus een aanbeveling om de leerlingen vooraf te trainen in het geven van effectieve feedback.

Om deze discussie af te sluiten, zullen wij de successen van dit onderzoek op een rij te zetten. De resultaten van de interventie laten zien dat de leerlingen van de interventiegroep vergelijkbaar presteerden als de controlegroep. Ongeveer hetzelfde resultaat bereiken met een alternatieve werkvorm kan ook als winst bestempeld worden, omdat het de mogelijke werkvormen in de gereedschapskist van de docent vergroot. Bijkomend voordeel van de interventieactiviteit is dat het automatisch data genereert en via een dashboard aan de docent presenteert. Zoals eerder in paragraaf 2.1.6 aangekaart, is het volgens Baker e.a. (2022) het verbeteren van de gegevens die via dashboards aan docenten in de klas worden verstrekt, mogelijksterwijs wel de grootste directe kans voor het verbeteren van mens-computersystemen in onderwijs.

De webapplicatie vergemakkelijkt dus het verzamelen van gegevens die gebruikt kunnen worden om de voortgang van leerlingen te volgen. Dit stelt de docent in staat om vaker de progressie van leerlingen te meten. Frequente beoordelingstaken, met name diagnostische tests, kunnen docenten helpen om cumulatieve informatie te genereren over het begripsniveau en de vaardigheden van leerlingen, zodat ze hun onderwijs daarop kunnen aanpassen (Nicol & Macfarlane-Dick, 2006).

Natuurlijk zijn deze gegevens niet alleen maar in de klas interessant voor het begeleiden van de les, maar kunnen ze ook naderhand gebruikt worden om inzichten te vergaren over de voortgang van leerlingen, een lesactiviteit te optimaliseren, of onderzoek van het onderwijs te doen. Zo kan men bijvoorbeeld objectieve data zoals aantal oplossingspogingen of gemiddelde tijd tussen pogingen koppelen aan meer subjectieve constatering over de leskwaliteit om te zoeken naar patronen. Een ander voorbeeld is onderzoek naar hoe vaak de consensusmethode onder bepaalde voorwaarden succesvol is in de klas. Over het algemeen kunnen lessen naar mijn mening meer als experiment opgezet worden, waarbij dus ook veel meer met de gegenereerde data wordt gedaan.

Verder heeft dit onderzoek als inspiratie gediend om als docent een actievere rol te spelen in het ontwikkelen van de digitale tools die wij in de klas willen zien. Concluderend kunnen we dus stellen dat het ontwikkelen van de eerste prototype webapplicatie op veel fronten succesvol was, en dat er genoeg aanknopingspunten zijn voor verder onderzoek en ontwikkeling.

De laatste versie van de webapplicatie is te vinden op: **[natuurkunde.app](#)**



# Bibliografie

- Baker, R. S., Boser, U., Snow, E. L., & McNamara, D. S. (2022). Learning Engineering: A View on Where the Field Is at, Where It's Going, and the Research Needed [<https://tmb.apaopen.org/pub/5ib9cpqa>]. *Technology, Mind, and Behavior*, 3(1: Spring 2022) (zie pag. 8, 37).
- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological review*, 84 2, 191–215 (zie pag. 4, 5).
- Çalışkan, S., Selçuk, G. S., & Erol, M. (2010). Effects of the problem solving strategies instruction on the students' physics problem solving performances and strategy usage [Innovation and Creativity in Education]. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 2239–2243 (zie pag. 2).
- Chen, G., Gully, S. M., & Eden, D. (2001). Validation of a New General Self-Efficacy Scale. *Organizational Research Methods*, 4(1), 62–83 (zie pag. 29).
- Gielen, S., Peeters, E., Dochy, F., Onghena, P., & Struyven, K. (2010). Improving the effectiveness of peer feedback for learning [Unravelling Peer Assessment]. *Learning and Instruction*, 20(4), 304–315 (zie pag. 6).
- Harskamp, E., & Suhre, C. (2007). Schoenfeld's problem solving theory in a student controlled learning environment. *Computers & Education*, 49(3), 822–839 (zie pag. 3).
- Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The Power of Feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81–112 (zie pag. 5–7).
- Ince, E. (2018). An Overview of Problem Solving Studies in Physics Educations. *Journal of Education and Learning*, 7(4) (zie pag. 1).
- Latham, G. (2007). *Work Motivation: History, Theory, Research, and Practice*. SAGE Publications. (Zie pag. 5).
- Mazarakis, A., & Bräuer, P. (2023). Gamification is Working, but Which One Exactly? Results from an Experiment with Four Game Design Elements. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 39(3), 612–627 (zie pag. 8, 15).
- Nicol, D. J. (2011). Developing the students' ability to construct feedback (zie pag. 8).
- Nicol, D. J., & Macfarlane-Dick, D. (2006). Formative assessment and self-regulated learning: a model and seven principles of good feedback practice. *Studies in Higher Education*, 31(2), 199–218 (zie pag. 6, 38).
- O'Donovan, B. M., den Outer, B., Price, M., & Lloyd, A. (2021). What makes good feedback good? *Studies in Higher Education*, 46(2), 318–329 (zie pag. 6, 7).

- Olivier, E., Archambault, I., Clercq, M. D., & Galand, B. (2019). Student Self-Efficacy, Classroom Engagement, and Academic Achievement: Comparing Three Theoretical Frameworks. *Journal of Youth and Adolescence*, 48, 326–340 (zie pag. 4).
- Pol, H. (2009). *Computer based instructional support during physics problem solving: a case for student control* [proefschrift] [Relation: <http://www.rug.nl/> Rights: University of Groningen]. s.n. (Zie pag. 26, 49).
- Rodríguez, M. F., Nussbaum, M., Yunis, L., Reyes, T., Alvares, D., Joublan, J., & Navarrete, P. (2022). Using scaffolded feedforward and peer feedback to improve problem-based learning in large classes. *Computers & Education*, 182, 104446 (zie pag. 7).
- Schoenfeld, A. (1985). *Mathematical Problem Solving*. Academic Press. (Zie pag. 3).
- Schoenfeld, A. H. (2016). Learning to Think Mathematically: Problem Solving, Metacognition, and Sense Making in Mathematics (Reprint). *Journal of Education*, 196(2), 1–38 (zie pag. 3).
- Shute, V. J. (2008). Focus on Formative Feedback. *Review of Educational Research*, 78(1), 153–189 (zie pag. 5).
- Subhash, S., & Cudney, E. A. (2018). Gamified learning in higher education: A systematic review of the literature. *Computers in Human Behavior*, 87, 192–206 (zie pag. 15).
- Taber, K. S. (2020). Mediated Learning Leading Development—The Social Development Theory of Lev Vygotsky. In B. Akpan & T. J. Kennedy (Red.), *Science Education in Theory and Practice: An Introductory Guide to Learning Theory* (pp. 277–291). Springer International Publishing. (Zie pag. 10).
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press. (Zie pag. 9).
- Willems, S., Albers, C., & Smeets, I. (2020). Variability in the interpretation of probability phrases used in Dutch news articles — a risk for miscommunication. *Journal of Science Communication*, 19(2) (zie pag. 29).

## Webpagina's

Bernard La Rivière. (2014). *Systematische Probleem Aanpak (SPA)*. Verkregen 26 april 2022, van <https://bernardblogt.wordpress.com/2014/11/12/systematische-probleem-aanpak-spa/> (zie pag. 4).

NASUWT. (2012). *Peer to Peer with Post It notes*. Verkregen 18 juni 2023, van <https://www.youtube.com/watch?v=usJnehrXInc> (zie pag. 2, 9, 10, 22).

PatternFly. (2023). *PatternFly v4*. Verkregen 18 juli 2023, van <https://www.patternfly.org/v4/> (zie pag. 13, 25, 34, 36).



## Lijst van figuren

2.1	Voorbeeld leerlingenweergave . . . . .	15
2.2	Het invullen of wijzigen van een antwoord. Consensus over het antwoord van de leerling wordt weergegeven met groene, rode en grijze bolletjes links onder in de hoek, zoals in detail beschreven in paragraaf 2.1.5. . . . .	16
2.3	Melding aan leerling voor overleg. . . . .	17
2.4	Visualisatie van de consensus over een antwoord. Er zijn in totaal 24 actieve gebruikers. Hiervan zijn 7 gebruikers met het antwoord eens ( <i>groen</i> ), 3 zijn het er niet mee eens ( <i>rood</i> ) en de overige 14 leerlingen moeten nog een antwoord indienen ( <i>grijs</i> ). . . . .	17
2.5	Voorbeeld docentendashboard. . . . .	18
3.1	Resultaten van de pre-test (voormeting) en post-test (nameting) met betrekking tot de probleemoplosvaardigheden van leerlingen. . . . .	28
3.2	Resultaten van de pre-test (voormeting) en post-test (nameting) over de zelfeffectiviteit van leerlingen. . . . .	30
4.1	Voorbeeld leerlingenweergave in het eindproduct. . . . .	33
4.2	Voorbeeld docentendashboard in het eindproduct. . . . .	35



## Lijst van tabellen

3.1	Verdeling van de onderzoeksgroep. . . . .	22
3.2	Resultaten vragenlijst probleemoplosvaardigheden onderverdeeld per vraag met standaardfout van controlegroep (N=23) en interventiegroep (N=24). . . . .	27
3.3	Resultaten vragenlijst zelfeffectiviteit onderverdeeld per vraag met standaardfout van controlegroep (N=23) en interventiegroep (N=24). . . . .	31





# Lijst van codevoorbeelden

2.1	HTML invoer voor het produceren van de bovenstaande opdracht. . . .	14
-----	---	----



Hier vind je de schriftelijke toets strategische kennis ontleend en aangepast van Pol (2009), die gebruikt is om het effect op de probleemoplosvaardigheden van leerlingen te bepalen. De weergave van de toets is ingekort. Op de echte toets hadden leerlingen bij elke opgave één A4-ruimte beschikbaar voor de uitwerking, met de woorden 'verkennen', 'aanpak' en 'controle en conclusie' erop geschreven.

## A.1 Schriftelijke toets probleemoplosvaardigheden

### Afname van de toets

#### Lees eerst de voorbeeldopgave

Deze toets bevat 5 korte natuurkundeopgaven. Je moet bij elke opdracht drie dingen opschrijven:

1. Het *verkennen* van het probleem.
2. De *aanpak* van het probleem.
3. De *Controle* van je uitkomsten en je conclusie.

We geven een voorbeeld:

*Laura heeft begin 1991 een boom geplant. Zij heeft gelezen dat de boom in de eerste 10 jaar gemiddeld 21 cm per jaar groeit. Voorjaar 1999 is de boom 424 cm hoog. Hoe hoog was de boom toen Laura hem plantte?*

**Verkennen:** de situatie en de vraag samenvatten in woorden of in een schema (*max. 2 punten*). Bijvoorbeeld:

In 1991: ..... cm

In 1998: 424 cm, met 21 cm groei per jaar.

Hoeveel cm gegroeid en hoeveel cm eerst?

**Aanpak:** laat zien hoe je de opdracht oplost (*max. 6 punten*). Bijvoorbeeld:

Groei  $21 \text{ cm} \times (1999 - 1991) = 21 \times 8 = 168 \text{ cm}$

Lengte in 1991 is:  $424 \text{ cm} - 168 \text{ cm} = 256 \text{ cm}$

**Controle en conclusie:** controleer de uitkomst en geef antwoord op de vraag (*max. 2 punten*). Bijvoorbeeld:

De boom was ongeveer 420 cm en hij is in acht jaar ongeveer  $8 \times 20 \text{ cm}$  gegroeid. Dus was de boom ongeveer 260 cm.

*Conclusie:* de boom was begin 1999 waarschijnlijk 256 cm.

Duur van de toets: 1 lesuur. Er volgen nu 5 opdrachten.

### **Opgave 1 Patrouillevliegtuig**

Een politievliegtuigje patrouilleert boven het Caribische gebied om drugssmokkelaars op te sporen. Bij windstil weer haalt het patrouillevliegtuigje een snelheid van 300 km/uur. Bij een volle tank kan het vliegtuigje vier uur vliegen. Op een dag gaat een patrouille de lucht in op weg naar een groepje eilanden. Op de heenweg heeft het vliegtuigje een tegenwind van 50 km/uur. Er is die hele dag een constante wind uit dezelfde richting.

Vraag: Hoeveel kilometer kan het vliegtuig op de heenweg maximaal vliegen om nog veilig terug te kunnen keren? (geen decimalen)

### **Opgave 2 Overstekende hond**

Een snorfiets ziet 10 m voor zich plotseling een hond de weg oversteken. De reactietijd van de snorfiets bedraagt 0,60 sec. De snorfiets heeft een snelheid van 25 km/h.

Vraag: Met welke vertraging moet de snorfietsremmen om de hond niet aan te rijden? (in  $\text{m/s}^2$ )

### **Opgave 3a Stuiterballetje**

Een stuiterballetje wordt van 120 cm boven de vloer van het gymnastieklokaal losgelaten. Elke keer dat het balletje stuit komt het  $4/10$  lager dan de keer er voor.

Vraag: Na hoeveel keer stuiten ligt het balletje vrijwel stil en komt het minder dan 1 mm omhoog?

### **Opgave 3b Stuiterballetje**

Op basis van de gegevens van de vorige opgaven komen we tot de volgende stelling: 'Het balletje komt nooit helemaal stil te liggen'.

Vraag: Klopt deze stelling volgens jou? (antwoord: ja of nee)

#### **Opgave 4 Ontmoetende treinen**

Twee treinen rijden op het traject tussen Amsterdam en Parijs. Ze hadden om 7.30 uur 's ochtends tegelijk moeten vertrekken, de één uit Parijs en de ander uit Amsterdam. De trein uit Parijs bestaat uit 4 wagons en de trein uit Amsterdam uit 3. Omdat de NS weer eens problemen had met de bovenleiding, vertrok de trein uit Amsterdam pas om 8.30 uur. De trein uit Parijs vertrok wel op tijd. De afstand tussen beide steden is hemelsbreed 475 km, maar over het spoor 523 km. De Parijse trein haalt een gemiddelde snelheid van 150 km/uur. Die uit Amsterdam haalt door een erg slaperige machinist maar een gemiddelde snelheid van 120 km/uur.

Vraag: Hoe laat komen de twee treinen elkaar tegen?

#### **Opgave 5 Zeilboten**

Jim en Anna houden een wedstrijd met hun zeilboten. Na het startsein vaart Jim als eerste over de startlijn. Anna ligt er niet zo handig voor en vaart pas drie minuten na Jim over de start. Anna's boot is wel sneller dan die van Jim, zij vaart 23 km/uur, terwijl Jim maar 19 km/uur haalt.

Vraag: Na hoeveel minuten heeft Anna Jim ingehaald?

