Delft University of Technology

KRITISCH? LAAT HET ZE MAAR ERVAREN…
ONTWIKKELING VAN EEN KRITISCHE HOUDING IN EEN LEERLIJN ONDERZOEKEN

Pols, C.F.J.

Publication date
2021

Document Version
Final published version

Published in
Nederlands Tijdschrift voor Natuurkunde

Citation (APA)
Pols, C. F. J. (2021). KRITISCH? LAAT HET ZE MAAR ERVAREN…: ONTWIKKELING VAN EEN KRITISCHE HOUDING IN EEN LEERLIJN ONDERZOEKEN. *Nederlands Tijdschrift voor Natuurkunde*, *87*(8), 10-13.

Important note
To cite this publication, please use the final published version (if applicable).
Please check the document version above.

Copyright
Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

Takedown policy
Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights.
We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

This work is downloaded from Delft University of Technology.
For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to a maximum of 10.

KRITISCH? LAAT HET ZE MAAR ERVAREN...

ONTWIKKELING VAN EEN KRITISCHE HOUDING IN EEN LEERLIJN ONDERZOEKEN

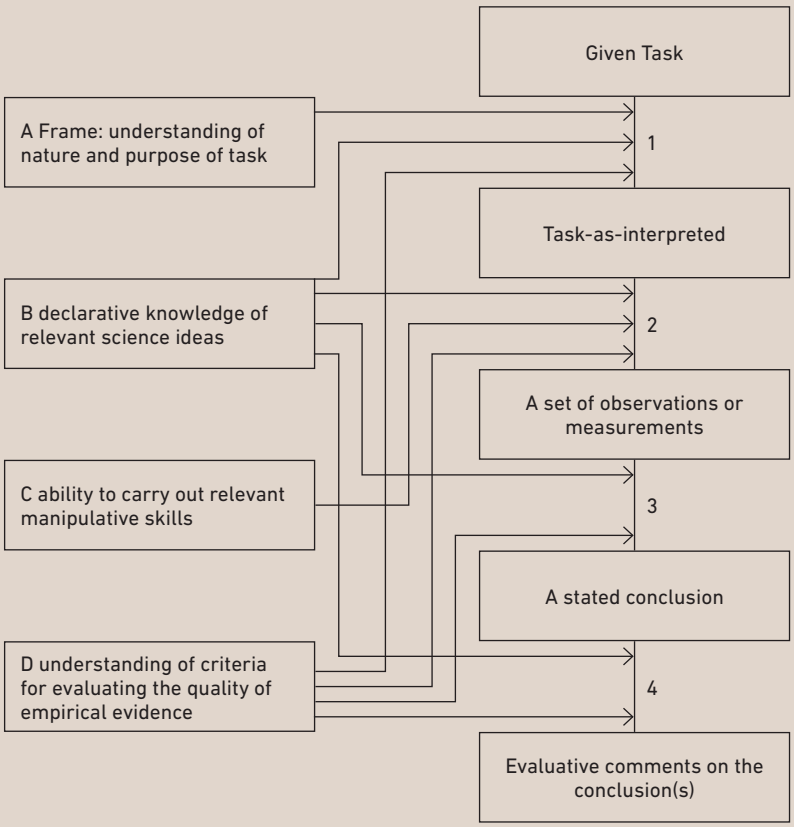
Om de geringe leeropbrengst van practica te vergroten, ontwikkel en test ik in mijn promotieonderzoek een leerlijn *onderzoeken*. De activiteiten van deze leerlijn richten zich op het ontwikkelen van de benodigde kennis en kritische houding om een onderzoek succesvol uit te voeren. In dit artikel bespreek ik de eerste stap: leerlingen prikkelen om überhaupt een goed onderzoek op te willen zetten.

We hebben waarschijnlijk allemaal wel eens een practicum op de middelbare school (of tijdens de studie) gedaan waarbij je je afvroeg: "Wat ben ik aan het doen? Wat moet ik hier van leren?" De gerapporteerde leeropbrengst van veel van deze practica is dan ook teleurstellend te noemen – begripsontwikkeling van natuurkundige concepten is minimaal [1]. Het lijkt nog niet goed te lukken om door middel van practica leerlingen te leren hoe je een goed onderzoek opzet [2]. Dat is wel essentieel willen we leerlingen laten inzien waarom we vertrouwen kunnen hebben in de wetenschap [3].
Een van de problemen lijkt te zijn dat leerlingen tijdens practica nauwelijks nadenken over wat ze aan het doen zijn, waarom ze dat precies op die manier doen of hoe ze betere resultaten kunnen verkrijgen. Met andere woorden: een kritische, wetenschappelijke houding ontbreekt. De leerlingen zouden zich bij elke keuze die ze moeten maken, moeten afvragen of deze tot een zo goed mogelijk resultaat leidt, waarbij de data in elk geval betrouwbaar en valide zijn. Dat die wetenschappelijke houding op vijftienjarige leeftijd nog ontbreekt is niet vreemd. Waarom zouden leerlingen veel tijd en moeite stoppen in het hoog houden van de wetenschappelijke standaarden? Practica zoals deze nu aangeboden worden hebben voor hen nauwelijks relevantie en je best doen omdat de docent het vraagt lijkt in het algemeen voor leerlingen geen motief te zijn. In de veelal voorgeschreven practica wordt aan hen ook nauwelijks gevraagd om zelfstandig keuzes te maken, maar als ze dan meer vrijheid krijgen, willen we wel dat ze dit kunnen. De vraag is dan ook: hoe kunnen we ervoor zorgen dat leerlingen (1) kritischer gaan kijken naar hun eigen werk en (2) de ongeschreven 'regels' (willen) leren die ten grondslag liggen aan wetenschappelijke standaarden, met andere woorden, begrip ontwikkelen van de concepten van bewijs? Een eerste stap is om als docent anders naar practica te kijken.

Practicum als denkactiviteit

Als je een practicumles instapt, lijkt dit vooral een praktische activiteit te zijn. Leerlingen bedienen met een wat chaotische maar enthousiaste aanpak de instrumenten om zo snel mogelijk data te verzamelen die hen in staat stellen om de onderzoeksvraag te beantwoorden. Maar practica kunnen veel beter beschouwd worden als een denk- en handelingsactiviteit waarbij meer kennis over onderzoeken leidt tot een betere kwaliteit van het onderzoek. Het model *Procedural and Conceptual Knowledge in Science* (PACKS) [4] beschrijft vier typen van kennis en hun rol bij het maken van keuzes tijdens het practicum, zie figuur 1 (toegankelijk achtergrondinformatie hierover is te vinden in [5]). Met name kennistype D, kennis over het evalueren van de betrouwbaarheid van het aangeleverde bewijs (data, analyse en de interpretatie daarvan), bepaalt de kwaliteit van practica. Dit komt duidelijk naar voren wanneer je bedenkt dat een gemeten grootheid pas representatief is als er een juiste keuze gemaakt is voor de meetinstrumenten (bijvoorbeeld op basis van de *meetresolutie*), de meting vaak genoeg *herhaald* is terwijl *andere variabelen constant gehouden* zijn.
Inzet van kennistype D betreft voornamelijk een operationalisatie van zogenoemde *concepten van bewijs* [6] waarvan enkele hierboven schuingedrukt zijn weergegeven. Dit zijn concepten zoals bereik, interval, meetonzekerheid die de abstractere begrippen betrouwbaar-

Freek Pols werkte na zijn studie technische natuurkunde (TUD) tien jaar als natuurkundedocent op het ISW 's-Gravenzande. Naast die baan deed hij promotieonderzoek naar natuurkundig practicumonderwijs. In 2019 keerde hij terug naar de TN-TUD waar hij het eerstejaars natuurkundepracticum verzorgt.
C.F.J.Pols@tudelft.nl



Figuur 1. Het PACKS-model [4] verbindt de invloed van vier typen van kennis en de keuzes die gemaakt worden in de verschillende fases van een onderzoeksproces.

UoE nr	De onderzoeker begrijpt dat:	Dit begrip wordt getoond door:
4	andere variabelen dan de onafhankelijke de uitkomsten kunnen beïnvloeden, en het dus nodig is om die variabelen zo goed mogelijk constant te houden zodat er sprake is van een eerlijke test.	de relevante variabelen te identificeren en deze vervolgens zo constant mogelijk te houden.
11	verschillende data verschillende methode van analyseren en beschrijven vergen. Patronen kunnen zichtbaar gemaakt worden in tabellen, lijn grafieken, spreidingsgrafiek et cetera.	te kiezen voor een datarepresentatie die op heldere, eenduidige wijze de eigenschappen van en het patroon in de data toont.
17	de kwaliteit van een onderzoek vrijwel altijd verbeterd kan worden op basis van de verworven inzichten.	het voorstellen van aanbevelingen die volgen uit de conclusies met geschikte en expliciete nadruk op de belangrijkste beperkingen.

Tabel 1. De ontwikkelde rubric maakt het mogelijk om de kwaliteit van het onderzoek objectief te beoordelen. In onderstaand voorbeeld zijn twee van de negentien criteria opgenomen, de be-schrijving van verschillende scoringniveaus is hier weggelaten.

heid en validiteit concretiseren. Zelfs in de eenvoudigste experimenten is kennis van deze concepten essentieel om tot een betrouwbaar onderzoek te komen. De ontwikkeling van kennis van die concepten staat daarom ook centraal in mijn onderzoek. Maar in plaats van ze expliciet voorafgaand aan het onderzoek te onderwijzen, proberen we die kennis pas te ontwikkelen als leerlingen er de noodzaak van zien.

Producenten en consumenten van kennis

Om de benodigde kennis en kritische houding te ontwikkelen zijn er diverse lesactiviteiten ontwikkeld, waarvan het effect is getest in interventiestudies. Een van de twee interventiestudies is eerder verschenen in het *NTvN* [7]. Daarin werd toegelicht hoe leerlingen eerst een onderzoek doen voor de Swedish Road Service. Door de leerlingen het onderzoek te laten presenteren en peerreview toe te passen, worden ze veel kritischer op hun eigen gemaakte keuzes.
In dit artikel gaat het om de eerste interventiestudie die bestaat uit vijf activiteiten. Elk van die vijf activiteiten is steeds in een makkelijk te begrijpen reallifecontext geplaatst om de relevantie van de activiteit tastbaar(der) te maken.
Bij de start van deze interventiestudie zien de leerlingen (~vijftien jaar) een spectaculaire stunt uit een piratenfilm. Ze worden vervolgens gevraagd onderzoek te doen voor een stuntcoördinator die bezig is met een spectaculaire stunt waarbij een piraat van het ene schip naar het andere slingert en korte tijd na een explosie landt. Omdat de piraat op het juiste moment moet landen, is kennis van de fysische slinger (zie openingsfiguur) essentieel.
Als *kennisproducenten* voeren de leerlingen onderzoek uit naar een zelfgekozen factor die mogelijk de slingertijd beïnvloedt. Ze krijgen de vrijheid om het onderzoek naar eigen inzicht in te richten en uit te voeren. Wel moet de op te brengen informatie van dien aard zijn dat een filmstunt gemaakt kan worden die

niet alleen spectaculair is, maar ook veilig uitgevoerd kan worden door de stuntman.
Normaal gesproken is het onderzoek klaar als de leerlingen hun bevindingen rapporteren. In dit geval wordt hun gevraagd dat te doen in de vorm van een brief naar de stuntcoördinator. Bij deze interventie stopt het onderzoek daar niet. In de aansluitende les worden de leerlingen gedwongen om ook in de rol van de stuntman te kruipen. In een centrale discussie wordt hun gevraagd: "Durf je te springen als de stunt ontwikkeld wordt op basis van jouw onderzoek?" Daarmee verandert de rol van de leerling ineens naar die van *kennisconsument* en worden ze, hypothetisch, zelf blootgesteld aan de gevolgen van slecht onderzoek.
De hypothese in deze interventie was dat leerlingen de waarde van een wetenschappelijke betere aanpak leren inzien en de benodigde kennis om gedegen onderzoek op te zetten dan ook zelf willen ontwikkelen, als ze zich bewust worden van mogelijke praktische gevolgen, een van de concepten van bewijs.

Het leerlingenonderzoek

Het onderzoek naar de slingerbeweging verloopt in de eerste les niet veel anders dan normaal. Leerlingen voeren het vluchtig uit, zonder al te veel na te denken over de kwaliteit van hun aanpak. Zo meten ze vaak slechts een halve slingering. Met behulp van een door mij ontwikkelde *Assessment Rubric for Physics Inquiry* (ARPI) [8, 9], zie tabel 1, is de kwaliteit van de leerlingonderzoeken bepaald. Op basis van die analyse blijkt dat in het algemeen de door de leerlingen gekozen aanpak veel te wensen overlaat. Het enige wat de context doet in de eerste les, is het enthousiasme vergroten doordat ze de relevantie van een eenvoudig slingerexperiment inzien.
Als leerlingen in de tweede les gevraagd wordt of ze zouden durven springen, durven slechts twee jongens het risico wel aan. De anderen argumenteren dat de kwaliteit van het onderzoek onvoldoende is. Deels omdat ze niet de middelen hadden om precies te meten, deels omdat ze het onderzoek gewoon niet goed uitgevoerd hadden. Belangrijk is dat, tot dan toe, leerlingen eigenlijk geen vragen hebben gesteld. Kennelijk ontbreekt de urgentie om te vragen welke andere mogelijkheden er bijvoorbeeld zijn om de slingertijd nauwkeuriger te kunnen meten.
In de vervolgopdracht kijken leerlingen nog eens kritisch naar hun eigen werk en wordt hun gevraagd suggesties voor verbeteringen te doen. Dan blijkt dat ze best goed in staat zijn om de zwakke punten in hun eigen onderzoek te identificeren ("de slinger is niet steeds op hetzelfde punt losgelaten" of "de reactietijd is best groot"). Wel zijn de voorgestelde verbeteringen vaak te vaag en missen ze voldoende details om daadwerkelijk geoperationaliseerd te kunnen worden ("we moeten meer metingen doen"). Nu leerlingen inzien dat hun eerste onderzoek van onvoldoende kwaliteit is, en belangrijker, zij zelf dit oordeel geven, kunnen ze de kennis ontwikkelen die nodig is om een meer gedegen onderzoek op te zetten. Niet omdat ze dit moeten van de docent, maar omdat ze zelf inzien dat een wetenschappelijk betere benadering de voorkeur verdient boven *doen zonder denken*.

Vervolgstappen

In mijn promotieonderzoek is slechts de opbrengst van de interventiestudies onderzocht. In beide interventiestudies zien leerlingen in dat ze betere kwaliteit moeten en kunnen leveren, dat er veel voorbereidend werk nodig is voordat ze het onderzoek daadwerkelijk uitvoeren (de data verzamelen) en dat ze hun kennis daarbij moeten aanspreken en verder ontwikkelen. Het langetermijneffect, of leerlingen ook kritischer zijn bij het uitvoeren van andere practica, is niet grondig onderzocht. Er is slechts anekdotisch bewijs van verschillende docenten die deze lessenserie hebben uitgevoerd, dat leerlingen tijdens andere practica bewuster handelingen uitvoeren, beter weten wat ze moeten doen en hoe ze dat moeten doen. Dat alleen al lijkt een mooie opbrengst van de lessenserie te zijn, maar uiteraard moeten de langetermijneffecten van deze leerlijn *onderzoeken* nader onderzocht worden.

"In de aansluitende les worden de leerlingen gedwongen om ook in de rol van de stuntman te kruipen."

REFERENTIES

1 D. Hodson, *Learning science, learning about science, doing science: Different goals demand different learning methods*, *International Journal of Science Education* **36-15**, 2534-2553 (2014).
2. A. Hofstein, *Chapter 26: The role of laboratory in science teaching and learning*, in *Science Education*, K.S. Taber en B. Akpan, Editors, 357-368, Springer (2017).
3. D.A. Roberts en R.W. Bybee, *Scientific literacy, science literacy, and science education*, in *Handbook of research on science education*, N. Lederman en S.K. Abell, Editors, Routledge: New York (2014).
4. R. Millar et al., *Investigating in the school science laboratory: conceptual and procedural knowledge and their influence on performance*, *Research Papers in Education* **9-2**, 207-248 (1994).
5. C.F.J. Pols en T. Levert, *Eerstejaarspracticum in tijden van COVID-19*, *NTvN* (2020).
6. R. Gott et al., *Research into understanding scientific evidence*, 2003 2018 [cited 2019; Available from: http://www.dur.ac.uk/rosalyn.roberts/Evidence/cofev.htm.
7. C.F.J. Pols, *Leerlingen leren onderzoeken*, *NTvN* **84-11**, 45-47 (2018).
8. C.F.J. Pols et al., *Assessment Rubric for Physics Inquiry*, http://doi.org/10.5281/zenodo.3778087, Editor, Zenodo (2020).
9. C.F.J. Pols et al., *Towards Integration of Argumentation and Inquiry: Defining and Assessing Understandings of Evidence with ARPI 2021(manuscript in preparation).*