

# Leren onderzoeken

Begin 2023 verdedigde ik mijn proefschrift *Development of a teaching-learning sequence for scientific inquiry through argumentation in secondary physics education*. In het proefschrift staat 'leren onderzoeken' centraal. Vragen die naar voren komen zijn: Wat willen we dat leerlingen leren? Wat houdt een goed (natuurkundig) experimenteel onderzoek precies in? Welke rol speelt argumentatie daarin?

Er zijn diverse redenen om aandacht te besteden aan de ontwikkeling van het vermogen van leerlingen om onderzoek te doen, ook wel 'leren onderzoeken' genoemd (v.d. Berg, 2021). Zo laat het doen van (zelfstandig) onderzoek het empirische karakter van de bètawetenschappen zien en bereidt het voor op het profielwerkstuk en vervolgstudies. Ook lijkt kennis over onderzoek onmisbaar tijdens practica: om bijvoorbeeld een patroon in data vast te stellen is begrip over onder meer meetonzekerheid nodig. Ondanks vele inspanningen lijken we nog niet goed in staat om leerlingen zelfstandig een gedegen experimenteel onderzoek op te laten zetten: bij practica kunnen leerlingen een recept volgen, maar zodra ze meer vrijheid krijgen, hebben ze moeite om gefundeerde onderzoekskeuzes te maken (Abrahams, 2011). In het promotieonderzoek kregen dan ook twee aspecten een centrale plaats: leerlingen leren hoe ze een natuurkunde-onderzoek naar de relatie tussen twee grootheden kunnen opzetten, en begrijpen hoe we ze dat zo goed mogelijk aanleren.

## EEN VOORBEELD-ONDERZOEK

Stel dat je gevraagd wordt een onderzoek te doen naar sneldrogende handdoeken met een onderzoeksvraag als: *welk van de vijf merken droogt het best?* Daarop maak je de vijf handdoeken nat, hangt ze te drogen, voelt regelmatig of ze al droog zijn en de handdoek die het eerst droog aanvoelt is de beste.

**FRECK POLS** was tien jaar lang natuurkunde docent op het ISW. Hij is nu universitair docent bij de groep Science & Engineering Education aan de TU Delft. c.f.j.pols@tudelft.nl

## Onderzoeks aanpak

Het eerste deelonderzoek gaat over hoe goed 4-havo/vwo-leerlingen data (verzameld in practica) kunnen analyseren. Dat onderzoek toont aan dat er al problemen zijn voordat ze de data analyseren: ze gebruiken vaak eenzelfde soort methode als beschreven in het kader, terwijl er heel wat aan te merken is op de betrouwbaarheid en validiteit van dat onderzoek. De zo verzamelde 'ruizige' data maakt het bepalen van een verband ook lastig. Een belangrijk verworven inzicht is dat leerlingen een begrip van onderzoeken hebben dat zich laat karakteriseren als 'het onderzoek moet een antwoord opleveren op de onderzoeksvraag, elk antwoord volstaat'. Maar we willen dat leerlingen niet met elk antwoord tevreden zijn: ze moeten juist nadenken over de kwaliteit van hun onderzoek en bewuste methodologische keuzes maken. Een eerste stap is dan inzicht geven in het wetenschappelijk doel van onderzoeken: 'het vinden van het best mogelijke antwoord op de onderzoeksvraag binnen de gegeven (praktische) beperkingen'. Een tweede stap is gericht op begripsontwikkeling van onderzoeken, met name op het gebied van *betrouwbaarheid* en *validiteit*. De overige deelonderzoeken richten zich dan ook op wat dat precies betekent en hoe je dat leerlingen kunt leren.

## Onderzoek als constructie van een overtuigend argument

Een wetenschappelijk onderzoek leidt tot een claim, bijvoorbeeld: handdoek A droogt het snelst. Of die claim echt waar is, wordt getoetst door andere experts. Zij stellen (zichzelf) dan vragen als:

- Zijn alle relevant variabelen geïdentificeerd en constant gehouden (bijvoorbeeld de



Figuur 1. De eerste les betrof een onderzoek naar de slingertijd in een context van een nieuw te ontwikkelen stunt in een piratenfilm

wind, schaduw, de hoeveelheid water die is gebruikt, de kleur van de handdoek)?

- Zijn de juiste meetinstrumenten gekozen (bijvoorbeeld een warmtecamera in plaats van voelen)?
  - Zijn er voldoende metingen verzameld (bijvoorbeeld een continue meting in plaats van elke 10 minuten)?
  - Resulteert een andere manier van de data verzamelen/analyseren in dezelfde claim?
- Een onderzoeker zal vanaf het begin van het onderzoek tijd en moeite steken in het stellen van soortgelijke vragen, en deze zo goed mogelijk beantwoorden om zo de claim zo goed mogelijk te onderbouwen. Het doen van onderzoek kunnen we dan ook beschouwen als: *de constructie van een wetenschappelijk overtuigend argument voor een specifieke claim.*

No.	Een onderzoeker begrijpt dat	En laat dit zien door
6	het belangrijk is om geschikte instrumenten en procedures te kiezen om zodanig valide data met de vereiste nauwkeurigheid en precisie te krijgen.	het kiezen van geschikte meetinstrumenten en procedures die de vereiste betrouwbaarheid en nauwkeurigheid van de dataset opleveren.
12	data geschikte methoden vereisen om ze te analyseren en te beschrijven.	het kiezen van data-representatiemethoden die duidelijk de eigenschappen van, en patronen (of de afwezigheid daarvan) in de dataset onthullen
14	een volledig, helder, onderbouwd en bruikbaar antwoord op de onderzoeksvraag geleverd moet worden.	een volledig, helder, onderbouwd en bruikbaar antwoord te formuleren.

Tabel 1: Een set van inzichten die nodig zijn om een gedegen natuurkunde onderzoek op te zetten, naar Pols et al (2022a).

In het tweede deelonderzoek is een set van inzichten (de leerdoelen voor 'leren onderzoeken') geïdentificeerd, die in een natuurkundig onderzoek nodig zijn om een wetenschappelijk overtuigend argument te construeren, zie tabel 1. Omdat leerdoelen pas echt waarde krijgen als ze meetbaar worden, hebben we daarnaast indicatoren gespecificeerd voor verschillende begripsniveaus. Het hoogste niveau wordt toegekend wanneer leerlingen een gedegen onderzoekskeuze maken en deze ook weten te rechtvaardigen (bijvoorbeeld: we gebruiken een warmtecamera omdat de temperatuur van vochtige handdoeken lager is dan die van de omgeving).

### Ontwikkelen en testen van een lessenserie

Op basis van de geformuleerde leerdoelen is een lessenserie ontwikkeld die beoogde het wetenschappelijk doel van onderzoek helderder te maken voor leerlingen en een

aantal van die inzichten te ontwikkelen. Bij het (door)ontwikkelen van bestaande activiteiten zijn de volgende vijf ontwerpprincipes gebruikt:

1. Begeleid onderzoek, om een balans te bieden tussen autonomie en ondersteuning;
2. Benodigde vakkennis beperken om te kunnen focussen op de kwaliteit van wetenschappelijk bewijs;
3. Boeiende context, om de relevantie van hoge kwaliteit antwoorden te tonen;
4. 'Falen' productief benutten, om tijd voor reflectie op onderzoekskeuzes te bieden;
5. Metacognitieve taken, om na te gaan wat er geleerd is en dat direct te versterken.

De lessenserie startte met een leerlingonderzoek naar de invloed van een zelfgekozen factor op de slingertijd in de context van een nieuw te ontwikkelen stunt voor een piraten-

film, zie figuur 1. Zonder veel nadenken gingen ze aan de slag en schreven vervolgens een brief aan de stuntcoördinator. In de tweede les werd hen gevraagd of ze de stunt ook zelf zouden durven uitvoeren als deze gebaseerd zou zijn op hun onderzoek. Het ontkennende antwoord en de daaropvolgende discussie gaf leerlingen het inzicht dat er vervelende consequenties kunnen kleven aan 'slecht' onderzoek. Als je het niet goed doet, kun je het net zo goed niet doen... Dit motiveerde om te leren wat ze dan anders hadden kunnen of moeten doen.

In de daaropvolgende onderzoeksactiviteiten werden systematisch de zwaktes in hun methoden aangepakt. De leerlingen reflecteerden steeds wat ze beter hadden kunnen doen in hun eerste onderzoek en formuleerden hun 'inzichten over onderzoek doen', om in toekomstig onderzoek rekening mee te houden. Het eindonderzoek liet zien dat zij nu bedachtzamer te werk gingen, dat ze wisten welke keuzes ze eigenlijk moesten maken en hoe ze die zo goed mogelijk in konden vullen. Uit eigen beweging probeerde ze een zo informatief mogelijke conclusie te produceren en die te onderbouwen. Die onderbouwing was nog steeds kort, onvolledig en beperkt in kwaliteit (zoals verwacht mag worden van leerlingen van deze leeftijd), maar het inzicht dat die onderbouwing nodig is hadden ze nu wel zelf omarmd.

### Conclusie

Naast bruikbare instrumenten en lesmateriaal zijn theoretisch-didactische inzichten en praktische richtlijnen ontwikkeld. Een van de belangrijkste inzichten is dat we leerlingen (open) onderzoek laten doen zonder dat ze goed begrip hebben van het doel van dat onderzoek. Een handige manier om de relevantie van goed (leerling)onderzoek te laten zien is hen wijzen op de praktische consequenties daarvan, waarbij ze zélf inzien dat gebruik van onbetrouwbare onderzoeksresultaten nare gevolgen voor hen (of anderen) kan hebben. In de gegeven casus zal het onderzoek waarschijnlijk door leerlingen ook anders worden uitgevoerd wanneer ze weten dat de bevindingen gedeeld worden op een tv-programma (Hut, 2023). ●

De bronnen staan bij dit artikel op de NVON-website.



Figuur 2. Een onderzoek naar de snelst drogende handdoek. (Foto: Hut, 2023)