

De ontwikkeling van een wetenschappelijk onderzoekende houding



Ellie Maas, docent onderzoeker OMO SG Tongerlo Norbertuscollege



Jérôme Maatjens, docent onderzoeker OMO SG Tongerlo Norbertuscollege

'Motivatie, verbeelding en lef om onbegane paden te bewandelen is iets wat tijdens de wetenschapsles moet worden aangemoedigd.'

Het Norbertuscollege in Roosendaal wil recht doen aan verschillen en heeft talentontwikkeling hoog op de onderwijsagenda staan. Een van de opdrachten was onderwijs te bieden dat aansluit bij de behoeften en ontwikkeldoelen van begaafde leerlingen. Deze opdracht leidde tot de ontwikkeling van wetenschapslessen voor de **vwoplus**-leerlingen. Het moest een programma worden waarin leerlingen uitgedaagd worden en dat aansluit bij hun specifieke behoeften. In de **vwoplus**-afdeling van het Norbertuscollege zitten de leerlingen die met een sterk vwo-advies van de basisschool zijn binnengekomen. Zij zijn gedefinieerd als begaafde leerlingen die behoefte hebben aan uitdaging, als leerlingen die zelf op zoek gaan naar antwoorden en voor wie de inhoud wordt aangepast aan wat ze al kunnen en weten zodat ze meteen aan de slag kunnen met werk dat bij hen past en waarvoor zij 'in beweging' moeten komen. Het principe van *de zone van naaste ontwikkeling* (Vygotsky, 1978) en de didactiek van compacten, verdiepen en verrijken (Maas&Maatjens, 2015 en 2016) vormden het uitgangspunt voor het onderwijs aan deze leerlingen.

De veronderstelling was dat we met het bieden van een programma waarin leerlingen onderzoeksvaardigheden ontwikkelen en hun interesses ontdekken, leerlingen goed voorbereiden op een wetenschappelijke omgeving. In het schooljaar 2014-2015 startten wij een onderzoek naar de invulling van het onderwijs dat ervoor zorgt dat leerlingen een wetenschappelijk onderzoekende houding ontwikkelen (Maas & Maatjens, 2015). Gedurende drie leerjaren (van de brugklas tot de overgang naar de Tweede Fase) hebben de **vwoplus**-leerlingen de door ons ontwikkelde lessen gevolgd. Wij onderzochten aan welke eisen het curriculum diende te voldoen en wat een wetenschappelijke houding impliceert en verwerkten de uitkomsten in de lessen die we aan de leerlingen gaven en de wijze waarop wij hen beoordeelden. De leerlingen en mentoren die alle lessen bijwoonden, voorzagen ons van feedback en wij koppelden onze bevindingen aan de uit literatuurstudie verkregen informatie. Omdat we zelf als onderzoekers begeleid werden door de AOS kreeg de ontwikkeling van het curriculum een extra dimensie: wat wij de leerlingen wilden leren, ondergingen we zelf. We werden bij het uitvoeren van ons onderzoek sturend begeleid op het proces en gecoacht en beoordeeld op de inhoud. Precies deze rol vervulden wij bij de uitvoering van de onderzoeken door de leerlingen. Een leerlijn voor drie leerjaren die bestaat uit een aantal thema's en opdrachten is het resultaat van ons drie jaar durende ontwerponderzoek. Ons onderzoek naar gedragsdisposities die een wetenschapper kenmerken, heeft geleid tot de beschrijving van signaleringscriteria en een ontwikkelingsgang die de docenten kunnen hanteren in de begeleiding van vwo-leerlingen.

We geven achtereenvolgens de theoretische achtergronden, het door ons ontwikkelde programma en de daarmee opgedane ervaringen en onze conclusies.

Kennis van het leerproces

Het doel van de wetenschapslessen is dat de leerling een onderzoekende houding ontwikkelt, onderzoeksvaardig wordt en onderzoek inzet om te komen tot kennis. Om dit te bereiken is het van belang dat de leerling declaratieve (wat), procedurele (hoe), conditionele (wanneer) en metacognitieve (eigen leerproces) kennis over onderzoek verwerft. Leren in vijf dimensies (Marzano&Miedema, 2008) staat model voor het leerproces dat zich hiertoe dient te voltrekken en is om die reden gebruikt als uitgangspunt voor de ontwikkeling van het programma. We moesten zorgen voor een omgeving waarin een leerling een positieve houding ten opzichte van school en leren heeft en zich betrokken voelt bij het leerproces (dimensie 1), nieuwe kennis (denken én doen) verwerft en integreert (dimensie 2) en deze kennis vervolgens gaat gebruiken waardoor deze wordt uitgebreid en verdiept (dimensie 3). Door leerlingen de kans te geven op onderzoek uit te gaan, geven we hun de mogelijkheid hun verworven kennis en vaardigheden te demonstreren (dimensie 4). Door reflectie-opdrachten en situaties (dimensie 5) worden leerlingen zich bewust van hun leren en gaan ze nadenken over wat ze aan het doen zijn. Kortom, van ons werd verwacht dat we de leerlingen een omgeving bieden die aansluit op hun belevingswereld en waarin zij de kans krijgen nieuwe kennis te verwerven en ermee te oefenen met als doel te komen tot het zelfstandig uitvoeren van onderzoeken. Inhoudelijke feedback op het proces en het resultaat van het onderzoek leidt tot explicitering van de verworven kennis.

Nieuwsgierigheid als uitgangspunt

Naast de kennis van het leerproces voor de ontwikkeling van het curriculum was er nog een belangrijk gegeven, namelijk de vraag hoe we leerlingen aan het werk kregen. Er moet immers wel een aanleiding zijn voor een onderzoek en nóg belangrijker: er moet behoefte aan zijn. Kinderen zijn van nature nieuwsgierig en het is die nieuwsgierigheid die hen op jonge leeftijd de wereld liet ontdekken. Nieuwsgierigheid is te zien als 'een honger naar exploratie' (Von Stumm, Hell & Chamorro-Premuzic, 2011), 'een intrinsieke motivatie om iets te willen leren' (Gruber, Gelmand & Ranganath, 2014) en 'een intense wens om nieuwe, uitdagende en onzekere gebeurtenissen te verkennen en te onderzoeken' (Kashdan&Silvie,2009). De kunst is leerlingen in een staat van nieuwsgierigheid te brengen om zo de kans dat ze kunnen of willen leren te vergroten.

Volgens de informatieklooftheorie (information gap theory) (Golman&Loewenstein, 2014) spelen bij het nieuwsgierig worden de reeds aanwezige en nog ontbrekende kennis een rol. De kunst is de aandacht gericht te krijgen op een kloof in iemands kennis en de wens op te roepen die kloof te dichten. Dit kan door kloven te creëren door belangrijke informatie achter te houden of door leerlingen te confronteren met dergelijke kloven. Leerlingen worden gemotiveerd om antwoorden te vinden en zich in het onderwerp te verdiepen of er onderzoek naar te doen. Twee belangrijke voorwaarden zijn dat het voor de leerling aantrekkelijk is de kloof te dichten en dat het leerproces gevolgd wordt om te voorkomen dat de leerling onjuiste kennis verwerft. We moesten dus op zoek naar een inhoud die ertoe leidt dat de leerling (weer) nieuwsgierigheid ervaart en daadwerkelijk op zoek gaat naar de antwoorden op zijn vragen. Om deze reden hebben we ervoor gekozen de leerlingen zelf te laten bepalen wat ze gaan onderzoeken. Het bijzondere van de wetenschapslessen is dat ze niet gekoppeld zijn aan een vak of domein. De leerlingen zijn vrij in het kiezen van het onderwerp omdat in eerste instantie niet de inhoud maar de vraag (de gevoelde kloof) en de eigen interesse centraal staan.

Een wetenschappelijk onderzoekende houding

De wetenschapslessen hebben als doel de leerlingen onderzoeksvaardig te maken, een onderzoekende houding te laten ontwikkelen en goed voorbereid te zijn op de overgang naar het wetenschappelijk onderwijs. Onze lessen moesten zo worden ingevuld dat de leerlingen gestimuleerd worden om iets te willen begrijpen, te willen bereiken, kennis over iets te willen opdoen, vernieuwend te willen zijn en te willen weten hoe het precies zit (Van der Rijst, 2009). Deze houdingsaspecten komen grotendeels overeen met de '21ste-eeuwse' vaardigheden die in het onderwijs ontwikkeld moeten worden, zoals creativiteit, ondernemingszin, kritisch denken, samenwerken en ICT-geletterdheid (Verkenningcommissie, 2013).

De opdracht de leerlingen een wetenschappelijk onderzoekende houding te laten ontwikkelen, vraagt om een leerlijn met opdrachten en beoordelingen die passen bij de ontwikkeling die leerlingen doormaken. De eerste stap die we zetten, was het maken van het onderscheid tussen

onderzoekend en ontwerpend leren (Marzano&Miedema, 2008; Kemmers&Van Graft, 2007). Bij onderzoekend leren gaan leerlingen op zoek naar verklaringen voor verschijnselen; bij ontwerpend leren gaan ze op zoek naar oplossingen voor problemen. In het ontwikkelde programma ligt in het eerste jaar de focus op onderzoekend leren en in het tweede jaar op ontwerpend leren. Er is voor dit onderscheid gekozen om de leerlingen en de docenten de kans en tijd te geven alle aspecten van deze vormen uitgebreid aan de orde te laten komen. Onderzoekend leren maakt het mogelijk dicht bij de interesse van de leerling te blijven en veronderstelt met name cognitieve vaardigheden; ontwerpend leren doet ook een beroep op praktische vaardigheden. Elke leerling moet in staat zijn de stappen binnen dit onderzoek uit te voeren. Bij ontwerpend leren gaan de leerlingen daadwerkelijk aan de slag met het produceren van een ontwerp en moet er getest en onderbouwd worden. Kennis van onderzoekend leren is een voorwaarde voor ontwerpend leren, want de leerling zal zelf op zoek moeten gaan naar de onderliggende theorieën, en vormt om die reden de eerste fase in het curriculum van drie leerjaren (Maas&Maatjens, 2015).

Een methode voor onderzoekend en ontwerpend leren

Bij onderzoekend leren gaan de leerlingen van oriëntatie op het onderwerp, naar voorbereiden en uitvoeren en ze eindigen altijd met een reflectie. Voor alle stappen zijn werkvormen en opdrachten ontwikkeld (Maas&Maatjens, 2015 en 2016). Cruciaal bij onderzoek doen is dat de docenten en de leerlingen de stappen van elk onderzoek goed en helder formuleren. Juist door het verwoorden van de denkstappen scherpen de leerlingen hun inzichten en ontwikkelen ze begrip van de principes die ze aan het onderzoeken zijn. Deze stappen geven de weg van oriëntatie naar reflectie weer en het model is om die reden voor de wetenschapslessen ingevoerd. In de lokalen hangen posters (zie afbeelding 1) en de leerlingen gebruiken de *onderzoekendlerenapp* voor het bijhouden van een logboek. (<https://www.onderzoekendlerenapp.nl/>, 2017)



Afbeelding 1 Het zevenstappenmodel (bron: Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit, 2012)

Het ontwikkelde programma

In het eerste leerjaar (2014-2015) zijn we gestart met opdrachten die aansloten bij de beleevingswereld van de leerlingen: in het kader van uitgaan van nieuwsgierigheid moesten de leerlingen vragen bedenken over zichzelf in hun nieuwe rol als brugklasser, hun nieuwe school en de omgeving van de school. De nadruk lag op het bedenken van vragen die aansluiten bij de wens iets te weten te willen komen (nieuwsgierigheid), om zo leerlingen zich bewust te laten worden van het feit dat nieuwsgierigheid een belangrijke voorwaarde voor leren is. Uit de geformuleerde vragen kozen de leerlingen de meest interessante om daarmee vervolgens een eerste onderzoek uit te voeren. Bij dit eerste onderzoek moesten de leerlingen onder begeleiding van de docent de zeven stappen van de onderzoekscyclus volgen en via een interview de benodigde informatie verzamelen. Bij het tweede onderzoek moesten de leerlingen een vraag formuleren die tot een kwantitatief onderzoek leidt: tellen en observeren. De eerste twee onderzoeken werden stap voor stap uitgevoerd en aan de klas gepresenteerd. Wij beoordeelden het proces en lieten de leerlingen reflecteren op het proces, het product en wat ervan geleerd is. Voor het derde onderzoek vond een verdiepingsslag plaats: de leerlingen leren wat een goede onderzoeksvraag is, waar deze aan dient te voldoen en wat het verschil is tussen een onderzoeksvraag en een 'opzoekvraag'. Ook de betrouwbaarheid en weergave van verkregen informatie wordt behandeld. Het derde onderzoek is niet meer uit te voeren met een interview of een telling/observatie maar vraagt om een bronnenonderzoek, waarbij leerlingen de deelvraag, het antwoord en de bron expliciet vermelden.

Het vierde onderzoek van het jaar vloeide voort uit een door alle leerlingen bekeken film waarbij in het bijzonder moest worden gelet op de relatie tussen fictie en werkelijkheid (in dat jaar Michiel de Ruijter). De opdracht was vanuit een hoofdvraag te komen tot deelvragen en deze vervolgens een voor een beantwoorden om tot conclusies en een presentatie te komen. Een dergelijke filmopdracht is in het programma opgenomen.

In 2015-2016 ontwikkelden wij het programma voor de inmiddels tweedejaars **vwoplus**-leerlingen en hierin leerden zij hoe zij tot een ontwerp komen (het zogenaamde ontwerpend leren). We startten met de vraag wat zij als leerling niet prettig vinden en hoe zij dit kunnen veranderen. Na de analyse van de situatie gingen de leerlingen op zoek naar mogelijke verbeteringen om vervolgens te komen tot een voorstel ter verbetering. De eerste keer doorliepen ze de cyclus voor een bij hun persoonlijke omstandigheden aansluitende casus, de tweede keer vanuit de opdracht een verbetering op het gebied van communicatie, milieu, mobiliteit aan te brengen en de derde keer om te komen tot een gedroomde werkelijkheid (meer op uitvinden gericht). In het tweede leerjaar hebben de leerlingen individueel, in groepjes en als klas de onderzoekscyclus doorlopen, met de nadruk op het verschil tussen ontwerpen en uitvinden. Wat opvallend is, is dat de leerlingen de neiging hebben uit te gaan van een oplossing en deze te beschrijven in plaats van daadwerkelijk het onderzoeksproces te doorlopen, waardoor de inhoudelijke onderbouwing van het ontwerp achterwege blijft. De docent moet sturen op het uitvoeren van alle stappen in het onderzoek en voorkomen dat de leerlingen meteen naar een oplossing gaan en deze beschrijven. In de leerlijn moet nadrukkelijk aandacht zijn voor de beschrijving van de confrontatie met een probleem, de analyse van het probleem en mogelijke oplossingen, de opzet en uitvoering van de literatuurstudie en de tests, de onderbouwing van de beste oplossing en de uiteindelijke demonstratie van het ontwerp.

In het jaar 2016-2017 hebben we een programma ontwikkeld dat als doel heeft dat de inmiddels derdejaarsleerlingen zelfstandig het onderzoekend en ontwerpend leren combineren in een onderzoeksproces dat leidt tot een te verantwoorden resultaat. Om het kritisch denken verder te stimuleren of tot ontwikkeling te laten komen, moeten de leerlingen de materie dieper doorgronden en in hogere mate de data en conclusies verantwoorden. In het tweede jaar hebben de leerlingen laten zien dat ze moeite hebben met het vinden, bedenken en uitwerken van meerdere oplossingen. Ook zagen we dat ze de theoretische onderbouwing uit de weg gingen. Daarom startten we het derde jaar met de opdracht een onderwerp dat bij een van de schoolvakken aan bod komt, aan de klasgenoten toe te lichten, te demonstreren en te testen. Ze mochten uiteraard zelf bepalen welk vak dat was; de enige voorwaarde was dat ze er affiniteit mee hadden en graag iets over wilden weten en uitleggen. We wilden op deze voor de leerlingen betekenisvolle wijze bereiken dat ze zich bewust worden van het feit dat zij hun resultaten moeten kunnen tonen en bewijzen. De tweede opdracht was 'een gat in de markt' te vinden door op zoek te gaan naar iets wat gemist wordt en/of waar behoefte aan kan zijn en waarom dat zo is. Het uiteindelijke ontwerp moest in een promotiefilmpje toegelicht en aangeprezen worden. De laatste opdracht was een grote: in samenwerking met klasgenoten moesten de leerlingen voor een gegeven situatie tot een ontwerp komen en het onderzoek in een onderzoeksrapport beschrijven en aan de klas presenteren. Het gehele proces moest zichtbaar gemaakt worden. De gegeven situaties waren: een nieuwe school, gevaarlijke verkeerssituaties, een onaantrekkelijk stadscentrum en de introductie van een 3d-printer op school. Volgens een aangereikte planning met explicitering van de onderzoeksstappen en met een bij die stappen aansluitend logboek werken de leerlingen naar een vooraf bepaalde presentatie toe: een onderzoeksverslag volgens een gegeven format en een presentatie die het resultaat van het onderzoek moet tonen en toelichten.

De wetenschapslessen: de betekenis ervan voor de leerling

Ervaringen in jaar 1

De docenten die lesgeven aan de **vwoplus**-leerlingen gebruiken sinds 2009 signaleringscriteria om de houding en de prestaties van de leerlingen te duiden: intelligentie, motivatie, doorzettingsvermogen, creativiteit en samenwerking. Als een leerling negatief scoort dan vullen de docenten bij het betreffende criterium een kruisje in en dat wordt op het rapport van de leerling weergegeven. In gesprek met de leerling en zijn ouders licht de docent toe waarop de leerling uitvalt. We hebben deze criteria (Maas&Maatjens, 2015) vergeleken met de houdingsaspecten die in het wetenschappelijk onderwijs gehanteerd worden (Van der Rijst, 2009). Onze zoektocht naar een theoretische onderbouwing leidde tot een koppeling van de gedragsdisposities van Van der Rijst aan de signaleringscriteria die al werden gebruikt voor het duiden van de houding van **vwoplus**-leerlingen. Dat betekende dat we op de goede weg leken te zijn wat de houdingsaspecten van de begaafde vwo'er betreft, want de stap in de universitaire wereld leek zo voorbereid te worden. We beoordeelden het werk en de houding van de leerling op bovengenoemde criteria en bespraken onze bevindingen met de leerlingen en hun mentor. In het eerste leerjaar zijn de signaleringscriteria een determinatiemiddel gebleken doordat het verschil tussen wel of niet iets extra's doen zichtbaar werd. De leerling die op onderzoek uitgaat aan de hand van een eigen onderzoeksvraag moet veel laten zien: de onderzoeksvraag moet kwalitatief goed zijn want er moet daadwerkelijk onderzocht kunnen worden en het onderzoek moet na een aantal onderzoekshandelingen nieuwe kennis opleveren. Leerlingen die nieuwsgierig zijn, de wil hebben om iets te weten te komen, iets te bereiken en daarin tot het uiterste willen gaan (al dan niet in samenwerking met anderen) en daarbij de wens hebben dat met anderen te delen, onderscheiden zich van de leerlingen die dit alles niet laten zien. De kans te komen tot verrijking en verdieping die de leerlingen door onderzoekend leren zelf kunnen vormgeven, is door een aantal leerlingen (2/3 van de gehele vwoplus-1 groep) gegrepen. De leerlingen voor wie dit niet gold, hebben het advies gekregen het tweede jaar niet meer in de plus-klas plaats te nemen. De mentoren die hun leerlingen het gehele schooljaar gevolgd hebben, onderschreven de bevindingen. Een belangrijke conclusie die getrokken is na een jaar onderzoekend leren (2014/2015) is dat de gebruikte signaleringscriteria het verschil tussen de (hoog)begaafde en (hoog)intelligente leerlingen kunnen bepalen én dat niet alle leerlingen kunnen en willen onderzoeken. De vraag is of schoolse nieuwsgierigheid kan worden opgewekt én of alle leerlingen uitgedaagd willen worden door zelf initiatieven te nemen en eigen keuzes te maken. Uit de evaluatie die door de leerlingen aan het eind van het eerste jaar is ingevuld, blijkt dat niet zo te zijn. De veronderstelling dat nieuwsgierigheid op te roepen is door dicht bij de situatie van de leerlingen te blijven, geldt niet voor alle leerlingen. Een aantal leerling geeft aan gemotiveerd te zijn door de eigen keuzes, anderen geven aan liever gestuurd te worden (Maas&Maatjens, 2015). Er is dus door een aantal leerlingen geen informatie kloof ervaren (Golman&Loewestein, 2014) en er was geen creatieve spanning (Senge, 1992). In het eerste jaar is duidelijk geworden dat het begrip motivatie nader gedefinieerd moet worden: een aantal leerlingen heeft wel de wil om in een **vwoplus**-klas te zitten maar laat niet zien dat de wil er is zelf op onderzoek uit te gaan. Ook is duidelijk geworden dat de norm die de leerlingen hanteren voor 'goed' onderzoek heel divers is. Van der Rijst heeft een houdingsaspect dat niet aansluit op de signaleringscriteria, namelijk de wil te bekritisieren. Uit de evaluatie onder leerlingen, docenten en mentoren is gebleken dat het kritische vermogen van leerlingen ook een signaleringscriterium is in het volgen van de ontwikkeling van een wetenschappelijk onderzoekende houding. Dit criterium is in het schooljaar 2015/2016 toegevoegd aan de criteria die de vwoplus-docenten voor het rapport invullen.

Afbeelding 2 geeft de vergelijking tussen de signaleringscriteria en de houdingsaspecten van Van der Rijst zoals die na het eerste onderzoeksjaar aan alle vwoplus-docenten zijn gepresenteerd.

Signaleringscriteria en houdingsaspecten voor de vwoplus leerling Toelichting ten behoeve van de beoordelingen en rapportbesprekingen		
IT Intelligentie	X	De leerling toont tijdens de les aan over hoge intellectuele capaciteiten te beschikken.
MT Motivatie	Willen weten	De leerling laat zien dan hij graag dingen wil weten. Hij is nieuwsgierig en geeft daar in zijn houding tijdens de les blijk van.
DV Doorzettings- vermogen	Willen begrijpen	Onder de noemer ' doorzettingsvermogen ' rekenen we zowel het houdingsaspect ' willen begrijpen ' als dat van het ' willen bereiken '. De docent kijkt naar de diepte die de leerling qua kennis probeert te bereiken en bekijkt of de leerling doorzet wanneer hij moeite moet doen of bij frustratie juist afhaakt (Zone van naaste ontwikkeling; Vechten & vluchten.)
	Willen bereiken	
SW Samenwerking	Willen delen	Van de leerlingen wordt verwacht dat zij samen kunnen werken en daarnaast voldoende communicatief vaardig zijn om eigen bevindingen over te brengen op de medeleerlingen. De vraag is of hij/zij bereid is om kennis te delen en samen te werken én daar ook toe in staat is.
CR Creativiteit	Willen innoveren	Van leerlingen wordt verwacht dat zij alternatieve benaderingen bedenken, die zij kunnen prefereren boven die van de docent. De leerling wordt expliciet uitgenodigd om zijn creativiteit te tonen. Dit vereist overigens wel een enige mate van lef (Van Rijst en 'Courage en Caring' van Webb.)
KR (Kritisch vermogen)	Willen bekritisieren	Hieronder rekenen we de dispositie om niets als vanzelfsprekend te beschouwen. Het vermogen om kritisch op zichzelf te reflecteren, op het onderzoeksproces, op de verkregen resultaten en op die van een ander (waaronder de docent).

Afbeelding 2 Vergelijking signaleringscriteria en houdingsaspecten van de vwoplus leerling (Maas&Maatjens, 2015)

Ervaringen in jaar 2

Bij het ontwerpnd leren dat de leerlingen in het tweede leerjaar leren, staan weer de eigen keuzes centraal. De leerlingen krijgen de opdracht op zoek te gaan naar situaties die hen niet bevallen en gaan vervolgens aan de hand van opdrachten die aansluiten bij het stappenplan aan de slag met het uitvoeren van het ontwerponderzoek. De leerlingen ontpopten zich tot ontwerpers en uitvinders. Was in het eerste jaar het verschil nog vooral of een leerling wel of niet wilde onderzoeken, in het tweede jaar werden de verschillen groter en zagen we ons voor de opdracht gesteld te definiëren wat de signaleringscriteria inhouden om zo het gedrag van leerlingen te benoemen en te beoordelen. Het werd steeds duidelijker dat er een instrument moet komen om het gedrag van de leerlingen te scoren. Definities van de zes criteria, met kenmerken, indicatoren en contra-indicatoren zijn door literatuurstudie en ervaringen en opvattingen van docenten die *vwoplus*-lessen verzorgen gemaakt en hebben tot een aantal belangrijke constatering geleid. Bij ontwerpnd leren, zeker bij het bedenken van iets nieuws/onbestaands, is duidelijk geworden dat creativiteit en kritisch vermogen bij veel leerlingen niet van nature aanwezig zijn en dat het geen automatisme is dat leerlingen deze ontwikkelen door actief bezig te zijn met door hen zelf bedachte ontwerpen. De explicitering van de signaleringscriteria in kenmerken en waar te nemen gedragingen, maakte duidelijk waaraan aandacht besteed moet worden. In het derde leerjaar zijn om die reden creativiteit en kritisch vermogen nadrukkelijk in de opdrachten opgenomen. Een

belangrijke conclusie van het onderzoek in het tweede leerjaar is dat er een ontwikkelingsgang in de signaleringscriteria (b)lijkt te zitten (Maas&Maatjens, 2016) . Afbeelding 3 toont dit ontwikkelingsmodel.



Afbeelding 3 Ontwikkelingsmodel (Maas&Maatjens, 2016)

Ervaringen in jaar 3

De onderzoeken die in het derde leerjaar zijn uitgevoerd, hebben deze ontwikkelingsgang bevestigd. Terwijl een flink aantal leerlingen in staat blijkt te zijn om in grote zelfstandigheid een indrukwekkend onderzoeksproces op te zetten (en daarmee kenbaar maakt behoefte te hebben aan een uitdagend vak als de wetenschapsles en de alternatieve didactiek van de *vwoplus*), lukt het een kleiner aantal leerlingen niet. Zij blijken in het derde jaar niet te kunnen komen tot een origineel, authentiek en goed onderbouwd ontwerp. In de evaluatie geven zij aan het niet te kunnen opbrengen te komen tot de doorgronding van een probleem en te komen tot een passende oplossing. De motivatie voor het uitvoeren van een onderzoek valt of staat met het ervaren van een informatiekloof en creatieve spanning. De vraag is waardoor deze niet ervaren worden. Komt dit wellicht door de psychologische ontwikkelingsfase waarin ze dan zitten? Is het te wijten aan het vrijblijvende, want niet verbonden aan een vak, karakter van de wetenschapslessen? Of kunnen we hier de conclusie trekken dat vwo'ers uiteenvallen in twee groepen: weliswaar hoog intelligent maar niet wetenschappelijk begaafd en hoog intelligent én wetenschappelijk begaafd?

Onderzoek als avontuur

Na drie jaar wetenschapslessen waarin we de leerlingen gevolgd hebben in diverse onderzoekssituaties, is de vraag of we invloed kunnen uitoefenen op de ontwikkeling van de wetenschappelijk onderzoekende houdingsaspecten. We denken dat dit kan door naast het leren van de onderzoeksstappen en de onderliggende vaardigheden meer dan nu het geval is geweest, aandacht te besteden aan de verbeeldingskracht. In de serie 'The Mind of the Universe' die Robbert Dijkgraaf presenteert (VPRO, 2017) schetsen grote wetenschappers de wereld van morgen. Opmerkelijk is de mate waarin het werk van wetenschappers gelijkenis vertoont met dat van kunstenaars. Hans Clevers verwoordde dat expliciet voor zichzelf in de eerste aflevering 'De Schepper'. Creatief denken en voorstellingsvermogen blijken steeds het verschil te maken bij goed wetenschappelijk onderzoek. Dit brengt ons tot de overtuiging dat we de leerlingen niet alleen kennis moeten bijbrengen van de wetenschappelijke 'spelregels' maar ook moeten prikkelen in hun

overtuiging dat onderzoek doen (op hoog niveau) per definitie een avontuurlijke creatieve onderneming is. Met kennis alleen kom je er niet. Motivatie, verbeelding en lef om onbegane paden te bewandelen is iets wat tijdens de wetenschapsles moet worden aangemoedigd.

Met die kennis in pacht zou men dit schooljaar voor het eerst hebben kunnen starten met een compleet uitgewerkt curriculum van drie jaar wetenschapslessen in de onderbouw. Toch is dit niet het geval. De werkelijkheid heeft het onderzoek inmiddels ingehaald. De vwo**plus** als aparte afdeling bleek niet langer financieel te behappen en tegelijkertijd had bij de directie het idee postgevat dat de Wetenschapsles relevant én haalbaar zou moeten zijn voor alle afdelingen, dus niet alleen voor de reguliere vwo'er maar ook voor de havist. Hoe verstandig deze brede implementatie van de Wetenschapsles is, zal nu in de praktijk gaan blijken. Het avontuur van het doen van wetenschappelijk onderzoek is in ieder geval iedereen van harte gegund.

Literatuur

Golman, R., Loewenstein, G. (2014). *Information Gaps for Risk and Ambiguity*. Working Paper.

Gruber, M. J., Gelman, B., & Ranganath, C. (2014). States of curiosity modulate hippocampus-dependent learning via the mesolimbic dopaminergic circuit. *Neuron*. 84(2): 486-496. PMID: 25284006

Kashdan, T. & Silvia, P. (2009). *Interesting Things and Curious People: Exploration and Engagement as Transient States and Enduring Strengths*. University of North Carolina

Kemmers, P., Graft van, M. (2007). *Onderzoekend en Ontwerpend Leren bij Natuur en Techniek: Lesmateriaal*. Den Haag: Stichting Platform Bèta Techniek.

Maas, E. & Maatjens, J. (2015) Nieuwsgierigheid als didactische methode. Script!onderzoek, september 2015, www.script-onderzoek.nl.

Maas, E. & Maatjens, J.(2015). *De wetenschapsles. Onderzoekend leren als didactische methode. Een lesprogramma voor begaafde leerlingen*. Ongepubliceerd, AOS West-Brabant.

Maas, E. & Maatjens, J.(2016). *De wetenschapsles. Ontwerpend leren als didactische methode. Een lesprogramma voor begaafde leerlingen*. Ongepubliceerd, AOS West-Brabant

Marzano, R., & Miedema, W. (2008). *Leren in vijf dimensies*. Assen: Van Gorcum.

Rijst van der, R.M. (2009). *The research-teaching nexus in the sciences: teaching practice*. Leiden University, Leiden.

Senge, P. (1992). *De vijfde discipline*. Schiedam: scriptum management

Stumm von, S., Hell, B.& Chamorro-Premuzic, T.(2011). The Hungry Mind: Intellectual Curiosity Is the Third Pillar of Academic Performance. <http://pps.sagepub.com/content/6/6/574>

Verkeningscommissie wetenschap en technologie primair onderwijs (2013): <https://www.pbt-netwerk.nl/media/files/publicaties/AdviesWenT.pdf>

Vygotski, L.S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*: Harvard University Press.

Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit: www.ru.nl/wetenschapsknooppunt