

Beginnen met dataloggen in het practicum

F.T.M.E. de Vries en A.H. Mooldijk
Universiteit Utrecht

Het werken met grafieken als vaardigheid wordt steeds belangrijker in het onderwijs in de natuurwetenschappen. De pc biedt hierbij ondersteuning met dataloggingssoftware.

Hierbij kunnen leerlingen ervaring opdoen met experimenteren en met het verwerken en analyseren van grafieken. In dit artikel geven we aan waarom dataloggen effectiever is dan een traditioneel practicum bij het leren werken met grafieken. Ook willen we laten zien waar leraren op moeten letten bij het opzetten van een datalogging-practicum. Het artikel is geschreven aan de hand van 6 artikelen uit de "School Science Review" en het "Journal of Research in Science Teaching".



Wat is dataloggen?

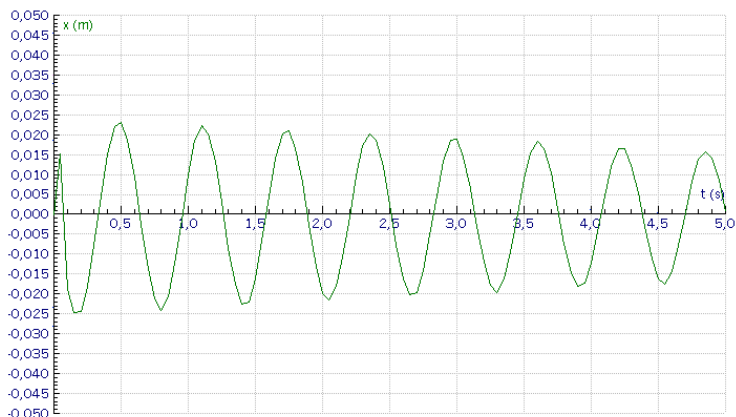
Dataloggen behelst het verzamelen, bewerken en bewaren van meetdata. Hierbij kunnen draagbare apparaten gebruikt worden (bijvoorbeeld de Computer Based Laboratory (CBL) van Texas Instruments) of computers met meetinterfaces, beide in combinatie met sensoren. In dit artikel beperken we ons tot die laatste variant; een pc neemt, met de juiste software en randapparatuur, het werk van het data verzamelen en weergeven over van de leerling. In deze opzet kunnen leerling en leraar hun aandacht aan andere delen van het practicum geven. Dataloggen blijft een hulpmiddel bij het practicum. Het richt weliswaar de aandacht op de interpretatie van data binnen experimenten, maar is flexibel genoeg om in verschillende soorten practica gebruikt te worden. Een van de mogelijkheden is meer aandacht aan grafiekanalyse geven. De meeste datalogging-software kan ook allerlei bewerkingen uitvoeren om de grafiek te onderzoeken; leerlingen kunnen daarmee meer informatie uit de grafiek halen dan bij handmatige analyse.

Nieuwe mogelijkheden in het practicum

Dataloggen is een dynamisch proces. Door de snelheid waarmee de pc werkt komen metingen onmiddellijk in een diagram op het scherm terecht. Daardoor vervalt de fase van dataverwerking in het practicum. In een klassiek uitgevoerd experiment komt na de proef eerst een stuk verwerking, waarbij de leerling een mooie grafiek probeert te krijgen. Pas daarna is verdere analyse mogelijk. Bij het gebruik van een datalogger neemt de computer het tussenstuk over, zodat de leerling tijd over houdt voor analyse. Een ander voordeel is dat experiment en grafiek tegelijk vorm krijgen; leerlingen krijgen zo een beter beeld van wat de grafiek precies voorstelt, omdat een gebeurtenis in het experiment meteen in de grafiek zichtbaar wordt. Een voorbeeld is het bepalen van de maximale uitwijking van een slinger met het (x,t) -diagram. Barton [1] onderzocht of het overslaan van de verwerkingsfase werkelijk zo effectief is. Hij liet groepen leerlingen van verschillende leeftijden dezelfde test doen; de ene helft van een groep deed de proef met de hand, de andere werkte met een datalogger. Uit de belangrijkste resultaten is af te leiden wat dataloggen onderscheidt van klassiek experimenteren.

Vooraf jongere leerlingen ondervonden veel gemak van een met dataloggen ontstaan kant en klaar diagram. Zij konden nu praten en nadenken over de betekenis van de grafiek, terwijl ze daar normaal nooit aan toe kwamen door tijdnoed. Oudere leerlingen in de controlegroep, met meer ervaring in grafieken tekenen, hadden weliswaar tijd genoeg voor de analyse, maar deden die op een andere manier dan de leerlingen met de datalogger. Beide groepen wisten een beschrijving van de natuurkunde in het experiment te geven maar de leerlingen met dataloggen spraken meer over zaken als de vorm van de

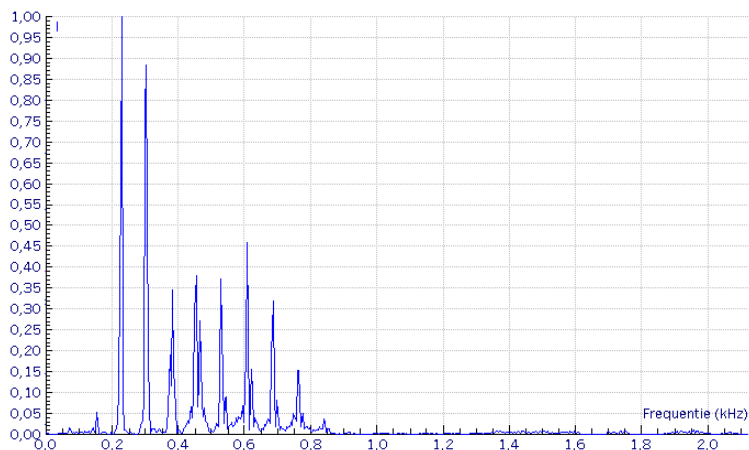




grafiek, de helling en maxima. Barton vermoedt dat dat komt omdat deze groep de grafiek vorm zag krijgen terwijl het experiment gedaan werd en niet pas later. Zo wordt de relatie tussen de gebeurtenis en de weergave in de grafiek extra benadrukt. Voor alle leerlingen die dataloggen gold dat ze meer over de relatie tussen de grootheden en de grafiek spraken dan de controlegroep. Die laatsten moesten door het proces van dataverwerken de ruwe meetwaarden manipuleren en hadden daarna moeite weer om te schakelen naar een algemene beschouwing van de natuurkunde achter de proef.

Dataloggen richt de aandacht van de leerlingen op de kern van het experiment: de opstelling en de grafiek ervan. Leerlingen hoeven geen grafieken te tekenen, alleen te interpreteren. De conclusie van Barton is dan ook dat dataloggen helpt om inzicht in verschijnselen te krijgen. Grafieken tekenen is in deze opzet ondergeschikt aan grafieken analyseren.

Er zijn ook andere mogelijkheden om de aandacht meer



op inzicht te richten. De software kan de meetdata helpen analyseren. Zo zijn er wiskundige bewerkingen als integreren en differentiëren beschikbaar, de mogelijkheid om verschillende meetseries naast elkaar te zetten, te correleren en dergelijke. Allemaal zijn ze bruikbaar in data-analyse. Door deze functies kunnen leerlingen bewerkingen die ze bij de theorielessen leren ook in de practica toepassen. De kloof tussen theorie en praktijk, berekenen en meten, wordt zo kleiner gemaakt. Wij verwachten dat theorie en praktijk voor de leerlingen meer een eenheid gaan vormen als ze op deze manier worden gekoppeld.

Eisen aan de software

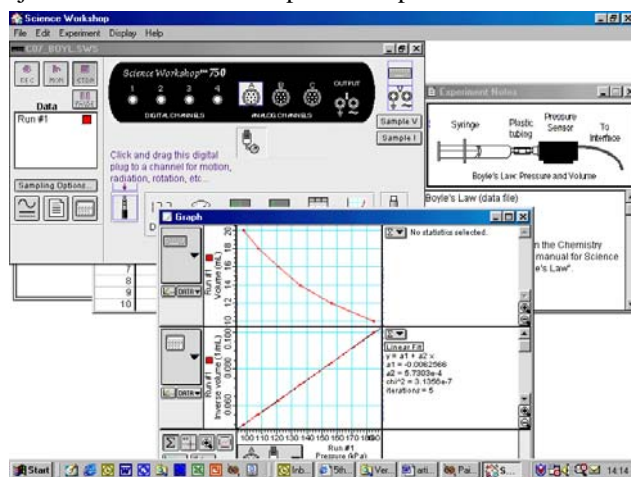
Effectief dataloggen kan alleen met geschikte apparatuur en software. We noemen hier een aantal eigenschappen

die een softwarepakket goed inzetbaar maken.

Ten eerste zijn er enkele praktische eigenschappen.

Bij veel verschijnselen is het nodig om verschillende grootheden tegelijk te meten. Een voorbeeld is onderzoek naar de relatie tussen de kracht op en de positie van een massa aan een veer. Een programma voor dataloggen moet dan ook gelijktijdig meten door meerdere sensoren ondersteunen.

Het instellen van parameters in het programma kan al dan niet door de leerlingen zelf worden gedaan. De leraar heeft zo de mogelijkheid leerlingen te laten experimenteren met metingen op korte tijdschaal of met triggeren, maar kan dit soort zaken ook zelf instellen zodat de leerlingen zich kunnen concentreren op het doen van waarnemingen. Belangrijk is dat de software, bijvoorbeeld via wachtwoorden, in te stellen is op het niveau van de leerlingen. Lagere klassen hoeven weinig dwaalwegen te volgen bij het doen van een proef terwijl hogere klassen de vrijheid hebben om allerlei opties uit te proberen.



Ten tweede moet het programma na metingen ook van nut te zijn bij de analyse van die metingen. Rogers [2] noemt een aantal mogelijkheden. Voor een kwalitatieve blik zijn er opties als herschalen van de assen en in- en uitzoomen op bepaalde delen van de grafiek. Goed gedefinieerde assen en een goede presentatie van de gegevens zijn in dit stadium belangrijk.

Iets specifieker is het aflezen van meetwaarden in bijvoorbeeld toppen en dalen. Veel software geeft bij een bepaalde cursorpositie de meetwaarde of steilheid. Een tabel kan ook handig zijn, een diagram geeft echter overzicht. Bij een kwantitatieve analyse komen wiskundige bewerkingen zoals afgeleide nemen, integreren of het zoeken van de best passende functie bij de meetwaarden (best-fit functie) van pas.

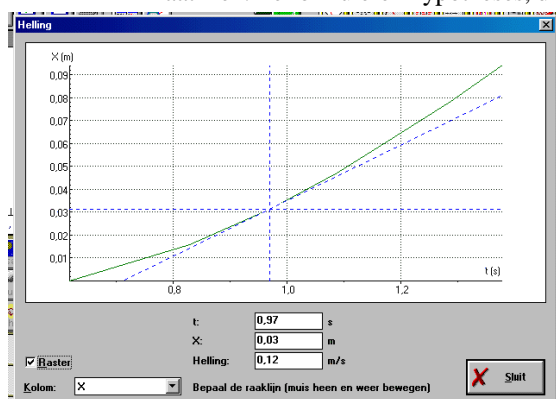
Een derde gewenste eigenschap is de mogelijkheid meetwaarden te voorspellen. De software kan hierbij helpen door best-fit functies, extrapoleren of bijvoorbeeld door een voorspelling laten tekenen. Ook hierbij komen wiskundige bewerkingen om de hoek kijken: een voorbeeld is eerst een functie vinden die de meetgegevens beschrijft, en die vervolgens testen door extrapolatie.

Goede kandidaten zijn Science Workshop van Pasco en het pakket Coach 5 van het CMA, dat op inzichtelijke wijze data verzamelt en analyseert. Coach 5 heeft dezelfde opbouw als zijn kleine broer, Coach Junior, maar heeft als extra mogelijkheid het analyseren en bewerken van data met opties als integratie of Fourier-analyse. Coach Junior is primair bedoeld voor de onderbouw, Coach 5 en Science Workshop voor het hele middelbaar onderwijs.

Dataloggen inpassen in het practicum

Zoals uit het bovenstaande al blijkt is dataloggen veelzijdig in te zetten. Toch kan de methode niet op zichzelf staan. Dataloggen komt pas tot zijn recht als de activiteiten van de leerlingen goed gestuurd worden. Rogers [3] stelt voor bij het opzetten van een practicum uit te gaan van het doel van het practicum, daar de juiste methode bij te zoeken, en vervolgens met gerichte vragen de leerlingen te sturen in hun discussies over het experiment. Uit de verschillende artikelen in de literatuurlijst komen een paar adviezen voor een goede opzet. Dit zijn: (1) het prikkelen van discussies tussen leerlingen, (2) vragen stellen door de leraar, (3) formaliseren van het taalgebruik en (4) leerlingen laten voorspellen en controleren.

De eerste drie punten hangen samen. Barton [1] en Newton [4] presenteren discussie als een goede manier om leerlingen te dwingen na te denken over wat de grafiek laat zien. Ze formuleren hypothesen, die dan door de groep



bekeken worden. Als leraar kun je helpen door te vragen naar interpretatie van de grafiek. Rogers [3] geeft een hele lijst met vragen die tot nadenken over het experiment aanzetten.

Daarbij richt hij de aandacht op de betekenis van grafieken. Voorbeelden zijn vragen naar de betekenis van de minima en maxima, vragen of de leerling een algemene trend in de data ziet, vragen om de grafiek te vergelijken met een andere. Het volgende punt, formaliseren van het taalgebruik betekent overigens het aanreiken van de juiste termen; leerlingen praten, zo blijkt uit verschillende onderzoeken in [1] en [3] in vage bewoordingen over het gedrag van de grafiek. Door termen als helling, maximum en minimum in te voeren wordt de discussie helderder en is er minder ruimte voor verwarring.

Het laatste advies is voorspellen en controleren. Net als discussie is dit een methode om de leerlingen na te laten denken over hun kennis en hun denkbeelden te toetsen aan de werkelijkheid. Een mogelijkheid is leerlingen voor de meting de grafiek te laten tekenen die ze verwachten en daar later over te praten om eventuele verschillen met de meting op te helderen.

Al deze ideeën kunnen gebruikt worden bij het opzetten van een practicum. De leerlingen zullen afwisselend met de proef zelf en met analyse bezig zijn; het samenspel leidt tot beter begrip van het bestudeerde fenomeen.

Achtergrond: De werking van het geheugen

Waarom is dataloggen zo'n effectieve methode? Om deze vraag te beantwoorden moeten we ingaan op de werking van het geheugen. Artikelen [5] en [6] bespreken eigenschappen van dataloggen die goed aansluiten op eigenschappen van ons geheugen. Mokros & Tinker [5] stellen dat dataloggen werkt, omdat het gebruik maakt van 'dual coding', ofwel omdat het informatie op verschillende

manieren tegelijk aanbiedt. Dit is te vergelijken met een woordenlijst leren door de woorden op te lezen, uit te spreken en op te schrijven. Dataloggen doet hetzelfde door de leerling simultaan een experiment, de symbolische weergave ervan (de grafiek) en een meetwaarde te geven. De leerling krijgt zo een compleet beeld van alle belangrijke gebeurtenissen.

In het bovenstaande is vooral de real-time weergave belangrijk. Doordat de grafiek getekend wordt terwijl het experiment plaatsvindt, legt de leerling eenvoudiger verbanden tussen de twee. Simultaan in plaats van serieel verwerken bleek een flink voordeel bij de begripsvorming, zo stelt [5]. Het idee hierachter is, dat door experiment en grafiek tegelijk te tonen, ze in het korte termijn geheugen verbonden worden en als één item naar het lange termijn geheugen verhuizen. Bij een klassieke proef doet de leerling eerst metingen en zet die daarna pas in een grafiek. De details van de proef (wat gebeurde er precies en wat viel er op) en de informatie over de grafiek gaan dan als aparte items naar het lange termijn geheugen. De reden is, dat het korte termijn geheugen informatie maar voor bepaalde tijd kan bewaren. Als het vol is, of als er enige tijd niets met de informatie gedaan is, wordt alles wat erin zit naar het lange termijn geheugen overgebracht. Het is moeilijk om verbanden te leggen tussen twee verschillende items, omdat ze apart zijn opgeslagen. Bij realtime dataloggen is alle kennis over het experiment nog vers als de grafiek wordt getoond. Leerlingen zien daardoor sneller waar bepaalde delen van een experiment in de grafiek zichtbaar zijn; dat bevordert uiteindelijk de begripsvorming over het verloop van de proef.

Conclusie

In dit artikel is geprobeerd, een indruk te geven van de sterke punten van dataloggen en van manieren om die uit te buiten. Dataloggen kan, zoals gezegd, gebruikt worden om de aandacht op de interpretatie van grafieken te richten. Met allerlei softwarehulpmiddelen is een analyse van de meetgegevens relatief simpel uit te voeren. Daarnaast ben je ook als leraar betrokken bij het verwerken van de gegevens; met sturende vragen en allerlei praktische tips laat je leerlingen zien wat een goede manier is om resultaten te krijgen. Dataloggen maakt een practicum interactief – gegevens veranderen van statische meetuitkomsten in de grondstof voor verdere analyse, en de leraar werkt meer als partner in discussies. Het kost uiteraard moeite om te wennen aan de nieuwe opzet, maar wij geloven, dat de mogelijkheden die inspanning meer dan waard zijn.

Literatuurlijst

1. Roy Barton, How do computers affect graphical interpretation?; School Science Review 1997, **79**(287)
2. Laurence T. Rogers, The computer as an aid for exploring graphs; School Science Review 1995, **76**(276)
3. Laurence T. Rogers, New data-logging tools - new investigations; School Science Review 1997, **79**(287)
4. Leonard Newton, Graph talk: some observations and reflections on students' data-logging; School Science Review 1997, **79**(287)
5. Janice R. Mokros & Robert F. Tinker, The impact of micro-computer-based labs on children's ability to interpret graphs; Journal of Research in Science Teaching 1987, **24**(4)
6. Heather Brasell, The effect of real-time laboratory graphing on learning graphic representations of distance and velocity; Journal of Research in Science Teaching 1987, **24**(4)