



**WETENSCHAPS
KNOOPPUNT
ZUID-HOLLAND**

partnership universiteiten
Leiden - Delft - Erasmus

Leidraad onderzoekend en ontwerpend leren

Praktische handreiking voor onderwijs waarin leerlingen vanuit verwondering en vragen op zoek gaan naar antwoorden en oplossingen.



Inhoud

1. Introductie.....	3
Onderzoekend en ontwerpend leren	3
Onderzoeks- en ontwerpcyclus	3
Ter versterking van uw onderwijs.....	4
2. Ontwerpend leren.....	5
2.1 Creativiteit in het ontwerpproces.....	5
2.2 De ontwerpcyclus.....	6
2.3 Wybertjesmodel	7
2.4 Stappenplan creatief ontwerpen.....	9
2.5 Toelichting op het stappenplan.....	10
3. Onderzoekend leren.....	15
3.1 De onderzoekscyclus.....	15
3.2 Stappenplan onderzoekend leren.....	17
3.3 Toelichting op het stappenplan.....	18
4. Gebruikte literatuur.....	24

Colofon

Dit stappenplan is geschreven door Remke Klapwijk en Eveline Holla (beiden werkzaam bij TU Delft) voor Wetenschapsknooppunt Zuid-Holland.

Tekst en figuren onderzoekscyclus en ontwerpcyclus onder Creative Commons licentie:
Naamsvermelding – Niet Commercieel – Gelijk Delen 3.0.

Foto's mogen niet worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand en/of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of op enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van wetenschapsknooppunt Delft.

Praktijkvoorbeelden met dank aan:

- > Basisschool de Driekleur 's Gravenzande (project Zwarte Piet in het donker)
- > Freinetschool Delft (ijsonderzoek).

Maart 2014

I: www.wetenschapsknooppuntzh.nl
E: wetenschapsknooppunt@tudelft.nl

1. Introductie

Deze handleiding is ontwikkeld door het Wetenschapsknooppunt Zuid-Holland en de vakgroep Science Education & Communication van de TU Delft. Het is bedoeld als hulpmiddel bij het vormgeven van uw onderwijs in wetenschap en techniek.

Onderzoekend en ontwerpend leren

Wetenschap en techniek is meer dan het doen van proefjes en het maken van producten. Een recente didactische ontwikkeling is dat kinderen door onderzoekend en ontwerpend leren competenties ontwikkelen die samenhangen met de wetenschappelijke manier van werken of met het werken als ontwerper¹. Deze manier van leren daagt leerlingen uit en doet een beroep op hun creativiteit en hun denkvaardigheden. Er is veel ruimte voor verwondering en eigen vragen waardoor de leerlingen de kennisinhouden veel beter opnemen en onthouden. Ook oefenen ze belangrijke procesvaardigheden zoals problemen oplossen en vragen stellen.

Bij onderzoekend en ontwerpend leren stimuleer je dat leerlingen zelf de wereld ontdekken en ervaren en ook problemen signaleren en oplossen. Dingen waarover je je verwondert zijn een krachtige stimulans in het leerproces. Daarom beginnen de lesactiviteiten met het oproepen van verwondering, vragen en verlangens. De benadering is open, het eindresultaat is niet bij voorbaat bekend. Net als wetenschappers gaan leerlingen op zoek naar nieuwe kennis en net als ontwerpers naar nieuwe oplossingen en producten. Dit open proces is te structureren omdat de processtappen in vrijwel elk ontwerpproces ongeveer hetzelfde zijn. Het maakt niet uit of je een dierenverblijf ontwerpt of een hulpmiddel voor iemand die ziek is. Hetzelfde geldt voor onderzoeksprocessen. In onderzoekend en ontwerpend leren komt een scala van talenten boven drijven. Het allerbelangrijkste in wetenschap en techniek is wel dat leerlingen de kans krijgen hun eigen talenten in onderzoek en ontwerpen te ontdekken, te ervaren en te ontwikkelen

Hoewel je voor onderzoeken en ontwerpen vergelijkbare vaardigheden nodig hebt, zoals creatief denken, zijn ontwerpen en onderzoeken niet hetzelfde. De uitkomsten en ook de manier waarop die uitkomst wordt verkregen, verschilt. Onderzoeken is gericht op het vermeerderen van kennis en begint altijd met een vraag waar je antwoord op wilt krijgen. Vervolgens start het onderzoeksproces. Ontwerpen begint met een probleem of behoefte en is gericht op het ontwikkelen van een oplossing. Hiervoor gebruik je een ontwerpproces.

Onderzoeks- en ontwerpcyclus

In deze handleiding beschrijven we de onderzoeks- en ontwerpcyclus en geven we de handvatten om deze in de klas te gebruiken. Onze beschrijving van de onderzoeks- en de ontwerpcyclus is gebaseerd op internationaal onderzoek en op beschrijvingen die al gangbaar zijn in het Nederlandse primair en secundair onderwijs. Daarnaast hebben we de kennis die we hebben opgedaan in ontwerp- en onderzoeksprojecten vanuit de drie wetenschapsknooppunten (TU Delft, Universiteit Leiden en Erasmus Universiteit Rotterdam) gebruikt om de beschrijving van de processtappen te verbeteren.

Op de volgende punten willen wij zorgen voor een verbetering ten opzichte van andere beschrijvingen:

¹ CITO 2011; SLO 2013

- › Niet alle handleidingen voor wetenschap en techniek maken een helder onderscheid tussen het onderzoeks- en ontwerpproces. Wij doen dit hier wel, omdat ze wezenlijk verschillend zijn.
- › Ontwerpen gaat niet alleen over dingen, maar ook over mensen. In de beschrijving van de ontwerpcyclus besteden wij daarom extra aandacht aan de sociale kant van het ontwerpen en het doen van gebruikersonderzoek.
- › Ontwerpen is een creatief proces. Door leerlingen eerst te laten divergeren (heel veel ideeën verzinnen) en dan te laten convergeren (evalueren en kiezen van een idee om uit te werken) komen ze tot betere en originelere oplossingen. Dit is vooral van belang in de eerste drie stappen van het ontwerpproces. We hebben dit uitgewerkt in een nieuw model voor de basisschool: het wybertjesmodel.
- › Natuurwetenschappers, psychologen, geschiedkundigen, bouwkundigen etc. doen allemaal onderzoek. Onze beschrijving van het onderzoeksproces is geldig voor alle empirische wetenschappen, dus niet alleen voor natuurwetenschappelijk onderzoek.
- › Ook met kleuters kan je onderzoekend en ontwerpend leren. De processtappen zijn zo beschreven dat ze ook relevant zijn voor groep 1 en 2.
- › Stappenplannen moeten niet zonder na te denken worden doorlopen. Daarom besteden we in de beschrijving regelmatig aandacht aan het reflecteren op de uitgevoerde activiteiten en het plannen en voorbereiden van de volgende stap.

Bij elke processtap beschrijven we veel voorkomende onderzoeks- en ontwerpactiviteiten. De stappen in de ontwerpcyclus en onderzoekscyclus zijn voor alle leerlingen van groep één tot en met acht hetzelfde. In deze handleiding illustreren we de stappen met voorbeelden uit de kleuterklas. Door als leerkracht deze processtappen en activiteiten te herkennen, kun je beter zien hoe jouw leerlingen het onderzoeken en ontwerpen aanpakken. Zo kun je gericht werken aan het versterken van hun onderzoeks- en ontwerpvaardigheden. Het helpt je ook om effectief onderwijs te geven, omdat je in staat bent om geschikte lesaanpakken en -materialen te selecteren.

De inhoud van vakken als geschiedenis, aardrijkskunde, natuur- en techniek kunnen via onderzoeks- en ontwerpvragestukken uit deze leefwerelden aan bod komen. We illustreren dit met een voorbeeld uit het natuur en techniek. In het project 'Problemen van Sinterklaas en Zwarte Piet oplossen' gaan kleuters Zwarte Piet helpen bij het goed bezorgen van de cadeautjes. Tijdens het ontwerpproces leren ze van alles om elektriciteit, accu's, batterijen en stroomkringen. Dit is ook één van de inhouden die de CITO domeinbeschrijving natuur en techniek verplicht stelt. Door dit met onderzoekend en ontwerpend leren aan te pakken beklijft de kennis veel beter.

Ter versterking van uw onderwijs

Hoe kunt u de beschrijving van de ontwerpcyclus en onderzoekscyclus inzetten voor het versterken van uw onderwijs?

- › U kunt bij uw lessen wereldoriëntatie en wetenschap en techniek vooraf nagaan of er sprake is van onderzoekend en ontwerpend leren. Ook kunt u bepalen welke stappen en onderzoeks- en ontwerpvaardigheden aanbod komen en eventueel ontbrekende zaken toevoegen.
- › U kunt op groepsniveau nagaan hoe uw leerlingen een bepaalde stap of vaardigheid aanpakken en zien of de leerlingen dit voldoende beheersen. U kunt dit ook op per leerling bekijken.
- › U kunt ontdekken welke activiteiten en vaardigheden onderbelicht zijn in uw lessen, wellicht door tijdsdruk, en uw strategie aanpassen.
- › U kunt ontdekken waar u de begeleiding van de stappen goed beheerst en op welke punten u uzelf verder wilt ontwikkelen.

2. Ontwerpend leren

“Logica brengt je van A naar B, verbeelding brengt je overal” (Albert Einstein, 1879)

Het bijzondere van een creatief ontwerpproces is dat leerlingen alle ruimte krijgen om hun verbeeldingskracht te gebruiken. Ze ontwikkelen eigen ideeën en vertalen dat naar een tastbaar product. Ze ontdekken dat meerdere oplossingen mogelijk zijn.

Ontwerpen is een creatief proces. Je bouwt niet iets na wat al bestaat, maar je komt zelf met een idee en zet dit idee om in een fysiek product. Om leerlingen te leren ontwerpen, maken we in het onderwijs gebruik van de ontwerpcyclus. Het woord ‘verzinnen’ in de stap ‘ideeën verzinnen’ is opvallend, hoewel je in ontwerpen gebruik maakt van logica, is het verbeeldingskracht die je brengt bij een nieuwe, authentieke oplossing.

2.1 Creativiteit in het ontwerpproces

Om te begrijpen waar het in een ontwerpproces om gaat, stellen we eerst de vraag: Wat is creativiteit? Er bestaan talloze definities, maar als we kijken naar het ontwerpproces, dan het gaat het in het creatieve proces steeds om:

- › Elementen op een nieuwe manier combineren.
- › Iets van verschillende kanten bekijken.
- › Het maken van associaties.
- › Het anders interpreteren van een probleem.
- › Denken met een bochtje.

Bij ontwerpen gaat het steeds om het denken vanuit een probleem of verlangen. Om een relevante, werkende en originele oplossing te vinden is het waardevol om er vanuit verschillende invalshoeken naar te kijken. Een voorbeeld: *Just Herder, biomedisch onderzoeker op de TU Delft, ontwerpt prothesen voor mensen die een arm missen. De meeste ontwerpers ontwikkelen prothesen waarmee je bepaalde handelingen gemakkelijker kunt verrichten. Een prothese gebruikt men vaak maar op een paar momenten in de dag zoals bij het smeren van brood en het tandenpoetsen. Maar als je in de klas zit te luisteren, heb je hem niet nodig. Just ontdekte via observaties en gesprekken dat veel mensen hun armprothese thuis lieten liggen omdat ze hem zwaar en niet comfortabel vonden als ze hem niet nodig hadden. Doordat hij het probleem anders interpreteerde dan andere ontwerpers, was hij in staat de prothese aanzienlijk te verbeteren.*

Ook kinderen kunnen een probleem van verschillende kanten benaderen. Een ontwerpteam met leerlingen tussen de zes en de tien jaar oud hadden als opdracht om rond het thema ‘Het beste idee voor Afrika’ een ontwerp te maken. Zij bedachten dat water halen veel leuker zou worden voor kinderen als ze onderweg ook konden spelen. Het combineren van water halen en spelen leverde een speciale waterhaal-skippybal op met een waterzuiveringsmechanisme aan de binnenkant.

2.2 De ontwerpcyclus

Het is waardevol om ontwerpen systematisch aan te pakken vooral als u en uw leerlingen er nog maar net mee beginnen. In de wetenschappelijke literatuur wordt het ontwerproces vaak als een cyclus voorgesteld.



Figuur 1: Ontwerp cyclus

Het basisidee is dat ontwerpen een activiteit is van mensen, voor mensen. Ontwerpen start vanuit een behoefte of probleem van iemand. Het ontwerproces begint dan ook altijd met het verkennen van een probleem. Het leuke van ontwerpen is dat er niet één vaste oplossing is, er zijn heel veel mogelijkheden. Daarom is het verzinnen van ideeën een belangrijke tweede stap. De eerste ideeën zijn vaak nog wat onsamenhangend, bij ontwerpen wil je dat ze een geheel worden. Dat wordt in stap 3 aangegeven met het woord concept. Allerlei deeloplossingen voeg je samen. Vaak, maar niet altijd, zijn er meerdere concepten die uitgedacht worden. Bij stap vier wordt er een werkend prototype gebouwd. In stap vijf ga je dat testen. Als tijdens de test blijkt dat nog niet alles naar tevredenheid werkt, worden zaken aangepast. Het is zelfs mogelijk dat leerlingen opnieuw beginnen omdat ze juist door het bouwen van het prototype ontdekken dat het probleem anders ligt dan ze eerst dachten. De laatste stap is presenteren. Hier vertellen leerlingen over hun ontwerp en benoemen ze wat er goed aan is. Ook kunnen ze doorgeven wat er nog beter kan. Daarmee begint dan een nieuwe ontwerpcyclus. In paragraaf 2.5 worden de stappen van de ontwerpcyclus verder toelicht.

Eigenlijk ben je nooit klaar met ontwerpen, maar in de klas is het presenteren vaak wel het eindpunt. Misschien hebben uw leerlingen wel zin om thuis of in de keuzetijd nog eens aan de slag te gaan met het probleem?

In de literatuur vindt u verschillende varianten van de ontwerpcyclus. In Nederland is in het primair onderwijs het model dat ontwikkeld is door de SLO² het meest bekend, in het voortgezet onderwijs is dat het Techniek 12 plus model³.

² Marja van der Graft en Pierre Kemmers, *Onderzoekend en Ontwerpend Leren bij Natuur & Techniek*, Stichting Platform Bèta Techniek, 2007.

³ Website Techniek 12 plus

2.3 Het wybertjesmodel

De ontwerpcyclus geeft leraren en leerlingen houvast in het ontwerpproces. Ook is dit het meest gebruikte didactische model in het primair en secundair onderwijs. In deze paragraaf presenteren we een alternatief die u als aanvulling kunt gebruiken.

Creativiteit bevorderen is niet altijd makkelijk. Een groot aantal deskundigen in het veld van ontwerponderwijs die adviseert om het creatieve, generende denken te scheiden van het analytische, evaluerende denken⁴. Als leerlingen het verzinnen van ideeën en het beoordelen daarvan tegelijk moeten uitvoeren, treden er bij hen vaak blokkades in de ideeënstroom op. "Is wat ik zeg wel mogelijk?" "Is het wel een goed idee?" "Dat kan ik toch niet maken?" Geïnspireerd door Osborne, ontwikkelaar van brainstormen, en Parnes, ook een onderzoeker op het gebied van creativiteit, is door Jan Buijs (TU Delft) het wybertjesmodel bedacht⁵. Dit model laat zien dat in de eerste drie stappen van de ontwerpcyclus divergeren (uitwaaieren) en convergeren (naar een punt bewegen) elkaar afwisselen. Bij het divergeren mag en kan alles, het oordeel wordt uitgesteld. Pas als je heel veel ideeën hebt, dan ga je ze beoordelen zodat je er een paar overhoudt.

Wij hebben er de volgende vrije vertaling voor de basisschool van gemaakt (zie figuur 2).

In elk wybertje is sprake van divergeren en convergeren. Bij het divergeren wil je bereiken dat leerlingen heel veel ideeën verzinnen, maar ook dat deze ideeën gevarieerd zijn (er wordt in verschillende richtingen gedacht) en origineel. Een origineel idee is een idee dat niet vaak voor komt. Als je een groep vraagt om tien dieren te verzinnen, dan heeft bijna iedereen kat of hond op zijn lijstje staan. Een idee als olihoorn (een kruising van een olifant en een neushoorn) zal zeldzaam zijn en is daarom origineel. Als alle originele ideeën kruisingen zijn van een olifant met een ander dier, dan zijn de ideeën niet erg gevarieerd, de denkrichting is steeds hetzelfde.

Iedereen kent wel het fenomeen van een brainstormsessie op de hei waarin geweldige vergezichten zijn bedacht waarna iedereen naar huis keert en vervolgens doet wat hij altijd al deed. Bij ontwerpen is het belangrijk om niet te blijven hangen in de fase van geweldige luchtkastelen. Je wilt echte kastelen! Dat kan alleen door naast het divergeren ook te convergeren. Convergeren staat voor het selecteren en uitwerken van een idee. De fase van breed verkennen van een probleem wordt gevolgd door het formuleren van een scherpe probleemstelling. De fase van het verzinnen van ontwerpideeën door het selecteren van één of enkele ideeën. Ook het derde wybertje kent beide activiteiten: divergeren en convergeren.

Om een creatieve uitkomst te realiseren, is het essentieel dat originele, bijzondere ideeën de selectie overleven. Dat is niet zo eenvoudig als het lijkt. Een origineel idee is uitermate kwetsbaar. Het is nieuw en niemand weet zeker of het echt gaat werken, het is immers nieuw. Deze ideeën kunnen zomaar terzijde worden geschoven. Voor je het weet wordt het idee door anderen neergesabeld als onhaalbaar, luchtftietserij of er worden allerlei minpunten beschreven.

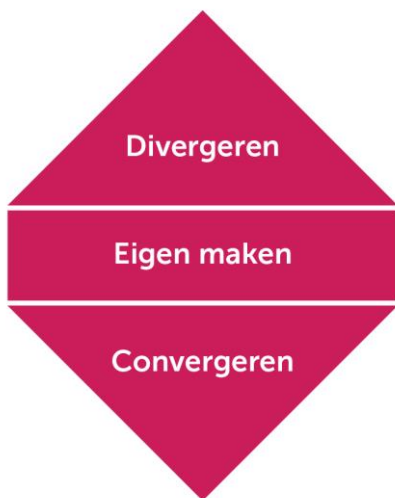


Figuur 2: wybertjesmodel

⁴ Howard-Jones, Paul, A Dual-state Model of Creative Cognition for Supporting Strategies that Foster Creativity in the Classroom, *International Journal of Technology and Design Education*, 12, 215-226, 2002..

⁵ Buijs, Jan. *Innovatie en Interventie*, Kluwer, Deventer, 1986. Zie ook Marc Tassoul, *Creative Facilitation*, VSSD, Delft, 2009.

Zo zat Diergaarde Blijdorp met een probleem. In het Oceanium zwemmen haaien en andere dieren samen rond. Bij het voeren aten de haaien vrijwel al het voer op. De andere dieren begonnen elkaar op te eten, vooral de tropische haring moest voortdurend worden aangevuld. Dit was erg kostbaar voor de dierentuin en men zocht een oplossing. Een groep leerlingen van de middelbare school opperden om de haaien net als dolfijnen te gaan trainen. Het idee kwam bij de maritiem biologen over als onmogelijk, maar gelukkig wilde de dierentuin het toch onderzoeken en kregen ze het voor elkaar om de haaien te trainen. Die eten inmiddels alleen hun eigen eten zodat er voedsel overblijft voor de andere dieren uit het Oceanium.



Figuur 3

DIVERGEREN - EIGEN MAKEN – CONVERGEREN

Om de kwetsbare ideeën te beschermen is er in het model een activiteit tussen het divergeren en convergeren toegevoegd: het clusteren. Bij clusteren ordenen leerlingen de ideeën. Daardoor zijn ze ermee bezig, raken ze ermee vertrouwd en wisselen ze met elkaar uit. Clusteren zorgt ervoor dat leerlingen de ideeën eigen maken en bijzondere ideeën vaker worden uitgekozen.

SAMENGEVAT:

Er zijn zes hoofdstappen in het ontwerpproces, zie de ontwerpcyclus (figuur 1). De eerste drie stappen bestaan elk uit drie delen: divergeren, eigen maken en convergeren. Dit wordt zichtbaar gemaakt in het Delftse wybertjesmodel.

2.4 Stappenplan creatief ontwerpen

Dit stappenplan voor creatief (technisch) ontwerpen kun je gebruiken voor het opzetten van lesactiviteiten waarin leerlingen op een speelse manier oplossingen verzinnen voor een ontwerp probleem en aansluitend een prototype bouwen en testen.

Stap	Activiteiten in deze stap
Alle stappen	<ul style="list-style-type: none"> - Communiceren. - Evalueren van het proces en bijsturen. - In woord en beeld bijhouden van de vorderingen.
Stap 1 a Verkennen van het probleem	<ul style="list-style-type: none"> - Signaleren van een probleem. - Breed verkennen van het probleem. - Analyseren van het probleem.
Stap 1b Formuleren van het ontwerpprobleem	<ul style="list-style-type: none"> - Formuleren van de kern van het probleem. - Opstellen programma van eisen en wensen.
Stap 2a Genereren van ideeën	<ul style="list-style-type: none"> - Genereren van zoveel mogelijk, gevarieerde ideeën.
Stap 2b Selecteren van ideeën	<ul style="list-style-type: none"> - Ordenen en begrijpen van de potentie van de ideeën. - Evalueren van de ideeën. - Selecteren van enkele ideeën.
Stap 3a Concepten uitwerken	<ul style="list-style-type: none"> - Concepten maken (minimaal 3). - Deeloplossingen uitwerken, testen en verbeteren.
Stap 3b Concept kiezen	<ul style="list-style-type: none"> - Evalueren of de concepten aan het programma van wensen en eisen voldoet. - Selecteren 'beste', of meest passende, concept.
Stap 4 Prototype maken	<ul style="list-style-type: none"> - Opstellen van een werkplan. - Verzamelen van materialen en gereedschappen. - Maken van het prototype. - Tussentijds deeloplossingen testen en verbeteren.
Stap 5 Testen en optimaliseren	<ul style="list-style-type: none"> - Testen van het prototype door de leerlingen. - Laten testen van het prototype door gebruikers. - Evalueren product op basis van testresultaten. - Optimaliseren en/of herontwerpen.
Stap 6 Presenteren	<ul style="list-style-type: none"> - Bedenken hoe je de boodschap goed kan overbrengen: Welke plaatjes en informatie heb je nodig? - Presenteren aan elkaar /de opdrachtgever / geïnteresseerden.
Tot slot	<ul style="list-style-type: none"> - Evalueren van het ontwerpproces en de presentatie. - Identificeren van wat er goed ging en wat je een volgende keer anders wil doen.

2.5 Toelichting op het stappenplan

Ter illustratie gebruiken we een voorbeeld uit het kleuterproject 'Nieuwsgierig? Ja Graag!' De ontwerp vraag in dit voorbeeld komt van Sinterklaas: Het is voor Zwarte Piet heel moeilijk om de juiste cadeautjes op een donker dak te zoeken. Sinterklaas vraagt of de leerlingen een oplossing kunnen bedenken voor de donkere daken.

STAP 1A VERKENNEN VAN HET PROBLEEM

Elk ontwerptraject begint met een probleem of wens. De leerlingen kunnen het probleem zelf signaleren of de leerkracht reikt een probleem aan. Het verkennen van het probleem is bedoeld om zo goed mogelijk zicht te krijgen op het probleem. Bij het probleem zijn gebruikers betrokken en eventueel een opdrachtgever die een product wil ontwikkelen om het probleem op te lossen. De leerling gaat vragen stellen en op onderzoek uit om te ontdekken hoe het probleem precies in elkaar zit. Vrijwel alle problemen hebben te maken met mensen en dingen (artefacten), het probleem heeft zowel technische als sociale aspecten. Bekende manieren om het probleem te verkennen zijn een interview met de opdrachtgever, gebruikersonderzoek en onderzoek naar bestaande oplossingen. In deze fase gebruiken we op de basisschool vaak verhalen, eigen ervaringen, gesprekken met mensen uit de eigen omgeving en simulatie-onderzoek. Tijdens het hele ontwerpproces wordt alle informatie vastgelegd, dit kan in een ontwerpboek maar ook door zaken te verzamelen op een centrale plek in de klas.



Zwarte Piet heeft het verkeerde pakje bezorgd! Het was ook zo donker op het dak, Piet kan de namen op de pakjes niet goed lezen. Kun je Piet helpen?

Probleemverkenning: kun je voelen wat er in de pakjes zit en zo raden welk pakje voor welk kind is?

STAP 1B FORMULEREN VAN HET PROBLEEM

De informatie uit het verkennen wordt gebruikt om de kern van het probleem te formuleren. De leerlingen geven aan op welk specifieke punt hun ontwerp goed moet scoren. Vaak gebeurt dit in de vorm van een HKJ (Hoe Kun Je) vraag: Hoe Kun Je als Piet de pakjes ook in het donker bij het goede kind bezorgen? Of: Hoe Kun Je een lamp meenemen op het dak zonder je handen te gebruiken? Een programma van eisen en wensen is een lijst van toetsbare criteria. Een eis is iets waaraan het ontwerp straks echt aan moet voldoen. Ontwerpen die ook een groot aantal wensen vervullen, zijn extra aantrekkelijk voor gebruikers en de opdrachtgever.



Jasper vindt het lastig om naar boven te klimmen met een zaklamp én een zak vol cadeaus in zijn hand. Piet moet wel zijn handen vrij hebben voor het klimmen en de zak vasthouden. Als we een oplossing voor Piet gaan ontwerpen houden we daar rekening mee. De juf noemt het een ontwerp eis. We willen ook dat de oplossing er feestelijk en blij uit ziet. Dat is een ontwerp wens.

Probleemverkenning: kun je klimmen met een zak kado's en een zaklamp in je hand? Dat blijkt erg lastig....

Leerlingen vertalen de informatie uit de verkenningsfase hier in toetsbare (SMART: Specifiek, Meetbaar, Acceptabel, Realistisch en Tijdgebonden) eisen en wensen. De probleemformulering en het programma van eisen en wensen kunnen ook door de leerkracht aangeleverd worden als uitgangspunt voor de volgende fase. Om een opdracht betekenisvol te maken, kun je zoeken naar een echte opdrachtgever of je kunt doen alsof er een echte opdrachtgever is, bijvoorbeeld doordat de klas een brief krijgt van de opdrachtgever.

STAP 2A GENEREREN VAN IDEEËN

Bij ontwerpen zijn er altijd meerdere oplossingen denkbaar. In deze fase gaan leerlingen zoveel mogelijk oplossingen verzinnen voor het probleem. Divergent denken is van belang: leerlingen worden aangemoedigd om in zoveel mogelijk richtingen te denken. Ook gaat het hier om het vinden van nieuwe, unieke invalshoeken om het probleem te benaderen. Het is ook mogelijk om het probleem op te delen in deelproblemen. Voor elk deelprobleem worden meerdere deeloplossingen bedacht. Uitstel van oordeel is hier belangrijk: alles kan en mag in deze fase. Voor jonge kinderen gebruiken we kleurplaten, tekeningen en kringgesprekken. Voor kinderen vanaf groep vijf gebruiken we divergente denktechnieken zoals geleide fantasie, brainwriting en denken vanuit fantasiefiguren. Voorbeelden van deze technieken zijn te vinden op het [blog](#) van het Wetenschapsknooppunt Zuid-Holland.



We tekenen heel veel oplossing voor Zwarte Piet. We mogen ze op de kleurplaat tekenen of op een groot vel papier

Ontwerpen van lichtbril, lichthoed en lichtzak.

STAP 2B ORDENEN EN SELECTEREN VAN IDEEËN

De juf heeft een groot ideeënboek voor sinterklaas gemaakt. Die geven we aan Sint en Piet als ze in de klas op bezoek komen. Marieke, Mirjam en Zeynep overleggen: zullen we de vlieger met lichtjes maken of toch de hoofdbandlamp?



Alle ideeën op één poster



Het ideeënboek voor Zwarte Piet.

In de vorige fase zijn, als het goed is, veel ideeën ontstaan. In deze fase gaat het om het ordenen en begrijpen van de potentie van ideeën. Als er erg veel ideeën zijn (meer dan 30-40) dan is het zinvol om clustering toe te passen. Ideeën die iets met elkaar te maken hebben worden in een zelfde groep geplaatst. Om dit te kunnen, geven leerlingen elkaar uitleg over de ideeën. Daarna gaan ze de ideeën evalueren. Dat kan aan de hand van het programma van eisen en wensen. Er zijn ook andere selectietechnieken, zoals de stippenmethode waarin leerlingen punten geven voor het meest originele idee. Doel is enkele, in potentie veelbelovende ideeën uit te kiezen voor verdere uitwerking in ontwerpconcepten. Het nemen van een zeker risico moedigen we hier aan, zo kiezen leerlingen voor een originele oplossing. De geselecteerde ideeën worden vaak gepresenteerd in de klas. Als leerlingen ervaring krijgen in het ontwerpen, ontstaat in deze fase een samenhangend concept waarin verschillende deeloplossingen worden samengevoegd tot een overkoepelend idee. Een concept wordt meestal in woord en beeld weer gegeven.

STAP 3A CONCEPTEN UITWERKEN

Een concept uitwerken betekent dat er met behulp van tekeningen, tekst en simpele, snel in elkaar gezette 3D-modellen duidelijk wordt gemaakt hoe het product er uit komt te zien. In een ontwerpproject worden er vrijwel altijd meerdere concepten uitgewerkt. In de klas is de praktijk dat ieder ontwerpgroepje een eigen concept uitwerkt.

Belangrijk is dat er sprake is van samenhang. Dit betekent onder andere dat er niet per taak voor de beste deeloplossing wordt gekozen, het gaat er om dat alle deeloplossingen bij elkaar passen. Synthese en het denken vanuit een systeem zijn hierbij van groot belang. Vaak krijgt het ontwerpvoorstel een inspirerende titel mee.

Op de basisschool is het leerzaam om in de klas aandacht te geven aan technische basiskennis, bijvoorbeeld door producten en modellen neer te zetten waarmee technische principes worden verhelderd.

Het kan zijn dat leerlingen in deze fase extra kennis van technische principes, zoals hefbomen, katrollen en elektriciteit, nodig hebben om een werkend product te kunnen bedenken. Het aanbieden van deze kennis vindt meestal parallel aan het ontwerpproces plaats en zoveel mogelijk op het moment dat er bij leerlingen een kennisbehoefte ontstaat.

Met de hele klas hebben we overal in school en thuis lampen en lichtjes verzameld. We nemen ze mee naar de gymzaal waar drie speelgoedbeesten zijn verstopt. Met een waxinelichtje is het lastig zoeken, maar de grote bouwlamp werkt fantastisch. De juf heeft foto's van alle soorten lampen in een lichtboek gezet. Op Facebook kunnen de kinderen en hun ouders het hele ontwerpproces volgen. Ook de ouders hebben materialen voor ons ontwerpproject verzameld.



In een werkplan wordt beschreven hoe het product gemaakt gaat worden. Op basisscholen is het vaak voldoende om een werktekening te maken en een boodschappenlijstje met specifieke materialen op te stellen. Voor jonge kinderen en voor leerlingen met een hands-on inslag geldt dat het uitwerken van een ontwerpconcept vaak verweven is met het maken ervan.

De juf haalt de doos met lichtjes en elektrische circuits uit groep zeven op. We willen ook doorzichtig vloeipapier gebruiken. De juf vraagt ons hoe we de vlieger stevig gaan maken. Zeynep wijst naar de boom op het schoolplein. We hebben een dikke tak nodig. Of is dat te zwaar voor Zwarte Piet?

Hoe werkt licht eigenlijk? We oefenen met het maken van een stroomkring.



STAP 3B CONCEPT KIEZEN

Om het beste concept te kiezen wordt gekeken of de concepten aan het programma van eisen en wensen voldoen. Op de punten waar het concept nog niet zo goed voldoet, kun je onderdelen verbeteren. In de klas kan in deze fase één gezamenlijk klassenconcept worden gekozen voor verdere uitwerking.

STAP 4 PROTOTYPE MAKEN

Een prototype is een handgemaakte eerste versie van het product, een soort proefproduct. In deze fase wordt het ontwerp dus echt gemaakt. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen een prototype en een model. Een prototype is een werkende versie van het product: Je kunt zien hoe de onderdelen samen de beoogde functie vervullen. Een model is een op schaalgemaakte versie en hoeft niet te werken. Afhankelijk van het beoogde doel en de technische mogelijkheden op een school wordt gekozen voor een prototype of een model. Tijdens het maken van het prototype worden beslissingen regelmatig bijgesteld.

We gaan eerst met de lampjes spelen en testen of ze het doen. Samen maken we het frame van de vlieger en doen het vloeipapier erop. Hoe kunnen we de lampjes vastmaken?

STAP 5 TESTEN EN OPTIMALISEREN VAN HET ONTWERP

Als het prototype klaar is, kan het getest worden. Eerst testen de leerlingen het prototype en als de testresultaten positief zijn wordt daarna aan de gebruikers gevraagd om te testen. Bij het evalueren van de testresultaten wordt weer nagegaan of het product voldoet aan de gestelde eisen. Wordt aan sommige eisen onvoldoende voldaan, dan wordt bekeken waar dat aan ligt. De leerlingen zijn dan als het ware het probleem opnieuw aan het analyseren. Om voorstellen voor betere oplossingen te doen, wordt de ontwerpcyclus (gedeeltelijk) opnieuw doorlopen. De test door leerlingen wordt vrijwel altijd uitgevoerd op basisscholen. Werkt het prototype? Als de opdracht er om vraagt en er voldoende tijd beschikbaar is, wordt gekozen voor een test door gebruikers. Dit is vooral belangrijk als er voor een specifieke doelgroep wordt ontworpen, bijvoorbeeld voor baby's of oudere mensen.

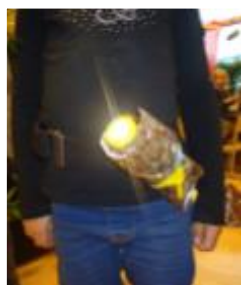
De lampjes doen het! We vinden de vlieger niet te zwaar en heel feestelijk.



Vlieger met licht

STAP 6 PRESENTEREN

Door het ontwerp te presenteren, leren leerlingen hoe ze relevante andere partijen over hun idee kunnen informeren. Bij relevante partijen kan het gaan om toekomstige gebruikers of een opdrachtgever. Leerlingen leren om overtuigend, helder en eerlijk te presenteren. Met eerlijk bedoelen we dat de opdrachtgever informatie krijgt over knelpunten en wat er nodig is om die op te lossen. Tijdens de presentatie kunnen leerlingen ook vertellen over het ontwerpproces. Uiteraard kan er door oudere leerlingen ook een schriftelijk verslag gemaakt worden op basis van de notities in het ontwerpboek. De opdrachtgever en/of leerkracht benoemen de sterke punten van het ontwerp alsmede punten waarover nog nagedacht moet worden.



Vandaag komt Sinterklaas op school. Sint en de Piet nemen alle tijd om alle oplossingen te bekijken. Piet, je kunt nu de pakjes wel goed bezorgen, neem de vlieger met lichtjes mee. Er is wel een stopcontact op het dak nodig, maar dat kan een pappa of mamma wel maken.

Presentatie van de lichtschoen en de zaklamp-zonder-handen aan Sint en Piet

TOT SLOT: EVALUEREN, COMMUNICEREN EN VASTLEGGEN

Tijdens alle fasen in het proces zijn evalueren, samenwerken, communiceren en het noteren van zaken in het ontwerpboek van groot belang. Ontwerpers leggen zaken ook graag vast in foto's en ze verzamelen (inspirerende) producten. Op de basisschool is kan je hier een prikbord of een centrale verzamelplek in de klas hiervoor gebruiken.

3. Onderzoekend leren

Recent werd bekend dat de manier waarop jonge kinderen spontaan hun wereld verkennen en onderzoeken grote overeenkomsten vertoont met de manier waarop wetenschappers te werk gaan⁶. Onderzoekend leren is wat ons betreft spelenderwijs de wereld ontdekken en mee vorm geven.

Bij onderzoekend leren krijgen de leerlingen niet alleen antwoord op hun vragen, ze ontdekken ook hoe het proces van onderzoeken verloopt. Juist als ze zelf met een vraag mogen komen of bij een gegeven vraag een onderzoeksmethode mogen bedenken, gaan ze nadenken over de waarde en de kwaliteit van hun onderzoek.

3.1 De onderzoekscyclus

Bij onderzoekend leren gaan leerlingen vanuit eigen verwondering op onderzoek uit. Dit betekent niet dat je de leerlingen helemaal loslaat. De rol van de leraar is er één van inspirator en coach. Een hulpmiddel bij het begeleiden van onderzoek is de onderzoekscyclus. Steeds geef je vanuit verwondering ruimte aan speels verkennen. Deze speelse verkenning mondt vervolgens uit in een systematisch onderzoek waarin leerlingen informatie verzamelen en komen tot nieuwe inzichten en conclusies.



Figuur 4: onderzoekscyclus

⁶ Onderzoek door Laura Schultz, Early Childhood Cognition Lab, MIT.

Een aantal leerlingen vroeg zich af of je zout uit water kan halen. Na een experiment met een zeef met vrij grote gaten concludeerde een kind: ' met zeven kun je zout niet uit het water halen'. Hierop ontstond een dialoog en kwamen ze op het idee om het experiment nogmaals uit te voeren, nu met een zeef met kleinere gaten.

De onderzoekscyclus wordt vaak cyclisch en iteratief doorlopen. Tijdens het onderzoek komen de leerlingen erachter dat ze een vorige stap nogmaals willen uitvoeren. In het voorbeeld hierboven zijn de leerlingen bezig met conclusies te trekken (stap vijf), komen vervolgens tot een nieuwe opzet voor het onderzoek (een andere zeef, stap drie) en voeren dit uit (stap vier). Ze doorlopen een aantal stappen nog een keer om te komen tot betrouwbare conclusies.

Onderzoek is een open proces. Daardoor komen leerlingen op eigen antwoorden die van te voren nog niet vaststaan. Voor een leerkracht is het belangrijk om je eigen theorie en verklaringen niet op te dringen, maar om te luisteren naar de ontdekkingen en theorieën van je leerlingen. Die zijn doorleefd en gerelateerd aan ervaringen en eigen onderzoek. Geef alle ruimte aan deze theorieën en waarnemingen. Eventueel kun je de leerlingen ter verdieping laten uit zoeken wat het verschil is tussen hun theorie en die van een leerboek. In de wetenschap is elk antwoord een voorlopig antwoord.

3.2 Stappenplan onderzoekend leren

Dit stappenplan voor onderzoekend leren kan je gebruiken voor het opzetten van lesactiviteiten waarin leerlingen op een speelse manier vanuit hun verwondering een eigen onderzoek opzetten. Het stappenplan is ontwikkeld door het Wetenschapsknooppunt ZH.

Stap	Activiteiten in deze stap
Alle stappen	<ul style="list-style-type: none"> - Communiceren. - Evalueren van het proces en bijsturen. - Bijhouden van een logboek.
1 Verwonderen (spelenderwijs)	<ul style="list-style-type: none"> - Ervaren met alle zintuigen, waarnemen en ontdekken. - Dit verwoorden en verbeelden. - Benoemen waar je nieuwsgierig naar bent: vragen formuleren.
2 Verkennen	<ul style="list-style-type: none"> > Inventariseren van ervaringen, kennis en meningen. > Verbanden leggen, bronnen raadplegen. > Formuleren van een onderzoeksvraag en bedenken van mogelijke antwoorden (hypotheses).
3 Onderzoek opzetten	<ul style="list-style-type: none"> - Aanscherpen van de onderzoeksvraag. - Een (of meer) testsituaties bedenken waarin je de hypothese toetst. - Testcondities vaststellen: welke variabelen blijven gelijk en welke ga je veranderen? - Vaststellen wat je gaat meten/onderzoeken en hoe je dat doet. - Vaststellen welke proefpersonen, hulpmiddelen, ruimte, tijd en/of geld je nodig hebt om het onderzoek uit te voeren.
4 Onderzoek uitvoeren	<ul style="list-style-type: none"> - Het onderzoek uitvoeren. - Waarnemen: kijken, luisteren, ruiken, voelen, proeven. - Gegevens verzamelen via metingen en andere onderzoeksmethoden. - Gegevens noteren. - Bespreken en analyseren van de waarnemingen.
5 Concluderen	<ul style="list-style-type: none"> > Ordenen en vergelijken van de gegevens door het maken van tabellen, grafieken, modellen en tekeningen. > Conclusies formuleren: Klopte de hypothese? Hoe komt dat denk je? > Genereren van alternatieve conclusies en verklaringen. > De betrouwbaarheid van de conclusie bepalen: hoe zeker weet je het? > Nieuwe vragen formuleren.
6 Presenteren	<ul style="list-style-type: none"> - Bedenken voor wie het onderzoek belangrijk is en voor wie je het onderzoek gaat presenteren. - Bedenken hoe je de boodschap goed kan overbrengen: Welke plaatjes, grafieken en modellen heb je nodig? - Adviezen bedenken voor je publiek en andere mensen. - Maken van een verslag, poster, facebookpagina, blog of presentatie.
Tot slot	<ul style="list-style-type: none"> - Evalueren van het onderzoeksproces en de presentatie. - Identificeren van wat er goed ging en wat je een volgende keer anders wil doen.

3.3 Toelichting op het stappenplan

Als illustratie gebruiken we een project waarin kleuters zich verwonderen over het smelten van ijs en een eigen onderzoek opzetten.

STAP 1 VERWONDEREN

Spelen is het experimenteren met de wereld om je heen. Kenmerkend van het spelen is doelloosheid: proces en product zijn daardoor allebei van belang. "Tijdens het spelen oefenen kinderen met het gericht waarnemen met alle zintuigen" aldus John Dewey. Als leraar kun je de aandacht van leerlingen richten op dat wat ze aan het doen zijn en ze steunen in het verwoorden en verbeelden van wat ze waarnemen. Tijdens het spelen en verwonderen borrelen vragen op, zoals: hoe komt het dat ijs soms snel smelt en soms langzaam?

- > Spelen
- > Ervaren met alle zintuigen
- > Waarnemen en ontdekken (observeren)
- > Verwoorden en verbeelden van wat je waarneemt en denkt



Het ijsklontje smelt: "hé, mijn handen worden nat"

STAP 2 VERKENNEN/DIVERGEREN

In deze ronde wisselen leerlingen hun eerste ideeën rondom het onderzoeksonderwerp uit. Dit kan klassikaal of in groepjes. Je kunt het gesprek stimuleren tijdens het aanrommelen of na afloop ervaringen en ideeën inventariseren. Het accent ligt op divergeren, het ontwikkelen van heel veel ideeën over wat er aan de hand zou kunnen zijn. Elk ingebracht idee is een goed startpunt voor verder onderzoek. Dit geldt ook voor ideeën waarvan je als leraar al weet dat er sprake is van een misconception. Tijdens het testen zal immers duidelijk worden of het idee klopt of niet. Omdat het niet mogelijk is om alle vragen en ideeën te onderzoeken, laat je leerlingen tot slot enkele vragen uitkiezen die ze boeiend vinden.

- > Inventariseren van ervaringen, kennis en meningen.
- > Ideeën opperen over wat we al weten van het onderwerp of wat er aan de hand kan zijn.
- > Verbanden leggen.
- > Bronnen raadplegen om meer inzicht in het onderwerp te krijgen.
- > Aanrommelen: ontdekken en nieuwe dingen uitproberen in de praktijk.
- > Formuleren van een onderzoeksvraag en bedenken van mogelijke antwoorden (hypotheses).



V.l.n.r.:

"Je moet de sneeuwpop geen jas aantrekken. Dan gaat hij smelten."

"Ik denk dat het geen verschil maakt."

"Ik denk dat een jas de sneeuwpop koud houdt. Hij smelt dan juist niet"

STAP 3 OPZETTEN ONDERZOEK

Het grootste verschil met de twee vorige stappen, verwonderen en verkennen, is dat de leerlingen nu vooraf een onderzoeksplan verzinnen. Aan de hand van de hoofdvraag en hypothese (verwachting) bedenken de leerlingen zelf een test. Daardoor gaan ze systematischer aan de slag en dat helpt bij het trekken van conclusies. Ook kleuters kunnen een onderzoeksplan verzinnen. In het voorbeeld warm/koud willen ze ijsklontjes op verschillende manieren inpakken. Een kind legt een ijsklontje vlakbij een metalen tafelpoot, metaal voelt koud aan - de verwachting is dat een ijsklontje vlak bij een metalen voorwerp niet zo snel smelt.

Activiteiten

- > Aanscherpen van de onderzoeksvraag.
- > Een of meer testsituaties bedenken waarin je de hypothese kunt toetsen.
- > Conditie van de test vaststellen: welke variabelen blijven gelijk en welke ga je veranderen?
- > Vaststellen wat je gaat meten/onderzoeken en met welke instrumenten.
- > Nadenken over hoe je de uitkomsten kunt noteren en ordenen.
- > Vaststellen welke proefpersonen, hulpmiddelen, ruimte, tijd en/of geld je nodig hebt om het onderzoek uit te voeren.
- > Beoordelen of het onderzoek/test klopt bij de gestelde vraag en of het onderzoek uitvoerbaar is, zo niet: formuleer een andere onderzoeksvraag en hypothese .

Bij lang niet alle onderzoeksvragen is een test, experiment of onderzoek te bedenken. Soms kun je de test wel bedenken, maar is het uitvoeren van het onderzoek niet mogelijk omdat het teveel tijd kost. In die gevallen laat je leerlingen een andere of meer ingeperkte onderzoeksvraag verzinnen. Een alternatief voor het zelf opzetten van onderzoek is het aanreiken van een opdracht met denkaanzetten of een gesloten onderzoeksopdracht.⁸ Denkaanzetten bestaan uit open vragen waarmee leerlingen op essentiële punten aan het denken worden gezet over de onderzoeksopzet. Bij het opzetten van het onderzoek kun je bijvoorbeeld vragen: Hoe kun je zo precies mogelijk de tijd meten? Is het erg als een van de ijsblokjes kleiner is dan de andere ijsblokjes? Bij een gesloten opdracht geeft de leraar een beschrijving van de onderzoeksopzet en voeren leerlingen ze het onderzoek uit door de aanwijzingen precies op te volgen.

⁷ Source: Keogh & Naylor, 1999

⁸ Hanno van Keulen en Ida Oosterheert., *Wetenschap en Techniek op de Basisschool*, Noordhoff Uitgevers, Groningen, 2011, Hoofdstuk zeven " Stimuleren tot Leerzame Interactie".

Een aantal ideeën op een rij: in een bakje, naast een metalen tafelpoot, in een aluminium cupje, onder een iglo van piepschuim, op een bevroren T-shirt, in een doek, in een bakje met andere ijsklontjes, in een thermoskan (met en zonder water erin).



STAP 4. ONDERZOEK UITVOEREN

In deze stap wordt het onderzoek zoveel mogelijk volgens plan uitgevoerd. Waarnemen en je gegevens direct noteren is hier belangrijk. Dat kan met tekeningen, in woorden en met tabellen. Door het goed te noteren kan je later nog eens terugkijken naar je bevindingen.

Activiteiten:

- > Het onderzoek voorbereiden: benodigde mensen vragen, middelen, ruimte, tijd en geld verzamelen.
- > Het onderzoek doen.
- > Waarnemen: kijken, luisteren, ruiken, voelen, proeven.
- > Gegevens verzamelen via metingen en andere onderzoeksmethoden.
- > Gegevens noteren in het logboek.
- > Bespreken en analyseren van de waarnemingen.
- > Evalueren van het uitgevoerde onderzoek.

In het logboek leggen de leerlingen gegevens vast. Dat kan op verschillende manieren. Kleuters laat je tekeningen maken of ze vertellen het aan elkaar. Tekeningen zijn ook waardevol voor oudere kinderen, zij kunnen ook tabellen, kaarten en grafieken maken.

We maken verschil tussen kwalitatieve en kwantitatieve gegevens.

Kwalitatieve gegevens:

- > De kleur van het ijs verandert.
- > Het ijs wordt doorzichtiger.
- > Het ijsblokje in de thermos smelt het langzaamst.
- > Er ligt een plasje water om het blokje.

Kwantitatief:

- > Een ijsblokje van 1 cm hoog, 1 cm breed, 1 cm lang in een thermoskan is na 3 uur helemaal gesmolten



Evaluëren is gedurende de gehele onderzoekscyclus belangrijk. Als leerlingen zelf onderzoek opzetten staan ze er meer dan anders bij stil of ze wel echt antwoord op hun vraag hebben gekregen. Dit kun je extra stimuleren door ze vragen voor te leggen zoals:

- > Heb je alles gemeten en vastgelegd wat straks nodig is? Hoe wil je de gegevens gaan verwerken?
- > Is alles volgens plan verlopen? Zijn er knelpunten op te lossen?
- > Zijn je gegevens compleet? Heb je alles goed kunnen waarnemen en vastleggen? Wil je een meting herhalen?
- > Is alles helemaal eerlijk verlopen?

Een onderzoek naar ijs is bijvoorbeeld niet eerlijk als de maat en vorm van de ijsblokjes erg verschillend zijn.



STAP 5. CONCLUDEREN

Als al het onderzoek is uitgevoerd, gaan de leerlingen conclusies trekken. Dat zullen ze in de vorige stap tijdens het uitvoeren ook al wel gedaan hebben, nu geef je ze er extra tijd voor. Vooral bij oudere kinderen is dit waardevol. Ze gaan bedenken wat hun gegevens nu eigenlijk betekenen. Kunnen ze met de gegevens de onderzoeksvraag beantwoorden? In deze fase zijn een aantal hogere orde vaardigheden belangrijk zoals analyseren, concluderen, interpreteren en verbanden leggen.

Activiteiten:

- > Ordenen en vergelijken van de gegevens door het maken van tabellen, grafieken, modellen en tekeningen.
- > Een verhaal maken waarin verbanden worden gelegd aan de hand van de gegevens.
- > Conclusies formuleren: Klopte de hypothese? Hoe komt dat denk je?
- > Genereren van alternatieve conclusies en verklaringen.
- > Gegevens van het eigen onderzoek in verband brengen met gegevens en ideeën van andere mensen.
- > De betrouwbaarheid van de conclusie bepalen. Bedenken hoe zeker je het weet.
- > Andere, onverwachte ontdekkingen uit het onderzoek bespreken en noteren.
- > Nieuwe vragen formuleren.



De uitslag: alle tekeningen op volgorde van smelttijd: de thermosfles wint!

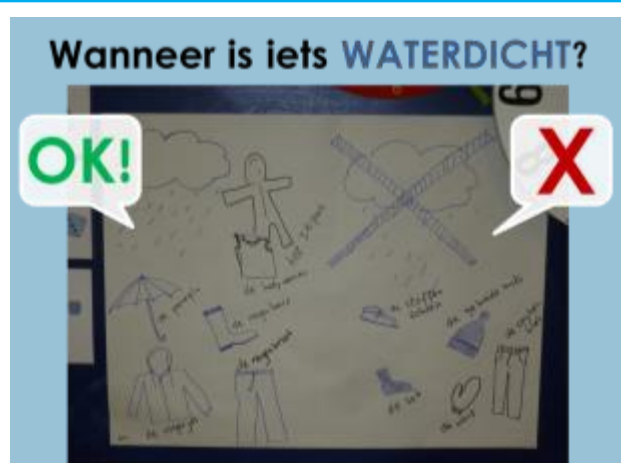
De thermosfles met water heeft verloren.... (dat ijsklontje was als eerste gesmolten)

In deze fase is samenwerken en communiceren belangrijk, al zijn er ook leerlingen die graag de kans krijgen om er eerst zelf over na te denken.

In onderzoekend leren is het proces belangrijker dan het product. Stimuleer leerlingen om te zoeken naar alternatieve conclusies en verklaringen. Laat ze een paar keer heen en weer denken tussen waarnemingen en begrippen. Het is ook leuk om ze nieuwe begrippen te laten verzinnen. In een onderzoek naar verschillen tussen slaapkamers van jongens en meisjes vonden leerlingen dat die vooral verschillen in de mate van "niet nuttig textiel". In een ander onderzoek bedachten kinderen het woord "scheefheidsfactor" om te kunnen praten over hoe steil een lijn in een grafiek omhoog ging.

Geef ook ruimte voor onverwachte ontdekkingen en nieuwe vragen. Ook dit zijn resultaten uit het onderzoek.

Het kan zijn dat de 'antwoorden' anders zijn dan de gangbare wetenschap. Dat is niet erg, de leerlingen hebben leren onderzoeken. Het kan ook zijn dat ze echt iets nieuws hebben ontdekt! Als een antwoord niet klopt, bijvoorbeeld kleuters zeggen dat magneten blijven plakken aan glas, dan kun je ze wel uitnodigen om nog eens goed te kijken of door op een goed gekozen moment de gangbare theorie te introduceren. Een onderzoekende houding ontwikkelen leerlingen als je vragen blijft stellen.



Kleuters wilden weten welke kleding waterdicht was.

In dit schema zijn hun bevindingen rond waterdichtheid in woord en beeld vastgelegd.

STAP 6. PRESENTEREN

Als je zelf vanuit verwondering een onderzoek hebt opgezet en antwoorden of belangrijke nieuwe vragen hebt gevonden, dan wil je dat doorgeven aan anderen. Presenteren zorgt ook voor een natuurlijke afsluiting en leerlingen oefenen in het uitleggen en vertellen van iets aan anderen. Als je het kunt uitleggen, dan begrijp je het zelf ook.

In deze stap kan het ook gaan om het begrijpen van de toepassing en waarde voor de samenleving van hun onderzoek.

Activiteiten:

- > *Bedenken voor wie je gaat presenteren.* Voor wie is het allemaal belangrijk om dit te weten?
- > *Oefenen in het goed uitleggen.* Heb je plaatjes, grafieken of een model nodig? Een voorbeeld?
- > *Adviezen bedenken* voor je publiek en andere mensen
- > *Verslag, poster of presentatie* maken en geven

TOT SLOT

Leerlingen hebben veel ontdekt tijdens het onderzoeksproces. Over het onderwerp zelf, over onderzoek doen en ook over hun eigen talenten. Door er met elkaar op terug te kijken, maak je dit expliciet. Zorg dat de "good practices" boven water komen en laat ze ook identificeren wat ze een volgende keer anders willen aanpakken.

De onderzoekscompetenties die leerlingen ontwikkelen via bovenstaand proces sluiten aan op kerndoel 42 "De leerlingen leren onderzoek doen aan materialen en natuurkundige verschijnselen zoals licht, geluid, elektriciteit, kracht, magnetisme en temperatuur". De onderzoekscyclus is breder toepasbaar en ook geldig voor proefondervindelijk onderzoek in de sociale wetenschappen.

4. Gebruikte literatuur

- › Boeijen, Gerard, Boy Kneepkens, José Thijssen, *Natuurkunde en Techniek voor de basisschool. Een domeinbeschrijving als resultaat van een cultuurpedagogische discussie*, CITO Arnhem, 2011.
- › Buijs, Jan, *Innovatie en interventie*, Kluwer, Deventer, 1986.
- › Graft, Marja van en Pierre Kemmers, *Onderzoekend en Ontwerpend Leren bij Natuur & Techniek*, Stichting Platform Bèta Techniek, 2007.
- › Keulen, Hanno van en Ida Oosterheert, *Wetenschap en Techniek op de Basisschool*, Noordhoff Uitgevers, Groningen, 2011.
- › Harlen, 1999. Purposes and Procedures for Assessing Science Process Skills Assessment in Education: Principles, *Policy & Practice*, [Volume 6, Issue 1](#), 1999.
- › Howard-Jones, Paul, A Dual-state Model of Creative Cognition for Supporting Strategies that Foster Creativity in the Classroom, *International Journal of Technology and Design Education*, 12, 215-226, 2002.
- › Qualifications and Curriculum Development Agency, *Assessing Pupils' Progress: Science Assessment Criteria*, 2009-2010.
- › SLO, Kennisbasis natuurwetenschappen en technologie voor de onderbouw (conceptversie), 2013.
- › Tassoul, Marc, *Creative Facilitation*, VSSD, Delft, 3^e edition, 2009.

Websites:

- › Techniek 12 plus: <http://145.103.105.199/Techniek12/T12Home.html>
- › Laura Schultz, *Early Childhood Cognition Lab*: <http://web.mit.edu/newsoffice/2013/laura-schulz-profile-0214.html>