

Wetenschappelijke doorbraken de klas in!

Geloof jij het?, Een neus voor onderzoek en Samenwerkende zintuigen

Sanne Dekker & Hanne Kause (redactie) Hoofdstuk 1: Klein beginnen met wetenschappelijk onderzoek



Sanne Dekker & Hanne Kause (redactie)



Colofon

Redactie: Sanne Dekker & Hanne Kause

Beeldredactie: Hanne Kause & Jan van Baren-Nawrocka

Opmaak: Jimmy Israël

Druk en afwerking: Tuijtel, Hardinxveld-Giessendam

Coverfoto voorzijde: Judith Offermans, © 2022 WKRU

Coverfoto achterzijde: Hanne Kause, © 2022 WKRU

Eerste druk, januari 2022

ISBN: 978-90-830422-3-7

NUR-code: 190

Wilt u een exemplaar bestellen?

Ga naar: www.wkru.nl/boek

Uitgave:

Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit

FNWI, postvak 77

Postbus 9010

6500 GL Nijmegen

Nederland

E-mail: infowkru@ru.nl

Telefoon: 024 366 72 22

Internet: www.wkru.nl; www.wetenschapdeklasin.nl



2022 Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit

Dit werk is gelicenseerd onder de licentie Creative Commons Naamsvermelding-NietCommercieel-GelijkDelen 4.0 Internationaal.

Ga naar <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.nl> voor meer informatie over deze licentie.

Voor afbeeldingen gelden andere licentievoorwaarden; zie foto- en illustratieverantwoording achterin dit boek (p.124).



Foto: Jos Marell

Hoofdstuk 1 Klein beginnen met onderzoek

Proeven aan eenvoudig en kleinschalig onderzoek smaakt al snel naar meer

Jos Marell (vakdidacticus Natuur & Techniek)

De meeste kinderen gaan graag naar school, zeker als daar in het onderwijs hoofd, hart en handen evenwichtig aandacht krijgen. Op school zijn als het goed is faciliteiten te over voor leerlingen die willen weten, willen kunnen en willen maken. Het vormingsgebied natuur en techniek (N&T) is bij uitstek geschikt om deze in combinatie aan bod te laten komen in de vorm van onderzoeks- en ontwerp-/maakactiviteiten.

Helaas baart de uitvoering van natuur- en techniekonderwijs in menig basisschool zorgen. Dat blijkt uit de meest recente landelijke peilingen van het niveau onder leerlingen (Peil.Natuur en Techniek 2015-2016 (Inspectie van het Onderwijs, 2017) en TIMMS 2019), uit onderzoek van de Inspectie van het Onderwijs (2015) en uit het pleidooi van schoolleiders om van onderzoekend en ontwerpend leren basisactiviteiten te maken (Algemene Vereniging Schoolleiders, 2017). Samengevat zijn de conclusies: er wordt te weinig tijd voor N&T uitgetrokken, het niveau laat te wensen over, en leraren kunnen meer vakdidactische scholing goed gebruiken.

Aan verklaringen geen gebrek. Voor alles moeten rekenen en taal op orde zijn, daar wordt door iedereen – van inspectie tot ouders – allereerst om gevraagd. Leraren zeggen steeds meer tijd nodig te hebben om het daarin gewenste niveau te realiseren. Ook zijn er leraren die het idee hebben dat onderzoekend en ontwerpend leren zowel in voorbereiding als uitvoering veel tijd en inspanning kosten. Ze vinden onderzoek en ontwerp-/maakactiviteiten complex qua organisatie en begeleiding. Bovendien zijn de leereffecten ervan voor hen niet altijd duidelijk. Op de pabo en in de stages was er weinig gelegenheid om de benodigde vakdidactische kwaliteiten in de vingers te krijgen. Gebrek aan ervaring kan ervoor zorgen dat leraren onderzoekend en ontwerpend leren aanvankelijk met minder vertrouwen en enthousiasme in praktijk brengen.

Van de andere kant leert de ervaring dat veel kinderen in de basisschool opbloeien als ze bij de zaak- of expressievakken met concrete materialen kunnen werken. De motivatie neemt toe als ze mogen onderzoeken, ontwerpen en maken. Hun enthousiasme werkt aanstekelijk op leraren, én omgekeerd. Door succeservaringen ontwikkelen leerlingen en leraren zich aan elkaar. De 21e-eeuwse vaardigheden kunnen zodoende een stevige impuls krijgen. Het belang van kritische zin, creativiteit en oplossingsgericht denken en handelen is in deze tijd groter dan ooit. Er is een wereld te winnen. Dit hoeft niet van vandaag op morgen. Klein beginnen en geregeld aandacht schenken aan wat kinderen aan ervaringen en vragen inbrengen, vormen de sleutel tot duurzaam succes. In dit hoofdstuk is uitgewerkt op welke manieren dat zoal kan.

Nieuwsgierigheid geeft het leren doel, vaart en richting

Onderwijs kan een stuk afwisselender, verrassender, boeiender en uitdagender worden als je als leraar nieuwsgierig bent naar wat jouw leerlingen bezighoudt, openstaat voor hun kennelijke leerbehoeften en erop weet in te spelen. Kinderen willen weten. Het is daarbij de kunst gouden momenten als verwondering, verwarring en nieuwsgierigheid te herkennen en te benutten. Neem voldoende tijd en ruimte voor hun vragen. Door ervaringen uit hun leefwereld mee te nemen en

hun vragen, ideeën en onderzoeksuggesties serieus te nemen, kunnen ze hun perspectief verbreden. De nieuwsgierigheid van leerlingen geeft doel, vaart en richting aan hun leren. Het is belangrijk dat je dit met geëigende middelen faciliteert. Het zorgt niet alleen voor een grotere betrokkenheid, maar vast en zeker ook bij alle partijen voor meer werkplezier en bevrediging. Zo kan de gouden combinatie van 'drive, fun & flow' binnen bereik komen, met als resultaat dat de leerlingen merken steeds meer grip op en plezier in hun eigen ontwikkeling en leven te krijgen.

Verskillende onderzoeksvragen van leerlingen

De vragen die kinderen over de werkelijkheid stellen, kun je grofweg in drie categorieën indelen:

- navraagvragen; het betreft vragen om voorkeuren of meningen van anderen te peilen of om vragen aan mensen die het kunnen weten en hun nieuwsgierigheid kunnen bevredigen, zoals knappe koppen of ervaringsdeskundigen. Veelgebruikte onderzoeksmethoden zijn het interview en de enquête.
- opzoekvragen; de mensheid heeft veel kennis vergaard en in uiteenlopende bronnen vastgelegd. Het gaat niet alleen om teksten en cijfermateriaal, maar ook om al dan niet bewegende beelden. Om snel iets te weten te komen kunnen ze dergelijke bronnen bijvoorbeeld raadplegen in een bibliotheek, met een app of via een internetsite.
- operationele vragen; dit zijn vragen waarop ze antwoord kunnen vinden door onderzoek aan concrete materialen, verschijnselen of situaties: de werkelijkheid zelf maakt duidelijk wat ze willen weten, ze levert kennis uit de eerste hand.

Bij elk type passen karakteristieke vormen van onderzoek. In de basisschool komen deze uiteraard allemaal voor, zo wordt de brede belangstelling van kinderen op uiteenlopende wijze gevoed en bevredigd. Onderling vullen ze elkaar ook aan. In de wereld van de wetenschap zie je dat de accenten per discipline kunnen verschillen. Vergelijk maar eens historisch, politicologisch, taalkundig of natuurwetenschappelijk onderzoek met elkaar.

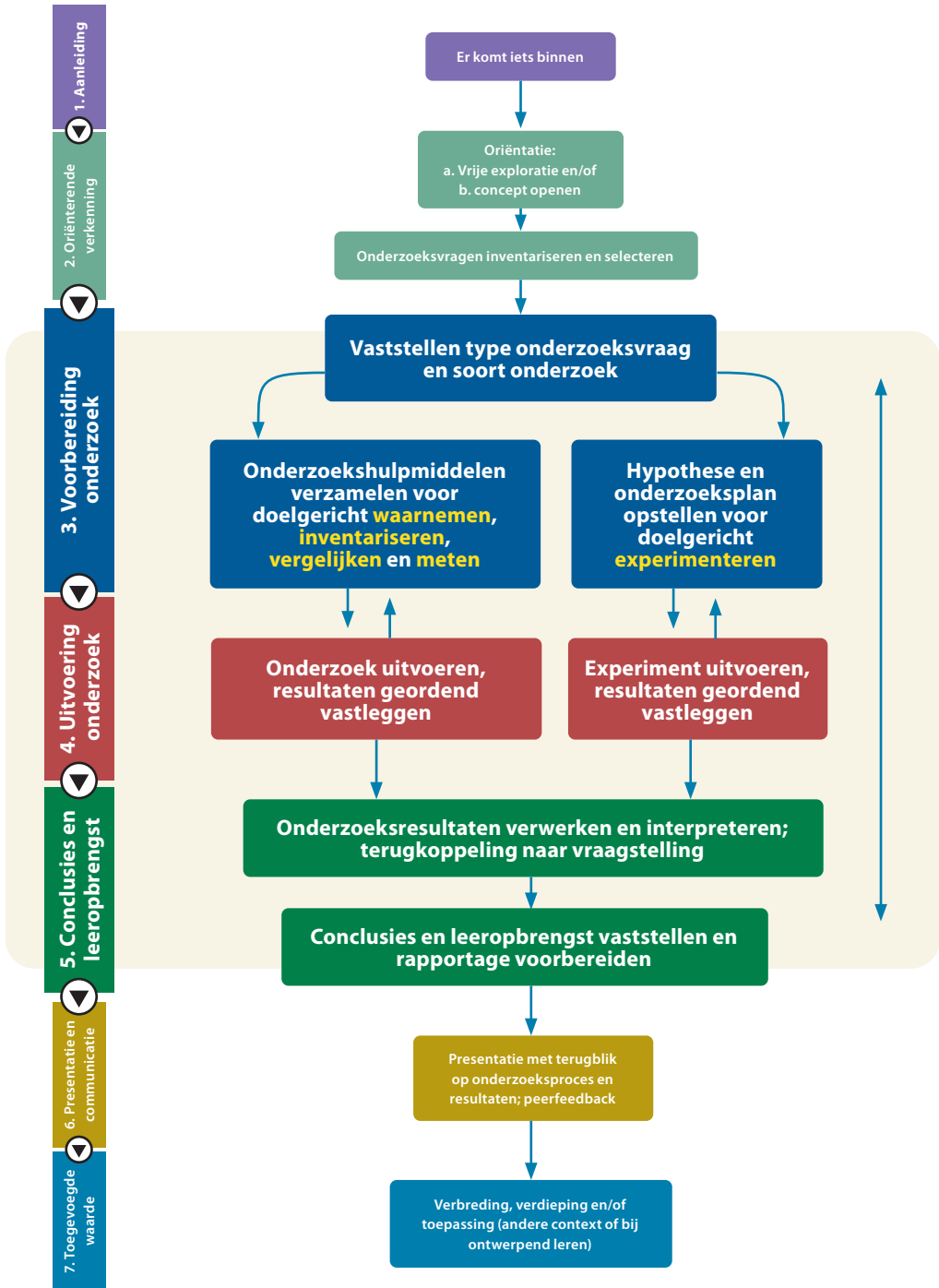
Bij Natuur & Techniek in de basisschool gaat de aandacht primair uit naar de derde categorie, het onderwijs kan zodoende naadloos aansluiten op de ervaringen met en de vragen die de kinderen over hun leefwereld inbrengen. Behalve het leren stellen van onderzoekbare vragen, kunnen ze daarmee ook andere belangrijke onderzoeksvaardigheden ontwikkelen als waarnemen, vergelijken, meten en experimenteren.

Leren onderzoeken begint klein en eenvoudig

Het is voor kinderen heel bevredigend als ze zelf antwoord op hun vragen kunnen vinden. Maar ook het effectief onderzoeken aan de werkelijkheid zullen ze moeten leren. Al doende nemen hun onderzoeksvaardigheden toe* en 'meer kunnen' ontsluit meer mogelijkheden tot kennisverwerving. Al snel wordt gedacht aan experimenteren of 'proefjes doen' als het gaat om onderzoek bij N&T.

Maar er is meer dan het (planmatig) opzetten en uitvoeren van experimenten. Er zijn eenvoudigere soorten onderzoek die in het basisonderwijs minstens zoveel aandacht verdienen. Het gaat om vormen van onderzoek waarin kinderen direct waarnemingen doen aan de werkelijkheid zoals ze die

*In het najaar van 2021 is door het WKRU een leerlijn onderzoeksvaardigheden gepubliceerd; zie ook tabel 22.2 uit *Praktische didactiek voor Natuur & Techniek*.



Let op de verschillen in fase 3 en 4 van het zevenstappen lesmodel voor onderzoekend leren. (webbijlage bij § 9.1 van Praktische didactiek voor Natuur & Techniek)

tegenkomen, en waarbij ze op basis daarvan kunnen vergelijken, meten, inventariseren en veranderingen kunnen volgen. Redenen om voor dergelijke vormen van onderzoek te kiezen zijn:

- het maakt het makkelijker en sneller mogelijk om met kinderen praktisch aan de slag te gaan. Je hoeft bijvoorbeeld lang niet altijd met de kinderen een compleet zevenstappen lesmodel te doorlopen; de afbeelding op de vorige pagina laat zien dat de voorbereiding en uitvoering van het onderzoek (fase 3 en 4) uiteenloopt. Bij de in de volgende paragraaf nader omschreven vormen van onderzoek zal deze doorgaans veel beperkter kunnen zijn. En in de praktijk zal ook een deel van de overige lesfasen vaak achterwege kunnen blijven of sterk zijn ingekort.
- het vraagt van jou minder voorbereiding, expertise en organisatievermogen. Als je er nog maar weinig ervaring mee hebt, verlaagt dit voor jezelf de drempel om de kinderen geregelder kleine onderzoekjes te laten doen. En voor de ontwikkeling van onderzoeksvaardigheden is dat zelfs effectiever dan incidenteel breed opgezette onderzoeksactiviteiten.
- het is motiverend, inspirerend en verrijkend om te doen.
- het geeft meer onderzoeksmogelijkheden voor jonge kinderen.
- het helpt kinderen basisvaardigheden als waarnemen, vergelijken en meten te ontwikkelen die onontbeerlijk zijn voor het later kunnen bedenken, opzetten en uitvoeren van experimenten. Daarvoor moeten ze namelijk vaak een combinatie van basale onderzoeksvaardigheden aanwenden. Je mag de voorbereidende functie van eenvoudige vormen van onderzoek niet onderschatten!

Er valt kortom veel voor te zeggen om onderzoek bij N&T vaker klein te houden om vroeger, sneller, meer en frequenter resultaat te boeken en op den duur meer diepgang te realiseren bij complexere vormen van onderzoek, zoals het experimenteren vanuit de principes van ‘eerlijk’ onderzoek.

Variatie in onderzoek

Hoe ziet eenvoudiger onderzoek er dan uit? Hierna volgen enkele soorten onderzoek die minder complex zijn in opzet, uitvoering en qua benodigde (combinatie van) vaardigheden. Er zijn veel mogelijkheden voor onderzoek waarvoor het niet nodig is dat de kinderen doelgericht experimenteren, dus geen proefopstelling hoeven te bedenken, een hypothese moeten formuleren, onderzoeksobjecten moeten manipuleren of de proefomstandigheden naar hun hand moeten zetten. Kenmerkend voor dergelijk onderzoek is dat kinderen de werkelijkheid onderzoeken zoals deze zich aan hen voordoet, in de klas of daarbuiten. Vragen of spullen waarmee kinderen binnenkomen vormen vaak het startpunt. Dat maakt het niet minder wetenschappelijk en is zeker zo belangwekkend.

Waarnemen met een of meer zintuigen aan organismen, verschijnselen, voorwerpen en materialen

Bij deze vorm van onderzoek gaan kinderen gericht op onderzoek vanuit waarnemingsvragen, zoals: ‘Welke kenmerken zie je?’, ‘Hoe voelt het aan?’, ‘Wat doet het?’/‘Hoe gedraagt het zich?’, ‘Hoe zit het in elkaar?’. Het verzamelen van onderzoeksresultaten gebeurt eerst met ‘ongewapende’ zintuigen, maar op den duur ook verfijnder of buiten hun gezichtsveld met hulpmiddelen als loep, binoculair, telelens, Bat recorder (ultrasoon geluid) en met diverse sensoren.

Vanaf hun geboorte onderzoeken kinderen zo hun leefomgeving en raken er geleidelijk vertrouwd mee. Globale indrukken maken door samenspel van de zintuigen, door oefening en door communicatie met anderen geleidelijk plaats voor een meer gedetailleerde waarneming. Op school kun je met werkvormen als observatiekring, nabouwactiviteiten, voel- en luisterspelletjes, zoekopdrachten en ontdekhoecken sterk bijdragen aan de ontwikkeling van hun waarnemingsvermogen. Maar dan is



Tuinslak en segrijnslak van alle kanten en in detail bekijken. (Foto's: Jos Marell)

het wel belangrijk dat je ze de objecten zoveel mogelijk zelf laat hanteren en in toenemende mate doorvraagtechnieken gebruikt zodat de kinderen hun waarnemingen verfijnen en onder woorden leren brengen. De ervaring leert dat je meer en beter waarneemt naarmate je meer weet (dus kunt vergelijken en benoemen). Naarmate de leerlingen ouder zijn, stel je hogere eisen aan de nauwkeurigheid van hun waarnemingen. Door deze te laten uitbeelden, beschrijven of tekenen stimuleer je dat ook. Bovendien zorgt het waarnemen met verschillende zintuigen in combinatie met lichamelijk bezig zijn ervoor dat meer hersengebieden actief zijn, wat een positieve invloed heeft op de beleving, de begripsvorming en het geheugen.

Nauwkeurig vergelijken en meten

Met onderzoek waarin vergelijkingsvragen centraal staan, stimuleer je de kinderen organismen, voorwerpen en situaties te vergelijken. Het scherpert hun waarnemingsvermogen omdat vooral de verschillen hen dan eerder opvallen. Dat maakt het voor de kinderen doorgaans gemakkelijker om onderscheid te maken dan om te herkennen en benoemen wat overeenkomt.

Bij vergelijkend waarnemen passen begrippen (en leeractiviteiten!) als ordenen, associëren, sorteren/indelen, identificeren/determineren, classificeren/rubriceren, rangschikken/seriëren, tellen en meten. Deze laatste twee maken het mogelijk waargenomen overeenkomsten en verschillen objectief in getallen uit te drukken. De kinderen kunnen de resultaten van vergelijkend onderzoek weergeven met 'graphic organizers' als venn- en Carrolldiagrammen en getalsmatig in turflijstjes, tabellen en grafieken. Met audiovisuele apparatuur en meetinstrumenten kunnen ze waarnemingen op verschillende plaatsen of tijdstippen registreren en die daarna toch onderling vergelijken.

Voor veel kinderen blijkt het een ingebakken natuur om te ordenen: van een willekeurige verzameling (een samenraapsel) van voorwerpen leggen ze al vlug dingen bij elkaar die volgens hen bij elkaar horen. Leren blijkt vaak een kwestie van ordenen naar kenmerk (vorm, kleur, formaat, structuur, textuur, enzovoort), plaats en tijd (zoals volgorde en regelmaat) en van relateren, dus van structuur brengen in de veelheid en chaos die de werkelijkheid te zien geeft. Daarmee krijgen ze steeds meer grip op de dingen en omstandigheden. Niet voor niets zijn allerlei ordeningsspelletjes razend populair, en blijken ze leerzaam. Kinderen beleven bijvoorbeeld lol aan het op de tast sorteren van schelpen. En jonge kinderen zien na enige oefening al snel welk voorwerp hun leraar bij een kimpel

heeft toegevoegd, weggehaald of verplaatst. Meten (groei, lichaamsprestaties, het weer) en afpassen (voedselbereiding, timmeren en andere constructieactiviteiten) zie je leerlingen vanaf de middenbouw graag doen.

Inventariserend onderzoek

Bij inventariserend onderzoek zoeken kinderen antwoord op vragen als 'Wat is er, wanneer en waar precies en in welke aantallen?'. Bij het onderzoeken van plekken en situaties kunnen de kinderen nagaan wat ze herkennen en daarnaast – bijvoorbeeld met een app als 'Obsidentify' – onbekende organismen identificeren en classificeren. Bekende voorbeelden van inventariserend onderzoek zijn het 'slootje prutten' en schelpen verzamelen langs het strand, aangestuurd door de vraag 'Welke algemene en bijzondere soorten kun je hier vinden?'. In de bovenbouw kunnen ze hun bevindingen letterlijk in kaart brengen of hun bijdrage leveren aan nationaal onderzoek, zoals bij 'citizen science'-projecten als de jaarlijkse tuinvogel- en vlindertelling. Dit opzoeken en vinden spreekt veel kinderen aan die van verzamelen houden. Ze kunnen hun groeiende verzameling van waarnemingen en bijzondere vondsten wellicht in lijstjes, afbeeldingen en beschrijvingen bewaren in een eigen natuurlogboek of vitrinekastje.



Hoeveel verschillende fossielen bevat dit brokje mergel? (Foto: Jos Marell)

Waarnemen gedurende een korte of langere periode

De kinderen merken dat om hen heen voortdurend gebeurtenissen en veranderingen plaatsvinden en dat die deels hun leven beïnvloeden. Dat nodigt uit tot nader onderzoek. Kinderen vinden het boeiend om bij te houden wat er gebeurt. Het gaat onder meer om het ritme van dag en nacht, weer- en seizoensverschijnselen, ontwikkeling en afbraak in de natuur, de werking van apparaten en het verloop van productieprocessen. Om deze veranderingen (en patronen daarin) te leren kennen, moeten de kinderen over een korte of langere periode monitoren wat er gebeurt. Vragen die richting geven aan het onderzoek dat de leerlingen kunnen uitvoeren zijn van het type 'Wanneer en/of hoe vaak vindt de verandering plaats?', 'Wat gebeurt er als of nadat ...?', 'Wat gebeurt of verandert er achtereenvolgens?', 'Hoe verloopt het proces van ...?' en 'Hoe lang duurt het voordat ...?'. Voorbeelden: Hoe vaak vervelt de meelworm voordat ie verpopt?', 'Welke kleuren veranderen als je door een rood filter kijkt?', 'Wat verandert er aan de diepgang van het schip als het gelost wordt?', 'Welke onderdelen van de handmixer komen achtereenvolgens in beweging als je aan de zwengel begint te draaien?', 'Hoe verloopt de ontwikkeling van dikkopje tot kikker?' en 'Hoe lang duurt het voordat de eieren uitkomen?'.

Als veranderingsprocessen (bijvoorbeeld kristalvorming, groei, verdamping van een plas na een regenbui) langer duren, is het zonde van de tijd er voortdurend bij te blijven. Het is dan zinniger op gezette tijden, dus steekproefsgewijs, te registreren wat er is veranderd of in welke mate er iets is veranderd. Als de kinderen met een camera van het veranderingsproces (bijvoorbeeld het opengaan van een bloem) een timelapse maken, zit het werk vooral in het kiezen van de juiste op- en instelling van de apparatuur daarvoor.

Bovenstaande vormen van onderzoek bieden overigens niet alleen mogelijkheden bij N&T, maar ook bij vakgebieden als aardrijkskunde, geschiedenis en bij meer geïntegreerd onderwijs zoals oriëntatie op jezelf en de wereld (OJW) en STEM of TREK IN-onderwijs (zie hoofdstuk 21 van Marell & De Vaan, 2020).

Het voorbereiden en inpassen van de onderzoeksactiviteiten

Hoe de voorbereiding van het onderzoek eruitziet, hangt af van de onderzoeksvraag en daarmee van het soort onderzoek.

- Voor waarnemings- en vergelijkingsvragen volstaat doorgaans het verzamelen of buiten opzoeken van de materialen. Uiteraard hebben de kinderen zelf daarin een belangrijk aandeel, vaak vormen al spontaan door hen meegebrachte dingen de aanleiding voor onderzoek.
- Voor meetactiviteiten voldoet het meestal om duidelijke afspraken met de kinderen te maken over wat, wanneer precies en hoe ze gaan tellen of meten en eventueel hoe ze de taken onderling verdelen, zoals bij metingen aan verschillende weersfactoren.
- Voor inventariserend onderzoek moeten de kinderen afspreken waar, wanneer en hoelang precies ze gegevens willen verzamelen, en hoe ze deze gaan vastleggen, zoals bij de vraag welke tuinvogels de voederplaats bezoeken.
- Om veranderingen (en patronen daarin) te kunnen vaststellen over een kortere of langere periode, moeten de leerlingen vooraf samen goed bedenken hoe ze deze in beeld kunnen brengen, bijvoorbeeld als ze willen achterhalen hoe de lengte en de richting van schaduwen buiten in de loop van de dag veranderen.

Als leraar moet je beslissen of je in je begeleiding van het onderzoek volstaat met het globaal aangeven van richting en het wegnemen van hindernissen of dat je de leerlingen meer sturing geeft. Wat verwacht je dat de kinderen aankunnen en waar voel je jezelf senang bij? Het zal uitmaken hoe vertrouwd je zelf (al) bent met het onderwerp van onderzoek en van het begeleiden van onderzoeksactiviteiten in het algemeen. Bouw het op, gun jezelf de tijd om ook deze boeiende kanten van het vak steeds beter in de vingers te krijgen.

Het zijn niet alleen vragen van kinderen of de door hen meegebrachte spullen die aanleiding kunnen geven tot kleinschalig of uitgebreider onderzoek, ook reguliere lessen taal en rekenen kunnen daarvoor als vertrekpunt dienen (zie hoofdstuk 14 en 15 van Marell & De Vaan, 2020). Door daar onderzoeksactiviteiten aan te koppelen kunnen deze vakken aan betekenis winnen, ze gaan voor de kinderen als het ware leven. En omgekeerd zullen reken- en taalvaardige leerlingen betere resultaten boeken bij onderzoek aan de werkelijkheid vanwege de vruchtbare wisselwerking tussen Doen, Dialoog en Denken: onderwijs in 3D!

Meer lezen?

Marell, J. & Vaan, E. de (2020). *Praktische didactiek voor Natuur & Techniek*. Bussum: Coutinho.

Activiteitsuggesties

- Boogmans, J. (2010). *Rupsen horen poepen. Praktijkgids natuurbeleving*. Zeist: KNNV Uitgeverij.
- Dijkman, M. & Ruiter, J. de (2016). *Alle kinderen naar buiten! Het grote natuuractiviteitenboek*. Zeist: KNNV Uitgeverij.
- Marell, J. (2017). *Impulsen voor nieuwsgierigheid*. Arnhem: Samen Opleiden.
Downloaden: www.follio.eu/i/noPGJBZKlqp4
- Turner, J., Keogh, B., Naylor, S. & Lawrence, L. (2011). *It's not fair – or is it? A guide to developing children's ideas through primary science enquiry*. Hatfield/Sandbach: The Association for Science Education/Millgate House.
- Oefeningen in observeren door het Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit:
www.wetenschapdeklasin.nl/observeren
- Inspiratie voor eenvoudige spelletjes of activiteiten rond het schoolplein: www.milieueducatie-den Haag.nl/site/hupnaarbuiten

Referenties

- Algemene Vereniging Schoolleiders. (2017). Werken met onderzoekend en ontwerpend leren vereist scholing leerkrachten. *KaderDigitaal*, 4(5), 1. Downloaden: www.avv.nl/artikelen/werkenmetonderzoekendenontwerpendlerenvereistscholingleerkrachten
- Baren-Nawrocka, J. van & Dekker, S. (2019). *Leidraad onderzoekend leren*. Nijmegen: Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit.
- Inspectie van het Onderwijs (2015). *Wereldoriëntatie: De stand van zaken in het basisonderwijs*. Utrecht: Inspectie van het Onderwijs. Downloaden: www.onderwijsinspectie.nl/documenten/rapporten/2015/04/15/themaonderzoek-wereldoriëntatie-de-stand-van-zaken-in-het-basisonderwijs
- Inspectie van het Onderwijs (2015). *Peil.Natuur en Techniek 2015-2016*. Utrecht: Inspectie van het Onderwijs. Downloaden: www.onderwijsinspectie.nl/onderwerpen/peil-onderwijs/natuur-en-techniek
- Marell, J. (2017). *Impulsen voor nieuwsgierigheid*. Arnhem: Samen Opleiden. Downloaden: www.follio.eu/i/noPGJBZKlqp4
- Marell, J. & Vaan, E. de (2020). *Praktische didactiek voor Natuur & Techniek*. Bussum: Coutinho.
- Meelissen, M., Hamhuis, E. & Weijn, L. (2020). *Leerlingprestaties in de exacte vakken groep 6 van het basisonderwijs – resultaten TIMMS-2019*. Enschede: Universiteit Twente. Downloaden: www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2020/12/08/leerlingprestaties-in-de-exacte-vakken-in-groep-6-van-het-basisonderwijs-resultaten-timss-2019
- Turner, J., Keogh, B., Naylor, S. & Lawrence, L. (2011). *It's not fair – or is it? A guide to developing children's ideas through primary science enquiry*. Hatfield/Sandbach: The Association for Science Education/Millgate House.

Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit

Dit boek is een uitgave van het Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit (WKRU). Het WKRU is in 2009 opgericht als eerste Wetenschapsknooppunt van Nederland. Het WKRU heeft als missie de nieuwsgierige en onderzoekende houding van kinderen en (aankomend) leraren te bevorderen. Om dit te bereiken organiseert het WKRU diverse activiteiten waarbij een verbinding wordt gelegd tussen onderzoekers van de Radboud Universiteit en het Radboudumc; het basisonderwijs; en studenten, docenten en onderzoekers van het Onderwijsinstituut Pedagogische Wetenschappen en Onderwijskunde (Radboud Universiteit) en de Faculteit Educatie (Hogeschool van Arnhem en Nijmegen).

Expertise

De expertise van het WKRU ligt in het begeleiden van eigen onderzoek door leerlingen. Het WKRU ontwikkelt voorbeeldprojecten, materialen en hulpmiddelen die leraren kunnen inzetten om wetenschap in de klas te brengen en die als basis dienen voor het eigen onderzoek door leerlingen. Deze materialen zijn beschikbaar via www.wetenschapdeklasin.nl. De kennis en ervaring van het WKRU blijft zich continu ontwikkelen. Dit gebeurt op basis van inzichten uit de literatuur, ervaringen in de klas en uitwisseling met collega's in het vakgebied. Naast deze boekenreeks publiceert het WKRU ook regelmatig in vaktijdschriften. Een overzicht van alle artikelen van het WKRU is te vinden op onze websites.

Activiteiten

Het WKRU biedt verschillende activiteiten aan voor leraren (in opleiding), scholen en onderzoekers. Elk jaar ontwikkelen drie Radboud Science Teams, bestaande uit onderzoekers, leraren en leraren in opleiding, onder leiding van het WKRU een project over een actueel wetenschappelijk thema. Het uitgangspunt van alle projecten is dat leerlingen zelf onderzoek kunnen doen naar het thema. De opbrengsten van deze teams worden geborgd in de boekenreeks *Wetenschappelijke doorbraken de klas in!* Daarnaast organiseert het WKRU jaarlijks de Winterschool, een professionaliseringsdag over wetenschap en onderzoekend leren. Gedurende het schooljaar wordt professionalisering voor schoolteams aangeboden in het begeleiden van onderzoekend leren. Radboud-onderzoekers kunnen bij het WKRU terecht voor advies op het gebied van wetenschapseducatie en hulp bij de voorbereiding van een interessante les voor een basisschoolklas. Alle activiteiten van het WKRU zijn te vinden op www.wkru.nl.

Financier

Het werk van het WKRU wordt mogelijk gemaakt door de Radboud Universiteit, met als aanvullende sponsor het Radboudumc.

www.wkru.nl

www.wetenschapdeklasin.nl



@WKRU1



[linkedin.com/company/wkru](https://www.linkedin.com/company/wkru)



@wkrunijmegen



@wkrunijmegen

Over de boekenreeks

De boekenreeks *Wetenschappelijke doorbraken de klas in!* is een uitgave van het Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit (WKRU). Met deze boeken wil het WKRU (aankomend) leraren en leerlingen uit de bovenbouw van het basisonderwijs kennis laten maken met toponderzoek van de Radboud Universiteit. Het gaat daarbij om wetenschap in de volle breedte, dus alfa-, bèta-, gamma- en medisch-onderzoek. De boeken zijn een bron van inspiratie voor leraren om wetenschap de klas in te brengen en leerlingen eigen onderzoek te laten doen.

Wetenschappelijke thema's de klas in

De Radboud Universiteit reikt elk jaar de Radboud Science Awards uit aan drie topwetenschappers die in het afgelopen jaar een belangrijke bijdrage hebben geleverd aan hun onderzoeksgebied. Samen met leraren (in opleiding) en het WKRU vormen de winnaars een Radboud Science Team. Met het team ontwikkelen ze een set activiteiten waardoor leerlingen kennis opdoen over de inhoud van het onderzoek en de manier van onderzoek doen. De bedoeling is dat leerlingen enthousiast en nieuwsgierig worden en dat er veel vragen bij hen opkomen. Uiteindelijk formuleren de leerlingen in groepjes één vraag die ze zelf gaan onderzoeken.

Na afloop van het project beschrijven de onderzoekers de inhoudelijke achtergrond van het thema. Deze wordt samen met de ervaringen en activiteiten in de klas gebundeld tot een hoofdstuk in de boekenreeks *Wetenschappelijke doorbraken de klas in!*. Het boek wordt gepresenteerd op de Winterschool van het WKRU. Tijdens deze professionaliseringsdag op het gebied van wetenschap en onderzoekend leren geven de winnende onderzoekers een inhoudelijke lezing over het thema. Daarnaast geven de Radboud Science Teams een workshop aan collega-leraren, leraren in opleiding en pabo-docenten. Met de inzichten uit de Winterschool kunnen zij met de thema's en onderzoekend leren aan de slag in de klas.

Leidraad onderzoekend leren

Bij de boekenreeks hoort een leidraad onderzoekend leren (Van Baren-Nawrocka & Dekker, 2019). Leraren kunnen met behulp van deze leidraad een project onderzoekend leren vormgeven in de klas. In de leidraad staat een uitgebreide beschrijving van de zeven stappen van onderzoekend leren. Het biedt handvatten en suggesties voor de manier waarop de leraar de leerlingen kan begeleiden bij het onderzoeksproces. De leidraad is online beschikbaar via de website www.wetenschapdeklasin.nl.

Website met aanvullend materiaal

Aan de boekenreeks is een website gekoppeld, www.wetenschapdeklasin.nl, waar per thema alle activiteiten en benodigde materialen (zoals werkbladen en filmpjes) te vinden zijn. Daarnaast bevat de website veel informatie over onderzoek door leerlingen, zoals de leidraad onderzoekend leren, alle hulpmiddelen van het WKRU, voorbeelden uit de praktijk, artikelen en links naar verdiepende informatie. Tevens staan alle thematische hoofdstukken in digitale vorm op deze website.

Thema's per boek

Boek 11	Geloven – Ontdek hoe religie mensen beïnvloedt in hun denken en doen, en hoe niet Neustussenschot – Kan een neustussenschotcorrectie helpen om beter te ademen? Samenwerkende zintuigen – Het raadsel van (automatisch) kleuren bij woorden en getallen zien + <i>didactisch hoofdstuk: 'Klein beginnen met onderzoek' door Jos Marell</i>
Boek 10	Levende cellen – Wat maakt een cel een cel, en hoe zorg je dat namaakcellen blijven leven? Gedachte-experimenten – Wat gedachte-experimenten ons kunnen leren Menselijke machines – Wat is het verschil tussen menselijke en kunstmatige intelligentie? + <i>didactisch hoofdstuk: 'Creatief denken stimuleren' door David van der Kooij en Femke van Os</i>
Boek 9	Sport – Wat is het effect van intensief sporten op de gezondheid van ons hart? Slimme computers – Hoe kunstmatige intelligentie dokters kan helpen bij het stellen van een diagnose Automatisch gedrag – Het nut van automatisch gedrag en hoe lastig het is om het te onderdrukken + <i>didactisch hoofdstuk: 'Dialogische gesprekken voeren: Hoe doe je dat?' door dr. Chiel van der Veen</i>
Boek 8	Kleding – Wat zegt kleding over onze identiteit en welke impact heeft kleding op mens en milieu? Magneten – Ontdek hoe magneten werken en welke invloed licht hierop heeft Protest – Staken is besmettelijk: hoe werkt die beïnvloeding door anderen? + <i>didactisch hoofdstuk: 'Vragen wat je echt wilt weten' door dr. Harry Stokhof</i>
Boek 7	Malaria – Hoe worden muggen door mensen besmet met malaria? Jheronimus Bosch – Wat maakt deze schilder zo bijzonder? Geheugen – Hoe kun je het best dingen onthouden? + <i>didactisch hoofdstuk: 'Nieuwsgierig door observeren' door WKRU</i>
Boek 6	Molecuulbotsingen – Eigenschappen van botsende moleculen bij extreem lage temperaturen Stress – Ontdek verschillende manieren waarop je op stress kunt reageren Taal der zintuigen – De invloed van taal en cultuur op zintuigelijke waarnemingen + <i>didactisch hoofdstuk: 'Begeleiden vanuit een groeimindset' door WKRU</i>
Boek 5	Typisch Nederlands – Kenmerken en vorming van de Nederlandse identiteit Elkaar begrijpen – Hoe komt het dat we elkaar begrijpen? Het oog – De werking van het oog en wat er mis kan gaan + <i>didactisch hoofdstuk: 'Het begint met nieuwsgierigheid' door WKRU</i>
Boek 4	Het Higgsdeeltje – De ontdekking van het deeltje dat zorgt dat dingen gewicht hebben Netwerken in het brein – Hoe werkt ons brein en wat is de relatie met DNA? Het wonderkind David Gorlaeus – Wat voor invloed heeft leeftijd en ervaring op ons denken?
Boek 3	Waarnemen en bewegen – De relatie tussen waarnemingen en het coördineren van bewegingen Onder invloed – De invloed van de omgeving op risicovol gedrag Gevaarlijke ideeën – Het verband tussen ideeën en veranderende regels in de maatschappij
Boek 2	DNA – Erfelijkheid en kopieerfoutjes in je DNA die je leven kunnen bepalen Gedrag – Hoe zorgen je hersenen ervoor dat je verleidingen kunt weerstaan? Infecties onder de loep – De groei en eigenschappen van bacteriën en schimmels
Boek 1	Angst – Wat is angst en hoe kun je het beïnvloeden? Grafeen – Wat zijn de verschillende unieke eigenschappen van grafeen? Denkbeelden over het begin – Hoe tijd, plaats en cultuur onze denkbeelden bepalen

Engelse uitgave

Scientific breakthroughs in the classroom: Language of the senses, DNA, Understanding each other & Higgs boson (2017)

Foto- en illustratieverantwoording

Veel van de foto's en een aantal illustraties in dit boek vallen niet onder de Creative Commons Licentie, hetzij omdat ze onder het copyright van derden vallen, hetzij omdat er kinderen op staan, waardoor geen toestemming voor hergebruik kan worden gegeven. Hieronder volgt een lijst met de foto's en illustraties in dit boek, met bijbehorende licentievorm.

Foto's met kinderen zijn hieronder niet apart vermeld, deze vallen alle onder het copyright van het Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit © 2022 WKRU. Deze foto's mogen wel worden gebruikt in een integrale kopie van minimaal twee pagina's.

Hoofdstuk 1: Klein beginnen

• Veer bekijken, © 2021 Jos Marell	10
• Stroomdiagram, © 2021 Jos Marell	13
• Tuinslak bekijken, © 2021 Jos Marell	15
• Tuinslak op hand, © 2021 Jos Marell	15
• Segrijnslag bekijken, © 2021 Jos Marell	15
• Fossielen in mergel, © 2021 Jos Marell	16

Hoofdstuk 2: Geloof jij het?

• Dr. Niels Spierings, © 2022 Archief Niels Spierings	22
• Tunesische revolutie, CC BY-NC 2.0 Amine Ghrabi (bron: flickr.com)	23
• Maaltijd delen, CC BY-NC-ND 2.0 Church of the Redeemer (bron: flickr.com)	24
• Moskee naast kerk, CC-BY-SA-4.0 Robert Schediwy (bron: commons.wikimedia.org)	25
• Kinderen lezen in de Koran, CC BY 2.0 Nevil Zaveri (bron: flickr.com)	27
• Religieuze symbolen, aangepast van: CC BY-SA 3.0 Pass a Method (bron: commons.wikimedia.org)	29
• Wereldkaart moslims, aangepast van: CC BY-SA 3.0 M Tracy Hunter (bron: commons.wikimedia.org)	29
• Kaart Arabisch Midden-Oosten en Noord-Afrika, CC BY-SA 3.0 Fayçal (bron: commons.wikimedia.org)	30

Hoofdstuk 3: Een neus voor onderzoek

• Dr. Niels van Heerbeek, © 2020 WKRU	56
• Prof. dr. Maroeska Rovers, © 2020 WKRU	56
• Anatomie van de neus voor- en zijaanzicht, CC BY-NC-SA 4.0 Jimmy Israël	58
• Recht & afwijkend neustussenschot, aangepast van: Engin Akyurt, Pixabay License (bron: pixabay.com)	58
• PNIF zij- en bovenaanzicht, CC BY-NC-SA 4.0 WKRU	60
• Reukgedeeltes van de neus, CC BY-NC-SA 4.0 WKRU samengesteld uit: -CC BY 3.0 US Cenvéo (bron: courses.lumenlearning.com) -CC BY-SA 4.0 Bruce Blaus (bron: commons.wikimedia.org)	62

Hoofdstuk 4: Samenwerkende zintuigen

• Dr. Tessa van Leeuwen, © 2019 Gerard Verschooten	86
• Dr. Mark Dingemanse, © 2020 WKRU	86
• Boubba en Kiki, aangepast van: CC BY-NC-SA 4.0 Mark Dingemanse, Marcus Perlman en Pamela Perniss (bron: Cambridge University Press)	87
• Voorbeeld van een letter-kleur associatietest, aangepast van: Basten Rolf Stokhuyzen, publiek domein (bron: gno.mpi.nl)	88

• Afstand tussen kleuren, CC BY-NC-SA 4.0 Mark Dingemanse	89
• Vergelijking van drie deelnemers, CC BY-NC-SA 4.0 Mark Dingemanse	90
• Klinkerruimte en tongposities, CC BY-NC-SA 4.0 Mark Dingemanse	91
• Klinkerruimte en kleurcirkel, CC BY-NC-SA 4.0 Mark Dingemanse	92
• Voorbeeld synesthesie, CC BY-NC-SA 4.0 Tessa van Leeuwen	95
• Nyoronyoro (kronkelen), © 1989 "Nihongo Gitaigo Jiten", Taro Gomi, Kodansha Ltd.	96
• Hirahira (fladderen), © 1989 "Nihongo Gitaigo Jiten", Taro Gomi, Kodansha Ltd.	96
• Pyon pyon (hop hop), © 1989 "Nihongo Gitaigo Jiten", Taro Gomi, Kodansha Ltd.	96
• Gepauzeerd beeld McGurk-illusie, © 2011 Mark Mitton en Josh Aviner (bron: youtube.com)	100

De uitgever heeft uiterste zorgvuldigheid betracht in het achterhalen van de auteursrechten van het illustratiemateriaal in deze uitgave. Mocht u van mening zijn (auteurs)rechten te kunnen doen gelden op illustratiemateriaal in deze uitgave, dan verzoeken wij u om contact op te nemen met de uitgever.

Financiers

Het WKRU wordt mogelijk gemaakt door:

Radboud Universiteit



Aanvullende sponsor:

Radboudumc

Jaarlijkse activiteiten WKRU

Het Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit (WKRU) organiseert terugkerende evenementen en activiteiten op het gebied van wetenschapsonderwijs voor professionals in het basisonderwijs en onderzoekers van de Radboud Universiteit en het Radboudumc. Het creëren van een onderzoekende houding bij basisschoolleerlingen staat hierbij centraal.

Radboud Science Teams

Elk jaar werken drie Radboud Science Teams, gevormd uit toponderzoekers en leraren, aan lessen voor het basisonderwijs met onderzoekende activiteiten rond een wetenschappelijk thema. De activiteiten die hieruit ontstaan vormen een goede basis voor leerlingen om zelf onderzoek te doen. De lessen verschijnen jaarlijks in de boekenreeks *Wetenschappelijke doorbraken de klas in!* en op de bijbehorende website www.wetenschapdeklasin.nl



Winterschool

Jaarlijks organiseert het WKRU eind januari een professionaliseringsdag voor leerkrachten op het gebied van wetenschapsonderwijs. Via lezingen en workshops maken deelnemers kennis met onderzoek van wetenschappers vanuit verschillende vakgebieden in de universiteit en krijgen zij concrete activiteiten mee om het onderzoek in de klas te behandelen. Daarnaast zijn er workshops over het begeleiden van leerlingen bij onderzoeksvaardigheden.



Onderzoeker in de klas

In hun eigen klaslokaal raken leerlingen geïnspireerd door een onderzoeker van de Radboud Universiteit of het Radboudumc. Samen verkennen zij het onderzoeksthema van de onderzoeker in een leuke, interactieve en informatieve les. De onderzoekers worden bij het maken van hun les begeleid door het WKRU.



Professionalisering van leerkrachten

Het WKRU heeft jarenlange ervaring bij het ondersteunen van leraren bij de ontwikkeling van onderzoeksvaardigheden en stimuleren van een onderzoekende houding van leerlingen. Op basis hiervan kunnen wij professionalisering op maat verzorgen. Dit kan in de vorm van één of meer workshops voor het hele team tot individuele begeleiding in de klas.



Kijk voor meer informatie over deze activiteiten op onze website: www.wkru.nl

