



Redeneren met de SPA+

Het gebruik van de systematische probleemaanpak plus bij scheikunde

SLO • nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling

slo



Redeneren met de SPA+

Het gebruik van de systematische probleemaanpak plus bij scheikunde

December 2018

slo

nationaal
expertisecentrum
leerplan-
ontwikkeling

Verantwoording



2018 SLO (nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling), Enschede

Mits de bron wordt vermeld, is het toegestaan zonder voorafgaande toestemming van de uitgever deze uitgave geheel of gedeeltelijk te kopiëren en/of verspreiden en om afgeleid materiaal te maken dat op deze uitgave is gebaseerd.

Auteur: Dorien van Montfort

In samenwerking met: Herman Schalk

Informatie

SLO

Afdeling: voortgezet onderwijs

Postbus 2041, 7500 CA Enschede

Telefoon (053) 4840 840

Internet: www.slo.nl

E-mail: info@slo.nl

AN: 3.7873.765

Inhoud

Voorwoord	5
Inleiding	7
1. Theoretisch kader	9
1.1 Argumenteren en redeneren	9
1.2 Onderzoeken naar argumenteer- en redeneervaardigheden leerlingen	12
1.3 De SPA+	14
1.4 De SPA+ in vergelijking tot andere <i>structure interventions</i>	14
2. Onderzoeksvragen	17
3. Methode	19
3.1 Instructionele context	19
3.2 SPA+ interventie	19
3.3 Dataverzameling	20
4. Resultaten	29
4.1 Docentperspectief	29
4.2 Leerlingperspectief	40
4.3 Vergelijking docent- en leerlingperspectief	50
5. Conclusies	53
5.1 Ervaringen met de SPA+	53
5.2 Het gebruik van de SPA+ in de onderwijspraktijk	54
5.3 Zijn gebruikers van plan de SPA+ te blijven gebruiken?	55
6. Discussie	57
6.1 Discussie	57
6.2 Aanbevelingen	60
6.3 Sterke punten en beperkingen	61
6.4 Algehele conclusie	63
Dankwoord	65
Referenties	67
Bijlagen overzicht	71

Voorwoord

Soms vallen kansen zomaar in je schoot. Dat overkwam mij (en SLO) toen Dorien, student onderwijskunde van de Universiteit Utrecht, in januari 2018 een mailtje stuurde met de vraag of er wellicht een 'internship' – een onderzoeksstage – bij SLO mogelijk was. Ik had net enkele dagen daarvoor in een onderzoeksoverleg verzucht dat de tijd voor een gebruikersonderzoek van de SPA+ moeilijk te vinden was. Doriens verzoek en mijn verzuchting pasten op elkaar als een sleutel en een slot.

Het onderwerp was dus snel bepaald en het overleg over de aanpak verliep ook redelijk vlot. Voor de zomer waren de contouren geschetst en de voorbereidende werkzaamheden gestart. Daardoor was de start in september een vloeiende en lag er na een week een doortimmerd design op tafel. De rest van het onderzoek verliep niet minder gesmeerd. Met grote inzet, doortastendheid en doorzettingsvermogen is het volgens plan – zowel qua opzet als planning – uitgevoerd. Zelden heb ik een student begeleid die zoveel drive en accuratesse tentoonspredde.

Ook het resultaat mag er zijn: een weliswaar kleinschalig, maar gedegen onderzoek naar het gebruik van een door SLO ontwikkeld product voor in de klas, met heldere conclusies en aanbevelingen. Die aanbevelingen zullen zeker een vervolg krijgen. Het is duidelijk dat de didactische ondersteuning van de docent beter moet.

SLO mocht zich rijk rekenen met zo'n stagiair.

Herman Schalk (leerplanontwikkelaar biologie).

Inleiding

De nieuwe curriculumstandaarden voor het onderwijs in de bètavakken leggen steeds meer nadruk op het leren argumenteren en redeneren (o.a. *Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority* (ACARA), 2009; *National Research Council* (NRC), 2007; *Next Generation Science Standards* (NGSS), 2013; *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD), 2017). We zien deze trend ook terug in de nieuwste eindexamenprogramma's. Zo is het kunnen redeneren beschreven als een algemene vaardigheid in de subdomeinen A5-A7 van de vakken scheikunde, natuurkunde en biologie (College voor Toetsen en Examens (CvTE), 2016). Daarnaast zijn bij scheikunde de subdomeinen A11-A15 volledig toegespitst op het redeneren binnen voor scheikunde specifieke contexten (CvTE, 2016).

De nadruk op argumenteren en redeneren komt voort uit een verandering in het denken ten aanzien van wetenschapsonderwijs die zich manifesteerde eind 20e, begin 21e eeuw. In de 20e eeuw werd wetenschap hoofdzakelijk gezien als een empirisch proces: claims ten aanzien van de waarheid zijn gegrondvest in observaties en conclusies worden deductief gevormd op basis van deze observaties (Cavagnetto & Hand, 2012; Driver, Newton, & Osborne, 2000). Aan het eind van de 20ste eeuw veranderde het beeld, wetenschap werd steeds meer gezien als een sociaal proces van kennisconstructie, waarin vermoeden, retoriek en argumentatie een grote rol krijgen. Deze veranderde denkwijze wordt nu (begin 21ste eeuw) steeds zichtbaarder in de onderwijspraktijk. Waar eerst de nadruk lag op het reproduceren van kennis, is de focus verschoven naar het aanleren van argumenteer- en redeneervaardigheden die moeten leiden tot meer begrip over specifieke onderwerpen binnen de vakgebieden (Cavagnetto & Hand, 2012; Duschl & Grandy, 2008; Erduran & Jiménez-Aleixandre, 2008).

Argumenteren en redeneren zijn complexe vaardigheden, die door leerlingen als moeilijk ervaren worden (Osborne, Erduran, Simon, & Monk, 2001; Paus, Rodenboog, Schalk, Sijbers, Van der Leeuw, & Meestringa, 2018; Visser, Coenders, & Ornée, 2016). Deze moeilijkheden komen enerzijds voort uit de complexe structuur van een goed opgebouwd argument en anderzijds uit de complexiteit van de (vak)taal die nodig is bij het formuleren van een wetenschappelijke redenering (zie paragraaf 1.2). Aangezien argumenteren en redeneren een steeds grotere rol krijgen in het onderwijs is het belangrijk leerlingen te ondersteunen bij het ontwikkelen van deze vaardigheden. Daarvoor zijn diverse interventies/hulpmiddelen ontworpen (o.a. McNeill, Lizotte, Krajick, Marx, 2006; Osborn, Erduran, Simon, 2004; Schalk & Paus, 2017; Tang, 2016).

Dit onderzoek richt zich op de Systematisch Probleem Aanpak Plus (SPA+), een hulpmiddel voor leerlingen bij het beantwoorden van 'leg-uit', 'verklaar' en 'redeneer' opgaven (SLO, 2018a, 2018b). De SPA+ vindt haar oorsprong in de SPA, ontwikkeld door Kramers-Pals (1994) en SLO (2018a, 2018b). De SPA in oorspronkelijke vorm is een heuristiek voor het maken van scheikundeopgaven. De SPA is doorontwikkeld door SLO tot de SPA+.

Een kenmerkende ontwikkelstap is de specifiekere focus op het hogere orde denken, die tot uiting komt door het toevoegen van de + in de naam: daar waar de SPA ook werd ingezet bij het maken van rekenopgaven is de SPA+ specifiek gericht op redeneeropgaven. Een tweede kenmerkende ontwikkelstap is het uitbrengen van verschillende versies van de SPA+, aansluitend bij de vakken natuurkunde, scheikunde en biologie.

De SPA+ is veelvuldig getest tijdens haar ontwikkeling (o.a. in workshops op docentconferenties in 2016-2017) en steeds verder geoptimaliseerd (voorbeeld van een eerdere versie zie Schalk & Paus, 2017). De SPA+ bevindt zich inmiddels in de laatste fase van de ontwerpcyclus, namelijk de try-out fase (Nieveen, Folmer, & Vliegen, 2012). Passend bij de try-out fase staat in het huidige onderzoek de volgende onderzoeksvraag centraal:

Hoe wordt de SPA+ gebruikt door docenten en leerlingen binnen de context van het vak scheikunde?

Leeswijzer

Deze publicatie beschrijft een (wetenschappelijk) onderzoek naar de systematische probleemaanpak plus (SPA+) en het gebruik ervan in de onderwijspraktijk. Niet alleen de theoretische opzet (hoofdstuk 2), de onderzoeksmethode (hoofdstuk 3), de resultaten vanuit zowel docent- als leerlingperspectief (hoofdstuk 4) en conclusies (hoofdstuk 5) komen aanbod, maar ook een discussie met concrete aanbevelingen voor het toekomstig gebruik van de SPA+ in de onderwijspraktijk (hoofdstuk 6). Deze publicatie is geschreven voor zowel docenten in de bètavakken, als onderwijsontwikkelaars en onderzoekers in het veld van onderwijskundig ontwerp.

Docenten

Deze publicatie is relevant voor docenten in de bètavakken die de SPA+ gaan gebruiken of overwegen dat te gaan doen. De achtergrondinformatie in dit rapport kan ze helpen bij de afweging of de SPA+ geschikt is voor wat zij willen bereiken met hun leerlingen. Ook krijgen ze een beeld van de manier waarop de SPA+ ingezet kan worden in de praktijk en hoe anderen (leerlingen en een scheikundedocent) het gebruik ervan hebben ervaren. Tot slot biedt deze publicatie concrete handvaten om de SPA+ te implementeren in hun eigen lessen.

Onderwijsontwikkelaars/Onderwijskundig onderzoekers

Het uitgevoerde onderzoek naar de SPA+ kan geplaatst worden binnen het breder kader van ontwerpgericht onderzoek (*design research*); het op systematische wijze ontwerpen, ontwikkelen en evalueren van onderwijskundige interventies (zoals onderwijsprogramma's en het aanleren van leerstrategieën) als oplossing voor complexe problemen in de onderwijspraktijk. Onderwijsontwikkelaars en/of onderwijskundig onderzoekers kunnen deze publicatie gebruiken als een *case example* voor het uitvoeren van ontwerpgericht onderzoek. Meer specifiek geeft deze publicatie een beeld van passende onderzoeksmethoden en het type uitkomsten dat men kan verwachten bij het uitvoeren van een ontwerpgericht onderzoek. Zo kan het rapport een inspiratiebron zijn voor het opzetten van eigen ontwerponderzoeken.

1. Theoretisch kader

1.1 Argumenteren en redeneren

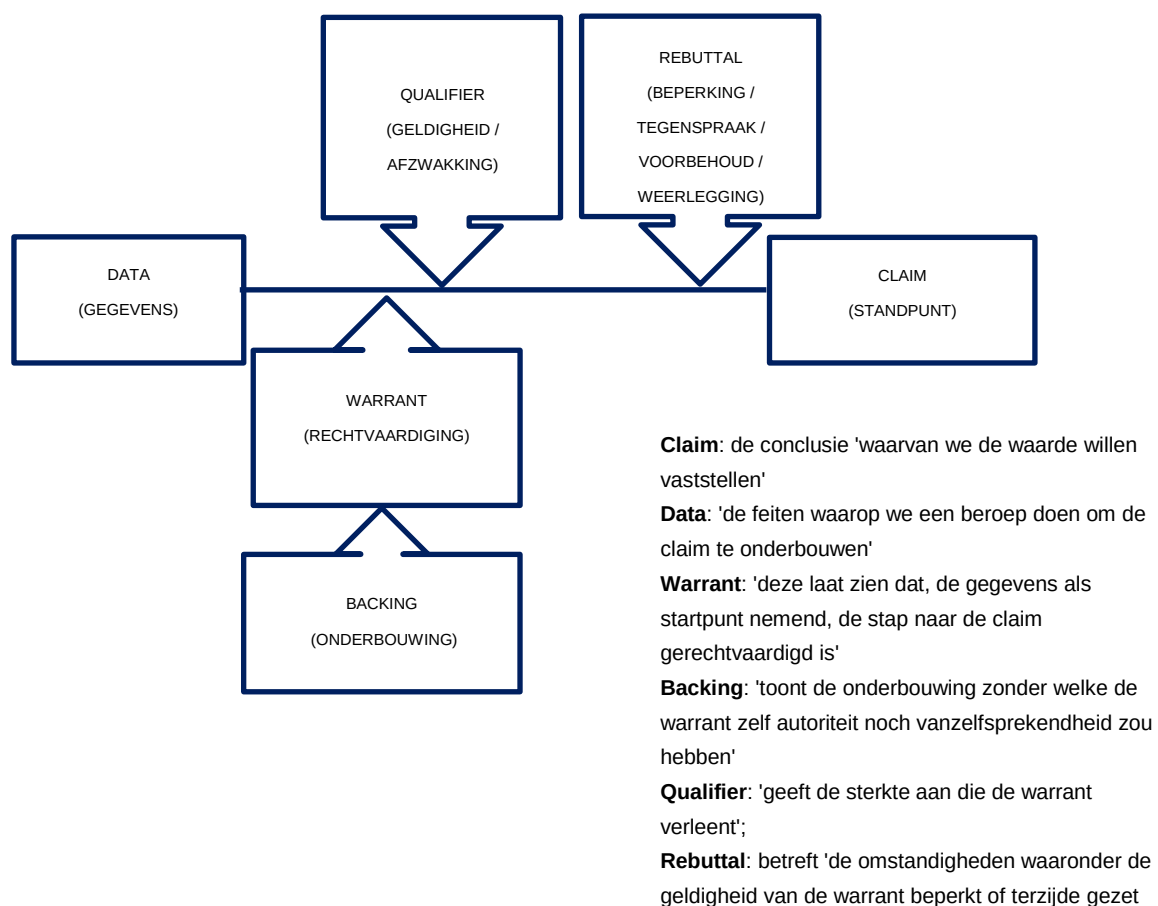
Argumenteren wordt over het algemeen gezien als het kunnen maken van valide verbindingen tussen claims en veronderstellingen (Rapanta, Garcia-Mila, & Gilabert, 2013); het kunnen verantwoorden en/of verdedigen van een standpunt voor een publiek (Van Eemeren, Grootendorst, Johnson, Plantin, & Willard, 2013). Hierbij worden drie soorten argumenten onderscheiden; analytische, dialogische en retorische argumenten (Jiménez-Aleixandre, Bugallo Rodríguez, & Duschl, 2000). Analytische argumenten zijn gebaseerd op theorie, hierbij komen claims inductief of deductief voort uit een set veronderstellingen. Dialogische argumenten komen voort uit discussies of debatten en hebben betrekking op veronderstellingen die niet noodzakelijk waar zijn. Retorische argumenten zijn verhalend en hebben als doel een publiek te overtuigen. Het natuurwetenschappelijk onderwijs richt zich hoofdzakelijk op het leren construeren van argumenten om verschijnselen in de (levende en dode) natuur te verklaren, het meest overeenkomend met analytische argumenten.

Het begrip argumenteren raakt nauw aan het begrip redeneren. Redeneren is het uitleggen of verklaren van een specifiek fenomeen, gebruikmakend van geaccepteerde (wetenschappelijke) theorieën en/of kennis; de logische verklaring die bewijs en claims met elkaar verbindt (McNeill et al., 2006; Osborne, Henderson, MacPherson, Szu, Wild, & Yao, 2016; Tang, 2016). Voor het opstellen van een redenering is dan ook vakspecifieke kennis noodzakelijk.

In de eindtermen van de eindexamenprogramma's van de natuurwetenschappelijke vakken worden de beide begrippen argumenteren en redeneren gebruikt (CvTE, 2016). In de praktijk wordt vaak het begrip argumenteren gebruikt als het gaat om de vakoverstijgende natuurwetenschappelijke vaardigheid 'waarderen en oordelen' (eindterm A9) (CvTE, 2016; SLO, 2018a). Het begrip redeneren wordt meestal gebruikt als het gaat om vakspecifieke vormen van redeneren, zoals het leggen van scheikundige verbanden. In (examen)opgaven waarin redeneringen worden verwacht, worden vaak de werkwoorden uitleggen, verklaren en (be)redeneren gebruikt. Opgemerkt moet worden dat het onderscheid tussen argumenteren en redeneren in de onderzoeksliteratuur niet zo eenduidig is. Enerzijds komt dit voort uit nuanceverschillen in de betekenis van Engelse versus Nederlandse begrippen, anderzijds is dit het gevolg van nuanceverschillen die worden gemaakt ten aanzien van het vakgebied (bijvoorbeeld argumenteren bij Nederlands versus scheikunde). In het huidige onderzoek zal ik het onderscheid tussen argumenteren en redeneren aanhouden zoals dit ook wordt gedaan in de eindexamenprogramma's (CvTE, 2016). Ik zal echter de begrippen voor de volledigheid in het resterende deel van het theoretisch kader nog naast elkaar blijven gebruiken.

Ondanks de exacte definities die gehanteerd worden voor de begrippen argumenteren en redeneren, blijven de begrippen abstract. Het uiteenrafelen van het argumentatieproces kan meer inzicht geven in wat deze complexe vaardigheden behelst, hetgeen uiteindelijk richting kan geven aan (onderwijs)interventies die het leerproces beogen te bevorderen. Het meest beschreven en kenmerkende model in de literatuur met betrekking tot argumenteren en redeneren in wetenschapsonderwijs is het argumentatieschema van Stephen Toulmin (1958) (o.a. Cavagnetto & Hand, 2012; Jimenez-Alexandre, Rodriguez, Busch, 2000; Osborne et al., 2001; Ruiz-primo, Shin-ping Tsai, Schneider, 2010; Sandovel & Millwood, 2010; zie figuur 1).

Zijn argumentatieschema geeft de universele structuur van argumentatie weer. Het argumentatieschema (ook wel bekend als het *claim, evidence and reasoning framework*) laat zien hoe op basis van data (gegevens) een claim (de conclusie van een argumentatie) gerechtvaardigd kan worden. Toulmin's argumentatieschema is met name aantrekkelijk door haar relatieve eenvoud en haar generaliseerbaarheid over verschillende domeinen (Cavagnetto & Hand, 2011; Driver et al., 2000). Interventies die het leerproces van argumenteren en redeneren beogen te bevorderen, zijn dan ook vaak gebaseerd op het gedachtegoed van Toulmin, zo ook de SPA+ die wordt ingezet in het huidige onderzoek (o.a. McNeill et al., 2006; RuizPrimo, Li, Tsai, & Schneider, 2010; Tang, 2016). In paragraaf 1.3 wordt hier uitgebreider bij stil gestaan.



Figuur 1. Argumentatieschema van Stephen Toulmin (1958) overgenomen uit de [SPA+ docentenhandleiding](#) (SLO, 2018a). In Nederlandse versies worden verschillende vertalingen gebruikt, deze termen zijn tussen haakjes in het schema opgenomen. De omschrijvingen van de termen zijn een vertaling van de oorspronkelijke omschrijvingen van Toulmin (1958).

Naast een structurele component, zoals zichtbaar in Toulmin's model, wordt het argumentatieproces ook gekenmerkt door een taalkundige component (Van Dijk, 2018). Een goed c.q. compleet geformuleerde wetenschappelijke redenering vraagt om het gebruik van vaktaal. Deze vaktaal bevat de vakspecifieke begrippen, de werkwoorden en de zinsconstructies die nodig zijn om wetenschappelijke redeneringen op een adequate manier te verwoorden (Fries & Hooghuis, 2017; Paus et al., 2018). Het gaat dus niet alleen om het gebruik van losse woorden/vaktermen, maar ook om het leggen van vakinhoudelijk juiste relaties tussen de termen om uiteindelijk een integrale vaktekst te creëren.

Afhankelijk van het doel van de tekst, kunnen vakteksten worden onderverdeeld in een aantal tekstgenres. Het schrijven van een redenering valt binnen het tekstgenre van de *Verklaring*. Het genre *Verklaring* is bedoeld om een fenomeen of proces uit te leggen en te interpreteren (Van der Leeuw & Meestringa, 2014). De *Verklaring* is opgebouwd uit twee stadia. Het eerste stadium is de identificatie van het fenomeen; de start van een verklaring die meestal begint met een benoeming of procesmatige beschrijving van een fenomeen. Vervolgens wordt in het tweede stadium een verklaring gegeven aan de sequentie; er wordt antwoord gegeven op vragen zoals, Hoe komt dat? Hoe werkt dat?, Waarom is dat?

Voorbeeldverklaring van oplossingsvraagstuk in scheikunde (Afkomstig uit Van der Leeuw & Meestringa, 2014, p. 62)

Waarom kost het verdampen van jood meer moeite dan het oplossen van jood?

Identificatie van een vergelijking	Bij het verdampen van jood en het oplossen van jood worden vanderwaalsbindingen verbroken. Toch is er een belangrijk verschil tussen verdampen en oplossen.
Verklaring van de sequentie	- Bij het oplossen worden eerst Vanderwaalsbindingen verbroken . Dat kost energie . Maar vervolgens ontstaan er weer nieuwe vanderwaalsbindingen tussen joodmoleculen en hexaanmoleculen. Dat levert energie. - Bij het verdampen worden er alleen vanderwaalsbindingen verbroken . Dat kost energie. Er worden geen nieuwe vanderwaalsbindingen meer gevormd .

Betekenis kleuren:

Taalmiddelen om onderwerp uit te werken (**Veld**)

Taalmiddelen om standpunt te bepalen (**Toon**)

Taalmiddelen om samenhang aan te brengen (**Modus**)

Naast de kenmerkende opbouw van het verklaringsgenre, zijn in het verklaringsvoorbeeld ook drie taalmiddelen terug te zien die meestal worden gebruikt bij het schrijven van een verklaring/redenering:

- (1) taalmiddelen om het onderwerp uit te werken, hieronder vallen met name de gebruikte vaktermen.
- (2) taalmiddelen om een standpunt in te nemen, bijvoorbeeld woorden die accenten leggen in de tekst.
- (3) taalmiddelen die zorgen voor samenhang in de tekst, vaak zijn dit verbindingswoorden. (Van der Leeuw & Meestringa, 2014)

Het belang van de taalkundige component, naast de structurele component, bij het schrijven van een goede c.q. complete redenering is zichtbaar in het volgende voorbeeld (Paus et al., 2018, p. 7):

Examenvraag Nask2 vmbo gl/tl 2017

Bitumen is een materiaal dat zich gedraagt als een thermoplast.

→ Leg uit dat asfalt op deze manier kan worden hergebruikt, omdat het bitumen de eigenschappen van een thermoplast heeft.

Antwoord leerling

Zo kan asfalt op deze manier worden hergebruikt omdat bitumen makkelijk te vervormen zijn

Het antwoord van de leerling bevat essentiële structurele elementen zoals “het butimen is makkelijker te vervormen”, maar het geheel is niet goed; het lijkt erop dat de leerling de redenering wel weet, maar niet op een adequate manier krijgt geformuleerd. De taalmiddelen uit het eerder gegeven verklaringsvoorbeeld over het oplossen van jood, zijn onvoldoende aanwezig in de redenering van deze leerling. Het formuleren van een complete redenering wordt dus gekenmerkt door zowel een structurele als een taalkundige component.

Het leren argumenteren is van belang vanuit zowel een maatschappelijk als cognitief perspectief.

Vanuit een maatschappelijk perspectief is te zien dat individuen beslissingen moeten nemen over een verscheidenheid aan sociaalwetenschappelijke kwesties. In de literatuur wordt hoofdzakelijk het kunnen geven van een argument ten aanzien van morele dilemma's zoals voedselveiligheid, reproductieve technologieën en genetische manipulatie aangehaald (Driver et al., 2000; Juminez-alexandre & Puig, 2012; Osborne et al., 2001). Dit zal echter ook van toepassing zijn op neutrale, minder beladen, dilemma's. Aangezien deze beslissingen gebaseerd worden op een veelheid aan informatie die beschikbaar gesteld wordt door verschillende media, is het van belang dat leerlingen leren hoe ze een valide argument kunnen vormen.

Vanuit een cognitief perspectief is er een positief verband tussen argumenteren en redeneren enerzijds, en het ontwikkelen van kritische en hogere orde denkvaardigheden anderzijds (Rapanta, Garcia-Mila, & Gilabert, 2013). Meer specifiek verfijnt het redeneerproces het begrip van leerlingen over een specifiek onderwerp, helpt het leerlingen te reflecteren op wat zij geleerd hebben, en ondersteunt het leerlingen bij het onderscheiden van relevante en irrelevante informatie en het leggen van logische verbindingen tussen verschillende kenniscomponenten.

1.2 Onderzoeken naar argumenteer- en redeneervaardigheden leerlingen

In lijn met de vernieuwde curricula waarin meer nadruk ligt op argumenteer- en redeneervaardigheden, is er de afgelopen decennia veel onderzoek gedaan naar de argumenteer- en redeneervaardigheden van leerlingen. Hierin zijn grofweg twee onderzoekstromingen terug te vinden; onderzoeken naar de kwaliteit van gegeven argumenten door leerlingen en de bijbehorende argumentatiestructuur (o.a. Sandoval & Millwood, 2005; Erduran, Simon, & Osborne, 2004; Wu & Hsieh, 2006), en onderzoeken naar methodieken die het leren argumenteren en redeneren proberen te ondersteunen (o.a. McNeill et al., 2006; Osborne et al., 2004; Tang, 2016).

Onderzoeken naar de kwaliteit van argumenten gegeven door leerlingen in de context van wetenschappelijke vraagstukken hebben door leerlingen ervaren moeilijkheden blootgelegd. De onderzoeken hebben geleid tot de volgende bevindingen ten aanzien van de structurele component van het argumentatieproces:

- (1) Leerlingen vinden het lastig te differentiëren tussen relevante en irrelevante data wanneer zij meer data ter beschikking hebben dan nodig voor hun redenering (McNeill et al., 2006).
- (2) Leerlingen vinden het moeilijk te bepalen wat als *evidence* (reden, bewijs) kan worden gezien voor een specifieke claim (Sadler, 2004; Sandoval, 2003).
- (3) Leerlingen hebben de neiging om conclusies te trekken op basis van hun eigen theorieën, met name wanneer data hun bestaande theorieën tegenspreken (Hogan & Maglienti, 2001).
- (4) Zelfs wanneer leerlingen zich er bewust van zijn dat het belangrijk is data mee te nemen in hun redenering, is er nog steeds onvoldoende bewijs aanwezig in hun eindredeneringen (*evidence* voor *claims*; Sandoval & Millwood, 2005).

Het aantal onderzoeken en daarmee de onderzoeksbevindingen met betrekking tot de taalkundige component is beperkt. Dit betekent echter niet dat moeilijkheden hierbij niet aanwezig zijn. Gerelateerd aan de taalkundige component concluderen Sampson & Clark (2008) in hun review het volgende “research that has examined the overall structure of an argument indicates that students often struggle with coherence and linking ideas together in appropriate or meaningful ways”. Meer specifiek volgt uit een onderzoek van Van de Gein (2012) naar taalfouten van havo/vwo-leerlingen in het centraal schriftelijk examen dat het juist gebruiken van signaalwoorden bij veel leerlingen problemen oplevert. Zij komt dan ook tot de conclusie dat het “...nauwkeurig onder woorden brengen van gedachten en bedoelingen en het kiezen van de juiste woorden, in de juiste combinaties, aan het einde van het voortgezet onderwijs een niet gering struikelblok kan vormen...”.

Aanvullend hierop analyseerden Visser, Coenders en Ornée (2016) onder andere de formulering van antwoorden gegeven door havo 4-leerlingen op scheikundeproefwerken. Hierbij werd met name gekeken naar foutieve antwoorden die goed waren geweest als de leerling deze beter had geformuleerd. Zij concludeerden net als Van de Gein (2012), dat het juiste gebruik van signaalwoorden een obstakel vormt. Foutieve antwoorden waren verder het gevolg van foutieve verwijzingen (het, die, er, dan), onvoldoende taalverzorging (zinsbegrenzing, correct Nederlands) en het niet geheel of slechts gedeeltelijk herhalen van de vraag.

Om leerlingen te leren argumenteren en redeneren, en daarmee bovengenoemde moeilijkheden te verminderen, is een veelvoud aan interventies ontworpen. De review van Cavagnetto (2010) geeft een goed beeld van de grote diversiteit aan argumentgerichte interventies. Meer specifiek beoogde de review inzicht te geven in de manier waarop argumentgerichte interventies *scientific literacy* promoten. *Scientific literacy* werd hierbij gedefinieerd als “the ability to accurately and effectively interpret and construct science-based ideas in the popular media and everyday contexts” (Cavagnetto, 2010, pp 352).

Hoewel alle interventies argumenteer- en redeneervaardigheden van leerlingen trachten te bevorderen, is de manier waarop dit gedaan wordt divers. Na analyse van 54 artikelen over argumentgerichte interventies, onderscheidt Cavagnetto (2010) drie typen interventies:

- (1) interventies die leerlingen ‘onderdompelen’ in authentieke onderzoeksettingen waarbij leerlingen ondersteund worden in het vormen van wetenschappelijke redeneringen (*immersion interventions*);
- (2) interventies die zich richten op het aanleren van een specifieke argumentatiestructuur (*structure interventions*); en
- (3) interventies die zich richten op het ervaren van de interactie tussen wetenschap en maatschappelijke vraagstukken, met als hoger doel het leren construeren van wetenschappelijke redeneringen (*socioscientific interventions*).

Zoals zichtbaar in de categorieën, komen verschillen in interventies voort uit verschillen in het onderliggende belang dat gehecht wordt aan het leren argumenteren en redeneren. Bij *immersion interventions* draait het hoofdzakelijk om het kunnen argumenteren en redeneren in de rol van een onderzoek, waarin het vormen van onderzoeksvragen, hypotheses en methoden centraal staan. Bij *structure interventions* gaat het om het leren argumenteren en redeneren in diverse contexten, volgens een valide en vaste argumentatiestructuur, zowel binnen een vakgebied als vakoverstijgend. *Socioscientific interventions* zijn tot slot meer gericht op het maatschappelijk belang van het kunnen argumenteren en redeneren.

1.3 De SPA+

De SPA+ is te beschouwen als een *structure intervention*. De SPA+ is immers een gestructureerde methode voor het beantwoorden van leg uit-, verklaar- en redeneeropgaven in de bètavakken. Meer specifiek is de SPA+ een zesstappenplan dat leerlingen (en docenten) verplicht om alle redeneerstappen vast te leggen (zie figuur 2). De SPA+ is ontworpen rondom het argumentatieschema data→verbinding→conclusie, een vereenvoudigde versie van het eerder beschreven model van Stephen Toulmin (1958). In essentie vraagt iedere redeneeropgave naar één of twee elementen uit het argumentatieschema. Ook bevat iedere redeneeropgave informatie ten aanzien van één of meerdere elementen uit het argumentatieschema. Door te achterhalen welk(e) element(en) uit het argumentatieschema gevraagd worden (stap 2) en het argumentatieschema compleet te maken door informatie uit de opgave, het leerboek, BINAS¹ en/of parate kennis (stap 3 & 4), kan uiteindelijk voor iedere redeneervraag een complete redenering (met het gebruik van passende vaktaal en verbindingswoorden) worden geformuleerd (stap 5). De geformuleerde redenering zal niet automatisch in dezelfde volgorde zijn opgebouwd als het argumentatieschema, dit is immers afhankelijk van het gevraagde (het vraagtype, stap 2). Daarom is het belangrijk te controleren of de geformuleerde redenering ook daadwerkelijk antwoord geeft op de vraag (stap 6). Het doorzien van de systematische structuur van redeneringen en redeneeropgaven, is het gedachtegoed dat de SPA+ beoogt over te brengen, het SPA+ formulier is hierbij enkel een hulpmiddel.

1.4 De SPA+ in vergelijking tot andere *structure interventions*

Door McNeill et al. (2006), Cavagnetto & Kurtz (2016) en Tang (2016) zijn de effectiviteit en/of het gebruik van verschillende *structure interventions* onderzocht. McNeill et al. (2006) hebben onderzocht wat leerlingen (11-14 jaar) beter in staat stelt wetenschappelijke verklaringen te schrijven: het geven van continue educatieve ondersteuning of afnemende educatieve ondersteuning (*scaffolding*). De educatieve ondersteuning bestond uit instructie van het argumentatieschema *claims→evidence→reasoning* (een vereenvoudigde variant van Toulmins model), door uitgewerkte voorbeelden tijdens een acht weken durend scheikundeproject. In de continue conditie waren uitgewerkte voorbeelden altijd compleet, in de *fading* conditie waren voorbeelden steeds minder gedetailleerd uitgewerkt. Wetenschappelijke redeneringen waren aan het eind van de onderzoeksperiode in beide groepen significant beter dan aan het begin. Het modelleren van het argumentatieschema had dus een positief effect op de ontwikkeling van de argumenteer- en redeneervaardigheden van de leerlingen. Aangezien de *fading* groep uiteindelijk sterkere redeneringen formuleerde dan de continue groep, lijkt *scaffolding* hierbij het effect te vergroten.

In het *IDEas Evidence and Argument in Science* project (IDEAS) kregen leerlingen (± 14 jaar) eveneens instructie in het structureren van hun argumenten volgens Toulmins model (Osborne et al., 2004). Ook deze interventie leidde tot verbeteringen in de argumenteer- en redeneervaardigheden van de leerlingen. Wel moet hier worden opgemerkt dat in dit tweejarige project meerdere interventies gelijktijdig aanwezig waren. Een kenmerkend verschil met McNeill et al. (2006) is bijvoorbeeld de aanwezigheid van trainingsdagen voor docenten.

Tang (2016) onderzocht wat het effect is van expliciete instructie in het argumentatieschema, *premise→reasoning→outcome*, op het argumenteren en redeneren van leerlingen (± 14 jaar) bij natuurkunde en scheikunde. Gelijk aan voorgaande onderzoeken is ook dit argumentatieschema een variant op Toulmins model.

¹BiNaS (Biologie Natuurkunde Scheikunde) is het officiële naslagwerk dat gebruikt wordt voor het onderwijs in de natuurwetenschappen. De inhoud van BiNaS sluit aan bij het examenprogramma; het is een onmisbare informatiebron voor het oplossen van vraagstukken. (Bouwens, 2015)

In tegenstelling tot eerdere onderzoeken onderzocht Tang (2016) ook hoe leerlingen de methodiek gebruikten. Ook in dit onderzoek leek de *structure intervention* het redeneren van leerlingen te bevorderen. Door het ontbreken van een goede controlegroep kon echter niet met zekerheid vastgesteld worden of dit door de interventie kwam. Ten aanzien van het gebruik van de methodiek werd duidelijk dat leerlingen het model in sommige contexten als te restrictief ervaarden.

De SPA+ is, net als eerder onderzochte interventies, gebaseerd op Toulmins model. Wat de SPA+ onderscheidt van eerdergenoemde interventies is de specifiekere focus op het ondersteunen van leerlingen bij het maken van redeneeropgaven. In eerdere onderzoeken moesten leerlingen veelal zelf *data/evidence* verzamelen ten aanzien van een vraagstuk, in de context van de SPA+ is *data/evidence* meestal voorhanden in de opdracht, het leerboek, BINAS of als parate kennis. De focus op het maken van redeneeropgaven is ook terug te zien in het zesstappenplan, dat naast het expliciteren van het argumentatieschema een verdere structurering biedt voor het maken van redeneeropgaven (bijvoorbeeld stap 2, het bepalen van het vraagtype, zie figuur 2).

Een ander element dat de SPA+ onderscheidt van de eerder onderzochte interventies is de expliciete aandacht voor de formulering van het eindantwoord (stap 5, zie figuur 2). Met andere woorden, de SPA+ richt zich expliciet op zowel de structurele als de taalkundige component van de redenering. Dit in tegenstelling tot de eerder onderzochte interventies.

 SPA+ voor redeneervragen		Dit is opgave:	
stap 1 De vraag	Lees de opgave en de bijbehorende informatie goed door. Dat is belangrijk, want vrijwel altijd staat een deel van de redenering in de informatie of de vraag. Noteer de vraag hieronder.		
stap 2 Wat wordt er gevraagd?	Welk type opgave is het: D, V of C? D: er wordt naar de DATA gevraagd (Waar is dit op gebaseerd?) V: er wordt naar de VERBINDING gevraagd (Hoe komen we erbij?) C: er wordt naar een CONCLUSIE gevraagd (Waar leidt dit toe?)	DATA $\nwarrow$ $\nearrow$ CONCLUSIE VERBINDING	
stap 3 Wat is er gegeven?	Zet de delen van de redenering die in de opgave gegeven zijn in de juiste kolom(men) in de onderstaande tabel.		
stap 4 Wat is er nog nodig?	Verzamel de delen van de redenering je nodig hebt om die compleet te maken (zoals vakkennis, formules, informatie uit de context of uit BINAS). Schrijf deze op in de juiste kolom(men) van de onderstaande tabel.		
DATA		VERBINDING	CONCLUSIE
stap 5 Hoe luidt de complete redenering?		Schrijf de hele redenering (dus ook de al gegeven delen) hieronder op in enkele volledige zinnen. Gebruik daarbij verbindingswoorden zoals 'want', 'omdat', 'als ... dan', 'daardoor', 'dus'.	
stap 6 Antwoord op de vraag?		Controleer of je redenering een antwoord is op de vraag in de opgave en of het antwoord volledig is.	

Figuur 2. Ingevuld voorbeeld van SPA+ formulier voor een scheikunde eindexamenopgave.

2. Onderzoeksvragen

De focus van dit onderzoek ligt op het gebruik van de SPA+ in de context van het vak scheikunde. Specifiek wil het onderzoek antwoord te geven op drie vragen:

- 1) Hoe wordt het gebruik van de SPA+ ervaren?
- 2) Hoe wordt de SPA+ gebruikt in de onderwijspraktijk?
- 3) Zijn gebruikers van plan de SPA+ te blijven gebruiken?

Deze vragen worden zowel onderzocht vanuit een docentperspectief (voortaan onderzoeksvragen D1, D2 en D3 genoemd) als vanuit een leerlingperspectief (voortaan onderzoeksvragen L1, L2 en L3 genoemd).

Vanuit een docentperspectief kan inzicht worden verkregen in het ervaren leer- en gebruiksgemak door de docent, de gebruikte didactische aanpak in de lespraktijk en de visie van docent ten aanzien van blijvende implementatie. Het leerlingperspectief kan informatie geven over leerlingervaringen ten aanzien van de gebruikte didactische aanpak van de docent en de SPA+ als hulpmiddel, de manier waarop leerlingen de SPA+ daadwerkelijk gebruiken tijdens het maken van redeneeropgaven en de intentie van leerlingen om de SPA+ al dan niet te blijven gebruiken.

Het onderzoek past daarmee binnen het bredere kader van het uitvoeren van ontwerpgericht onderzoek (*design research*): het op systematische wijze ontwerpen, ontwikkelen en evalueren van onderwijskundige interventies (zoals onderwijsprogramma's en het aanleren van leerstrategieën) als oplossing voor complexe problemen in de onderwijspraktijk. Ontwerpgericht onderzoek heeft als doel interventies te kunnen doorontwikkelen en kennis ten aanzien van effectieve interventiekenmerken te vergoten (Plomp, 2010; Van den Akker, Gravemeijer, McKenney, & Nieveen, 2006). Ontwerpgericht onderzoek kent drie stadia (Plomp, 2010):

- (1) vooronderzoek, bestaande uit een behoefte- en contextanalyse, review van bestaande literatuur en het ontwikkelen van een theoretisch kader;
- (2) prototype, een iteratieve ontwerpfase waarin formatieve evaluaties beogen de interventie te verbeteren;
- (3) toetsing, hierin wordt de interventie summatief getoetst op basis van vooraf opgestelde criteria.

Met betrekking tot de SPA+ zijn de eerste twee stadia al doorlopen. In het eerste stadium werd de behoefte aan een interventie voor het leren argumenteren en redeneren geïndiceerd door de vernieuwde eindexamenprogramma's (CvTE, 2016). De theoretische basis is gevormd in de dissertatie van Kramers-Pals (1994), waarin de SPA voor het eerst werd uitgerold.

Kenmerkend voor het tweede stadium is de doorontwikkeling van de SPA naar de SPA+. Verbeteringen van de interventie zijn o.a. gebaseerd op input van docenten en leerlingen tijdens workshops op scholen (in 2016-2017) en feedback van docenten naar aanleiding van een oproep in NVOX² om de SPA+ uit te proberen en gebruikservaringen te delen (Schalk & Paus, 2017).

Het huidige onderzoek sluit aan op het derde en laatste stadium: het summatief toetsen van de SPA+. Hoofdcriteria in dit stadium zijn de bruikbaarheid en effectiviteit van de interventie (Plomp, 2010). Het op beoogde wijze kunnen gebruiken van de SPA+ door docenten en leerlingen is voorwaardelijk om effectief te kunnen zijn. Daarom richt dit onderzoek zich op het gebruiksvraagstuk. Indien de SPA+ wordt gebruikt zoals beoogd, namelijk volgens vooropgestelde criteria (zie paragraaf 3.2), is vervolgonderzoek naar haar effectiviteit gewenst.

²NVOX is een tijdschrift van de Nederlandse Vereniging voor het Onderwijs in de Natuurwetenschappen [NVON] en houdt leden op de hoogte van ontwikkelingen binnen het onderwijs in de natuurwetenschappen.

3. Methode

3.1 Instructionele context

Docenten die eerder betrokken waren bij de SPA+ via workshops zijn via email, door de workshoporganisatoren, benaderd voor deelname aan het onderzoek (ongeveer 70 docenten). Twee scheikundedocenten toonden interesse voor deelname, na bespreking van het onderzoeksplan heeft één docent besloten af te zien van deelname vanwege tijdgebrek. Uiteindelijk is het onderzoek uitgevoerd op één middelbare school, waarbij de SPA+ is geïmplementeerd in een lessenserie van drie lessen in twee parallelle vwo 4-scheikundeklassen, verzorgd door één docent.

De deelnemende school is gevestigd in het midden van Nederland, is verdeeld over twee locaties en telde ten tijde van het onderzoek ongeveer 2500 leerlingen. Het onderzoek is uitgevoerd op de locatie waar les wordt gegeven aan mavo, havo, vwo, gymnasium en technasium leerlingen. De scheikundedocente die deelnam aan het onderzoek had twintig jaar ervaring in het geven van scheikunde aan bovenbouwklassen. Ze was nieuw op de betreffende school. Bij de start van het onderzoek waren de eerste vijf lesweken verstreken. De twee vwo 4-klassen bestonden in totaal uit 63 leerlingen (klas A: 31 + klas B: 32), met een gemiddelde leeftijd van 15 jaar. Klas A bestond uit 18 technasium-, 6 gymnasium- en 7 vwo-leerlingen. Klas B bestond uit 13 technasium-, 4 gymnasium-, en 15 vwo-leerlingen. Een opvallend verschil tussen beide klassen was de hoeveelheid leerlingen met extra tijd op toetsen, vanwege leerproblemen zoals dyslexie of andere leerstoornissen, respectievelijk 2 in klas A en 9 in klas B. Aansluitend hierbij is het relatief grote verschil in klasgemiddelde op de eerste (en enige) toets gemaakt in vwo 4, respectievelijk een 6,8 in klas A en een 5,9 in klas B. Deze toets bestond voor een groot deel uit redeneeropgaven en geeft daarmee volgens de docent een beter beeld van het redeneerniveau van de leerlingen dan het klasgemiddelde eind vwo 3.

3.2 SPA+ interventie

In dit onderzoek is de systematische probleem aanpak plus (SPA+) geïmplementeerd (SLO, 2018a, 2018b). De SPA+ is een gestructureerde methode (zesstappenplan) voor het maken van redeneeropgaven (zie paragraaf 1.3). Samengevat wordt de SPA+ gekenmerkt door vijf karakteristieken (zie ook figuur 2):

- 1) het belang van de SPA+ als hulpmiddel bij het maken van redeneeropgaven (stappenplan overstijgend);
- 2) het categoriseren van opgaven op basis van het gevraagde ten aanzien van het argumentatieschema (stap 2);
- 3) het argumentatieschema data, verbinding en conclusie (stap 3 & 4);
- 4) het verzamelen van de ontbrekende informatie (stap 4);
- 5) het formuleren en controleren van de redenering (stap 5 & 6).

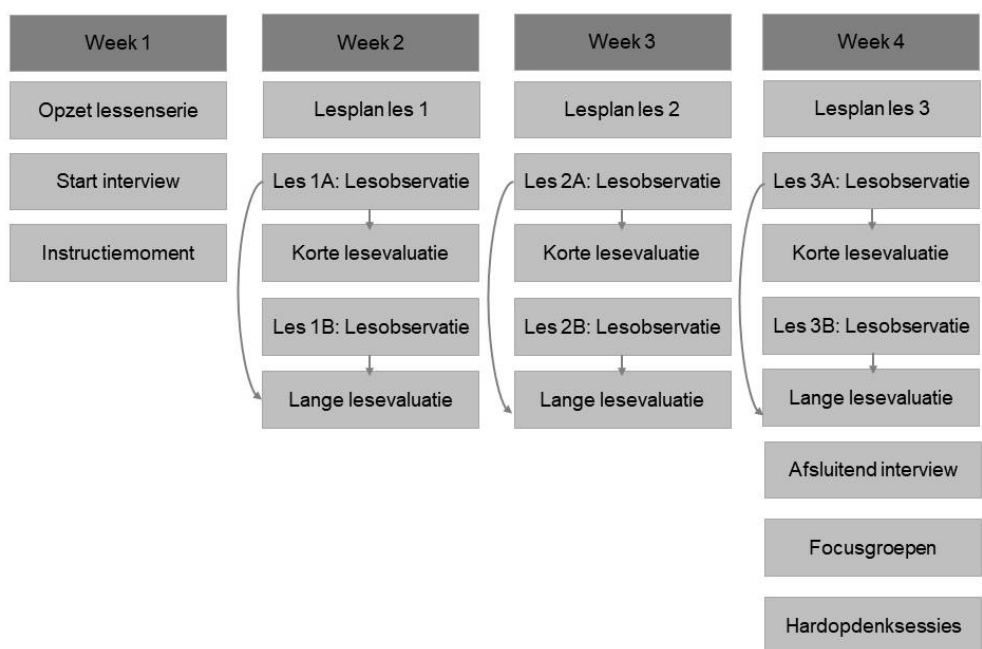
De SPA+ materialenbundel bestaat uit een [SPA+ docentenhandleiding](#), een [SPA+ leerlingboek](#) en een [SPA+ formulier](#) (SLO 2018a, 2018b). In dit onderzoek zijn specifiek de materialen gebruikt die ontworpen zijn voor het scheikundeonderwijs. De docentenhandleiding bestaat uit drie delen; theorie (grondslag SPA+), didactische tips ten aanzien van het gebruik van de SPA+ en uitgewerkte voorbeeldopgaven. Het leerlingenboek bestaat uit een uitleg van het argumentatieschema en uitgewerkte voorbeeldopgaven. Tot slot zijn op het SPA+ formulier de (systematische) stappen overzichtelijk neergezet. Het diende als hulpmiddel om de SPA+ daadwerkelijk te kunnen gebruiken tijdens het maken van redeneeropgaven (zie figuur 2).

3.3 Dataverzameling

Om de onderzoeksvragen te beantwoorden zijn op basis van de eerder beschreven karakteristieken van de SPA+, criteria opgesteld ten aanzien van het gebruik van de SPA+. Deze criteria kunnen worden gezien als een concreterisering van de karakteristieken: beschrijvingen van handelingen of activiteiten die in de les verwacht worden ten aanzien van de karakteristieken. Hiermee is beoogd de aan- of afwezigheid van iedere afzonderlijke SPA+ karakteristiek gericht te kunnen observeren tijdens gegeven lessen.

De criteria zijn als volgt tot stand gekomen: de onderzoeker heeft op basis van de docentenhandleiding en aanwezige materialen van eerder gegeven workshops bepaald wat de essentiële denkstappen zijn binnen één karakteristiek. De denkstappen zijn vervolgens verwoord in de vorm van verwachte activiteiten en handelingen (de criteria). Bijvoorbeeld bij de karakteristiek 'Het argumentatieschema' is het leren leggen van verbindingen tussen de verschillende onderdelen in het schema een cruciale denkstap richting het formuleren van de complete redenering. Daarom is één van de criteria van deze karakteristiek: 'In de les is expliciet aandacht voor de manier waarop de elementen van het argumentatieschema zich tot elkaar verhouden.' De criteria met voorbeelden van bijpassende lesactiviteiten zijn weergegeven in tabel 1.

Kwalitatieve data zijn verzameld met behulp van verschillende dataverzamelingsmethoden (zie tabel 2), waarbij de uitgewerkte criteria van de SPA+ als uitgangspunt/referentiekader zijn gehanteerd. De manier waarop dit gedaan is, is terug te vinden in de gedetailleerde beschrijving van de verschillende dataverzamelingsmethoden in verderop in dit hoofdstuk. Het hanteren van karakteristieken met bijbehorende criteria als referentiekader bij het verzamelen van data is een passende en vaak ingezette methodiek in gebruiksonderzoeken (zie review Mowbray, Holter, Teague, & Bybee, 2003). Door op meerdere manieren data te verzamelen voor iedere onderzoeksvraag (methodologische triangulatie) wordt de validiteit van de onderzoeksresultaten verhoogd (Bush, 2007). Een overzicht van het tijdsverloop van het onderzoek en de bijbehorende dataverzamelingsmomenten zijn weergegeven in figuur 3. Tijdens dataverzameling is voldaan aan de APA ethische standaarden voor de omgang met participanten, toestemmingsverklaringen en datamanagement.



Figuur 3. Overzicht dataverzamelmomenten

Tabel 1 Karakteristieken en criteria SPA+ met bijbehorende lesactiviteiten

SPA+ karakteristiek	Criterium	Voorbeeld lesactiviteit
SPA+ belang	1. In de les wordt het duidelijk wanneer de SPA+ ingezet kan worden als hulpmiddel en waarvoor de SPA+ nuttig kan zijn.	Docent geeft voorbeelden van verschillende typen vragen, zoals bereken, bepaal, benoem en leg uit. Hiermee introduceert de docent de SPA+ als hulpmiddel binnen de 'leg uit' vragen.
Categorisatie vraagtypen	2. In de les wordt het belang van het identificeren van het ontbrekende deel in de redenering, geconcretiseerd in het categoriseren van vragen naar vraagtypen, duidelijk. 3. In de les worden drie typen opgaven onderscheiden; opgaven die vragen naar de conclusie (Waar leidt dit toe?), naar de data (Waarop is dit gebaseerd?) of naar de verbinding (Hoe komen we erbij?).	Leerlingen krijgen een kloppende redenering voor een specifiek onderwerp, opgebouwd uit de drie elementen van het argumentatieschema (data, verbinding en conclusie). Vervolgens dienen leerlingen passende toetsvragen te maken. Toetsvragen zullen altijd vragen naar één of twee missende elementen uit de redenering; stel de data en conclusie zijn bekend, wat zou dan een passende toetsvraag kunnen zijn die leidt tot de verbinding? Na deze opdracht vindt expliciete instructie plaats, waarin de drie vraagtypen worden toegelicht.
Het argumentatieschema	4. In de les is expliciet aandacht voor ieder afzonderlijk element (data, verbinding, conclusie) van het argumentatieschema. Hierbij wordt minimaal verduidelijkt wat elk element behelst. 5. In de les is expliciet aandacht voor de manier waarop de elementen van het argumentatieschema zich tot elkaar verhouden.	Leerlingen krijgen in teams 24 kaarten met daarop of de data, of de verbinding of de conclusie van een specifiek onderwerp. Leerlingteams krijgen de opdracht er acht kloppende redeneringen van te maken, waarbij telkens drie kaarten in de volgorde data-verbinding-conclusie dienen te worden gelegd. Tot slot leggen ze de gemaakte redeneringen uit aan leerlingen uit andere teams.
Informatieverzameling	6. In de les is er een lesactiviteit die bijdraagt aan het selecteren van passende informatiebronnen.	De docent laat leerlingen een redeneeropgave maken, met behulp van het argumentatieschema uit de SPA+. De docent gaat met leerlingen expliciet na waar informatie genoteerd in het schema vandaan is gekomen en welke informatiebronnen dus allemaal kunnen worden benut bij het verzamelen van relevante informatie.
Formuleren & controleren redenering	7. In de les is er een lesactiviteit die bijdraagt aan het formuleren van een complete redenering; zowel de structurele als de taalkundige component van de redenering in ogenschouw nemend. 8. In de les wordt er feedback gegeven op geformuleerde (complete) redeneringen, zowel gericht op het taalkundige aspect als op de correctheid van de redenering ten aanzien van het gevraagde.	Op het bord staat een pijltjes schema; als → dan → want. Leerlingen krijgen de opdracht een antwoord te formuleren voor een voorgelegde vraag, met behulp van een volledig ingevuld argumentatieschema. Hierbij moeten ze bij iedere pijl (verbinding) een verbindingswoord gebruiken. Mogelijke verbindingswoorden staan op het SPA+ formulier. Verschillende redeneringen worden op het bord gezet, waarbij de verbindingswoorden een andere kleur krijgen. Is er sprake van een complete redenering? Is de redenering een antwoord op de vraag?

Tabel 2 *Dataverzamelingsmethoden per deelvraag*

Vraag*	Startinterview docent	Lesplannen	Lesobservaties	Lesevaluaties	Afsluitend interview docent	Leerling- materialen	Focusgroep- discussies met leerlingen	Hardopdenk- sessies
D1	X			X	X			
D2	X	X	X		X			
D3				X	X			
L1			X		X	X	X	
L2			X		X	X		X
L3					X		X	

* De letters D en L verwijzen naar het perspectief, respectievelijk docent en leerling. De nummers verwijzen naar de bijbehorende deelvragen beschreven op pagina 15.

Docentperspectief: startinterview en instructiemoment

De ontwikkelaars van de SPA+ hebben beoogd dat de SPA+ materialen zodanig instructief zijn dat docenten ze zelfstandig kunnen implementeren in de onderwijspraktijk. Om te onderzoeken of de huidige SPA+ materialen inderdaad voldoende zijn voor zelfstandige implementatie heeft de docent, een week voorafgaand aan het gebruik van de SPA+ in de les, het verzoek gekregen een opzet te maken voor de te geven lessenserie en een uitgewerkt lesplan voor de eerste les waarin ze de SPA+ ging introduceren. Kwalitatieve data is verzameld door middel van een semigestructureerd interview een week voorafgaand aan de eerste les (voortaan startinterview genoemd) en een instructiemoment waarin het lesplan voor de eerste les is besproken.

Met het startinterview werd beoogd beter inzicht te krijgen in de gebruikservaring van de docent met de SPA+ (vraag D1) en in de manier waarop zij initieel (voorafgaand aan instructiemoment) van plan was de SPA+ in haar lessen te gaan implementeren (vraag D2). Er is gekozen voor een semigestructureerd interview omdat deze methode geschikt is voor het achterhalen van gevoelens en ervaringen (Parker & Tritter, 2006). Ten behoeve van het interview is een interviewschema opgesteld (zie [bijlage A](#)): interviewvragen zijn ingedeeld in de onderwerpen leergemak, gebruiksgemak, nut en tevredenheid. Naast deze indeling zijn de opgestelde SPA+ criteria de rode lijn in het interview.

Het startinterview duurde ongeveer anderhalf uur, opgenomen en letterlijk getranscribeerd. Tijdens de analyse van de data uit het interview is de constant vergelijkende methode van Glaser (1965) gebruikt om op een systematische en inductieve wijze patronen te ontdekken. Specifiek ontstaan bij deze methode in eerste instantie voorlopige codes voor betekenisvolle fragmenten, waarna vervolgens fragmenten en codes met elkaar worden vergeleken om terugkomende thema's te identificeren. Het interview werd uiteindelijk gekenmerkt door vier hoofdthema's: aanleren methodiek, tijdsinvestering, potentieel effect en blijvend gebruik. Het hoofdthema "aanleren methodiek" is verder onderverdeeld in subthema's. Zo is er onder andere een onderscheid tussen het aanleren van de SPA+ als geheel en het instrueren van de individuele SPA+ karakteristieken geïndiceerd door de aan- of afwezigheid van de bijbehorende SPA+ criteria. Zie [bijlage I](#), voor een compleet overzicht van de gebruikte codes.

Na het startinterview volgde een instructiemoment, omdat nog niet aangenomen kon worden dat de SPA+ materialen voldoende waren om door de docent zelfstandig geïmplementeerd te worden in haar lespraktijk. Enerzijds bood dit moment de docent de gelegenheid vragen te stellen en daarmee onduidelijkheden te verhelderen. Anderzijds is dit moment gebruikt om ervoor te zorgen dat de SPA+ op beoogde wijze zou worden geïmplementeerd. In dit instructiemoment is specifiek gelet op de aanwezigheid van de SPA+ criteria in de geplande lesactiviteiten. Onderwerpen die in dit instructiemoment naar voren zijn gekomen zijn: het categoriseren van vragen naar vraagtypen, het onderscheid tussen data en verbinding en het formuleren van een complete redenering.

Docentperspectief: lesplannen, lesobservaties en lesevaluaties

Om te onderzoeken hoe de docent de SPA+ daadwerkelijk gebruikt in haar lespraktijk (vraag D2), is kwalitatieve data verzameld met behulp van lesplannen en bijbehorende lesobservaties. Observaties maken het mogelijk om relatief objectieve informatie te verzamelen over het daadwerkelijke gebruik van een interventie in de lespraktijk (Johnson & Turner, 2003). Alle scheikundelessen (twee keer drie lessen per klas) waarin de SPA+ is ingezet tijdens de onderzoeksperiode zijn geobserveerd. Ook zijn video-opnamen gemaakt van de lessen, zodat specifieke lesmomenten achteraf teruggekeken konden worden door de onderzoeker. Voorafgaand aan iedere lesobservatie heeft de docent een lesplan aangeleverd (drie lesplannen in totaal). Observaties vonden plaats met behulp van een zelf samengesteld observatie-instrument (zie [bijlage B](#)).

De volgende aspecten zijn geobserveerd: de aanwezigheid van de SPA+ karakteristieken, (geïndiceerd door de aan- of afwezigheid van de criteria in de les) en de mate van leerlingbetrokkenheid (geïndiceerd door het aantal leerlingen dat taakgericht gedrag vertoont tijdens momenten van zelfstandig werken).

Na iedere observatie is de les geëvalueerd met de docent. Naast het in kaart brengen van het gebruik van de SPA+ (vraag D2), hadden de lesevaluaties ook als doel inzicht te krijgen in de ervaringen van de docent (vraag D1). Tijdens de lesevaluaties zijn het lesplan, het ingevulde observatieformulier, leerlingmaterialen van de betreffende les, en een voor dit onderzoek ontworpen lesevaluatieformulier (zie [bijlage C](#)) gebruikt als leidraad.

Voor de data-analyse zijn hoofdbevindingen van lesobservaties, lesplannen en lesevaluaties geordend en samengevoegd per afzonderlijke SPA+ karakteristiek na iedere gegeven les. Ook is na iedere les een puntsgewijze samenvatting gemaakt van opvallende veranderingen die waargenomen waren in het handelen (de lesobservaties) of het denken (de lesevaluaties) van de docent, vergeleken met de situatie aan de start van de les. Nadat alle lessen waren gegeven in beide klassen zijn hoofdbevindingen uit de verschillende lessen met elkaar vergeleken om patronen in het handelen en/of denken van de docent te achterhalen.

Docentperspectief: afsluitend interview

Door een semigestructureerd interview van ca. anderhalf uur is onderzocht hoe de docent het (veelvuldig) gebruik van de SPA+ heeft ervaren. Dit interview (voortaan afsluitend interview genoemd; zie [bijlage F](#)) vond plaats in de laatste week van het onderzoek. In deze fase had de docent de SPA+ geïmplementeerd in een lessenserie van drie lessen, gegeven in twee vwo 4-klassen. Het interview was een aanvulling op de eerder verzamelde data uit het startinterview. In het afsluitende interview is ook onderzocht welke stimulerende en belemmerende factoren de docent heeft ervaren met betrekking tot het al dan niet blijvend implementeren van de SPA+ in haar lespraktijk (vraag D3). Tijdens het coderen zijn de codes afkomstig uit het startinterview gebruikt. Er zijn geen nieuwe codes gemaakt, wel zijn enkele code beschrijvingen breder geformuleerd. Zo bevatten de codes omtrent ervaringen, naast eigen ervaringen van de docent nu beschrijvingen over ervaringen van leerlingen. Zie [bijlage I](#), voor een compleet overzicht van de gebruikte codes.

Leerlingperspectief: leerlingmaterialen

Om te onderzoeken hoe leerlingen het gebruik van de SPA+ hebben ervaren (vraag L1) en hoe ze de SPA+ daadwerkelijk hebben gebruikt (vraag L2), zijn leerlingmaterialen aan het eind van iedere les uit de lessenserie verzameld. Leerlingmaterialen bestonden uit tijdens de les ingevulde SPA+ formulieren en ingevulde opdrachtenstencils. De docent had op eigen initiatief feedbackvragen toegevoegd aan de opdrachtenstencils van iedere les, waarin vragen gesteld werden zoals “Ben je door deze les anders tegen de SPA+ aan gaan kijken? Zoja, hoe kwam dat? Zo nee, waarom niet?” en “Begrijp hoe je met het SPA+ formulier moet werken? Zo nee wat is (nog) niet duidelijk?”. Ook deze informatie is meegenomen als onderdeel van de leerlingmaterialen.

Voor de data-analyse zijn hoofdbevindingen uit de leerlingmaterialen beschreven per les. Hierbij is met name aandacht besteed aan opvallende veranderingen in het handelen of denken van de leerlingen in vergelijking met de voorgaande les.

Leerlingperspectief: focusgroepdiscussies

Om te onderzoeken hoe de leerlingen het gebruik van de SPA+ hebben ervaren (vraag L1) en of ze van plan zijn de SPA+ te blijven gebruiken (vraag L3), is kwalitatieve data verzameld door middel van focusgroepdiscussies. Per klas is één focusgroepdiscussie (ca. 30 minuten) georganiseerd. In iedere klas zijn hiervoor vier leerlingen geselecteerd. Tijdens de selectie van leerlingen is rekening gehouden met de mate waarmee ze konden werken met de SPA+.

Om een evenwichtige discussie te kunnen initiëren zijn specifiek voor iedere focusgroep zowel leerlingen geselecteerd die goed met de SPA+ leken te kunnen werken als leerlingen die moeite leken te hebben met de SPA+, gebaseerd op lesobservaties en leerlingmaterialen. Uiteindelijk bestond focusgroep A uit drie leerlingen vanwege het uitvallen van de vierde leerling door ziekte en focusgroep B uit vier leerlingen.

De gebruikte methode komt overeen met die van Tang (2016) waarin ook de gebruikservaring van leerlingen voor een redeneer/argumenteermethodiek werd onderzocht. De onderzoeker heeft tijdens een focusgroepdiscussie een faciliterende rol (Parker & Tritter, 2006) en volgt dan ook, in tegenstelling tot een groepsinterview, geen vooropgesteld vraagschema. Om een waardevolle discussie op gang te brengen zijn in dit onderzoek, op basis van de leerlingmaterialen, wel enkele openingsvragen geformuleerd (zie [bijlage G](#)). Ter ondersteuning was een leeg SPA+ formulier beschikbaar. Ook is op specifieke momenten teruggesproken op tijdens de les ingevulde SPA+ formulieren.

Tijdens de analyse is, overeenkomstig met de analyse van de docentinterviews, de constant vergelijkende methode van Glaser (1965) gebruikt. De focusgroepdiscussies werden uiteindelijk gekenmerkt door vijf hoofdthema's:

- belang en functie SPA+,
- didactische aanpak docent,
- ervaringen betreffende deelstappen SPA+,
- potentieel effect en
- blijvend gebruik.

Het hoofdthema 'ervaringen betreffende deelstappen SPA+' is verder onderverdeeld in subthema's. Specifiek representeren subthema's een deelstap of een combinatie van deelstappen uit de SPA+. Ook het hoofdthema 'blijvend gebruik' is opgesplitst in subthema's: limitatie tijd en potentieel gebruik. Zie [bijlage J](#) voor een compleet overzicht van de gebruikte codes.

Leerlingperspectief: hardopdenksessies

Om te onderzoeken hoe de SPA+ daadwerkelijk is gebruikt door leerlingen (vraag L2), is kwalitatieve data verzameld met behulp van hardopdenksessies die een-op-een werden uitgevoerd. "Hardopdenkprotocollen, die bestaan uit een weergave van zowel de acties als de verbalisaties van proefpersonen, leveren gedetailleerde procesgegevens op over de wijze waarop gebruikers te werk gaan met het betreffende communicatiemiddel" (Haak, Jong, & Schellens, 2006, p. 185).

Het communicatiemiddel was in dit onderzoek het SPA+ formulier. Twee leerlingen per klas (totaal vier leerlingen) hebben deelgenomen aan een-op-een-hardopdenksessies. Tijdens de selectie van leerlingen voor de hardopdenksessies is rekening gehouden met hun prestaties voor het vak scheikunde en de mate waarmee ze konden werken met de SPA+.

Specifiek zijn zowel hoog als laag scorende leerlingen geselecteerd, op basis van cijferlijsten, en zijn zowel leerlingen geselecteerd die goed met de SPA+ leken te kunnen werken als leerlingen die moeite leken te hebben met de SPA+, gebaseerd op lesobservaties en leerlingmaterialen. Deze twee selectiecriteria hadden als doel een zo representatief mogelijk beeld te krijgen.

Tijdens een sessie kreeg een leerling twee scheikundeopgaven voorgelegd van het type verklaringsvragen (zie [bijlage H](#)). Er is gekozen voor het selecteren van verklaringsvragen passend bij het eindniveau van vwo 3, omdat leerlingen ten tijde van het onderzoek slechts vijf weken les hadden gehad op vwo 4-niveau. Tijdens een hardopdenksessie van ca. 20 minuten werd de leerling gevraagd de twee scheikundeopgaven hardop denkend te maken, waarbij het SPA+ formulier gebruikt mocht worden. De leerling kreeg expliciet de instructie alle denkstappen te verwoorden. Indien nodig stimuleerde de onderzoeker de leerling tot verbalisering.

De analyse van sessies is op een vergelijkbare manier uitgevoerd als in Kramers-Pals (1994). Kramers-Pals (1994) onderzocht onder andere de manier waarop leerlingen verklaringsproblemen oplossen in het scheikundeonderwijs. In haar onderzoek kregen leerlingen examenopgaven voorgelegd en was er geen hulpmiddel (zoals de SPA+) aanwezig. Specifiek zijn de verbale protocollen per hardop uitgesproken gedachte gecodeerd met behulp van categorieën (denkfasen). In dit onderzoek zijn de denkfasen gebaseerd op de zes stappen aanwezig in de SPA+. Hierbij kunnen de denkstappen expliciet en impliciet aanwezig zijn.

Wanneer in het hardopdenkprotocol duidelijk zichtbaar was dat de leerling *bewust* een specifieke denkstap van de SPA+ uitvoert, is de denktstap gecodeerd als *expliciet* (bijvoorbeeld 'ExStap3'). Denkstappen die *onbewust* overeenkwamen met denkstappen uit de SPA+ zijn gecodeerd als *impliciet* (bijvoorbeeld 'ImStap3'). Tot slot zijn momenten waarop leerlingen de opgave lezen gecodeerd als 'leest opgave'. De codes zijn op twee manieren geanalyseerd. Ten eerste is het denkproces (de doorlopen denkstappen over tijd) grafisch weergegeven per leerling (gebaseerd op Kramers-Pals, 1994). Deze grafische weergeven beoogde inzicht te geven in de manier waarop de leerlingen het SPA+ formulier gebruiken. De grafische weergave gaf bijvoorbeeld inzicht in de volgorde waarin leerlingen de door de SPA+ gestuurde denkstappen hadden gezet en hoeveel tijd zij besteedden aan de verschillende denkstappen, zowel absoluut als relatief.

4. Resultaten

4.1 Docentperspectief

Met het startinterview en het afsluitend interview is beoogd beter inzicht te krijgen in de gebruikservaring van de docent (vraag D1). Ook is beoogd inzicht te krijgen in de manier waarop de docent initieel van plan was de SPA+ in haar lessen te gaan implementeren (vraag D2). De manier waarop de docent daadwerkelijk de SPA+ in haar lessen heeft geïmplementeerd is in kaart gebracht met behulp van lesplannen, lesobservaties, lesevaluaties en het afsluitend interview (vraag D2). Tot slot hadden beide interviews als doel aanvullende informatie te verzamelen over de ambitie van de docent om de SPA+ al dan niet te blijven gebruiken in haar lespraktijk (vraag D3). (Zie tabel 2)

De interviews werden gekenmerkt door vijf hoofdthema's: aanleren methodiek, tijdsinvestering, potentieel effect en blijvend gebruik (zie [bijlage I](#) voor een volledig overzicht). De resultaten met betrekking tot het docentperspectief zullen hieronder per thema worden besproken. Hierbij is ervoor gekozen de bevindingen van de lesplannen, lesobservaties en lesevaluaties te integreren binnen de (sub)themas. Door de resultaten van de verschillende dataverzamelingsmethodieken te clusteren, is geprobeerd eventuele veranderingen in denkwijze of aanpak gedurende de onderzoeksperiode zichtbaar te maken.

Aanleren methodiek als geheel

Tijdens het startinterview geeft de docent aan dat de docentenhandleiding onvoldoende aanwijzingen geeft over de manier waarop de SPA+ aangeleerd kan worden aan leerlingen. Ze zegt hierover: "Dat kwam ik in de docentenhandleiding ook niet echt tegen, van een stappenplan hoe leer je leerlingen dit nou aan. Waar begin je, waar eindig je. (Ik) bedoel je kunt het formulier gebruiken, maar ja een formulier gebruiken is nog iets anders dan het ook stapsgewijs aanleren." Dit gebrek aan didactische ondersteuning herhaalt de docent veelvuldig tijdens het afsluitend interview. Initieel, in week 1 van het onderzoek, had de docent ervoor gekozen de SPA+ in delen aan te leren, verspreid over drie lessen. Ook had ze ervoor gekozen modelleer- en *scaffolding*principes toe te passen: "Dat is denk ik ook een vaardigheid aanleren, dat is eerst een kwestie van afkijken. En samendoen en dan kleinere stapjes, het steeds meer de leerling zelf laten doen. Totdat die het helemaal zelfstandig kan."

De lesevaluaties en lesobservaties van les 1A en les 1B hebben de docent echter het inzicht gegeven dat het opdelen van de SPA+ over drie lessen geen geschikte didactische aanpak is. Doordat leerlingen in les 1 slechts enkele stappen van de SPA+ hadden getraind, leken leerlingen het geheel en daarmee het doel van de SPA+ uit het oog te verliezen. De docent heeft er daarom voor gekozen (in overleg met de onderzoeker) een holistische aanpak te hanteren in les 2 en 3. Dit was terug te zien in de lesplannen voor les 2 en 3, waarbij het SPA+ formulier in iedere opgave als geheel is aangeboden. Door, net als in het initiële plan, gebruik te blijven maken van modelleer- en *scaffoldings*principes heeft de docent getracht de SPA+ methode als geheel behapbaar te houden. In de lesobservaties en lesplannen is het daarnaast opvallend dat leerlingen een sterke passieve (luisterende) rol hadden tijdens instructiemomenten. Wanneer leerlingen wel een actieve rol hadden, was er hoofdzakelijk sprake van zelfstandig werken of klassikale nabespreking van opgaven.

De docent geeft tijdens het afsluitend interview aan de SPA+ in de toekomst in lijn met een holistische aanpak te willen aanleren: "Je doet een keer een opgave helemaal voor en

vervolgens, uhm, ga je steeds meer stapjes aan hen zelf over laten. Of hen even tijd geven om na te denken, terugkoppelen, enzovoorts. Totdat ze uiteindelijk het hele formulier helemaal zelfstandig door kunnen nemen”.

Op basis van haar ervaring met het zoeken en vinden van een geschikte didactische aanpak voor het aanleren van de SPA+, geeft de docent aan dat concrete voorbeelden van lesactiviteiten in de docentenhandleiding wenselijk zijn voor toekomstige gebruikers. Hierbij refereert ze tijdens het instructiemoment naar tabel 1, die op dat moment aan haar werd voorgelegd als voorbeeld. Hiermee samenhangend geeft de docent aan dat het al dan niet zelfstandig kunnen implementeren van de SPA+ door andere docenten in te toekomst, af zal hangen van deze didactische tips. Ze zegt hierover: “Ja, hoe leer je dit de leerlingen nou aan? Dat vind je niet in deze docentenhandleiding. Ik denk dat daarmee wel de methode staat of valt.” In het afsluitend interview voegt de docent hier aan toe meer informatie te willen over het moment waarop de SPA+ het beste kan worden geïmplementeerd. Op macro-(curriculum)niveau geeft ze de suggestie dat de SPA+ mogelijk beter past aan het eind van vwo 4 wanneer leerlingen meer vakkennis hebben. Op microniveau geeft ze de suggestie de SPA+ te implementeren net na een toets, waarbij de toetsantwoorden op redeneeropgaven als aanleiding gebruikt kunnen worden.

Een essentieel onderdeel van het werken met de SPA+ in de les is het vooraf zoeken, selecteren en uitwerken van passende opgaven. De docent geeft al tijdens het startinterview aan dat de voorbeelden in de SPA+-materialen niet aansluiten op het niveau van haar leerlingen (begin vwo 4). Vanwege deze mismatch heeft de docent enkel de voorbeeld-redeneeropgave over “twee gassen die goed kunnen mengen” gebruikt in haar lessenserie (zie [SPA+ docentenhandleiding](#) voor de volledige opgave). Tevens gaf de docent tijdens het startinterview aan het zoeken en selecteren van geschikte opgaven moeilijk te vinden: “Ik vond het lastig om op vwo 4 niveau, ze hebben natuurlijk pas één hoofdstuk atoombouw bindingen gehad, om daar dan de goede redeneervragen bij te bedenken. In de voorbereiding zei ik van nou ik ga het wel in het micro-macro zoeken. Maar, ja dat bleek toch zo eenvoudig nog niet.” Het vinden van geschikte opgaven blijkt, gebaseerd op de lesplannen, lesobservaties en lesplannen, gedurende de gehele onderzoeksperiode een uitdaging te zijn voor de docent. Tijdens het afsluitend interview geeft de docent aan, aan te lopen tegen het volgende dilemma: enerzijds mag de redeneeropgave geen voor de hand liggend antwoord hebben, omdat anders het gehele stappenplan niet noodzakelijk is. Anderzijds, vragen de (voor de SPA+ geschikte) complexere redeneeropgaven vaak meer vakkennis, die leerlingen aan begin vwo 4 meestal nog onvoldoende hebben. Zij doet daarom de volgende suggestie voor de docentenhandleiding: “Ik zou het heel fijn vinden om wat handleidingen te krijgen van wat voor soort vragen lenen zich daar nou voor. Wat zijn karakteristieken (...) dus aan wat voor kenmerken voldoet nou een vraag die echt geschikt is om hiermee aan de gang te gaan. Heeft dat met de orde van de leerstof te maken, hoeveel begrippen komen erin terug bijvoorbeeld of hoeveel combinaties van leerelementen zitten erin.”

Aanleren methode: SPA+ karakteristieken

Een overzicht van de bevindingen met betrekking tot de gebruikservaringen van de docent tijdens het start- en afsluitend interview zijn weergegeven in tabel 4. In tabel 5 zijn de vooraf beoogde lesactiviteiten en de daadwerkelijke lesactiviteiten, gebaseerd op lesobservaties, per les en per SPA+ karakteristiek weergegeven. Specifiek zijn de beoogde lesactiviteiten gebaseerd op het door de docent aangeleverde plan voor de te geven lessenserie, voorafgaand aan het startinterview. Lesplannen zijn tussentijds bijgesteld op basis van verkregen feedback van de onderzoeker en het lesverloop gedurende de les waardoor de daadwerkelijk geobserveerde lesactiviteiten in de les mogelijk afwijken.

Hoewel de bijbehorende, concreter geformuleerde, SPA+ criteria gebruikt zijn als uitgangspunt tijdens de lesobservaties worden in tabel 4 en 5 met het oog op de leesbaarheid enkel de overstijgende SPA+ karakteristieken weergegeven. Beide tabellen worden verder toegelicht.

De docent beschrijft de SPA+, in zowel het start- als het afsluitend interview, als een analyse-instrument voor het maken van redeneeropgaven. Specifiek dwingt de SPA+ leerlingen systematisch te denken en nauwkeurig de opgave te lezen. Tijdens het startinterview sprak de docent de verwachting uit dat de SPA+ inzicht kan geven in het denkproces dat plaatsvindt bij leerlingen: "Ik denk dat als een leerling hiermee bezig is en ik loop langs kan ik zien waar het fout gaat (...) kijk anders zie je alleen maar een eindantwoord, maar ja is dat altijd een weergave van wat er in dat hoofd van die leerling omgaat." In het afsluitend interview bevestigt de docent dat de SPA+ inderdaad een dergelijk inzicht heeft gegeven over de leerlingen in haar klas: "Die lopen er heel erg tegenaan dat ze vastlopen in de vak kennis. Ze weten het niet nauwkeurig genoeg of ze weten het helemaal niet. En dat legt deze methode wel feilloos bloot". Daarnaast geeft de docent aan dat de inzichtfunctie ook vanuit een leerlingperspectief aanwezig is: "Dus het kan een rol spelen in de bewustwording bij een leerling dat ze het blijkbaar nog niet nauwkeurig genoeg onder de knie hebben." In haar perceptie zal de inzichtfunctie minder aanwezig zijn voor leerlingen die wel de denkstappen kunnen zetten, maar die vastlopen bij het goed formuleren van de redenering. Immers hebben deze leerlingen, op basis van haar ervaring uit de onderwijspraktijk, hoofdzakelijk moeite met het gebruiken van de juiste terminologieën (de vaktaal). Dit staat volgens haar los van het gebruik van passende verbindingswoorden en wordt niet ondersteund met de SPA+: "Dus dat moleculen niet warm zijn en dat deeltjes trillen, dat is niet iets wat SPA+ in zich heeft om aan te leren. Dus dat is wel iets wat je daarnaast nog moet, ja onderwijzen."

Om het belang van de SPA+ te illustreren geeft de docent tijdens het startinterview aan de SPA+ in de eerste les van de lessenserie te willen introduceren binnen het breder kader van potentiële toetsvragen, zoals bereken-, benoem- en leg uit-vragen (zie tabel 5). In de lesevaluatie van les 1A concludeert de docent echter dat een dergelijke expliciete instructie onvoldoende bijdraagt aan het illustreren van het belang van de SPA+.

Een cruciale verandering in haar lesaanpak ten aanzien van deze karakteristiek heeft plaatsgevonden in les 1B. In deze les had de docent spontaan besloten leerlingantwoorden te verzamelen op een redeneeropgave, gemaakt zonder de SPA+. Aangezien deze antwoorden alle onvolledig waren werd direct de noodzaak van de SPA+ duidelijk (zie tabel 5). Wegens het succes van deze spontane activiteit is deze lesactiviteit verder uitgebouwd in les 2A en 2B, waarbij toetsantwoorden op gelijksoortige wijze zijn gebruikt (zie tabel 5). In het afsluitend interview zegt de docent hierover het volgende: "Dat je zelf foute leerlingantwoorden verzamelt op basis van wat leerlingen inleveren en dat je dus dan met leerlingen gaat zoeken van nou wat klopt er nou niet aan dit antwoord, hoe moet het dan wel. Als ze op dat moment er dan niet uitkomen en het niet weten, oké maar dan gaan we met een hulpmiddel aan de slag". Met andere woorden voor de karakteristiek "het belang van de SPA+" is het essentieel dat de bijbehorende lesactiviteit de noodzaak van de SPA+ aan leerlingen duidelijk maakt (zie tabel 4).

Tijdens het startinterview viel het op dat de docent een omgekeerd redeneerproces hanteerde ten opzichte van het in de SPA+ beoogde redeneerproces. Dit is zichtbaar in alle beoogde lesactiviteiten ten behoeve van de SPA+ karakteristieken 'categoriseren vraagtypen' en 'het argumentatieschema'. Specifiek wordt in de SPA+ beoogd binnen een opgave eerst te identificeren welke schakel uit de redenering ontbreekt (stap 2), waarna vervolgens de gegeven data wordt ingevuld in het argumentatieschema (stap 3).

De docent redeneert echter tijdens het startinterview: “Nee, nouja ik vertrek altijd uit wat is gegeven (...) en ik merkte dat ik een C-vraag voor mij was de conclusie is gegeven zoek de data en de verbinding. Maar dat bleek dus juist een D-vraag te zien.” Het gevolg van deze denkwijze is het omdraaien van stap 3 en stap 2. Dit heeft weer de consequentie dat het categoriseren van de vraag geen nut meer lijkt te hebben: “Voor mij zou het voldoende zijn omdat leerlingen moeten aangeven van wat is gegeven en waar komt je vraagteken te staan. (...) en ik weet dan niet of het dan zo heel relevant is dat hier nog een lettertje komt of het een D, een V of een C'tje is. Volgens mij is dat uiteindelijk niet het doel van, van wat leerlingen moeten kunnen.”

Aangezien het categoriseren vanuit dit perspectief voor de docent geen nut lijkt te hebben, is het nauwelijks opgenomen in haar initiële opzet van de lessenserie (zie tabel 5). In het instructiemoment is dit verschil in interpretatie besproken en is het doel van stap 2 verduidelijkt door meer aandacht te geven aan de hulpvragen (Waarop is dit gebaseerd? Hoe komen we erbij? en Waar leidt dit toe?). Deze veranderde focus is in toenemende mate terug te zien in de lesplannen en lesobservaties van de drie gegeven lessen (zie tabel 5). In het afsluitende interview zegt de docent hierover het volgende: “Die woorden data, verbinding, conclusie daar kon ik niet zoveel mee. Maar, die vragen wel. Dat kun je ook naar leerlingen toe vertellen. (...) Dat zijn verhelderende vragen voor leerlingen. Terwijl die woorden data, verbinding, conclusie, dat blijven een beetje abstracte containerbegrippen.” Opvallend is dan ook dat de docent tijdens het afsluitende interview aangeeft stap 2 als meest essentieel te ervaren, daar waar ze in het startinterview de stap zelfs wilde overslaan (zie tabel 4).

In lijn met haar eigen ervaring doet de docent de suggestie minder nadruk te leggen op de woorden data, verbinding en conclusie in de handleidingen. Zij zegt hierover: “Ja dat zet me weer op dat been, dat ik dus weer die focus heel erg op die woorden ga leggen en ik wil die focus op die vragen hebben.” Ook zou ze een verminderde focus willen zien op alle mogelijke vraagtypen, zoals C1, C2 (zie SLO, 2018a). Hierbij geeft ze aan: “Er zijn gewoon drie vragen die die leerling moet beantwoorden. Hij ziet die vraag en hij moet zichzelf afvragen, moet ik antwoord geven leg uit waar is het op gebaseerd, moet ik uitleg geven, leg uit waar leidt toe of moet ik uitleggen hoe komen we erbij. En als die daar zeg maar, die drie vragen met kruisjes ja of nee moet beantwoorden volgt daar vanzelf uit welke combinatie het is.” Tot slot, adviseert ze het expliciet blijven herhalen van de hulpvragen tijdens de lessen op te nemen als didactische tip in de docentenhandleiding.

Met regelmaat komt in het startinterview naar voren dat het moeilijk is data en verbinding van elkaar te kunnen onderscheiden. Dat dat onderscheid niet altijd eenduidig is, is goed zichtbaar in het volgende voorbeeld, gegeven door de docent tijdens het startinterview: “Van die gassen bestaan uit deeltjes nou dat is een feit. Er zit veel lege ruimte tussen deeltjes, dat is ook een feit. Maar leerlingen hebben ook geleerd deeltjes kunnen door elkaar bewegen. Maar dat staat bij verbinding. Voor leerlingen zou dat net zo goed een data kunnen zijn. Want dat is toch zo, dat heb ik toch zo geleerd. Dat plaatje, dat we dat zo tekenen.”

Om toch een goed onderscheid te maken zoekt de docent tijdens het startinterview ondersteuning bij de hulpvragen gegeven in stap 2. De moeilijkheid om data en verbinding van elkaar te onderscheiden blijft terugkomen gedurende alle lesobservaties en lesevaluaties. Het verschil tussen de uitwerking van de gebruikte ‘kauwgom’ opgave in les 3A en les 3B, is hierbij illustratief; sommige onderdelen die in les 3A bij data staan, staan in les 3B bij verbinding (zie [bijlage E](#)). Uiteindelijk zegt de docent hierover tijdens het afsluitende interview: “Het is uiteindelijk een hulpmiddel om al je onderdelen bij elkaar te krijgen. Het moet uiteindelijk een volledig verhaal worden.” Hierbij geeft de docent aan dat het continue blijven benadrukken van is het ‘data’ of is het ‘verbinding’ op een gegeven moment het hogere doel voorbijgaat: het formuleren van een complete redenering (zie tabel 4).

De SPA+ karakteristiek 'informatieverzameling' is impliciet aanwezig in de intiële opzet van de lessenserie, namelijk verweven in de uitwerkingen van de voorbeeldopgaven. De docent geeft hierover tijdens het startinterview aan dat zij de ondersteuning hiervan vraagafhankelijk vindt. Met als gevolg dat zij dit van plan is incidenteel te instrueren: "Ja, dat is gewoon echt op het moment dat het zich bij de opgave voordoet gaan we dat met elkaar een keertje voordoen." In het afsluitende interview heeft de docent nog steeds dezelfde visie. Zij voegt hier echter aan toe dat dit een randvoorwaarde schept aan de opdrachten die je selecteert als docent: de opgaven moeten het gebruik van een diversiteit aan informatiebronnen initiëren. Met deze randvoorwaarde komt er meer structurele aandacht voor de karakteristiek 'informatieverzameling', zoals ook zichtbaar in de lesplannen en lesobservaties.

Tot slot is het bij de SPA+ karakteristiek 'formuleren en controleren van redenering' opvallend dat de docent tijdens het startinterview, het gebruik van vaktaal sterk benadrukt. In het afsluitend interview geeft de docent dan ook opnieuw aan dat het gebruik van vaktaal en de daarmee nauw samenhangende vakkennis van leerlingen, de grootste bottleneck vormen bij het formuleren van een complete redenering. Zoals ook naar voren kwam in het thema 'functie SPA+' ziet zij niet hoe de SPA+ hieraan kan bijdragen. De SPA+ biedt echter wel ondersteuning in het gebruik van de juiste verbindingswoorden. In het afsluitend interview geeft ze aan dat een samenwerking met de Nederlands docent er voornamelijk voor gezorgd heeft dat het taalgebruik op elkaar is afgestemd. Zo spreekt ze niet meer over verbindingswoorden, maar over signaalwoorden.

Net als bij de andere karakteristieken geeft de docent opnieuw aan dat meer didactische tips in de docentenhandleiding gewenst zijn. Zo geeft zij zelf bijvoorbeeld de didactische tip om op het bord pijlen te plaatsen tussen de kolommen van het redeneerschema, om vervolgens boven die pijlen passende verbindingswoorden te noteren. Hiermee zal zowel auditief als visueel een verbinding gelegd worden tussen de elementen van de redenering. Een andere didactische tip die ook terug te zien is in de lesobservaties, is het gebruiken van een andere kleur pen voor de signaalwoorden wanneer de complete redenering op het bord wordt genoteerd. Tot slot was het controleren van de complete redenering enkel in les 3B aanwezig, waarin leerlingen elkaars antwoorden, gegeven in stap 5, moesten verbeteren.

Tabel 4. Hoofdbevindingen ten aanzien van de gebruikservaringen van de docent voor iedere afzonderlijke SPA+ karakteristiek.

SPA+ karakteristiek	Ervaringen docent startinterview	Ervaringen docent afsluitend interview
SPA+ belang	Het belang van de SPA+ wordt duidelijk als de SPA+ wordt gepositioneerd binnen het breder kader van potentiële vraagtypen, zoals bereken, benoem en leg uit vragen.	De noodzaak van de SPA+ moet voor leerlingen duidelijk zichtbaar worden. Een passende lesactiviteit is bijvoorbeeld het tonen van een set aan incomplete redeneringen gegeven door leerlingen als antwoord op een toetsopgave.
Categorisatie vraagtypen	- In de praktijk lijken er enkel verbindingsvragen te zijn op vwo-4 niveau. - Naamgeving D, V, en C-vragen is verwarrend. - Moeilijk om vraagtype te herkennen.	- Hulpvragen maken categoriseren van vragen concreter. - Het is makkelijker om te spreken over de vragen: Wat moet je nou precies uitleggen, waar is dit op gebaseerd, hoe komen we erbij of waar leidt dit toe? - De meest essentiële stap van de SPA+.
Het argumentatieschema	Het onderscheid tussen data en verbinding is onduidelijk.	Het onderscheid tussen data en verbinding is niet eenduidig. Echter voor het hogere doel, het formuleren van de complete redenering, ook niet noodzakelijk.
Informatieverzameling	De invulling van deze stap is vraagafhankelijk.	De invulling van deze stap is vraagafhankelijk. Het selecteren van opgaven die het gebruik van een diversiteit aan informatiebronnen initiëren kan leiden tot meer structurele aandacht voor deze stap.
Formuleren & controleren redenering	- Het gebruik van verbindingswoorden hoort bij het vak Nederlands. Hiervoor is een samenwerking tussen vakdocenten gewenst. - Het gebruik van vaktaal (o.a. juist terminologie gebruik) wordt niet ondersteund door de SPA+ en moet apart onderwezen worden.	- Het taalgebruik dient afgestemd te worden met het vak Nederlands. - Het gebruik van vaktaal (o.a. juist terminologie gebruik) en vakkennis vormen regelmatig een bottleneck voor het formuleren van een complete redenering, dit wordt niet ondersteund door de SPA+.

Tabel 5. Hoofdbevindingen ten aanzien van gebruik SPA+ voor iedere afzonderlijke SPA+ karakteristiek.

SPA+ karakteristiek	Beoogde lesactiviteiten*	Les 1	Les 2	Les 3
SPA+ belang	• Docent wil voorbeelden van verschillende typen vragen, zoals bereken, bepaal, benoem en leg uit vragen geven. Hiermee wil de docent de SPA+ als hulpmiddel binnen de categorie leg uit vragen introduceren.	• Docent positioneert SPA+ in breder kader van vraagtypen middels expliciete instructie ondersteund met voorbeelden op PowerPoint. ^{A, B} • Leerlingen maken een 'leg uit' opgave over de sterkte van een ionbinding, zonder SPA+ methode. Leerling antwoorden zijn verzameld op bord: goede antwoorden zaten er niet bij. Hiermee noodzaak tot planmatige aanpak (SPA+) geïllustreerd. ^B • Docent expliciteert op verschillende lesmomenten dat de SPA+ een hulpmiddel is om te komen tot beter geformuleerde antwoorden. ^B	• Leerlingen maken vraag uit toets, over de elektrolyse van loodsulfide, zonder SPA+ methode. Docent verzamelt leerling antwoorden op bord: alleen samengevoegd vormen ze een goed antwoord. Hiermee noodzaak tot planmatige aanpak (SPA+) geïllustreerd. ^{A, B} • Docent expliciteert dat de SPA+ een manier van denken is, een systematische aanpak voor het beantwoorden van vragen. ^{A, B}	• Docent expliciteert dat de SPA+ is bedoeld als hulpmiddel om te komen tot completer geformuleerde redeneringen. ^B
Categorisatie vraagtypen	• Docent wil leerlingen vraagtypen laten categoriseren nadat het argumentatieschema is ingevuld met de informatie gegeven in voorbeeldopgaven (omwisseling van stap 3 en stap 2 SPA+).	• Docent geeft expliciete uitleg middels voorbeelden over het categoriseren van vragen in vraagtypen. Docent maakt onderscheid tussen leg uit of en leg uit dat vragen. ^{A, B} • Leerlingen maken twee redeneeropgaven, een 'leg-uit-	• Docent expliciteert het doel: "Dat je beter begrijpt wat er van je gevraagd wordt." ^{A, B} • Docent heeft stap 2 veranderd in: "Wat voor soort uitleg wordt er gevraagd?" ^{A, B}	• Docent benoemt hardop hulpvragen om leerlingen te activeren zelfstandig aan het werk te gaan. ^{A, B} • Docent hanteert de in les 2 geïntroduceerde vraag: "Wat voor soort uitleg wordt er gevraagd?" ^{A, B}

SPA+ karakteristiek	Beoogde lesactiviteiten*	Les 1	Les 2	Les 3
Argumentatieschema	• Docent wil verbinding tussen elementen van argumentatieschema illustreren aan de hand van een voorbeeld. • Docent wil afzonderlijke elementen	dat' vraag over de hoogte van het smeltpunt van moleculaire stoffen versus metalen en een 'leg-uit-dat' vraag over de sterkte van een ionbinding. Leerlingen moeten bepalen of het een D, V of C-vraag is. ^{A, B} • Docent laat leerlingen twee opgaven, 'arseen in drinkwater' en 'kauwgom', categoriseren naar vraagtypen voorafgaand aan het invullen van het argumentatieschema. Hierbij krijgen ze de hulpvragen van stap 2 ter ondersteuning. ^{A, B} • Docent geeft individuele uitleg aan groepjes die werken aan de opgaven 'arseen in drinkwater' en 'kauwgom'. Docent geeft aan: "Kijk wat er nog leeg blijft." ^A	• Docent blijft hulpvragen herhalen tijdens alle opgaven. ^{A, B} • Leerlingen gebruiken hulpvragen. ^A	• Tijdens nabespreking van redeneeropgaven blijft de docent de hulpvragen herhalen. ^{A, B}
		• Docent illustreert verbinding tussen elementen redenering aan de hand van een voorbeeld over twee gassen die goed mengen. ^{A, B} • Leerlingen krijgen een complete redenering waarin het	• Geleide instructie bij het invullen van het argumentatieschema; klassikale opgave over stroomgeleiding tussen goud en loodglans. ^{A, B}	• Tijdens nabespreking van redeneeropgave over 'kauwgom', vult docent samen met leerlingen argumentatieschema in op het bord. ^{A, B} (zie ook bijlage E)

SPA+ karakteristiek	Beoogde lesactiviteiten*	Les 1	Les 2	Les 3
	argumentatieschema toelichten middels voorbeeld.	smeltpunt van metalen en moleculaire stoffen wordt vergeleken. Leerlingen moeten aangeven of tekstelementen behoren data, verbinding of conclusie. ^{A, B} • Docent gebruikt termen data, verbinding en conclusie consistent. ^{A, B}	• Docent herhaalt hulpvragen tijdens het invullen van het argumentatieschema. ^{A, B}	• Docent herhaalt hulpvragen tijdens het invullen van het argumentatieschema. Gebruikt de woorden data, verbinding en conclusie <i>niet</i> in haar verbale taalgebruik. ^{A, B} • Docent expliciteert verbinding tussen data, verbinding en conclusie visueel door pijlen te plaatsen tussen de verschillende elementen van het argumentatieschema. ^B
Informatieverzameling	• Docent is van plan geen algemene instructie te geven over het verzamelen van informatie, immers te vraagspecifiek. • Docent wil indien het zich voordoet bij een opgave een onderwijsleergesprek op gang brengen over potentiële informatiebronnen.	• Docent besteedt expliciet aandacht aan gebruikte informatiebronnen tijdens het nabespreken van de opgaven 'arseen in drinkwater' en 'kauwgom'. ^B	• Docent geeft tijdens de geleide instructie van stap 4 aan dat "lege kolommen" kunnen worden ingevuld met informatie afkomstig uit BINAS, eigen kennis of andere additionele bronnen. ^{A, B}	• Docent geeft tijdens nabespreking van 'kauwgom' opgave aan dat informatie afkomstig kan zijn uit BINAS aangevuld met eigen scheikundekennis. ^A
Formuleren & controleren redenering	• Docent wil leerlingen geformuleerde (leerling)antwoorden laten rangschikken van slecht naar goed.	• Docent illustreert met behulp van verschillende voorbeeldredeneringen over twee gassen die goed kunnen mengen dat de volgorde van redenering kan variëren. ^{A, B}	• Docent stelt tijdens de geleide instructie expliciet de vragen: "Past het antwoord bij de vraag? Zitten de juiste onderdelen erin?" ^{A, B}	• Docent laat leerlingen zelfstandig een complete redenering formuleren voor de 'kauwgom' opgave. ^{A, B} • Docent schrijft middels klassikale input een complete

SPA+ karakteristiek	Beoogde lesactiviteiten*	Les 1	Les 2	Les 3
	• Docent wil het gebruik van passende vaktaal verweven in alle scheikundelessen en lesactiviteiten.	• Docent wijdt slide exclusief aan gebruik van signaalwoorden in redeneringen. ^{A, B} • Docent verweeft het gebruik van passende vaktaal in alle lesactiviteiten. ^{A, B}		- redenering op het bord voor de 'kauwgom' opgave. Hierbij worden signaalwoorden geschreven in een andere kleur. ^{A, B} • Docent benoemt passende verbindingswoorden bij de pijlen die gezet zijn bij het argumentatieschema in stap 4. ^B • Docent laat leerlingen middels denken-delen-uitwisselen, elkaars antwoorden en uiteindelijk ook eigen antwoorden controleren en verbeteren. ^B

* Beoogde lesactiviteiten gebaseerd op het startinterview en het initiële plan voor de lessenserie. ^{A, B} Zijn lesobservaties gebaseerd op lessen gegeven in respectievelijk klas A en B. De volledige opgaven in de lessenserie waar sommige observaties aan refereren zijn terug te vinden in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**[bijlage D](#).

Tijdsinvestering

Tijdens het startinterview gaf de docent aan dat ze ongeveer vier uur voorbereidingstijd nodig had om de SPA+ materialen door te lezen (± 20 minuten), een opzet te maken voor een lessenserie van drie lessen (± 20 minuten), een PowerPoint te maken voor de eerste les (± 1 uur) en vier passende redeneeropgaven te zoeken en uit te werken met behulp van de SPA+ (± 2 uur). Over de twee uur besteed aan het zoeken en uitwerken van redeneeropgaven zegt de docent het volgende: "Maar dat was dan ook tegelijkertijd het meest leerzame voor mijzelf. Want dan ga je er zelf mee aan de gang en dan krijg je een beetje gevoel van hoe werkt dat nou."

In het afsluitend interview geeft de docent aan gedurende het onderzoek nog ± 5 uur besteed te hebben aan de lesvoorbereidingen, specifiek voor het maken van PowerPoints, het zoeken en selecteren van opgaven en het maken van opdrachtenstencils voor leerlingen. Ze geeft net als in het startinterview aan dat deze activiteiten een grote rol hebben gespeeld in haar eigen leerproces. Ze zegt hierover: "Ik denk wel dat ik inderdaad nu een tool in mijn gereedschapskist heb, uhm, die ik niet helemaal uit den treure met PowerPoints hoeft voor te bereiden. Maar, die ik gewoon op het bord al schrijvend met de leerlingen kan laten zien en in kan zetten." Uiteindelijk voegt ze hier wel aan toe dat de hoeveelheid tijd die zij besteed heeft aan de voorbereidingen niet in balans is met wat het voor de leerlingen in de deelnemende klassen heeft opgeleverd.

Potentieel effect

De docent verwachtte tijdens het startinterview dat het systematisch denken en het nauwkeurig lezen van opgaven, beide ondersteund door de SPA+, ervoor zullen zorgen dat leerlingen redeneeropgaven op toetsen beter gaan maken. In deze fase van het onderzoek durfde ze nog geen verwachting uit te spreken over potentiële effecten op de algemene argumenteer- en redeneervaardigheden van de leerlingen. Hoewel de docent zich over het algemeen positief uitliet over de potentiële effecten van de SPA+, uitte de docent ook een zorg: "(...) dat is allemaal vaktaal en ik denk dat dat eigenlijk de grootste bottleneck is bij de formuleringsvragen. En niet zozeer de dus, daarom, hierdoor, daardoor, redeneringen. Ik denk dat dat veel meer met vaktaal te maken heeft dan met uh, maar goed dat weet ik niet helemaal zeker." In de lesobservaties en de lesevaluaties komt deze zorg inderdaad naar voren; met name in de lager scorende klas B, blijven leerlingen vastlopen in het formuleren van complete redeneringen door het gebrek aan vakkenis en, daarmee samenhangend, vaktaal. In het afsluitend interview geeft de docent aan te betwijfelen of leerlingen daadwerkelijk beter zijn geworden in het beantwoorden van redeneeropgaven. In aanvulling hierop zegt ze: "het is een stukje bewustwording denk ik wat gestart is (...) Ze zijn bewust onbekwaam. (...) Misschien dat een enkeling wel al bewust bekwaam aan het worden is, maar ze zijn nog zeker niet onbewust bekwaam." Tot slot verwacht de docent dat voor het bereiken van een leereffect meer trainingstijd nodig zal zijn.

Blijvend gebruik

De docent is in de beginfase van het onderzoek positief ten aanzien van het blijvend gebruik van de SPA+ in haar lespraktijk. Zij plaats hierbij echter de kanttekening dat het daadwerkelijk blijven gebruiken van de SPA+ afhangt van de mate waarin de meerwaarde voor leerlingen terug te zien is in de lespraktijk.

In het afsluitend interview staat de docent nog steeds positief tegenover het blijvend gebruiken van de SPA+ in haar lespraktijk. Ze geeft hierbij de volgende motivatie: "Wat mij motiveert om het te gebruiken, is omdat dat de leerlingen veel beter inzicht geeft in welke onderdelen er allemaal in een antwoord moeten zitten. Dat leerlingen veel beter zicht gaan krijgen op van wat wordt er nou precies gevraagd en ook wat moet ik dus precies antwoorden." Wel geeft zij aan de SPA+ op een andere manier te willen gaan inzetten. Zo wil ze de SPA+ niet meer in een losse lessenserie aan gaan bieden, maar veel meer geïntegreerd in bestaande lessen. Ook geeft ze aan de SPA+ in de toekomst pas te willen introduceren wanneer hier direct aanleiding toe is, bijvoorbeeld na een toets waarbij leerlingen slecht gescoord hebben op de redeneeropgaven.

Ook wil ze op den duur afzien van het SPA+ formulier en de SPA+ aanbieden als een genummerd stappenplan op het bord zoals zij dit ook doet met het zevenstappenplan van rekenen. Hiermee wil de docent voorkomen dat leerlingen de SPA+ als iets extra's gaan zien, dat ze erbij moeten leren, in plaats van als een hulpmiddel. Dit gedachtegoed komt voor uit leerlingreacties gegeven tijdens de eerste les van de lessenserie, waarin leerlingen totaal voorbijgingen aan het ondersteunende doel van de SPA+.

Leerlingbetrokkenheid

Voorafgaand aan het onderzoek was beoogd de mate van leerlingbetrokkenheid in kaart te brengen door meermaals het aantal leerlingen te tellen dat taakgericht gedrag vertoonden in de verscheidene lessen tijdens momenten van zelfstandig werken. Uiteindelijk bleek de tijd waarin leerlingen zelfstandig werkten met de SPA+ zeer beperkt; variërend van nul tot maximaal vijf minuten in de eerste twee lessen en maximaal twintig minuten in de derde les. Hierdoor was een dergelijke objectieve maat niet zinvol. Wel gaf de docent aan dat ze een toename in betrokkenheid merkte zodra de noodzaak van het gebruik van de SPA+ voor leerlingen duidelijker werd. Dit was voor klas A begin les 2 en voor klas B eind les 1 (zie het onderdeel 'Aanleren methode: SPA+ karakteristieken' eerder in dit hoofdstuk).

4.2 Leerlingperspectief

Met twee focusgroepdiscussies en leerlingmaterialen afkomstig uit de lessenserie is beoogd beter inzicht te krijgen in de gebruikservaringen van de leerlingen (vraag L1). De focusgroepdiscussies hadden ook als doel informatie te verzamelen over de ambities van de leerlingen om de SPA+ te blijven gebruiken en de manier waarop zij dit dan eventueel wilden doen (vraag L3). Tot slot is de manier waarop de leerlingen de SPA+ daadwerkelijk gebruiken tijdens het maken van redeneeropgaven in kaart gebracht door middel van hardopdenksessies en zijn bevindingen waar mogelijk aangevuld met informatie uit de leerlingmaterialen (vraag L2). (Zie tabel 2).

De focusgroepdiscussies werden gekenmerkt door vijf hoofdthema's: belang en functie SPA+, didactische aanpak docent, ervaringen betreffende deelstappen SPA+, potentieel effect, en blijvend gebruik (zie [bijlage J](#)). De resultaten met betrekking tot de focusgroepdiscussies worden hieronder per thema besproken. Waar mogelijk zijn deze resultaten aangevuld met bevindingen uit lesobservaties. Bij citaten wordt als volgt gerefereerd: O staat voor de onderzoeker, L1A staat voor leerling 1 uit focusgroep A (focusgroep bestaande uit drie leerlingen van klas A), L1B staat voor leerling 1 uit focusgroep B (focusgroep bestaande uit vier leerlingen van klas B), enzovoort.

Focusgroepdiscussies en lesobservaties

Belang en functie SPA+

De leerlingen waren het er unaniem over eens dat de SPA+ een hulpmiddel is om te komen tot completer geformuleerde antwoorden op open toetsvragen. Kenmerkend in hun omschrijvingen over de SPA+, is de continue focus op het argumentatieschema.

Illustratief hiervoor is het volgende fragment uit focusgroep A:

- O: Als jullie nu met zijn drieën proberen om tot een omschrijving te komen, van nou dit is het. Als je het gaat uitleggen. (...) Hoe zou je het verwoorden aan iemand?
- L1A: Eigenlijk is het de vraag opdelen in drie dingen en die dan los van elkaar invullen.
- L2A: Ja en dan vervolgens die drie losse dingen weer aan elkaar plakken.
- L3A: Ja
- L1A: Ja dat is wel een hele makkelijke omschrijving, maar als je...
- O: Maar als je er nou nog nooit van gehoord hebt en jij zegt tegen mij het zijn drie losse dingen en die plak je aan elkaar.
- L1A: Ja oké, dan zeg je eerst. Zo van ja je hebt een vraag, daar staat of een van de drie blokken data, verbinding of conclusie in. Dan leg je even uit wat dat is. Wat al die blokken zijn. En dan vervolgens zeg je, dan vraag de docent naar die blokken allemaal achter elkaar bijvoorbeeld. Dat is dan waar je naartoe wilt uiteindelijk. Dus dan vervolgens ga je de drie blokken individueel invullen en daarna plak je ze achter elkaar met verbindingswoorden.

Met andere woorden, het structureren van informatie in 'de blokken' data, verbinding en conclusie draagt volgens alle leerlingen uiteindelijk bij aan het formuleren van meer complete antwoorden. In focusgroep B is dit de enige functie die leerlingen hebben toegekend aan de SPA+. In focusgroep A werd echter ook aangehaald dat de SPA+ inzicht kan geven in hetgeen er gevraagd wordt. Zo zegt L3A: "Dat je dan beter weet je wat nog zoekt zeg maar, wat de vraag is."

Didactische aanpak docent

In beide focusgroepen kwam naar voren dat leerlingen graag al bij de start van les 1 het volledige SPA+ formulier hadden willen doornemen met een uitgewerkt voorbeeld. Zij verwachtten hiermee eerder duidelijkheid over het doel/eindpunt van de SPA+. Zo zegt L3A: "Ja en dan misschien nog met een oefenopgave ofzo, of een voorbeeld laten zien hoe het werkt zegmaar. Als je al deze stappen doet wat er dan uitkomt ofzo" en L1A: "Gewoon een beetje meer handje vasthouden aan het begin en dan later kan je meer loslaten" en L2B: "Nou ik zou eigenlijk eerst het schema gewoon, dat je dat als eerste zou krijgen in plaats van dat je eerst zo'n presentatie met data, verbinding. Dat je in je hoofd al dat schema moet maken ofzo. Dan heb je het al voor je liggen, dan weet je al in principe waar je naartoe gaat." De uitspraken van de leerlingen over de gewenste didactiek sluiten hiermee aan op een holistische benadering. In samenhang hiermee komt in de leerlingfeedback (uit leerlingmaterialen) van les 2 duidelijk naar voren dat de geleide instructie via een uitgewerkt voorbeeld meer rust creëerde ten opzichte van les 1. Tot slot geven leerlingen aan dat uiteindelijk het veelvuldig kunnen oefenen essentieel is om de SPA+ effectief te kunnen gaan gebruiken.

Ervaringen betreffende deelstappen SPA+

De eerste stap van de SPA+ is het noteren van de vraag. De meningen over het nut van deze stap zijn verdeeld. Vijf leerlingen geven aan dat het opschrijven van de vraag hen stimuleert de vraag nauwkeuriger te lezen, wat uiteindelijk bijdraagt aan het beter begrijpen van de vraag. De twee andere leerlingen geven echter aan de stap over te slaan. Na discussie met medeleerlingen zien zij wel het nut van deze stap in, het overslaan van de stap lijkt voornamelijk voort te komen uit gemakzucht. Zo zegt L1B: "Nou ik denk wel dat het beter is als ik het zou doen. Als ik mijn best doe, ja voor een toets zou ik het wel doen. En voor mijn best in de les doen ook." De continue focus op het argumentatieschema, zoals beschreven in het thema 'belang en functie SPA+', is ook zichtbaar in de interpretatie van leerlingen met betrekking tot het categoriseren van de vraag naar vraagtype (stap 2 van de SPA+). Zo blijkt uit beide discussies dat leerlingen tijdens deze stap al in hun hoofd het argumentatieschema gaan invullen, om zo te bepalen wat er nog aan informatie ontbreekt. Zo zegt L2B: "Ik denk dat ik dit wel het lastigst vind van het hele stuk."

Omdat je dan alvast moet gaan bepalen wat je daarna gaat doen. Bedoel als je dít eerst gaat doen - *wijst naar argumentatieschema* - dan kun je dát al invullen en dan op basis daarvan kijken van oké en wat mis ik. Terwijl als je eerst stap 2 moet doen, dan moet je dus alvast gaan analyseren van oke wat heb ik. En moet je alvast voor jezelf dat hele schema geven.”

Opvallend is dat leerlingen geen enkele aandacht lijken te schenken aan de vraagstelling om het vraagtype te bepalen, maar dit uitsluitend baseren op het ontbreken van specifieke elementen uit het argumentatieschema (data, verbinding en/of conclusie) in de achtergrondinformatie van de opgave. Deze focus is ook terug te zien in de lesobservaties, waar leerlingen tijdens klassikale bespreking van deze stap voor een gegeven redeneeropgave telkens eerst aangaven welke onderdelen van de redenering er in de opgave al aanwezig waren.

Leerlingen ervaren het categoriseren van de vraag als nutteloos en als de stap wel ondersteunend is twijfelen ze over de plaats van de stap in het stappenplan. Zo zegt L2B: “Misschien moet stap 2 veranderen, ik weet niet of dat een idee is. Maar je kan ook stap 2, na het schema gaan doen. Omdat je eerst dan de kolom in gaat vullen en dan als je nog wat over hebt dan ja, dat maakt niet uit. En dan doe je pas stap 2 en daarna doe je dan de kolom verder invullen” en L2A: “Eigenlijk is stap 2 een beetje useless, want bij stap 3 zie je ook al wat je moet hebben. Want als je alles wat je hebt gaat invullen in die blokken, als je weet wat wat is, dan zie je meteen wat wordt gevraagd want dat blok blijft leeg”. L1A geeft daarop het volgende tegenargument: “Maar op zich weet je dan ook welke blokken je al wel kunt invullen in plaats van dat je iets bij de verkeerde zet bijvoorbeeld.” Naast twijfel over het nut en de plek in het stappenplan van het categoriseren van de vraag, geven leerlingen in beide focusgroepen aan het categoriseren als lastigst te ervaren.

De ervaren moeilijkheid van deze stap hangt nauw samen met de ervaren problemen van leerlingen om data, verbinding en conclusie van elkaar te kunnen onderscheiden tijdens het invullen van het argumentatieschema (stap 3 & 4). Immers, wanneer leerlingen geen goed onderscheid kunnen maken tussen data, verbinding en conclusie, wordt het categoriseren op basis van de aanpak ‘wat ontbreekt er nog?’ onmogelijk.

De discussie over het invullen van het argumentatieschema (stap 3 & 4), wordt in beide focusgroepen gedomineerd door heersende onduidelijkheid in het onderscheid tussen data en verbinding enerzijds en data en conclusie anderzijds. Dit is ook zichtbaar in de lesobservaties, waarin leerlingen veelvuldig terug blijven komen op het kunnen maken van een onderscheid tussen data en verbinding. De focusgroepdiscussies geven drie mogelijke oorzaken die hieraan ten grondslag kunnen liggen. Ten eerste lijken leerlingen geen bruikbare definities en/of onjuiste definities paraat te hebben ten aanzien van de begrippen data en verbinding. Het volgende fragment uit focusgroep B is hierbij illustratief:

- O: Misschien moeten we een stapje terugnemen, wat denk je dat data, waar staat data voor in jouw hoofd?
- L3B: Uh, uh, ik denk, misschien dingen die al gegeven zijn ofzo *heel vertwijfeld*
- O: Iemand die zegt nou ik heb een ander idee of aanvulling?
- L4B: Beetje achtergrondinformatie die je nodig hebt om de vraag te kunnen beantwoorden.
- O: Dus we zouden het definiëren als, wat zou jullie definitie zijn van data als je het samenvat?
- L3B: Informatie die je nodig hebt om de conclusie te krijgen.
- O: Dus informatie die je nodig hebt om tot de conclusie te komen. Ben je het daar mee eens?
- L1B: Nou daar zit misschien ook al een beetje de verbinding in misschien. Maarja, ik denk de gegevens die in de vraag al staan of die je hebt opgezocht, ja die je niet zelf bedenkt laat maar zeggen.

O: En die zou je dan allemaal bij data zetten?
 L2B: Nee. *Vertwijfeld.*
 L1B: Ja.
 O: Ja dat is wat het moeilijk maakt hè.
 L2B: Het is eigenlijk gewoon het begin, ja het begin van dat geheel, waar het eigenlijk begint dat is data.

Ten tweede lijkt het onderscheid tussen data en verbinding niet altijd eenduidig te zijn voor gegeven redeneeropgaven. Bijvoorbeeld in een redeneeropgave over de vervormbaarheid van kauwgom (zie [bijlage D](#) voor volledige opgave), is een deel van de eindredenering “het zijn vrij grote moleculen dus sterke vanderWaalsbinding”. De leerlingen in focusgroep B geven aan dat dit deel van de redenering zowel geïntepreerd kan worden als een gegeven en dus in zijn geheel bij data hoort, als een gegeven “vrij grote moleculen” gevolgd door een verbinding “sterke vanderWaalsbinding”. Ten derde lijkt het soms mogelijk data en conclusie om te draaien, wanneer de complete redenering net iets anders wordt verwoord. Hierbij is het volgende fragment uit focusgroep A illustratief:

O: En waardoor denk je dat dat gebeurt, dat je de conclusie en data omdraait?
 L2A: Nou als in dat hokje wat erboven staat wordt gegeven dat kauwgom vervormbaar is en dat je dan (...) de conclusie moet trekken dat uhm paraffine tussen de ketens gaat zitten en zo de vanderWaalsbinding verzwakt. Of je dat niet om kan draaien.
 O: Hoe ervaren jullie dat?
 L1A: Ja op zich kan je door paraffine wordt kauwgom beter vervormbaar, dat kun je ook als data nemen.
 L3A: Ja.
 L1A: En dan kan je als conclusie nemen, waarom dat dan eigenlijk zo is.

Uiteindelijk trekken leerlingen in beide focusgroepen de eindconclusie dat het strict onderscheiden van data, verbinding en conclusie niet van belang is. Het gaat er immers uiteindelijk om dat er een complete redenering wordt geformuleerd of om in termen van de leerlingen te spreken “een verhaaltje” en daarbij is het volgens leerlingen niet noodzakelijk dat alles in de “juiste” kolom staat. Tot slot doen de leerlingen de suggestie stap 3 en 4 op het SPA+ formulier samen te voegen, aangezien ze volgens hen toch gelijktijdig gebeuren.

Het formuleren en controleren van de complete redenering (stap 5 & 6) wordt door leerlingen als eenvoudig ervaren. Zo geven leerlingen aan dat het een kwestie is van signaalwoorden, geleerd bij Nederlands, plakken tussen de al genoteerde elementen in het argumentatieschema. Bij het formuleren van de complete redenering wordt door sommige leerlingen standaard de volgorde data-verbinding-conclusie aangehouden, daar waar andere leerlingen de volgorde baseren op de vraag. Zo zegt L4B: “Ja ik ben bij de conclusie begonnen, want die had je al gekregen.” In de lesobservatie van les 3 lijkt daarentegen naar voren te komen dat leerlingen het lastig vinden om van een compleet ingevuld argumentatieschema naar een compleet geformuleerde redenering te gaan. Zo blijkt tijdens een momenten van denken-delen-uitwisselen in les 3, waarin leerlingen elkaars eindantwoorden moeten controleren, dat veel leerlingen met name moeite hebben met het gebruik van de juiste vaktaal. Verder geven alle leerlingen aan te weinig ruimte te hebben op het formulier voor deze stap.

Potentieel effect

De leerlingen geven gezamenlijk aan dat de SPA+ ervoor heeft gezorgd dat ze een beter beeld hebben gekregen over het soort vragen dat gesteld kan worden op een toets. Ook geven ze aan meer inzicht te hebben gekregen in de puntenverdeling van toetsopgaven. Zo zegt L1A: “Ja nu begrijp ik ook zeg maar hoe ze echt nakijken de toets zo van, oké we hebben dit gevraagd en we

hebben deze onderdelen nodig. En daarvoor geven ze punten, als elk van dat onderdeel erin zit. Dus bijvoorbeeld, ze vragen data en verbinding, dan krijg je 2 punten in plaats van 1, als ze alleen maar verbinding vragen” en L4B: “Ja, denk het wel. Want je weet wel wat er allemaal in je antwoord moet komen. En ja soms, ja je begrijpt het denk ik wel gewoon beter.” Daarmee samenhangend geven leerlingen aan nauwkeuriger naar de vraagstelling te zijn gaan kijken bij gegeven opgaven, om te achterhalen wat er nu daadwerkelijk gevraagd wordt en welke onderdelen ze dus in hun antwoord moeten verwerken. Leerlingen verwachten door deze inzichten beter te gaan scoren op toekomstige toetsen.

Blijvend gebruik

Alle leerlingen geven aan de SPA+ te willen blijven gebruiken. Geen enkele leerling is echter van plan dit op de aangeleerde manier te blijven doen. De discussies tonen vele varianten op het toekomstig gebruik van de SPA+, een aantal kenmerkende uitspraken is:

- L1A: Ja, kleine aantekeningen van een paar punten, niet bijvoorbeeld, een hele werkende zin maar gewoon een paar steekwoorden zodat je weet waar het over gaat. En dan kan je vervolgens die steekwoorden verwerken tot een goede zin bij stap 5.
- L2A: Nou, tijdens een toets doe ik doe ik die eerste vier stappen ook niet helemaal. Alleen stap 4 dan schrijf ik gewoon op wat ik uit de vraag kan halen en daar maak ik dan iets netjes van.
- L1B: Nou stap 3 en 4 die zijn wel samen bij mij. Dat is gewoon het schema invullen. En 1, ja ik weet niet, ik denk dat ik dat niet echt zo op zou schrijven maar wil in mijn hoofd zou doen. En dan twee ook in mijn hoofd en dat schema ook in mijn hoofd en dan vijf opschrijven en dan zes controleren die wel.

Wat opvalt in alle varianten is dat de leerlingen proberen om de methode op de een of andere manier in te korten. Dit sluit aan bij de zorg die leerlingen herhaaldelijk uitten gedurende beide focusgroepdiscussies: de SPA+ duurt te lang om op een toets te kunnen inzetten. Hiermee samenhangend lijken leerlingen geen handvatten te hebben hoe ze de SPA+ daadwerkelijk als hulpmiddel in kunnen zetten tijdens een toets. Zo zegt L1A: “Dus, ja dat is dan weer, dan moet je even kijken hoe je dat zegmaar kan vervormen - *wijst naar het SPA+ formulier* - zodat de leerlingen het ook echt kunnen toepassen tijdens een toets. In plaats van dat het, hier is het wel makkelijk om toegepast te worden, maar tijdens een toets is het zo van ow nog 5 minuten dat halen we nooit.” Tot slot is in beide focusgroepen de conclusie dat de SPA+ in de toekomst vooral gebruikt zal worden bij redeneeropgaven die moeilijk zijn of met andere woorden “waar je anders niet uitkomt”.

Hardopdenksessies

Zoals beschreven in de methodesectie, zijn alle denkstappen die de leerlingen hebben gezet in de hardopdenkprotocollen gecodeerd. Specifiek is voor iedere geverbaliseerde gedachte aangegeven welke denkstap uit de SPA+ er aan de orde is, impliciet (onbewust) dan wel expliciet (bewust) (zie paragraaf 3.3 meer informatie over codering). De absolute en relatieve tijd die leerlingen besteed hebben aan iedere denkstap en het lezen per opgave is weergegeven in tabel 6 en 7 (zie [bijlage H](#), voor een volledige weergave van de voorgelegde opgaven). Het verloop van de verschillende denkstappen in de loop van de tijd per leerling per opgave is weergegeven in figuur 5. Hoofdbevindingen ten aanzien van het gebruik van de SPA+ door leerlingen gebaseerd op de gegevens in tabel 6 en 7, figuur 5 en de bijbehorende kwalitatieve data worden in de volgende secties besproken.

Tabel 6. Absolute tijdsduur (in seconden) gezette denkstappen SPA+ door leerlingen in opgave 1 en 2 van hardopdenksessies (zie [bijlage H](#)).

Opgave 1: Endo- of exotherm

	Stap1 Im+Ex	Stap2 Im+Ex	Stap3 Im+Ex	Stap4 Im+Ex	Stap5 Im+Ex	Stap6 Im+Ex	Leest opgave	Tijd Im	Tijd Ex
L1	48	73	6	161	133	38	88	0	459
L2	0	53	30	176	116	0	42	0	375
L3	0	26	32	88	98	0	52	174	70
L4	42	57	82	215	106	20	68	35	487
Gemiddelde	23	52	38	160	113	15	63	52	348

Opgave 2: Indicator kiezen

	Stap1 Im+Ex	Stap2 Im+Ex	Stap3 Im+Ex	Stap4 Im+Ex	Stap5 Im+Ex	Stap6 Im+Ex	Leest opgave	Tijd Im	Tijd Ex
L1	54	48	63	256	128	11	149	0	560
L2	0	111	56	147	58	0	122	0	372
L3	72	81	163	185	211	0	229	266	446
L4	0	29	78	125	34	17	199	18	265
Gemiddelde	32	67	90	178	108	7	175	71	411

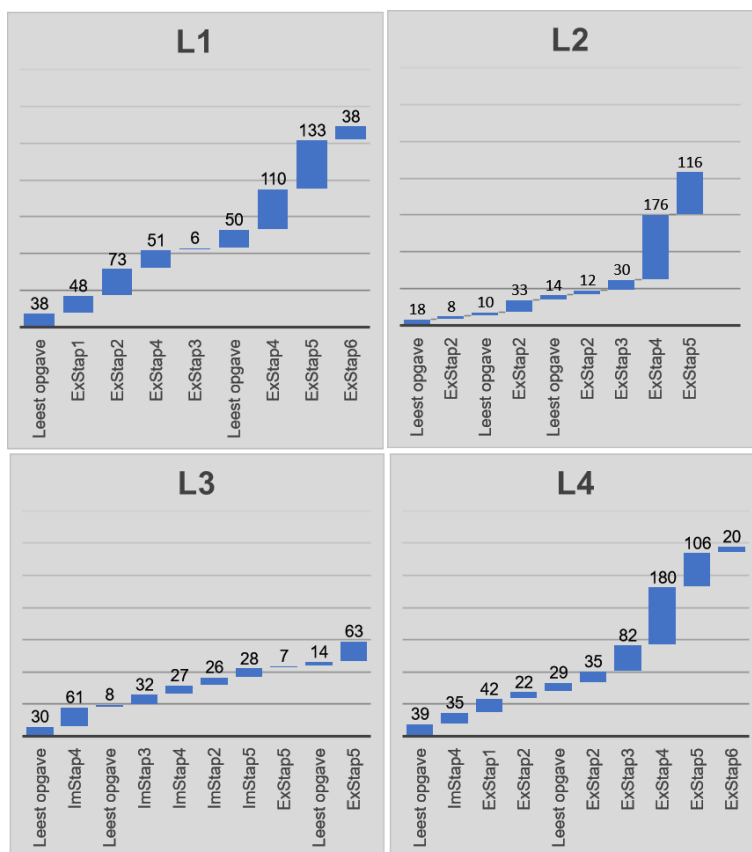
Tabel 7. Relatieve tijdsduur (% van totaal gecodeerde tijd) gezette denkstappen SPA+ door leerlingen in opgave 1 en 2 van hardopdenksessies (zie [bijlage H](#)).

Opgave 1: Endo- of exotherm

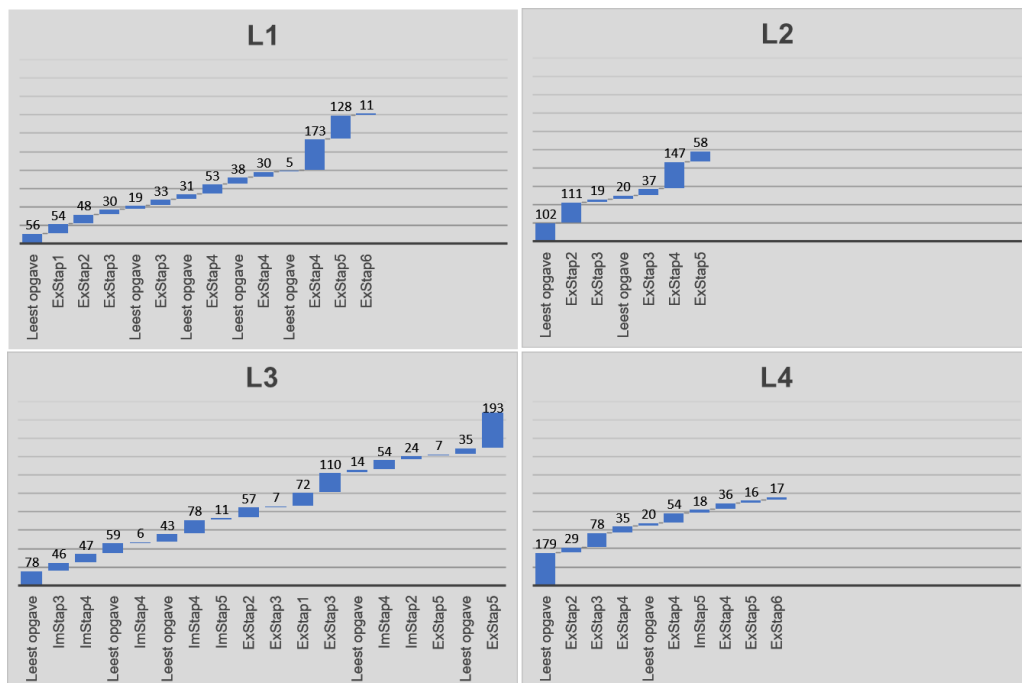
	Stap1 Im+Ex	Stap2 Im+Ex	Stap3 Im+Ex	Stap4 Im+Ex	Stap5 Im+Ex	Stap6 Im+Ex	Leest opgave	Tijd Im	Tijd Ex
L1	8.8	13.3	1.1	29.4	24.3	6.9	16.1	0.0	83.9
L2	0.0	12.7	7.2	42.2	27.8	0.0	10.1	0.0	89.9
L3	0.0	8.8	10.8	29.7	33.1	0.0	17.6	58.8	23.6
L4	7.1	9.7	13.9	36.4	18.0	3.4	11.5	5.9	82.5
Gemiddelde	4.0	11.1	8.3	34.5	25.8	2.6	13.8	16.2	70.0

Opgave 2: Indicator kiezen

	Stap1 Im+Ex	Stap2 Im+Ex	Stap3 Im+Ex	Stap4 Im+Ex	Stap5 Im+Ex	Stap6 Im+Ex	Leest opgave	Tijd Im	Tijd Ex
L1	7.6	6.8	8.9	36.1	18.1	1.6	21.0	0.0	79.0
L2	0.0	22.5	11.3	29.8	11.7	0.0	24.7	0.0	75.3
L3	7.7	8.6	17.3	19.7	22.4	0.0	24.3	28.3	47.4
L4	0.0	6.0	16.2	25.9	7.1	3.5	41.3	3.7	55.0
Gemiddelde	3.8	11.0	13.4	27.9	14.8	1.3	27.8	8.0	64.2



Opgave 1: Endo- of exotherm



Opgave 2: Indicator kiezen

Figuur 5. Chronologie en tijdsduur (in seconden) van denkstappen van de individuele leerlingen tijdens het maken van opgave 1 en 2 in de hardopdenksessie (zie [bijlage H](#))

Impliciet versus expliciet doorlopen van denkstappen

In tabel 6 en 7 valt op dat L3 de denkstappen van de SPA+ hoofdzakelijk *impliciet* uitvoert, alle andere leerlingen gebruiken het SPA+ formulier als houvast en doorlopen de denkstappen *expliciet*. Meer specifiek heeft L3 ervoor gekozen het gehele SPA+ formulier niet te gebruiken tijdens het maken van de eerste opgave. Zijn toelichting is: “Nou, ik dacht omdat het zo'n kleine vraag is en de informatie zat in deze twee zinnen. Dacht ik: ja, dat lijkt me vrij duidelijk”. Met andere woorden, voor L3 lijkt de SPA+ overbodig als hulpmiddel voor het beantwoorden van de eerste opgave. De denkstappen van de SPA+ zijn echter wel herkenbaar in de door de leerling geverbaliseerde denkstappen, in tabel 6 is dit zichtbaar in de hoeveelheid tijd besteed aan *impliciete* denkstappen. Stap 5 is enkel *expliciet* aanwezig in de eerste opgave, omdat de leerling verplicht werd uiteindelijk een eindantwoord te noteren. Tijdens het maken van de tweede opgave heeft L3 zowel impliciet als expliciet tijd besteed aan de denkstappen van de SPA+ (zie tabel 6 & 7). Opvallend hierbij is dat de leerling alle noodzakelijke denkstappen eerst *impliciet* doorloopt en daarna ze opnieuw *expliciet* doorloopt (zie figuur 5). In de kwalitatieve data is duidelijk te zien dat de leerling op het moment van ImStap5, de redenering al helder heeft. Maar nadat hij alle denkstappen al *impliciet* gezet heeft en zelfs al het antwoord hardop heeft uitgesproken (weliswaar nog niet mooi geformuleerd), start de leerling met het SPA+ formulier. Opvallend is dat de leerling vrijwel meteen vastloopt met het kunnen identificeren van de data, verbinding en conclusie. Ook is te zien dat er geen duidelijke structuur is in het doorlopen van de denkstappen op het SPA+ formulier (zie figuur 5). Het volgende fragment is kenmerkend voor de overgang van de leerling van het impliciet naar het expliciet uitvoeren van de denkstappen van de SPA+:

Fragment L3 opgave 2

Code

- | | |
|---|---------|
| L: Ja. Dan zit ik te twijfelen alleen tussen dat broomthymolblauw en fenolrood, omdat die allebei een pH-waarde van het omslagtraject hebben tussen de, of rond de 7. Is het namelijk 6.0 tot 7.6, en de ander 6.6 tot 8. | ImStap4 |
| O: Ja dan ga ik je alvast vertellen dat er niet één antwoord is op deze vraag. ³ | |
| L: Nee. Oke. | |
| O: Maar nu gaat het er nog om dat je je antwoord, gaat formuleren. | |
| L: Ja, dus ik denk dat het een van die twee is omdat die rond de 7 zitten. En dat die dan switch zeg maar. | ImStap5 |
| O: En als je nou naar je formulier gaat, wat wil je daar dan nog van gebruiken? | |
| L: Sowieso of het de data, verbinding of conclusie is. En deze kolom en dan? | ExStap2 |
| O: Ja je mag doen wat jij wilt. | |
| L: Oké. Uhm, de conclusie is sowieso al gegeven. Volgens mij is de conclusie namelijk, uhm, dat die, ohnee wacht. De data is al gegeven dacht ik, de basische oplossing hoger dan 7 en dat die verandert van kleur. | ExStap2 |
| <i>Stilte</i> | ExStap2 |
| O: Waar denk je nu over na? | |

³ In opgave 2 wordt gevraagd welke indicator gebruikt kan zijn bij een gegeven context. In de eerste hardopdenksessie kwam naar voren dat er twee indicatoren uit de gegeven indicatorenlijst geschikt waren in de betreffende context, dit was over het hoofd gezien door de onderzoeker. Er is daarom gekozen alle leerlingen erop te wijzen dat er meerdere antwoordmogelijkheden zijn om verwarring te voorkomen.

L:	Ja wat ik nog meer nodig heb en wat er allemaal al in de tekst en vraag staat.	ExStap3
L:	Eerst maar eens de vraag opschrijven. <i>Leerling schrijft de vraag bij stap 1 op SPA+ formulier.</i>	ExStap1

Chronologie in denkproces

L1, L2 en L4, die de SPA+ denkstappen *expliciet* uitvoeren, houden over het algemeen de chronologie van het SPA+ formulier aan, afgewisseld met periodes waarin zij opnieuw de opgave lezen (zie figuur 5). Alleen stap 3 en 4 zijn niet altijd eenduidig te onderscheiden en lopen soms door elkaar. Zoals gezegd, doorloopt L3 de SPA+ hoofdzakelijk *impliciet*, deze leerling heeft een veel minder duidelijke structurele aanpak (zie figuur 5).

Gebruikskennmerken per SPA+ stap

Tabel 6 en 7 geven informatie over het al dan niet aanwezig zijn van iedere afzonderlijke denkstap uit de SPA+ in de hardop uitsproken gedachten van leerlingen.

Stap 1, het formuleren van de vraag, wordt door L2 in beide opgaven overgeslagen, door L3 alleen in de eerste opgave en door L4 in de tweede opgave. Op basis van de kwalitatieve data kan gesteld worden dat de reden van het overslaan van stap 1 hoogstwaarschijnlijk verschillend is voor de afzonderlijke leerlingen. In beide opgaven doorloopt L2 alle denkstappen van de SPA+ *expliciet* (zie tabel 6 & 7), maar slaat hij hierbij stap 1 consequent, bewust over. L4, slaat eveneens stap 1 bewust over. Hij zegt hierover: "Stap 1 heb ik even overgeslagen want ik vind in dit geval, eigenlijk vind ik stap 1 nooit echt heel nodig want meestal is de vraag wel duidelijk geformuleerd op een antwoordblad." L3 doorloopt de gehele SPA+ methode *impliciet* tijdens het maken van de eerste opgave, een logische consequentie is dat de leerling de vraag niet zal noteren.

Stap 2, het bepalen van het vraagtype, wordt door alle leerlingen in beide opgaven gedaan (*impliciet*, dan wel *expliciet*). Specifiek blijkt uit de kwalitatieve data dat alle leerlingen, in overeenkomst met de focusgroepresultaten, in eerste instantie op zoek gaan naar "Wat ontbreekt er nog?" in de achtergrondinformatie gegeven bij de opdracht. Maar wanneer dit voor hen niet helemaal duidelijk is, kijken ze in tweede instantie naar de vraag. De volgende twee fragmenten illustreren dit:

Fragment L2 opgave 1	Notitie
L: Leg uit of de reactie tussen ongebluste kalk en water endo- of exotherm zal zijn. Geef een verklaring voor je antwoord.	
L: Nou uhm, nou de conclusie weet je nog niet . Dus er wordt gevraagd naar de conclusie.	"Wat ontbreekt er nog in achtergrondinformatie?"
L: De verbinding, weet je de verbinding al?	
O: Je vult nu stap 2 in op het formulier. <i>Zegt onderzoeker voor audio-opname</i>	
L: Ja ik vul nu stap 2 in op het formulier, maar bij de toets hebben we dit formulier niet.	
L: Verder, weet je de verbinding al . Even kijken, opwarmt (...), dus kalk (...) <i>Leerling leest opgave opnieuw.</i>	"Wat ontbreekt er nog in achtergrondinformatie?"
L: Nou die onderstaande reactie is denk ik data en niet de verbinding. Je moet weten waarom dat, dus er wordt ook gevraagd naar de verbinding. Waarom het exo, endotherm dus...	"Wat wordt er gevraagd?"

Fragment L1 opgave 2

- L: Nu ga ik kijken **welke onderdelen** van de data, verbinding en conclusie **ik al heb. Ik heb de data al** in de tabel, maar het zou kunnen dat ik zelf nog data uit de BINAS of geleerde data moet toevoegen. *Stilte*
- L: **Ik moet uitzoeken welke indicator is gebruikt**, dus de conclusie heb ik nog niet. **En ik moet ook nog uitzoeken hoe ik daarbij moet komen**, dus de verbinding heb ik ook nog niet. Dus ik moet vooral nog achter de verbinding en de conclusie komen. *Leerling schrijft V, C.*

Notitie

“Wat ontbreekt er nog in achtergrondinformatie?”

“Wat wordt er gevraagd?”

Stap 3 & 4, het invullen van het argumentatieschema met behulp van informatie uit de opgave, aangevuld met onder andere vakkennis, wordt door alle leerlingen in beide opgaven gedaan (impliciet of expliciet). Net als in de focusgroepresultaten worden deze twee stappen door leerlingen als één stap ervaren en daarmee ook uitgevoerd. Door de sterke verwevenheid van deze stappen, was het onderscheid tussen stap 3 en stap 4 soms lastig te maken tijdens het coderen en worden ze voor nu samengenomen. De gezette denkstappen in de loop van de tijd (figuur 5) en de bijbehorende kwalitatieve data, tonen aan dat leerlingen tijdens het invullen van het argumentatieschema continu heen en weer gaan tussen de informatie in de opgave (code *leest opgave*), het ordenen van de redeneeronderdelen in het argumentatieschema en hun eigen scheikundekennis (codes *ImStap3*, *ImStap4*, *ExStap3*, *ExStap4*). Alle leerlingen twijfelen tijdens het hardop denken over wat zij moeten invullen bij data, verbinding en conclusie. Dit is te zien aan uitspraken zoals, “denk ik”, “hoop ik”, “ik weet het niet zeker”, “ik ben hier niet goed in”. Ook is dit te zien aan leerlingen die zichzelf corrigeren, iets dat ze eerst als data beschouwen zien ze later als verbinding en vice versa. Toch is het kenmerkend dat uiteindelijk de argumentatieschema's ingevuld door L1, L2 en L4, die de SPA+ *expliciet* uitvoeren, een logische indeling hebben ten aanzien van de opbouw van een redenering (hierbij de scheikundige correctheid negerend). Tot slot is in de tijdsduurdata te zien dat stap 4 in beide opgaven de meeste tijd inneemt (zie tabel 6 & 7).

Stap 5, het formuleren van een compleet geformuleerde redenering, lijkt bij L1, L2 en L4 vrijwel automatisch te gaan. Zij gaan in een vloeiende beweging door van het argumentatieschema naar de eindformulering. Opvallend is wel dat deze leerlingen nog aan het formuleren zijn, terwijl ze al schrijven. In tegenstelling tot de andere leerlingen, probeert L3 eerst herhaaldelijk de juiste formulering in zijn hoofd te verwoorden, voordat hij begint met schrijven. De manier waarop leerlingen tot het antwoord komen lijkt de einformuleringen niet te beïnvloeden. Het is wel opvallend dat bijna alle geformuleerde antwoorden scheikundig onjuist zijn. Met betrekking tot zinsbouw en interpunctie heeft met name L1 problemen. Zo luidt zijn redenering in opgave 1: “Het is een exotherme reactie, omdat je er geen energie in hoeft te stoppen om CaO (s) en H₂O (l) met elkaar te laten reageren het is dan een exotherme reactie, want dat betekent dat er energie uit de reactie ontstaat en omdat het geen endotherme reactie is want je hoeft er geen energie in te stoppen.”

Stap 6, het controleren van de compleet geformuleerde redenering, wordt niet door alle leerlingen gedaan. Zowel L2 als L3 slaan deze stap in beide opgaven over. De leerlingen geven zelfs expliciet aan niet meer te willen controleren, wanneer de onderzoeker vraagt of ze écht klaar zijn. Het blijft onduidelijk waarom zij dit niet willen.

4.3 Vergelijking docent- en leerlingperspectief

De resultaten van het onderzoek zijn tot nu toe beschreven vanuit het docentperspectief of het leerlingperspectief. Deze paragraaf licht opvallende overeenkomsten en verschillen tussen beide perspectieven uit.

Ten aanzien van het belang en de functie van de SPA+, kwam in het docentperspectief naar voren dat de SPA+ docent en leerlingen inzicht kan geven in het al dan niet beheersen van bepaalde leerstof/vakkennis door de leerling. Leerlingen spreken ook van een inzichtfunctie, maar doelen daarmee niet op inzicht in hun kennisniveau, maar op inzicht in de opbouw en structuur van vragen. De docent en de leerlingen zien de SPA+ beide als een systematiek om te komen tot completer geformuleerde redeneringen.

Ten aanzien van het categoriseren van vragen naar vraagtypen, werken leerlingen in eerste instantie vanuit de vraag "Wat ontbreekt er nog in de achtergrondinformatie?", alleen wanneer hierbij onduidelijkheid ontstaat kijken leerlingen vanuit de vraag "Wat wordt er gevraagd?". Het denken vanuit "Wat ontbreekt er nog?" komt overeen met het docentperspectief in de beginfase van het onderzoek. Ook betwijfelen leerlingen, net als de docent in de beginfase, het nut van het categoriseren van de vraag (stap 2, SPA+).

Met betrekking tot het invullen van het argumentatieschema, is het onderscheiden van data, verbinding en conclusie een terugkerend thema voor zowel docent als leerlingen. Als oorzaak geeft de docent overeenkomstig met de resultaten van de focusgroepdiscussies aan dat de scheidslijn tussen data, verbinding en conclusie niet altijd eenduidig is in redeneeropgaven. De focusgroepdiscussies gaven nog een andere potentiële oorzaak, namelijk het gebrek aan parate kennis/werkbare definities van de begrippen data, verbinding en conclusie bij leerlingen. De docent heeft nergens laten blijken ook van deze potentiële oorzaak weet te hebben. Tot slot concludeert de docent dat een strikte scheiding tussen data en verbinding *niet* noodzakelijk is, daar waar leerlingen een strikte scheiding tussen alle drie de componenten (data, verbinding én conclusie) *niet* noodzakelijk achten.

Ten aanzien van het gebruik van de termen data, verbinding en conclusie, ziet de docent graag een versterkte focus op de hulpvragen. De mening van de leerlingen in de focusgroepdiscussies is hierover echter verdeeld. In de hardopdenksessies gebruikt slechts één leerling de hulpvragen actief.

Met betrekking tot het formuleren van een complete redenering, ziet de docent het gebruik van signaalwoorden als een vaardigheid geleerd bij Nederlands. In overeenstemming met de docent zien leerlingen overlap met het vak Nederlands en beschrijven zij het als een eenvoudige taak. In de hardopdenksessies is te zien dat leerlingen inderdaad de juiste signaalwoorden gebruiken. In de hardopdenksessies was echter ook te zien dat het niet beheersen van de vaktaal (vaktermen) impact had op het begrip van leerlingen. Zo waren sommige leerlingen onvoldoende bekend met de scheikundige begrippen indicator, omslagtraject, exo- en endotherm om de opgaven adequaat te kunnen maken. Aangezien het doel van het onderzoek was om te achterhalen hoe de leerlingen de SPA+ gebruiken, zijn deze leerlingen tijdens de hardopdenksessies (minimaal) geholpen door de betekenis van deze begrippen te geven wanneer ze door een gebrek aan deze scheikundige kennis niet meer verder konden met de opgave. Hiermee samenhangend geeft de docent aan het juist kunnen gebruiken van vaktaal en het beheersen van voldoende vakkennis te zien als een bottleneck voor het komen tot compleet (correct) geformuleerde redeneringen.

Zowel de docent als de leerlingen geven aan een voorkeur te hebben voor een holistische didactiek. Specifiek hebben zij de voorkeur voor het werken met uitgewerkte, complete voorbeelden vanaf de start. In de loop van de tijd moeten de voorbeelden steeds minder informatie prijsgeven en steeds meer aan de leerling zelf overlaten (*scaffolding* en *fading* principes).

Zowel de docent als de leerlingen zijn van plan de SPA+ te blijven gebruiken in de toekomst. Zij willen dit beiden echter niet meer doen volgens het SPA+ formulier. In de beschrijvingen van het toekomstig gebruik van zowel docent als leerlingen, is het kenmerkend dat er gezocht wordt naar een verkorte variant.

5. Conclusies

In dit onderzoek is het gebruik van de SPA+ methode onderzocht in de context van het vak scheikunde. Het onderzoek probeerde antwoord te geven op drie vragen, gesteld vanuit zowel een docent- als een leerlingperspectief:

- 1) Hoe wordt het gebruik van de SPA+ ervaren?
- 2) Hoe wordt de SPA+ gebruikt in de onderwijspraktijk?
- 3) Zijn gebruikers van plan de SPA+ te blijven gebruiken?

Om de onderzoeksvragen te beantwoorden is de SPA+ geïmplementeerd in een lessenserie van drie scheikundelessen, gegeven aan twee parallelle vwo 4-klassen, op één middelbare school, door één docent. Kwalitatieve data is verzameld. De conclusies worden in de volgende secties per deelvraag en per perspectief (docent en leerling) besproken.

5.1 Ervaringen met de SPA+

De docent heeft het gebruik van de SPA+ in haar lespraktijk overwegend positief ervaren.

De SPA+ is onderdeel geworden van de 'tools' die de docent tot haar beschikking heeft. Wel was hier een relatief grote tijdsinvestering voor nodig. Eén van de ervaren uitdagingen was het kiezen van een passende didactische aanpak. De conclusie luidt dan ook dat de docentenhandleiding hierin onvoldoende ondersteunt. Een andere uitdaging was het selecteren van geschikte, bij het leerlingniveau passende, redeneeropgaven. Hierbij speelt het dilemma dat redeneeropgaven enerzijds voldoende complex moeten zijn om de SPA+ als hulpmiddel noodzakelijk te maken en anderzijds dat juist deze complexere redeneeropgaven vaak meer vakkennis vragen dan waar een vwo 4-leerling over beschikt.

Een conclusie die we hieruit kunnen trekken is dat de voorbeelden in de SPA+ materialen ongeschikt zijn voor vwo 4-niveau en dat de handleiding de docent onvoldoende ondersteunt bij het zelf selecteren van geschikte opgaven. Het inzicht dat de SPA+ heeft gegeven in de aanwezige scheikundekennis van haar leerlingen, heeft de docent als zeer waardevol ervaren. Hoewel de docent het gebruik van de SPA+ heeft ervaren als positief voor haar eigen leerontwikkeling, betwijfelt ze het bereikte leereffect bij leerlingen. Hiervoor is naar haar verwachting meer trainingstijd nodig.

Een andere conclusie is dat leerlingen het gebruik van de SPA+ als leerzaam en nuttig hebben ervaren. Leerlingen hebben het gevoel dat de SPA+ hen kritischer heeft leren kijken naar de vraagstelling van opgaven, hen inzicht heeft gegeven in de structuur van een redenering met bijbehorende toetsing en hen aangezet heeft tot systematischere controle van hun eindantwoorden. Ook kan geconcludeerd worden dat het categoriseren van vraagtypen (stap 2, SPA+) als moeilijkste denkstap wordt ervaren. Dit hangt samen met de niet altijd eenduidige scheidslijn tussen de elementen van het argumentatieschema (data, verbinding en conclusie). Enerzijds wordt het argumentatieschema ervaren als nuttig om de redenering compleet te maken, anderzijds wordt het argumentatieschema als verwarrend ervaren. Het gebruik van hulpvragen hierbij wordt slechts door een deel van de leerlingen als ondersteunend ervaren. Tot slot ervaren alle leerlingen de SPA+ als tijdrovend en missen ze handvatten om de methode op verkorte wijze toe te kunnen passen bij toetsen.

5.2 Het gebruik van de SPA+ in de onderwijspraktijk

Docent

Om het daadwerkelijk gebruik van de SPA+ te onderzoeken, is gekeken of en hoe de docent vooraf opgestelde SPA+ karakteristieken met bijbehorende criteria heeft verwerkt in haar lessenserie (zie tabel 1). Op basis van de lesobservaties is af te leiden dat alle criteria minimaal één keer aanwezig waren in alle gegeven lessen. Er zijn in verhouding veel minder lesactiviteiten (en lestijd) besteed aan de karakteristieken 'informatieverzameling' en 'formuleren en controleren van redenering' ten opzichte van de overige karakteristieken. De karakteristiek 'het belang van de SPA+' is met name gekenmerkt door de volgende lesactiviteit: Leerlingen maken een toetsopgave *zonder* SPA+, vervolgens verzamelt de docent leerlingantwoorden op het bord, die alleen samengevoegd een goed antwoord vormen en zodoende de noodzaak tot een planmatige aanpak (SPA+) illustreren.

Bij het categoriseren van vraagtypen heeft de docent geen gebruik gemaakt van de onderverdeling C1, C2, V1, V2 enzovoort zoals gemaakt in de SPA+ docentenhandleiding. Ook heeft de docent tijdens de lessenserie de focus verlegd van de meer abstracte termen data, verbinding en conclusie, naar de concreter geformuleerde hulpvragen (Waar is dit op gebaseerd? Hoe komen we erbij? en Waar leidt dit toe?).

Met betrekking tot 'het argumentatieschema' is ondervonden dat de indeling in data en verbinding kan variëren binnen één opgave, maar dat lichte variatie hierin niet erg is voor de te formuleren eindredenering.

Als didactische aanpak wordt de voorkeur gegeven aan een holistische benadering boven een aanpak waarin de SPA+ wordt aangeleerd in deelvaardigheden.

Ook bleek dat de docent vooral gebruik heeft gemaakt van passieve werkvormen; leerlingen hadden voornamelijk een luisterende rol.

Leerlingen

Het daadwerkelijk gebruik van de SPA+ door leerlingen, is onderzocht met behulp van hardopdenksessies en een analyse van leerlingmaterialen afkomstig uit de lessenserie.

De meeste leerlingen hebben de structuur van het SPA+ formulier als houvast gebruiken: zij doorlopen de stappen van de SPA+ in chronologische volgorde. Wel moeten we hierbij opmerken dat deze conclusie gebaseerd is op slechts drie leerlingen uit de hardopdenksessies. De vierde leerling zette de denkstappen van de SPA+ impliciet. Voor deze leerling was het SPA+ formulier *niet* hulpvol.

In praktijk blijkt het uitvoeren van de eerste stap van de SPA+, het noteren van de vraag, slechts door een deel van de leerlingen te worden gedaan.

Ten aanzien van de tweede stap, het categoriseren van de vraag naar vraagtypen, kan worden gesteld dat leerlingen de stap uitvoeren vanuit de vraag "Wat ontbreekt er nog in de achtergrondinformatie?" in plaats van het door de SPA+ beoogde "Wat wordt er gevraagd?" Ook worden de aanwezige hulpvragen nauwelijks actief gebruikt.

Stap 3 en 4, het invullen van het argumentatieschema, worden in praktijk samengevoegd. Het ingevulde argumentatieschema is het resultaat van het continu heen en weer gaan tussen het lezen van de opgave, het ordenen van gegeven informatie in het argumentatieschema en het verzamelen van aanvullende informatie.

Net als de docent, ondervonden de leerlingen dat de indeling in data en verbinding kan variëren binnen één redeneeropgave. In tegenstelling tot de docent, vonden leerlingen de indeling in data en conclusie ook variabel. Zowel docent als leerlingen concluderen dat lichte variatie in de indeling niet erg is voor de te formuleren eindredenering. Hierbij moet wel de kanttekening worden geplaatst dat dit verwarring en onzekerheid oplevert bij leerlingen.

Met betrekking tot het formuleren van de complete redenering kan geconcludeerd worden dat leerlingen het argumentatieschema gebruiken als uitgangspunt en hierbij signaalwoorden plaatsen tussen de verschillende onderdelen van de redenering.

Tot slot, kan worden geconcludeerd dat het controleren van de eindformulering slechts door een deel van de leerlingen wordt gedaan.

5.3 Zijn gebruikers van plan de SPA+ te blijven gebruiken?

De docent is van plan de SPA+ te blijven gebruiken. Ze wil dit echter *niet* doen volgens het voorgeschreven format maar is van plan de SPA+ in de toekomst te introduceren met behulp van een stappenplan op het bord, *zonder* SPA+ formulier. Ook wil zij de SPA+ meer geïntegreerd en *just in time*, gaan aanbieden. Zij vondde gegeven lessenserie te geïsoleerd van de rest van het curriculum.

De leerlingen zijn eveneens van plan de SPA+ te blijven gebruiken. Ook zij zijn *niet* van plan dit te doen volgens het geleerde format. Leerlingen maken allerlei varianten, die niet noodzakelijk beter zijn gebleken in de ondersteuning van hun denkproces maar enkel zijn bedacht met het oog op verkorting. Hiermee in samenhang kan worden geconcludeerd dat leerlingen behoefte hebben aan meer sturing ten aanzien van een mogelijke verkorte gebruiksaanpak van de SPA+ voor toetsen.

6. Discussie

6.1 Discussie

Dit hoofdstuk bediscussieert de getrokken conclusies en vergelijkt waar mogelijk bevindingen met eerdere onderzoeken. Verder worden aanbevelingen gegeven ten aanzien van de optimalisering van de SPA+ materialen.

Voor wat betreft de didactische aanpak voor het aanleren van de SPA+ heeft een holistische aanpak de voorkeur. Immers, de aanpak waarin de SPA+ werd opgedeeld in deelvaardigheden zorgde ervoor dat leerlingen het hogere doel, namelijk het formuleren van een complete redenering, uit het oog verloren. Deze bevinding komt overeen met bevindingen van Van Merriënboer en Kirschner (2017) in hun overzicht van de bestaande onderzoeksliteratuur over het aanleren van complexe vaardigheden. Een complexe vaardigheid bestaat uit deelvaardigheden die sterk met elkaar interacteren. Als gevolg van deze sterke interactie, is te stellen dat het geheel (i.c. alle SPA+ stappen samen) meer is dan de som der delen (i.c. de afzonderlijke SPA+ stappen), waardoor het aanleren in deelvaardigheden niet effectief is. In de holistische benadering worden, door een complexe vaardigheid altijd in zijn geheel aan te leren, interacties tussen de deelvaardigheden (i.c. de SPA+ stappen) daarentegen behouden. Bij instructie-ontwerp volgens een holistische benadering, moet rekening gehouden worden met de beperkte ruimte die beschikbaar is in het werkgeheugen. Het aanbieden van de gehele taak (i.c. alle SPA+ stappen te gelijk) zal anders leiden tot cognitieve overbelasting van leerlingen (*cognitive load theory*; Sweller, 1994). Mogelijke toepassingen hierbij zijn *scaffolding* (het aanpassen van de hoeveelheid ondersteuning die geboden wordt op het niveau van de leerling), en *fading* (het verminderen van de mate van ondersteuning wanneer de leerlingen vaardiger worden) (McNeill et al., 2006; Van Merriënboer & Kirschner, 2017). Samenvattend is het aan te bevelen meer informatie te verstrekken in de docentenhandleiding over een passende didactische aanpak en daarbij aansluitende lesactiviteiten. Hiervoor kunnen lesactiviteiten geobserveerd in het huidige onderzoek en literatuur over instructie-ontwerp vanuit een holistische benadering (zoals Van Merriënboer & Kirschner, 2017) worden gebruikt als uitgangspunt.

Met betrekking tot de karakteristiek 'het categoriseren naar vraagtypen' is geconcludeerd dat leerlingen redeneren vanuit de vraag "Wat ontbreekt er nog in de achtergrondinformatie?" in plaats van het door de SPA+ beoogde "Wat wordt er gevraagd?". Dit resultaat is hoogstwaarschijnlijk veroorzaakt door de initiële interpretatie van de docent zij hanteerde eenzelfde, omgekeerde redenering ten aanzien van deze denkstap tijdens het startinterview. Zo is in les 1 bijvoorbeeld geobserveerd dat de docent leerlingen aanstuurde met de vraag "Wat ontbreekt er nog?" in plaats van "Wat wordt er gevraagd?". Het redeneren vanuit, "Wat ontbreekt er nog?", is in de toekomst niet wenselijk. Ten eerste omdat hierdoor de denkstap haar nut verliest omdat deze informatie ook af te leiden is uit een ingevuld argumentatieschema. Ten tweede omdat hierdoor het strikt kunnen onderscheiden van data, verbinding en conclusie belangrijker wordt. Aangezien juist dit onderscheid niet altijd eenduidig is gebleken, zal het categoriseren leiden tot problemen (zoals ook geobserveerd).

Samenvattend is het aan te bevelen de uitleg met betrekking tot het categoriseren van de vraag naar vraagtypen aan te passen in de docentenhandleiding. Meer specifiek moet in de docentenhandleiding duidelijker naar voren komen wat het doel van het categoriseren is. Een ander advies is meer nadruk te leggen op de hulpvragen en minder op de termen data, verbinding en conclusie.

Leerlingen kunnen niet altijd eenduidig aangeven wat het onderscheid tussen data en verbinding is. Dit probleem is ook naar voren gekomen in de interventiestudie van Tang (2016), waarin onder andere het gebruik van het *premise-reasoning-outcome* schema is onderzocht. Meer specifiek hadden leerlingen ook hier moeite met het strikt onderscheiden van de *premise*, *reasoning* en *outcome*. Dit probleem is daarentegen niet naar voren gekomen in de interventiestudie van McNeill et al. (2006), waarin leerlingen zijn geïnstrueerd te redeneren volgens het *claim-evidence-reasoning* schema. Verschillen in bevindingen lijken voort te komen uit verschillen in de mate van structuur aanwezig in voorgelegde redeneeropgaven. In McNeill et al. (2006) kregen leerlingen vragen voorgelegd (bijvoorbeeld *Are fat and soap the same or different substances?*, p.176), waar leerlingen eerst de *claim* uit moesten destilleren (bijvoorbeeld *fat and soap are the same substances* of *fat and soap are different substances*), om vervolgens een passend bewijs (*evidence*) met bijbehorende redenering (*reasoning*) te formuleren. Met andere woorden, de gegeven redeneeropgaven hadden steeds een vaste structuur.

In Tang (2016) kregen leerlingen daarentegen slecht gestructureerde redeneeropgaven (bijvoorbeeld *"sodium chloride solution was used for an electrolysis experiment with inert graphite electrodes. Explain how the products are formed at the anode and cathode."* p.1424).

Net als in het onderzoek van Tang (2016), is de SPA+ in dit onderzoek ook ingezet als hulpmiddel bij slecht gestructureerde redeneeropgaven: in opgaven waren zowel delen van data, verbinding en/of conclusie aanwezig en moesten leerlingen zowel delen van data, verbinding en/of conclusie zelf formuleren. Kortom, moeilijkheden omtrent het onderscheiden van de onderdelen van de redenering lijken zich alleenvoor te doen wanneer slecht gestructureerde redeneeropgaven worden voorgelegd. Hoewel slecht gestructureerde redeneeropgaven soms leiden tot verwarring en onzekerheid bij zowel de docent als de leerlingen, zijn deze wel wenselijk. Dergelijke opgaven zijn immers meer gelijk, of zelfs geheel gelijk, aan eindexamenopgaven en sluiten daarmee beter aan bij de onderwijspraktijk. Daarbij is de moeilijkheid van het onderscheiden van data, verbinding en conclusie *niet* onoverkomelijk: zowel leerlingen als docent zijn uiteindelijk in staat gebleken het argumentatieschema te kunnen gebruiken. Het is echter wel aan te raden in de docentenhandleiding een nuance aan te brengen in de scheidslijn tussen data en verbinding. Dit maakt docenten en uiteindelijk ook leerlingen in de toekomst mogelijk minder gefocust op het positioneren van de onderdelen van de redenering in de "juiste" kolom van het argumentatieschema. Ook vermindert dit mogelijk de heersende onzekerheid, voortkomend uit de angst het fout te doen.

De onderzoeksresultaten laten zien dat er individuele verschillen zijn tussen leerlingen in het gebruik van de SPA+. Zo zochten leerlingen in klas B veel ondersteuning bij de hulpvragen en hanteerden ze niet tot nauwelijks de termen data, verbinding en conclusie. Leerlingen uit klas A deden dit precies omgekeerd. Deze bevinding komt overeen met het onderzoek van Tang (2016) waarin onder andere het gebruik van het *premise-reasoning-outcome* schema werd onderzocht. Tang (2016) gaf het verschil in kennisniveau tussen leerlingen als mogelijke verklaring voor geobserveerde individuele verschillen.

In dit onderzoek lijkt verschil in kennisniveau eveneens een plausibele verklaring voor de verschillen in gebruik van de SPA+ tussen leerlingen. Meer specifiek, leerlingen uit klas B hadden een beduidend lager scheikundeniveau dan leerlingen uit klas A. Wanneer een leerling minder scheikundekennis heeft, zal hij/zij meer werkgeheugen nodig hebben om de scheikundige informatie te verzamelen van de redeneeropgave en daardoor minder werkgeheugen over hebben om de nog nieuwe SPA+ methode, inclusief terminologieën, te leren en te gebruiken (*cognitive load theory*; Sweller, 1994). Wanneer het gebruik van de SPA+ varieert tussen leerlingen, varieert mogelijk ook de effectiviteit van de SPA+. Het is daarom belangrijk individuele verschillen in ogenschouw te nemen in vervolgonderzoek.

De SPA+ beoogt leerlingen te ondersteunen in het compleet formuleren van (wetenschappelijke) redeneringen. Hoewel er in het huidige onderzoek indicaties zijn dat de meeste leerlingen *met* de SPA+ meer complete redeneringen formuleren dan *zonder* SPA+, is dit niet met zekerheid te zeggen. Een vervolgonderzoek naar de effecten van de SPA+ zal hierover meer uitsluitsel moeten geven. Wel is zichtbaar geworden dat het struikelblok bij het formuleren van de complete redenering niet zozeer zit in het gebruik van signaalwoorden, maar eerder in het gebruik van adequate vaktaal en zinsbouw. Dit is in tegenstelling met bevindingen van eerdere onderzoeken naar formuleringen, waarin onder andere het juist gebruik van signaalwoorden een obstakel bleek (o.a. Vissers et al, 2015; Van de Gein, 2012). Verschillen in bevindingen kunnen voortkomen uit verschillen in de doelgroep havo-4 versus vwo-4, de schoolcontext en of andere leerlingkenmerken. Ook is het mogelijk dat de expliciete aandacht van de SPA+ voor het gebruik van signaalwoorden bijgedragen heeft aan een consequenter en beter gebruik van signaalwoorden door leerlingen.

Ditkomsten met betrekking tot het blijvend gebruik van de SPA+ zijn overtuigend positief. Toch plaatsen we hierbij twee kanttekeningen. Ten eerste is deze conclusie gebaseerd op uitgesproken verwachtingen van docent en leerlingen. Het is dan uiteraard niet zeker of docent en leerlingen de SPA+ daadwerkelijk op lange termijn blijven gebruiken. Ten tweede, zoals ook gezegd in de conclusie, willen zowel de docent als de leerlingen de SPA+ niet meer gebruiken in haar huidige vorm. Het is niet duidelijk wat hiervan de gevolgen zullen zijn voor potentiële leereffecten. Zo is het voorstelbaar dat de manier waarop de docent de SPA+ in de toekomst wilt introduceren, namelijk in de vorm van een los stappenschema op het bord, een minder duidelijk kader schetst voor de leerlingen. Dit zou het leereffect kunnen verminderen. De kracht van een *structure intervention* zoals de SPA+ ligt immers in haar duidelijke en vaststaande structuur (Cavagnetto, 2010). Het is mogelijk gepaster om te starten vanuit het SPA+ formulier en wanneer leerlingen steeds minder ondersteuning nodig hebben *fading* toe te passen. Meer specifiek zou er bijvoorbeeld steeds minder ondersteunende informatie op het SPA+ formulier aanwezig kunnen zijn. Een dergelijke aanpak is eerder effectief gebleken in een interventiestudie van McNeill et al. (2006). In dit onderzoek zijn *scaffolding* en *fading* principes toegepast op de instructie van het *claim-evidence-reasoning* schema aan leerlingen. Bevindingen waren veel belovend, leerlingen in de *faded* groep waren uiteindelijk beter in het formuleren van wetenschappelijke redeneringen dan leerlingen in de *non-faded* groep. Vervolgonderzoek is nodig om te bepalen of dit ook geldt voor de SPA+. Tot slot sluit het gebruik van *scaffolding* en *fading* principes ook aan op het initieel beoogde doel van de SPA+, het initiëren van een systematiek in het redeneerproces van leerlingen. De SPA+ is nooit ontworpen om door leerlingen blijvend in dergelijke uitgebreide vorm gebruikt te worden.

6.2 Aanbevelingen

Zowel in hoofdstuk 4 als in paragraaf 6.1 zijn aanbevelingen gedaan met betrekking tot het aanpassen van bestaande SPA+ materialen om het gebruik van de SPA+ door docenten en leerlingen in de toekomst te optimaliseren. Ten behoeve van de overzichtelijkheid, zijn deze aanbevelingen hieronder geclusterd.

Aanbevelingen SPA+ materialen

1. Neem het schema van SPA+ karakteristieken, criteria en bijbehorende voorbeeld lesactiviteiten op in de docentenhandleiding (Tabel 5). Vul de voorbeeld lesactiviteiten beschreven in Tabel 5 aan met andere passende werkvormen om zodoende docenten verder te ondersteunen.
2. Geef informatie over het moment waarop de SPA+ het beste kan worden geïmplementeerd. Enerzijds op macro (curriculum) niveau (o.a. welk leerjaar, welke leerstof), anderzijds op micro niveau (o.a. direct na een toets).
3. Geef informatie over een passende didactische aanpak; een holistische aanpak (o.a. Van Merriënboer & Kirschner, 2017). Leg hierbij de principes van *fading* en *scaffolding* uit. Geef ook concrete voorbeelden hoe deze principes toegepast kunnen worden wanneer de docent de SPA+ implementeert.
4. Pas de volgende onderdelen aan in de huidige informatie ten aanzien van de SPA+ stappen:
 - a. Leg in zijn geheel minder nadruk op de termen data, verbinding en conclusie in de handleidingen en meer nadruk op de meer concreet geformuleerde hulpvragen (Waar is dit op gebaseerd?, Hoe komen we erbij? en Waar leidt dit toe?)
 - b. Verminder de focus op alle mogelijke vraagtypen, zoals C1, C2. Geef daarentegen een beschrijving van het doel van het categoriseren van vragen naar vraagtypen (stap 2 SPA+), om te voorkomen dat docenten een omgekeerde redeneerwijs (denken vanuit “Wat ontbreekt er nog?” in plaats van “Wat wordt er gevraagd?”) gaan toepassen.
 - c. Nuanceer de scheidslijn tussen data en verbinding (stap 3 en 4 SPA+). Laat bijvoorbeeld middels een uitgewerkt voorbeeld zien hoe dit onderscheid soms kan variëren.
5. Geef uitgewerkte voorbeeldopgaven die aansluiten op *verschillende* niveaus (havo versus vwo) en leerjaren. Geef hierbij ook een lijst met kenmerken waaraan voor de SPA+ geschikte vragen zijn te herkennen, zodat docenten makkelijker zelf (examen)opgaven kunnen selecteren. Bijvoorbeeld, hoeveel begrippen komen over het algemeen terug in passende redeneeropgaven en hoeveel combinaties van leerelementen.
6. Creëer meer ruimte op het SPA+ formulier voor het formuleren van het eindantwoord (stap 5 SPA+). Dit kan mogelijk door stap 3 en 4 samen te voegen.
7. Geef informatie over de manier waarop leerlingen de SPA+ kunnen toepassen op toetsen, rekening houdend met de beperkte toetstijd die beschikbaar is; ontwerp indien nodig een verkorte variant.
8. Geef een lijst met didactische tips als extra ondersteuning. Tips voor docenten die naar voren zijn gekomen in het hier beschreven onderzoek zijn:
 - a. Zoek en werk een redeneeropgave zelf uit volgens de SPA+, om zelf de methodiek onder de knie te krijgen en volledig te begrijpen.
 - b. Illustreer noodzaak van SPA+ tijdens een start activiteit om leerlingen gemotiveerd en betrokken te krijgen (Karakteristiek ‘Belang van SPA+’). Laat leerlingen bijvoorbeeld een toetsopgave maken *zonder* SPA+, verzamel vervolgens leerlingantwoorden op het bord die alleen samengevoegd een goed antwoord vormen, hiermee wordt direct de noodzaak van de SPA+ geïllustreerd.
 - c. Blijf de concrete hulpvragen (Waar is dit op gebaseerd?, Hoe komen we erbij? en Waar leidt dit toe?) tijdens de les expliciet herhalen om leerlingen te ondersteunen in

stap 2, 3 en 4 (Karakteristieken 'categoriseren naar vraagtypen' en 'het argumentatieschema').

- d. Let er bij het selecteren van redeneeropgaven op dat leerlingen verschillende informatiebronnen dienen te gebruiken om zodoende stap 4 (karakteristiek 'informatieverzameling') volledig tot uiting te laten komen.
- e. Plaats pijlen tussen de kolommen van het redeneerschema en schrijf passende verbindingswoorden erboven (stap 3, 4 en 5 SPA+; karakteristieken 'het argumentatieschema' en 'formuleren en controleren redenering'). Hiermee wordt naast auditief ook visueel een verbinding gelegd tussen de elementen van de redenering.
- f. Werk samen met de docent Nederlands om met name het taalgebruik af te stemmen. Bijvoorbeeld, wordt er bij Nederlands gesproken over verbindingswoorden, signaalwoorden of koppelwoorden (stap 6 SPA+; karakteristiek 'formuleren en controleren redenering')?
- g. Gebruik een andere penkleur voor de signaalwoorden wanneer u de complete redenering op het bord noteert, om zodoende hier de aandacht op te richten (stap 6 SPA+; karakteristiek 'formuleren en controleren redenering').
- h. Geef leerlingen voldoende tijd om zelfstandig te (blijven) oefenen met de SPA+, dan kan de vaardigheid inslijpen.

6.3 Sterke punten en beperkingen

Scope van het onderzoek

Dit onderzoek betreft een implementatie van de SPA+ in de vorm van een lessenserie van drie lessen in twee parallelle vwo 4-klassen, op één middelbare school verzorgd door één docent. Deze relatief beperkte scope heeft zowel voor- als nadelen met betrekking tot de onderzoeksimplicaties.

Door de SPA+ te implementeren in slechts twee klassen, was het mogelijk *alle* lessen van de lessenserie in *alle* klassen te observeren, hetgeen tijds technisch niet mogelijk was geweest als er meer klassen hadden deelgenomen. Hierdoor kon de ontwikkeling van het gebruik van de SPA+ bij zowel leerlingen als docent in de loop van de tijd in kaart gebracht worden. Ook was het, door *alle* lessen te observeren en in zeer nauw contact te staan met de deelnemende docent, mogelijk eventuele gewenste aanpassingen direct uit te proberen en zodoende aanvullende informatie in te winnen om het gebruik van de SPA+ te optimaliseren.

Omdat slechts data is verzameld van één docent hebben de bevindingen met betrekking tot het docentperspectief een beperkte generaliseerbaarheid. Het is *niet* aannemelijk dat het gebruik van de SPA+ door de deelnemende docent representatief is voor alle docenten die de SPA+ gaan gebruiken. Onder andere de extreem hoge motivatie en inzet van de docent, af te leiden uit bijvoorbeeld het aantal uren dat zij vrijwillig aan dit onderzoek heeft besteed, maakt de docent hoogstwaarschijnlijk niet representatief voor alle toekomstige gebruikers (docenten) van de SPA+. Vanuit een oogpunt van formatieve evaluatie gezien, is de extra waarde die de sterke motivatie van de docent heeft opgeleverd in termen van gedetailleerde en diepgaande informatie omtrent het gebruik, en de optimalisatie van het gebruik van de SPA+ van groter belang dan de generaliseerbaarheid. Wanneer het onderzoek echter als een summatieve evaluatie wordt beschouwd, kan de beperkte generaliseerbaarheid van de bevindingen als problematisch worden ervaren. Het is dan ook aan te raden om het gebruik, maar met name ook de effectiviteit van de SPA+ in een vervolgonderzoek grootschalig summatief te evalueren. Ook ten aanzien van het leerlingperspectief heeft het onderzoek een beperkte generaliseerbaarheid. Data omtrent het gebruik van de SPA+ is verzameld op globaal niveau van 63 leerlingen (i.c. lesobservaties) en op gedetailleerd niveau van elf leerlingen (i.c. focusgroepen en hardopdenksessies). Hoewel de geselecteerde elf leerlingen

hoogstwaarschijnlijk representatief zijn voor de leerlingen in de twee deelnemende klassen, zijn de resultaten waarschijnlijk *niet* te generaliseren naar *alle* toekomstige gebruikers (leerlingen) van de SPA+. Het is immers mogelijk dat het gebruik van de SPA+ door leerlingen afhankelijk is van de docent die hen instructie geeft. Momenteel heeft de docentenhandleiding weinig didactische sturing voor de docent. Hierdoor kunnen docenten de SPA+ op geheel verschillende wijze gaan onderwijzen, waardoor mogelijk ook het gebruik van leerlingen onderwezen door verschillende docenten leid tot meer variatie (zie paragraaf 6.1).

Net als bij het docentperspectief heeft het huidige onderzoek met betrekking tot het leerlingperspectief vanuit een oogpunt van formatieve evaluatie zeer waardevolle, gedetailleerde, informatie opgeleverd. Vanuit een summatief evaluatie oogpunt is echter een grootschaliger vervolgonderzoek wenselijk.

Voor het uitvoeren van een summatieve evaluatie, waarin het gebruik van de SPA+ maar met name ook het effect van de SPA+ op het redeneren van leerlingen wordt onderzocht, is een experimenteel onderzoekontwerp wenselijk: een experimentele groep met leerlingen uit klassen op verschillende scholen waarin de SPA+ langdurig wordt geïmplementeerd (bijvoorbeeld één schooljaar) en een controlegroep, gevormd door parallelklassen waarin de SPA+ *niet* gebruikt wordt. Op basis van scores van leerlingen voor geselecteerde redeneeropgaven gedurende het schooljaar kan de ontwikkeling van het redeneren van leerlingen en mogelijke verschillen tussen de experimentele en de controlegroep in kaart worden gebracht. Om te controleren of de SPA+ gebruikt wordt op de beoogde manier, zou in iedere klas drie keer (begin, halverwege en eind schooljaar) een gelijksoortige dataverzameling als in het huidige onderzoek uitgevoerd kunnen worden.

Observatie-instrument

In het onderzoek is gebruik gemaakt van een lesobservatie-instrument dat specifiek is ontworpen voor het huidige onderzoek. Zo zijn bijvoorbeeld ten behoeve van het observatie-instrument SPA+ karakteristieken met bijbehorende criteria uitgeschreven. Hierdoor konden de lesobservaties op een systematische wijze informatie geven over het gebruik van de verschillende componenten van de SPA+. Het observatie-instrument is voorgelegd aan SLO-medewerkers die ervaring hebben in het uitvoeren van lesobservaties en het hanteren van observatie-instrumenten, maar er is *geen* mogelijkheid geweest het lesobservatie-instrument uit te proberen in een lespraktijksituatie. Als gevolg hiervan is in de lesobservaties een bias te zien over de drie lessen: de eerste les heeft beduidend minder gedetailleerde observaties dan de laatste les uit de lessenserie. Om deze bias te verminderen is aanwezig videomateriaal van de eerste lessen teruggekeken en zijn deze observaties achteraf aangevuld.

Data-analyse

De analyse van de kwalitatieve data uit docentinterviews en focusgroepdiscussies met leerlingen is in dit onderzoek door één onderzoeker gedaan. Normaaliter wordt er gekeken naar overlap in codering tussen verschillende onderzoekers, omdat codering van kwalitatieve data niet altijd éénduidig is. Doordat codering door één onderzoeker is gedaan, was dit helaas niet mogelijk. Wel is om vertekening van resultaten tegen te gaan, aan de docent gevraagd of zij zich kan vinden in de bevindingen beschreven in dit rapport. Tot slot, door data op verschillende manieren te verzamelen (zoals interviews, observaties, lesplannen) en te vergelijken, is geprobeerd de validiteit van de bevindingen te verhogen.

6.4 Algehele conclusie

Het hier beschreven onderzoek heeft inzicht gegeven in het gebruik van de SPA+ methode door zowel docent als leerlingen in de context van het vak scheikunde. De deelnemende docent heeft het gebruik van de SPA+ in haar lespraktijk overwegend positief ervaren. Alle SPA+ karakteristieken en bijbehorende criteria waren zichtbaar in een gegeven lessenserie. Hiermee kan de conclusie luiden dat de SPA+ door de docent gebruikt is als beoogd, maar moet wel de kanttekening worden geplaatst dat de docent tussentijds feedback heeft ontvangen waarop het gebruik is bijgesteld.

Ook leerlingen hebben het gebruik van de SPA+ als leerzaam en nuttig ervaren. De meeste leerlingen lijken de structuur van het SPA+ formulier als houvast te gebruiken tijdens het maken van redeneeropgaven. Zowel docent als leerlingen zijn van plan de SPA+ te blijven gebruiken, echter wel in een persoonlijk aangepaste vorm.

Op basis van de onderzoeksbevindingen en beschreven aanbevelingen kan de laatste stap gezet worden in de optimalisatie van de SPA+ materialen. Zodoende kan het onderzoek een aanzet zijn voor het uitrollen van een grootschalig effectiviteitsonderzoek, want meer nog dan het gebruik is het effect van de SPA+ op het formuleren van complete redeneringen door leerlingen het einddoel.

Dankwoord

Het huidige onderzoeksproject was niet mogelijk geweest zonder de hulp van mijn begeleider van SLO en de aan het onderzoek deelgenomen scheikundedocent. Ik wil daarom graag Herman Schalk (SLO) bedanken voor zijn continue ondersteuning en kritische feedback. Tevens wil ik Marjola Maas bedanken voor haar tomeloze inzet en motivatie om de implementatie van de SPA+ optimaal te realiseren. Tot slot wil ik SLO en de deelnemende school bedanken voor de samenwerking.

Referenties

Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority. (2009). *Shape of the Australian curriculum: Science*. Geraadpleegd op <http://www.acara.edu.au>.

Apotheker, J., Bulte, A., De Kleijn, E., Van Koten, G., Meinema, H., & Seller, F. (2010). *Scheikunde in de dynamiek van de toekomst. Over de ontwikkeling van scheikunde in de school van de 21^{ste} eeuw*. Enschede, Nederland: Drukkerij Roelofs.

Bouwens, R.E.A. (2015). *BINAS* (6^e editie). Utrecht: Noordhoff uitgevers.

Bush, T. (2007). Authenticity in research—reliability, validity and triangulation. In Briggs, A.R.J., Colemann, M., Morisson, M. (Eds.), *Research Methods in Educational Leadership and Management* (3^e editie, p. 75-89).

Cavagnetto, A., & Hand, B. (2012). The importance of embedding argument within science classrooms. In M. S. Khyne (Ed.), *Perspectives on scientific argumentation* (pp. 39-53). Dordrecht: Springer. doi:10.1007/978-94-007-2470-9_3

College voor toetsen en examens [CvTE] (2016). Examenprogramma's. Geraadpleegd op www.examenblad.nl

Commissie Vernieuwing Biologieonderwijs (2007). *Leerlijn biologie van 4 tot 18 jaar*. Uitwerking van de concept-contextbenadering tot doelstellingen voor het biologieonderwijs. Utrecht: CVBO.

Commissie Vernieuwing Natuurkundeonderwijs (2006). *Natuurkunde leeft. Visie op het vak natuurkunde in havo en vwo*. Amsterdam: NNV.

Commissie Vernieuwing Scheikunde Havo en Vwo (2003). *Chemie tussen context en concept. Ontwerpen voor vernieuwing*. Enschede: SLO.

Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84, 287-312. doi:10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A

Duschl, R. A. & Grandy, R. E. (2008). Reconsidering the character and role of inquiry

in school science: Framing the debates. In R. A. Duschl & R. E. Grandy (Eds.),

Teaching scientific inquiry. Recommendations for research and implementation

(pp. 1–37). Rotterdam: Sense Publishers.

Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. *Science Education*, 88, 915-933. doi:10.1002/sce.20012

Glaser, B. G. (1965). The constant comparative method of qualitative analysis. *Social Problems*, 12, 436-445. doi:10.2307/798843

Hogan, K., & Maglienti, M. (2001). Comparing the epistemological underpinnings of students' and scientists' reasoning about conclusions. *Journal of Research in Science Teaching: The*

Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching, 38, 663-687.
doi:10.1002/tea.1025

Jiménez-Aleixandre, M. P., Bugallo Rodríguez, A., & Duschl, R. A. (2000). "Doing the lesson" or "doing science": Argument in high school genetics. *Science Education*, 84, 757-792.
doi:10.1002/1098-237X(200011)84:6<757::AID-SCE5>3.0.CO;2-F

Kramers-Pals, H. (1994). *Leren oplossen van verklaringsproblemen in het scheikunde-onderwijs* (Proefschrift). Enschede: Universiteit Twente.

McNeill, K. L., Lizotte, D. J., Krajcik, J., & Marx, R. W. (2006). Supporting students' construction of scientific explanations by fading scaffolds in instructional materials. *The Journal of the Learning Sciences*, 15, 153-191. doi:10.1207/s15327809jls1502_1

Mowbray, C. T., Holter, M. C., Teague, G. B., & Bybee, D. (2003). Fidelity criteria: Development, measurement, and validation. *American Journal of Evaluation*, 24, 315-340.
doi:10.1177/109821400302400303

National Research Council. (2007). *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K–8*. Washington, DC: National Academies Press.

Next generation science standards (2013). *DCI Arrangements of the Next Generation Science Standards*. Geraadpleegd op <https://www.nextgenscience.org/sites/default/files/AllDCI.pdf>.

Nieveen, N., Folmer, E., & Vliegen, S. (2012). *Het evaluatiematchboard*. Enschede: SLO.

OECD (2017). *PISA for Development Assessment and Analytical Framework: Reading, Mathematics and Science, Preliminary Version*. OECD Publishing, Paris.

Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S., & Monk, M. (2001). Enhancing the quality of argumentation in school science. *School Science Review*, 82, 63-70.

Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 994-1020. doi:10.1002/tea.20035

Osborne, J. F., Henderson, J. B., MacPherson, A., Szu, E., Wild, A., & Yao, S. Y. (2016). The development and validation of a learning progression for argumentation in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 53, 821-846. doi:10.1002/tea.21316

Parker, A., & Tritter, J. (2006). Focus group method and methodology: current practice and recent debate. *International Journal of Research & Method in Education*, 29, 23-37.
doi:10.1080/01406720500537304

Paus, J., Rodenboog, M., Schalk, H., Sijbers, J., Van der Leeuw, B., & Meestringa, T. (2018). *Redeneren en formuleren bij natuurwetenschappelijke vakken*. Enschede: SLO.

Plomp, T. (2010). Educational Design Research: an Introduction. In T. Plomp & N. Nieveen (Eds.), *An Introduction to Educational Design Research* (3^e druk, pp. 9-35). Netzdruk, Enschede.

Rapanta, C., Garcia-Mila, M., & Gilabert, S. (2013). What is meant by argumentative competence? An integrative review of methods of analysis and assessment in education. *Review of Educational Research*, 83, 483-520. doi:10.3102/0034654313487606

- Ruiz-Primo, M. A., Li, M., Tsai, S. P., & Schneider, J. (2010). Testing one premise of scientific inquiry in science classrooms: Examining students' scientific explanations and student learning. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science*, 47, 583-608. doi:10.1002/tea.20356
- Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2004). Patterns of informal reasoning in the context of socioscientific decision making. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 42, 112-138. doi:10.1002/tea.20042
- Sampson, V., & Clark, D. B. (2008). Assessment of the ways students generate arguments in science education: Current perspectives and recommendations for future directions. *Science Education*, 92, 447-472. doi:10.1002/sce.20276
- Sandoval, W. A. (2003). Conceptual and epistemic aspects of students' scientific explanations. *The journal of the learning sciences*, 12, 5-51. doi:10.1207/S15327809JLS1201_2
- Sandoval, W. A., & Millwood, K. A. (2005). The quality of students' use of evidence in written scientific explanations. *Cognition and Instruction*, 23, 23-55. doi:10.1207/s1532690xc2301_2
- Schalk, H., & Paus, J. (2017). Leg die verklaring een uit. Leren redeneren met de SPA+. *NVOX*, 3, 234-235.
- SLO, nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling (2018a). *SPA+ systematische probleemaanpak voor redeneren: Docentenhandleiding*. Geraadpleegd op <http://downloads.slo.nl/Documenten/spa-plus-scheikunde-docentenmateriaal.pdf>.
- SLO, nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling (2018b). *SPA+ systematische probleemaanpak voor redeneren: Leerlingenwerkboek*. Geraadpleegd op <http://downloads.slo.nl/Documenten/spa-plus-scheikunde.pdf>
- Tang, K. S. (2016). Constructing scientific explanations through premise–reasoning–outcome (PRO): an exploratory study to scaffold students in structuring written explanations. *International Journal of Science Education*, 38, 1415-1440. doi:10.1080/09500693.2016.1192309
- Toulmin, S. E. (1958). *The uses of argument*. Cambridge university press.
- Van de Gein, J. (2012) Taal op klompen. *Levende Talen Tijdschrift*, 13(4), 22–3.
- Van den Haak, M., De Jong, M. D., & Schellens, P. J. (2006). Hardopdenkprotocollen en gebruikersonderzoek. Volledigheid en reactiviteit van de synchrone haropdenkmethode. *Tijdschrift voor Taalbeheersing*, 28(3), 185-197
- Van Der Leeuw, B., & Meestringa, T. (2014). *Genres in schoolvakken. Taalgerichte didactiek in het voortgezet onderwijs*. Bussum: Coutinho.
- Van Dijk, G. (2018). *Het opleiden van taalbewuste docenten natuurkunde, scheikunde en techniek: een ontwerpgericht onderzoek*. Dissertatie Universiteit Utrecht.
- Van Eemeren, F. H., Grootendorst, R., Johnson, R. H., Plantin, C., & Willard, C. A. (2013). *Fundamentals of argumentation theory: A handbook of historical backgrounds and contemporary developments*. Routledge.

Van Merriënboer, J. J., & Kirschner, P. A. (2017). *Ten steps to complex learning: A systematic approach to four-component instructional design*. Routledge.

Van Netten, H., Bijsterbosch, J., Maier, E.X., Molenaar, P., & Van Zeben, M. (2004). *Hoe pak ik (biologie) opgaven aan. Systematische probleemaanpak (SPA)*. Verkregen via www.slo.nl/voortgezet/tweedefase/publicaties/SPA.

Visser, T., Coenders, F., & Ornée, G. (2016). Taalvaardig bij scheikunde en biologie: Een onderzoek onder 4-havo leerlingen. *NVOX*, 4, 250-251.

Wu, H. K., & Hsieh, C. E. (2006). Developing sixth graders' inquiry skills to construct explanations in inquiry-based learning environments. *International Journal of Science Education*, 28, 1289-1313. doi:10.1080/09500690600621035

Yore, L., Bisanz, G. L., & Hand, B. M. (2003). Examining the literacy component of science literacy: 25 years of language arts and science research. *International Journal of Science Education*, 25, 689-725. doi:10.1080/09500690305018

Bijlagen overzicht

Hieronder is een overzicht gegeven van hyperlinks naar alle in de tekst gerefereerde bijlagen en aanvullende documenten.

[SPA+ docentenhandleiding](#)

[SPA+ leerlingboek](#)

[SPA+ formulier](#)

[Bijlage A](#): Startinterview

[Bijlage B](#): Observatieinstrument lesobservaties

[Bijlage C](#): Lesevaluatieformulier

[Bijlage D](#): Redeneeropgaven lessenserie

[Bijlage E](#): Redeneeropgave kauwgom

[Bijlage F](#): Afsluitend interview

[Bijlage G](#): Vragen focusgroepdiscussies

[Bijlage H](#): Redeneeropgaven hardopdenksessies

[Bijlage I](#): Codeboom docentinterviews

[Bijlage J](#): Codeboom focusgroepdiscussies

Als landelijk kenniscentrum leerplanontwikkeling richt SLO zich op de ontwikkeling van het curriculum in het primair, speciaal en voortgezet onderwijs in Nederland. We werken met het onderwijsveld aan de doelen, kaders en instrumenten waarmee scholen hun opdracht vanuit een eigen visie kunnen vervullen.

We brengen praktijk, beleid, maatschappelijke ontwikkelingen en onderzoek samen en stellen onze expertise beschikbaar aan onderwijs en overheid, bijvoorbeeld in de vorm van leerplannen, tools, voorbeeldlesmaterialen, conferenties en rapporten.



Hoofdlocatie
Piet Heinstraat 12
7511 JE Enschede

Nevenlocatie
Aidadreef 4
3561 GE Utrecht

Postadres
Postbus 2041
7500 CA Enschede

T 053 484 08 40
E info@slo.nl
www.slo.nl

 [company/slo](https://www.linkedin.com/company/slo)
 [SLO_nl](https://twitter.com/SLO_nl)