

Een foto of grafiek zegt meer dan 1000 woorden

Leerlingen hebben vaak moeite om bij practica rekening te houden met meetonzekerheid. Zij zien niet in waarom een proef herhaald moet worden en waarom dit een betrouwbaarder resultaat geeft. Met deze eenvoudige meting kun je ze dit laten zien.



De meetopstelling is eenvoudig



Waar de beker stopt, zet je een streep



Met meer bekertjes ontstaat deze grafiek.

Op het Science on Stage festival kwam ik een pareltje van een proef tegen, gericht op de ontwikkeling van onderzoeksvaardigheden. De proef heb ik getest in een 4 havo klas en is leuk genoeg bevonden om te delen. De beschrijving van de proef heeft eerder ook in de *School Science Review* gestaan (Farmer, 2012).

Tijdens het practicum rolt een knikker van een helling in een op z'n kop staand plastic

Freek Pols is natuurkundedocent aan het ISW 's-Gravensande en doet tevens een onderzoek aan de TU Delft naar natuurkundedidactiek en met name het gebruik van practica. Daarnaast heeft hij afgelopen jaar de cursus *Getting Practical* voor het VMBO gegeven.

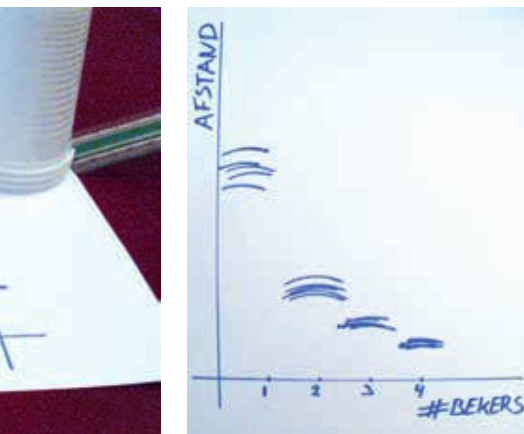
De proef leent zich goed voor een voorschrift waarbij foto's de uitvoering vertellen. Leerlingen hoeven dus niet veel te lezen en kunnen direct aan de slag. Ook vindt de stap van meetresultaat naar grafiek heel natuurlijk en direct plaats en gaat nu eens niet via meetinstrument naar tabel met grootheden en eenheden, en dan naar grafiek. Doordat een discussie aan het einde van de les centraal staat, hoeven leerlingen geen verslag te maken terwijl je wel weet wat de leerlingen daadwerkelijk geleerd hebben.

bekertje waarin aan de zijkant een gat is geknipt (foto uiterst links). De hellingshoek en het startpunt van de knikker zijn door de leerlingen vrij te kiezen (sommige leerlingen kwamen er al snel achter dat een grote hellingshoek niet handig is). Het bekertje verschuift vervolgens over een stuk papier, waarop een assenkruis is getekend. Waar

het bekertje eindigt, zet je een streep (foto linksmidden). Je herhaalt de proef een aantal keren, waarbij de verschillende streepjes duidelijk de variatie aantonen. Je zet vervolgens een tweede/derde/vierde bekertje over het eerste bekertje en schuift de bekertjes langs de x-as (foto rechtsmidden). Zo ontstaat

er een heel natuurlijke en directe relatie tussen de metingen en de grafiek (foto uiterst rechts). Leerlingen hoeven niet te bedenken wat de grafiek betekent; want vaak vinden ze dat moeilijk (McDermott 1986).

De vraag: "Wat heb je geleerd van deze proef?" stond centraal in de klassendiscussie na het uitvoeren van het experiment. Leerlingen kwamen al snel met de kwalitatieve conclusie dat hoe meer bekertjes er gebruikt worden, des te minder ver de bekertjes komen. Daarna heb ik gestuurd



Het resultaat, stof tot discussie

naar de vraag waarom het herhalen van metingen nodig is en waarom het logisch is dat we een gemiddelde bepalen. Ook hebben we stil gestaan bij mogelijke vervolgonderzoeken.

De onderlinge resultaten weken af door de verschillende hellingshoeken en het verschil in startafstand en vormden mogelijkheden voor vervolgonderzoek. Dit was een mooie toevoeging aan de discussie, al lag het accent op het zichtbaar maken en de betekenis van meetonzekerheid en de noodzaak van het herhalen van metingen. De gehele discussie is vraaggestuurd en na afloop van de discussie heb ik de bevindingen voor de leerlingen samengevat.

De proef is uitgevoerd aan het begin van het jaar in 4 havo. Voor hogere klassen is het ook goed mogelijk om de begrippen absolute en relatieve meetonzekerheid te behandelen. Want hoewel het duidelijk is dat de absolute meetonzekerheid afneemt, blijft de relatieve meetonzekerheid ongeveer gelijk. Het basisvoorschrift bij het practicum is te op te vragen door een mailtje te sturen naar freek.pols@nvon.nl. ●

BRONNEN

Lunetta, V., Hofstein, A. & Clough, M. (2013). Learning and teaching in the school science laboratory: An analysis of research, theory, and practice. In: Abell, S.K., Lederman, N. G. (ed.), *Handbook of research on science education*. New York/London: Routledge.

Farmer, S. Real graphs from real data: measurement and uncertainty, *SSR* September 2012 (94).

McDermott, L., Rosenquist, M. & Van Zee, E. (1986). Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics, *American Journal of Physics*, (55).

Van den Berg, E. & Buning, J. 'Practicum: leren ze er wat?', *NVOX*, juli 1994.

Kleintje
weten-
schap

Radialeen

Radialenen vormen een klasse van alicyclische onverzadigde koolwaterstoffen. Ze bestaan uit een cycloalkaan waarbij elk koolstofatoom in de ring een exocyclische dubbele binding bezit.

Voor het eerst zijn losse radialenen gesynthetiseerd. Drie-, vier- en zesringen waren al gemaakt, maar de vijfkring is nog vier ordes minder stabiel. De stof vliegt bij contact met zuurstof spontaan in brand. Zonder zuurstof polymeriseert hij pijlsnel via een Diels-Alderringsluitingsreactie. De onderzoeker Michael Sherburn synthetiseerde $C_{10}H_{10}$

als onderdeel van een kristallijn organometalcomplex met $Fe(CO)_3$ dat de radialenen uit elkaar hield. Vervolgens lukte het hem om bij zeer lage temperatuur de ijzerverbindingen eraf te weken; in een zeer sterk verdunde oplossing overleven de losse radialeenmoleculen dan enkele minuten. ●

Bron: C2W 27 november 2015, zie ook Michael S. Sherburn et al. *J. Am. Chem. Soc.*, 2015, 137 (46), pp 14653–14659