

Practicum, wat hebben we (ervan) geleerd?

Dertig jaar geleden verscheen in NVOX het artikel van Buning en Van den Berg: 'Practicum, leren ze er wat?' De kernboodschap: practica zouden veel leerzamer zijn als ze efficiënt op leren gericht waren. Dat artikel is nog altijd verplichte kost in de lerarenopleidingen. Maar is de boodschap nog actueel? Door de uitspraken van een leerlinge te analyseren, bespreken we opnieuw hoe je practica leerzamer kunt maken.

Ze zei: "Je leert meestal niet zoveel van practicum omdat de doelen niet duidelijk zijn, en omdat je voortdurend bezig bent met apparatuur te snappen, waardoor je verder nergens aan toe komt. Vaak zijn er van die werkbladen bij die moeten worden ingevuld, daarbij schrijven leerlingen massaal van elkaar over, of ze schrijven niks op, of ze schrijven op wat er gebeurt, maar snappen niet waarom het gebeurt. Bijvoorbeeld: 'de kleur verandert van geel naar blauw'. Het kan er ook aan liggen dat de vragen op zo'n blad niet goed zijn. Je zou moeten vragen waarom iets gebeurt, maar dat is dan meestal weer te moeilijk."

Deze uitspraken hadden in 1994 gedaan kunnen zijn, maar ervaren docenten weten: ze had dit ook vorige maand kunnen zeggen.



Freek Pols en Peter Dekkers zijn universitair docent/lerarenopleider bij de groep Science & Engineering Education aan de TU Delft.

Ed van den Berg was jarenlang lerarenopleider aan de VU en lector natuur- en techniekonderwijs aan de HvA

Als dit illustratief is voor wat er in de klas gebeurt en geleerd wordt, waar(om) gaat het dan mis? Hoe kunnen we de leeropbrengst van practica vergroten? Wat is er in die dertig jaar geleerd en ontwikkeld?

Leerdoelen

'Je leert meestal niet zoveel van practicum omdat de doelen niet duidelijk zijn.'

De hoofddoelen van practica in het oorspronkelijke artikel luidden, samengevat:

1. Ondersteunen van theoretisch begrip (door ontdekken en/of verifiëren van verbanden).
2. Leren onderzoeken (onderzoeksvaardigheden ontwikkelen door toepassen in experimenten).
3. Leren gebruiken van meetinstrumenten en practicumtechnieken.
4. Motiveren van leerlingen.
5. Betekenis laten zien van 'experimentele' wetenschap.

Latere onderzoeken bevestigen deze doelen keer op keer. Echter, nog te vaak worden die doelen door docenten niet doelbewust gekozen of helder onderscheiden, worden ze aan de leerlingen ook niet duidelijk gemaakt, en kunnen ze op basis van alleen de opgegeven

taken ook niet bereikt worden. Voor zulke practica geldt dat leerlingen er de genoemde doelen niet beter mee bereiken dan met andere werkwijzen. Er is een goed doordachte aanpak nodig wil het practicum effectief zijn. De geciteerde leerling-uitspraken wijzen daar ook op.

Buning en Van den Berg lieten al zien dat bij ieder van de eerste drie doelen een eigen type practicum hoort (begripspractica, onderzoekspractica, instrumentpractica), terwijl de resterende twee altijd aandacht verdienen. In later werk, bijvoorbeeld Abrahams & Millar (2008), wordt verder benadrukt dat onderscheid tussen die typen practica belangrijk is en dat er niet teveel doelen tegelijk nastreefd moeten worden.

Naast het type practicum is ook de openheid daarvan een belangrijke ontwerpkeuze (zie bijvoorbeeld Banchi & Bell, 2008). Om een specifiek doel (vooral 1 & 3) te bereiken wordt veelal een 'gesloten' practicum gekozen: leerlingen volgen (te vaak nog gedachteloos) een recept, met als voordeel dat ze ongeveer in hetzelfde tempo met relatief weinig hulp, op controleerbare wijze het practicum volgen met gewenste meetresultaten. Leerdoel 2 vergt dat de leerlingen zelf keuzes maken (en verantwoorden), maar in een volledig 'open' practicum verdwalen leerlingen met weinig onderzoekservaring. Ze lopen vast, weten niet wat ze moeten doen en raken gedesillusioneerd. Een geleidelijke opbouw is dan ook noodzakelijk.

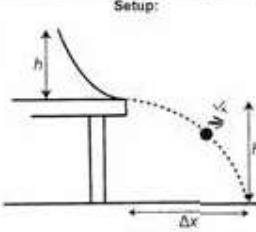
Apparatuurpracticum

'Omdat je voortdurend bezig bent met de apparatuur te snappen, kom je verder nergens aan toe.'

Leerdoel 3 omvat wat leerlingen moeten leren om de opstelling aan de praat te krijgen

Naam/Namen: Lotte & Sofie Datum: 23/11/2014 Titel: Horizontale afstand

Onderzoeksvraag:
Wat is de relatie tussen de starthoogte (h) en de horizontaal afgelegde afstand (Δx)?

Theorie / werkformules: $E_k = E_{kin} \Rightarrow m \cdot g \cdot (h - \Delta x) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \Rightarrow h - \Delta x = \frac{v^2}{2 \cdot g} \cdot h$ Volgt: $H = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$ afstand: $\Delta x = v \cdot t = v \cdot \sqrt{\frac{2H}{g}} = 2 \cdot \sqrt{H \cdot H}$	Variabelen: Ophankelijke variabele: H Afhangende variabele: Δx Gecontroleerde variabele: <u>Starthoogte</u>	
Materialen: • zie gezien opstelling • • • • •	Setup: 	Procedure: 1. Maak de opstelling. 2. Zorg dat lancering horizontaal is. 3. Maat voor 10 tijds de afstand. 4. 5. 6. 7.
Aantekeningen en opmerkingen: We verwachten een wortelverband tussen hoogte H en de afstand Δx ($\Delta x = 2 \cdot \sqrt{H \cdot H}$)		

Figuur 1. Een ingevulde Scientific Graphic Organiser (SGO) voor een natuurkunde practicum waarin leerlingen zelf moeten nadenken over de procedure. Let op het verschil tussen h en H .

en die, inclusief meetinstrumenten en -technieken, te kunnen snappen. Wil je voorkomen dat de meeste contacttijd daaraan opgaat, gebruik dan het apparatuurpracticum waarin leerlingen door voorgeschreven instructies te volgen (geen nieuwe vakinhoud of eigen onderzoeksopzet) de apparatuur en werkwijze leren kennen. Korte activiteiten, in bijvoorbeeld de laatste 15 minuten van de

voorafgaande les, zijn uitermate geschikt. In het eigenlijke practicum kun je leerlingen dan snel herinneren aan hoe ze ook weer een veerbalans kalibreren, titreren of een ampèremeter aansluiten.

Werkbladen

'Vaak zijn er van die werkbladen bij die moeten worden ingevuld.'

Stel je wilt een onderzoekspracticum maken waarin de Wet van Ohm wordt geverifieerd, op basis van een werkblad van een kookboekpracticum. De instructies kunnen (grotendeels) gekopieerd worden naar de SGO. Wil je leerlingen laten nadenken over het weergeven van de data, vervang dan de voorgeschreven tabel door een opdracht waarin leerlingen zelf kiezen hoe hun tabel eruit moet zien, en bespreek met de klas welke keuzes het best zijn, en waarom. Wil je ze over de onderzoeksprocedure na laten denken? Zet dan in het deel 'procedure' de stappen in willekeurige volgorde, en laat leerlingen die ordenen voor ze het practicum doen. Of voor een focus op de opstelling: geef niet de opstelling maar juist een opdracht waarmee de leerling die zelf kan bedenken en verantwoorden. Met de SGO kun je leerlingen waar nodig ondersteunen, na laten denken waar dat zinvol is, en uitdagen waar dat kan.

Werkbladen zijn een onmisbaar hulpmiddel om leerlingen (min of meer) zelfstandig te laten werken. Inhoud en vorm van het werkblad moeten dan wel zorgvuldig bij het vooraf gekozen practicumdoel passen. Als alternatief ontwikkelde Pols (2019) de Scientific Graphic Organiser (SGO), zie figuur 1. Op de voorkant staan de onderzoeksvraag, theorie, specificatie van grootheden en materialen, de opstelling en de geplande procedure, op de achterkant de observaties, grafieken, analyse en interpretatie, discussie en conclusie(s). Net als een werkblad helpt de SGO bij het voorbereiden, uitvoeren en verslagleggen van het practicum. Je kunt met de SGO gemakkelijk vorm en inhoud van een practicum geschikt maken voor ontwikkeling van een gekozen leerdoel en gesloten praktica gedeeltelijk open maken, zie het kader. Het vaste format van de SGO geeft leerling en docent direct overzicht over de voortgang. Daarnaast levert de SGO tijd op door in de klas 'fast feedback' (Van den Berg & West-

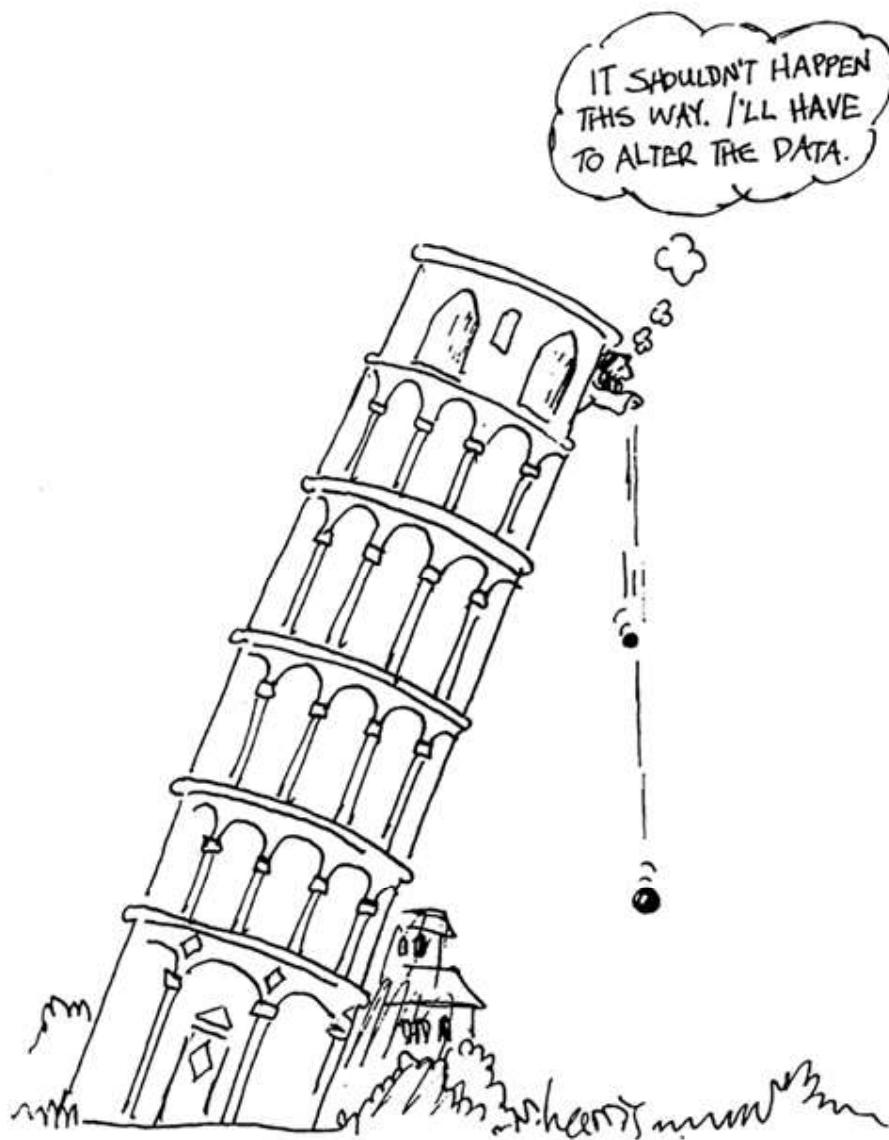
Nog te vaak bevat het practicum te veel onnodige hindernissen voor effectief leren

broek, 2014; Schalk & Van den Berg, 2019) te ondersteunen, en het nakijken achteraf te verlichten.

Onderzoeksvaardigheden

'Ze schrijven op wat er gebeurt maar snappen niet waarom het gebeurt. Bijvoorbeeld: 'de kleur verandert van geel naar blauw.'

De uitspraak bevat een typische leerlingconclusie: leerlingen herhalen 'slechts' de resultaten zonder te zoeken naar een hoger abstractieniveau (zie onder andere Pols, Dekkers & de Vries (2021)). Niet heel vreemd, vaak weten ze nog dat een wetenschappelijke conclusie de meest verstrekkende,



Figuur 2. De in 1994 gebruikte cartoon is nog steeds relevant: Leerlingen zijn wel eens bereid resultaten te veranderen zodat deze passen bij hun verwachtingen. Cartoon: Sidney Harris

>> informatieve uitspraak dient te zijn bij de verzamelde data. In onderzoekspractica zal het wetenschappelijk doel van onderzoeken centraal moeten staan, naast het ontwikkelen van kennis en kunde om een betrouwbaar en valide onderzoek op te zetten en uit te voeren. Het is van belang dat leerlingen leren door zelf doen: eigen keuzes maken, deze evalueren en te verbeteren. Die te ontwikkelde vaardigheden zijn door Van den Berg en Buning samengevat en later verder uitgewerkt in Pols, Dekkers & de Vries (2022), zie NVON-site bij dit artikel. Pols, Dekkers & de Vries (2023) laten zien dat leerlingen met een beter begrip van het (wetenschappelijk) doel van experimenten

gerichter aan de slag gaan tijdens dat practicum. Dat begrip, en een stevige basis in de onderzoekvaardigheden, lijkt een randvoorraad voor effectieve(re) practica. Maar leerlingen leren onderzoeken, ze zelf laten nadenken, keuzes maken, en nagaan of dat al dan niet goede keuzes waren, kost onvermijdelijk (veel) tijd in de les. Die investeringen betalen zich echter wel terug wanneer de leeropbrengst van practica vergroot wordt. In onderzoekspractica mag 'snappen wat er gebeurt' geen probleem zijn, het gaat dan om te leren onderzoeken 'hoe, precies?' Maar in een begripspracticum kan 'snappen wat er gebeurt' aanvankelijk wel een probleem zijn, en het doel is dan om dat wat er gebeurt

te begrijpen. De te ontwikkelen nieuwe begrippen en/of verbanden geven daar dan uitdrukking aan. Daarbij moeten de onderzoeksmethoden en dataverwerking dus niet in de weg zitten, die moeten zo helder en eenduidig mogelijk zijn.

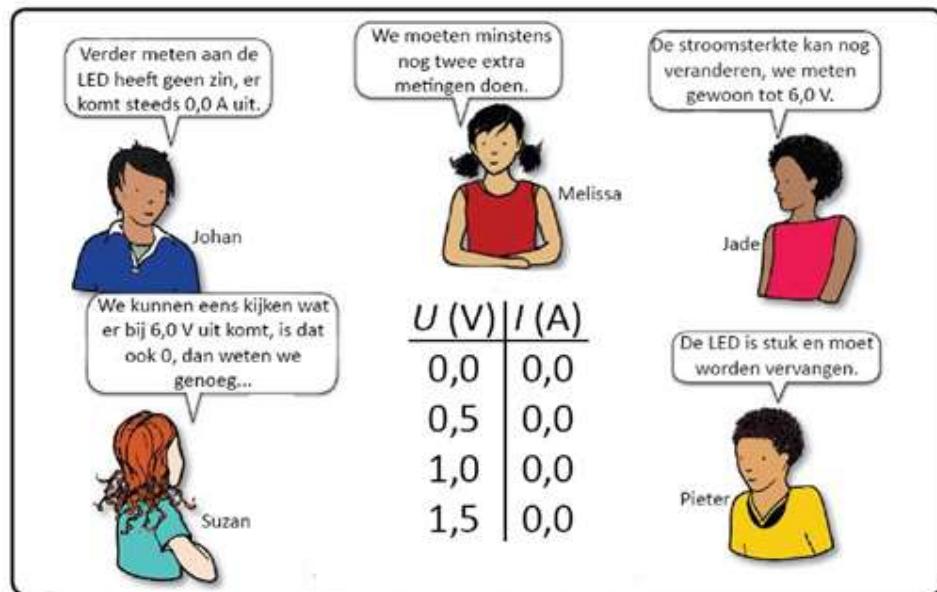
Verslaglegging

'Daarbij schrijven leerlingen massaal van elkaar over, of ze schrijven niks op.'

In de wetenschap is er (bijna) geen grotere zonde dan data fingeren (frauderen) of het werk van anderen presenteren als dat van jezelf (plagiëren). Als leerlingen daartoe overgaan, is er iets vreselijk misgegaan – op zijn minst in wat leerlingen denken dat er van hen verwacht wordt. Het practicum dient immers een afspiegeling te zijn van wat wetenschappelijk onderzoek is en hoe kennis tot stand komt. Ook hier speelt de docent een cruciale rol.

Essentieel is een helder onderscheid maken tussen de doelen

Een belangrijke vraag is of een schriftelijk verslag wel past bij wat je wilt bereiken met het practicum. Nagaan of leerlingen gedaan hebben wat ze moesten doen, en geleerd hebben wat ze moesten leren, kan ook met een centrale discussie waarbij de verzamelde data op het digitale schoolbord staan. Dit werkt helemaal goed wanneer elke groep een net iets andere opdracht heeft gekregen door een enkele eigenschap (bijvoorbeeld de weerstandswaarde) te veranderen, of de invloed van een andere variabele te onderzoeken (Pols, 2020). Doordat leerlingen slechts een subset van metingen verzamelen, ontstaat er tijd en ruimte voor de belangrijke centrale discussie waarin duidelijk wordt wat ze geleerd hebben. Een andere manier is leerlingen laten werken met wisbordjes (Van den Berg & Slooten, 2022), waarop leerlingen van alles kunnen bijhouden: meetresultaten,



Figuur 3. Een conceptcartoon kan leerlingen ondersteunen bij het vormen en formuleren van hun gedachten rond hun metingen: gaan zij door met meten aan een led?

diagrammen, conclusies, kritische opmerkingen, et cetera. De mogelijkheid om uit te vegen en verbeteren verlaagt voor leerlingen de drempel om zich te uiten, wat de interactie tussen leerlingen (en met de docent) sterk vereenvoudigt.

Al dan niet in combinatie met de SGO maken wisbordjes monitoren van voortgang tijdens practica, fast-feedback geven, evalueren van keuzes in de methode en bespreken van de bevindingen gemakkelijk en efficiënt.

Begeleiding

'Het kan er ook aan liggen dat de vragen op zo'n blad niet goed zijn.'

Practicumontwerp vraagt aandacht voor zowel uit te voeren taken als te bieden begeleiding. De 'predict, explain, observe explain' aanpak – zie bijvoorbeeld Frederik & Sonneveld, (2023) – biedt een vorm van ondersteuning waarin leerlingen eerst, onderbouwd, hun eigen verwachtingen formuleren (predict, explain). Vervolgens worden de waarnemingen uitgevoerd (observe), expliciet gemaakt en vergeleken (want niet iedereen ziet altijd hetzelfde). Vooral als de waarnemingen niet met de verwachtingen overeenkomen valt er wat te verklaren (explain) en te leren. Deze aanpak is het meest effectief als leerlingen verwachtingen hebben die niet passen bij de waarnemingen en tevens beschikken over de kennis waarmee ze, met enige moeite, het probleem wel op kunnen lossen. Zelf het

probleem oplossen door bestaande kennis toe te passen in een nieuwe situatie leidt tot beter leren dan die oplossing van de docent horen. Zowel in de voorbereiding als in de gezamenlijke besprekking van de resultaten kun je met concept cartoons (Figuur 3) leerlingen uitnodigen hun ideeën vorm te geven en hun gedachten te formuleren.

Als docent kun je verder de leerlingen ondersteunen door actief vragen te stellen, zoals 'wat doe je?', 'waarom op die manier?', 'kan dat ook anders?', gericht op leren onderzoeken, en 'wat zie je?', 'wat betekent dat?', 'wat leer je daarvan?' gericht op begripsontwikkeling. Deze vragen laten leerlingen, in essentie, heen-en-weer-denken tussen de wereld van denkbeelden en ideeën (de wereld van de (bekende) natuurwetenschappelijke wetten en theorieën) en de wereld van dingen en observaties (Van den Berg, 2012).

Conclusie

'Je zou moeten vragen waarom iets gebeurt, maar dat is dan meestal weer te moeilijk.' Nog te vaak moeten leerlingen met onbekende apparatuur, data (vol ruis) verzamelen, daar betekenis aan geven, verbinden met (bekend veronderstelde) theorie uit het boek, en tegelijkertijd samenwerken met een niet zelfgekozen partner... Het practicum bevat daarmee (te) veel hindernissen om effectief te leren. *Opnieuw* is de boodschap: om practica leerza(a)m(er) te maken, kies een

helder onderwijsdoel en richt het doen en denken van de leerlingen op het bereiken daarvan. De bovenstaande tekst biedt volop mogelijkheden om practica te (her)ontwerpen op basis van de richtlijnen reeds in 1994 gegeven. ●

BRONNEN

- Abrahams, I., & Millar, R. (2008). Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945-1969. <https://doi.org/10.1080/09500690701749305>
- Banchi, H., & Bell, R. (2008). The many levels of inquiry. *Science and children*, 46(2), 26. <https://www.michiganseagrant.org/lessons/wp-content/uploads/sites/3/2019/04/The-Many-Levels-of-Inquiry-NSTA-article.pdf>
- Pols, C. F. J. (2019). De Scientific Graphic Organizer. *NVOX*, 44(8), 410-411.
- Van den Berg, E., & Westbroek, H. B. (2014). Formative toetsing en feedback in de klas. *NVOX*, 39 (5), 225-227.
- Schalk, H., van den Berg, E. (2019). Snelle feedback. Leerwinst voor leerlingen én leraren. *NVOX*, 44 (3), 156-157
- Pols, C. F. J., Dekkers, P. J. J. M., & de Vries, M. J. (2021). What do they know? Investigating students' ability to analyse experimental data in secondary physics education. *International Journal of Science Education*, 43(2), 1-24. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1865588>
- Van den Berg, E., & Buning, J. (1994). Practicum: leren ze er wat. *NVOX*, 19(6), 245-249.
- Tamir, P., & Lunetta, V. N. (1981). Inquiry-Related Tasks in High School Science Laboratory Handbooks. *Science Education*, 65(5), 477-484.
- Pols, C.F.J., Dekkers, , P. J. J. M., & de Vries, M. J. (2023). Defining and assessing understandings of evidence with the assessment rubric for physics inquiry: Towards integration of argumentation and inquiry. *Physical Review Physics Education Research*, 18(1), 010111.
- Pols, C. F. J., Dekkers, P. J. J. M., & de Vries, M. J. (2023). Integrating argumentation in physics inquiry: A design and evaluation study. *Physical Review Physics Education Research*, 19(2), 020170.
- Pols, C. F. J. (2020). Practicum, net even anders. *NVOX*, 45(8), 438-439.
- Van den Berg, E. & Sloot, O. (2022). Modeling Instruction. *NVOX*, 47(8)
- Frederik, I. & Sonneveld, W. et al (2023). *ShowdeFysica: Natuurkunde laat je zien*.
- Van den Berg, E. (2012). Natuurwetenschap en techniek. *NVOX*, 37(4)