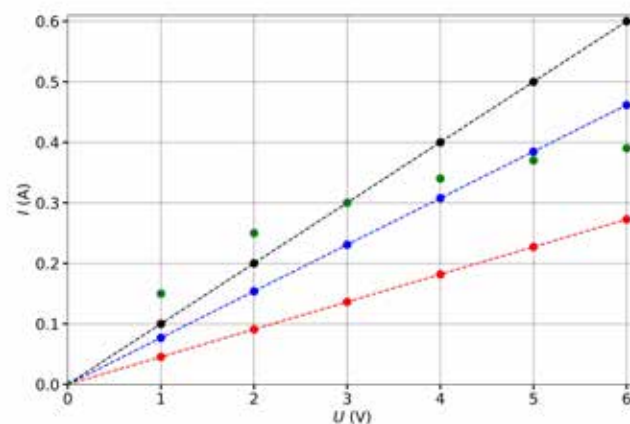


# Practicum, net even anders

Practicum; dertig leerlingen doen in vijftig minuten allemaal dezelfde handelingen, verzamelen dezelfde data waarbij ze hopelijk tot dezelfde conclusie komen. Het practicum blijft daarmee wel beperkt tot het zelfstandig data verzamelen en het trekken van die ene conclusie. Kan dat niet anders? Door het centraal delen van data blijft er tijd over voor een centrale discussie. In dit artikel zet ik uiteen hoe dit principe bij diverse practica toegepast kan worden.

Bij natuurkunde worden practica veelal uitgevoerd ter ondersteuning van theorielessen. De directe ervaring met het te bestuderen fenomeen zou helpen bij conceptontwikkeling. Echter, voor een goede begripsontwikkeling lijkt een discussie voor- en achteraf van grote waarde te zijn (Abrahams & Millar, 2008). Daar is helaas zelden voldoende tijd voor doordat leerlingen eerst vertrouwd moeten raken met de apparatuur, ze diverse meetseries moeten verkrijgen wat veel tijd kost, of het voor hen niet duidelijk is wat er precies gedaan moet worden waardoor ze op diverse fronten kostbare tijd verliezen. Door leerlingen vooraf te laten oefenen of voorbereidende opdrachten te gebruiken, kun je deze problemen voorkomen (Berg & Budding, 1994). Het aantal te verrichten metingen kunnen we ook beperken maar dit komt de betrouwbaarheid van de data niet ten goede. Juiste conclusies trekken wordt dan ook een stuk lastiger. Is er niet een andere manier te bedenken waardoor tijd vrij komt voor die zo belangrijke discussie?



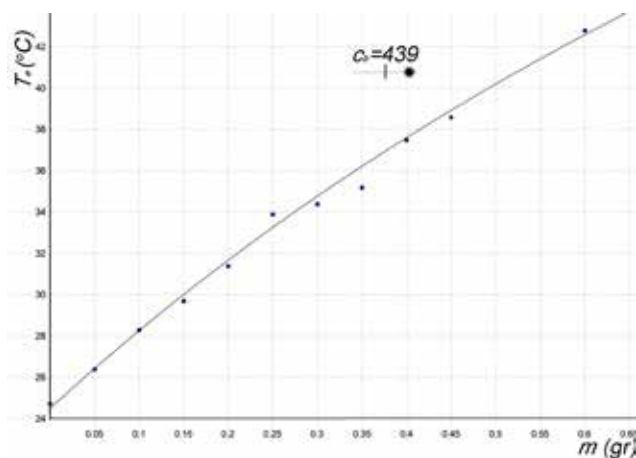
Figuur 1: De gedeelde dataset waaruit drie conclusies getrokken zijn.

## Elke groep een andere opdracht

In plaats van elke leerling precies hetzelfde practicum uit te laten voeren kun je elke groep een iets andere opdracht geven door een enkele eigenschap te veranderen. Geef bijvoorbeeld bij het bepalen van de dichtheid van ijzer elke groep een ander voorwerp of een andere hoeveelheid. De leerling oefent nog steeds met het meten van massa en volume, en het berekenen van de dichtheid. De twee gemeten grootheden delen de leerlingen op het digitale schoolbord alwaar het recht evenredig verband tussen volume en massa ontstaat. Tijd gaat niet zitten in het verzamelen van data, omdat iedere leerling slechts een enkele meting uitvoert. De gewonnen tijd besteden we aan de discussie: “Wat is de betekenis van (bijna) alle punten op dezelfde rechte? Wat nu als er een meting niet op deze rechte ligt? Waarom is het doen van metingen bij verschillende volumes/massa’s belangrijk voor de precieze bepaling van de dichtheid van het materiaal?” Dit is slechts één voorbeeld van een eenvoudige proef ter illustratie van het principe. Ik geef nog twee voorbeelden waarbij de opbrengst van deze aanpak duidelijk naar voren komt.

## Elektriciteit practicum in klas 2

De leerlingen uit 2 havo krijgen de opdracht om een  $(U,I)$ -karakteristiek te maken van de elektrische component die ze hebben gekregen. Ik heb vier verschillende weerstanden uitgedeeld en één groepje een 6V-lampje gegeven. Als ze de



Figuur 2: Fitlijn bij bepaling soortelijke warmte.

zeven metingen (0, 6V) hebben verzameld, delen ze de metingen op het bord, zie figuur 1. De eerst gedeelde metingen worden door andere leerlingen al bestudeerd. Net als in Pols (2019) wordt de aandacht tijdens het verzamelen van data al getrokken naar het bord en zijn leerlingen reeds bezig met analyseren: “Onze metingen lopen ook in een rechte lijn”, “Hé, die van ons zijn hetzelfde”, “We zullen het wel verkeerd hebben gedaan want onze metingen komen totaal niet overeen met die van de anderen (lampje).”

Als na circa tien minuten alle metingen op het bord staan vindt de centrale discussie plaats waarna we de volgende drie conclusies trekken: (1) voor Ohmse weerstanden is er een recht evenredig verband tussen spanning en stroomsterkte, (2) de grootte van de weerstand bepaalt de steilheid van de rechte, (3) lampjes gedragen zich niet als Ohmse weerstanden. Het delen van de metingen, de centrale discussie en het gezamenlijk trekken van conclusies zorgt ervoor dat het aantal herhaalde handelingen (saai) beperkt blijft, meerdere conclusies getrokken kunnen worden (rendement) en leerlingen weten wat ze (hadden) moeten leren van de proef (efficiëntie).

### Bepaling van soortelijke warmte in 4V

Als het water met massablokjes al een tijdje aan het koken is ( $T_{b,b}$ ), komen de leerlingen uit 4vwo een X-aantal massablokjes halen, met voor elk groepje een andere X ( $m_b$ ). De massablokjes worden ondergedompeld in een vaste hoeveelheid water ( $m_w$ ) waarna de leerlingen de eindtemperatuur  $T_e$  van het water bepalen. De leerlingen melden de eindtemperatuur en het gebruikte aantal massablokjes waarna ik deze invoer in GeoGebra (een gratis software pakket, veelvuldig gebruikt bij wiskunde) en op het bord toon. Het patroon dat ontstaat is duidelijk zichtbaar.

Gezamenlijk gaan we op zoek naar de soortelijke warmte van de massablokjes,  $c_b$ . Daarbij gebruiken we de formule voor de eindtemperatuur als functie van de massa van de massablokjes:

$$T_e(m_b) = \frac{c_w m_w T_{w,b} + c_b m_b T_{b,b}}{c_w m_w + c_b m_b}$$

Leerlingen hebben thuis moeten bewijzen dat deze vergelijking geldt (met verwaarlozing van de warmtecapaciteit van het glas en verliezen naar buiten). In GeoGebra heb ik een variabele aangemaakt waarvan ik de waarde handmatig kan aanpassen totdat de fitlijn zo goed mogelijk door alle meetpunten heen gaat, zie figuur 2. De leerlingen vergelijken vervolgens hun uitkomst (eenpuntsmeting) met deze waarde. We sluiten af door afwijkende meetpunten te bespreken, te discussiëren waarom het delen van de metingen de voorkeur verdient boven een enkele meting, en of we op basis van de gevonden waarde het materiaalsoort kunnen bepalen.

⋮ *Tijd gaat niet zitten in*  
 ⋮ *dataverzameling maar*  
 ⋮ *in de discussie*

### Ter afsluiting

In elk van de drie beschreven practica is er tijd vrij gemaakt voor een centrale discussie. Die discussies richten zich vooral op het betekenis geven aan de data en de relevantie van het practicum voor de te leren stof. Aan wellicht de moeilijkste onderdelen van het practicum (data analyseren en verklaren) wordt extra aandacht gegeven. Wat in de voorbeelden ook naar voren komt, is dat ik expliciet aandacht geef aan elementen van wetenschappelijk onderzoek doen (*outliers*, verbanden bepalen, keuze voor methoden). Dit omdat het slagen van een practicum ook grotendeels afhangt van de kennis van de leerling over onderzoeken. ●

### 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.
- Berg, E. v.d., & Budding, J., (1994). Practicum, leren ze wat?. *NVOX*, 19(6), 245-249
- Pols, C.F.J. (2019). De mens van Vetruvius. *NVOX*, 44(6), 286-287.