



UvA-DARE (Digital Academic Repository)

Waarnemen met de zintuigen van de computer

Schweickert, F.; van den Berg, E.

Publication date

2010

Document Version

Final published version

Published in

Stuiteren & spiegelen: Wetenschap en Techniek op pabo's en basisscholen

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Schweickert, F., & van den Berg, E. (2010). Waarnemen met de zintuigen van de computer. In P. Ruis, E. van den Berg, F. Sengers, & R. Onclin (Eds.), *Stuiteren & spiegelen: Wetenschap en Techniek op pabo's en basisscholen* (pp. 110-115). Expertisecentrum Wetenschap en Techniek (EWT).
<http://www.kenniscentrumonderwijsopvoeding.hva.nl/content/kenniscentrum/documenten/pdf/WT/tekststuiterenenspiegelen.pdf>

General rights

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

Disclaimer/Complaints regulations

If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please Ask the Library: <https://uba.uva.nl/en/contact>, or a letter to: Library of the University of Amsterdam, Secretariat, Singel 425, 1012 WP Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.

16 Waarnemen met de zintuigen van de computer

Kinderen uit groep 5 t/m 8 meten licht, temperatuur of geluid met sensoren, produceren grafieken, kunnen bij gegeven grafieken een goed fysisch verhaal vertellen, en bewijzen hun begrip door gegeven grafieken na te maken door manipulatie van de sensor.

Dit geeft hen een eerste zintuiglijke toegang tot variabele wetenschappelijke grootheden, zoals temperatuur, lichtsterkte of afstand en benadrukt het verband tussen wetenschap en rekenen/wiskunde.

Tekst: Frank Schweickert en Ed van den Berg

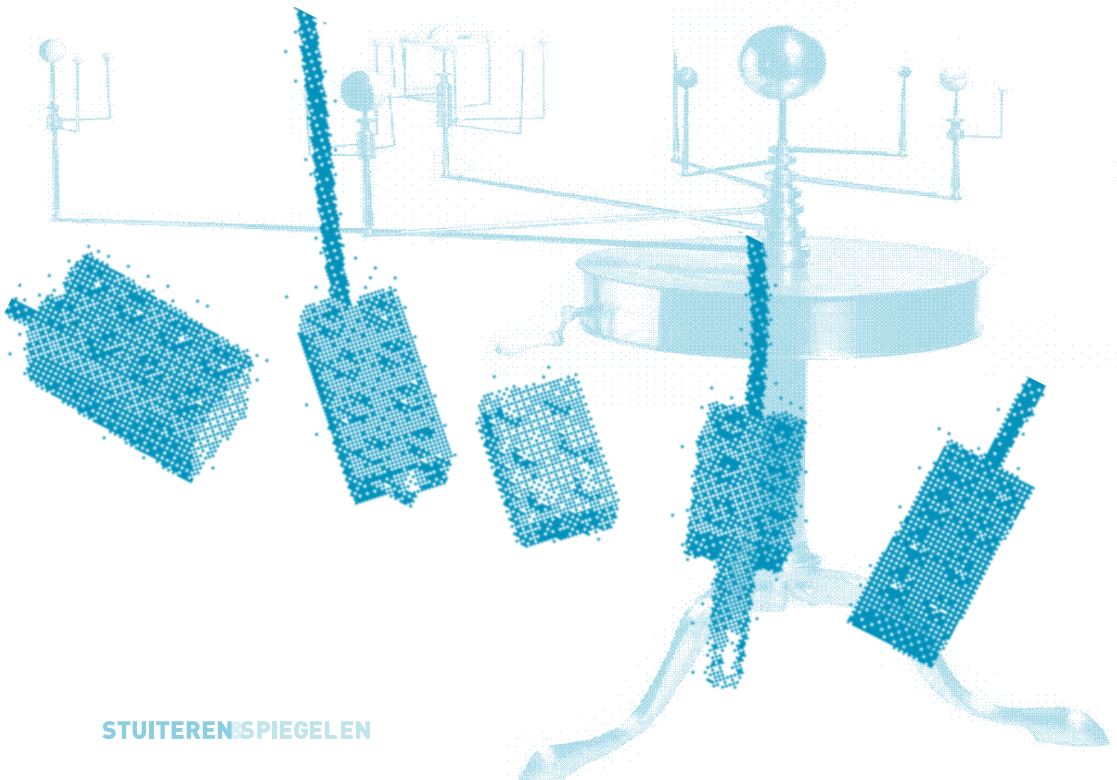
Sensoren zijn al sinds een halve eeuw het standaardgereedschap waarmee volwassen wetenschappers en technici metingen verrichten, maar zij spelen ook in het alledaagse leven een steeds belangrijkere rol. Supermarktdeuren openen zich automatisch zodra (infrarood-)lichtsensoren veranderingen in de omgeving registreren. Thermostaten en koortsthermometers bevatten tegenwoordig digitale sensoren, en ticketautomaten herkennen er vals geld mee. Werken met dit gereedschap lijkt voor leerkrachten zonder affiniteit met bètavakken wellicht op het eerste gezicht exotisch en misschien overdreven ingewikkeld, maar voor de kinderen is het net zo gewoon als hun mobieltje, mp3-speler of gameboy.

'Vuur' is een indrukwekkend natuurverschijnsel, en de ontwikkeling van techniek begon met het kunnen maken van vuur. Laten we eens brainstormen over welke associaties het fenomeen 'vuur' allemaal oproept: vuur is heet, zijn letterlijke aanstekelijkheid vormt een gevaar, je kunt ermee eten koken, het kan bijdragen aan een gezellige sfeer en het is onderwerp van bijvoorbeeld gezegden, kunst en godsdienstige verhalen. In wetenschap en techniek gaat het echter vooral om verbanden van concepten die het onberekenbaar lijkende verschijnsel voorspelbaar maken: vuur heeft normaal zuurstof nodig, het licht van het vuur is een bijkomend verschijnsel van een scheikundige reactie welke ook warmte oplevert en als bij een brand de temperatuur te hoog oploopt kan het vuur zelfs steen doen smelten. De kennis van dit soort verbanden noem je *kwalitatief*, het zegt iets over welke eigenschappen überhaupt met elkaar te maken hebben. Maar wetenschappers en technici zijn pas tevreden als ze precies weten *hoeveel zuurstof* er nodig is voor het vuur, en bij welke temperatuur bepaalde steensoorten gaan smelten of op welke afstand een vuurtoren nog zichtbaar is. Want pas dan zijn zij in staat om gebeurtenissen te voorspellen en om bijvoorbeeld functioneel en veilig te bouwen. Zulke *kwantitatieve* verbanden worden vaak door wiskundige formules uitgedrukt die dan bijvoorbeeld over een temperatuur T of een lichtsterkte l gaan. En omdat het rekenen met variabelen pas in het voortgezet onderwijs aan de orde is, blijft het natuur- en techniekonderwijs op basisscholen vooral kwalitatief. Aan de andere kant is de toepassing van wiskunde als taal van de wetenschap en techniek zo essentieel voor onze cultuur, dat kinderen al vroeg in hun opleiding via profielkeuzes

erop geselecteerd worden of zij wel met dit soort symbolen om kunnen gaan. Maar juist hier houdt het begrip op bij de meeste mensen: Wat hebben nu lettertjes zoals hoofdletter T en kleine letter t nog met vuur te maken...?

Metten met sensoren en grafieken

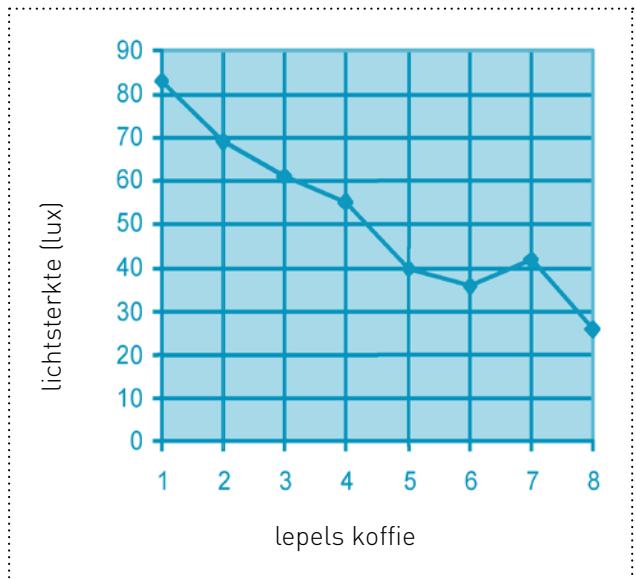
Het meten met sensoren – de zintuigen van de computer – ook al is het maar twee, drie keer per jaar, geeft kinderen alvast een intuïtieve toegang tot variabele wetenschappelijke grootheden zoals temperatuur, lichtsterkte of afstand. Nog voordat het over variabelen en formules gaat, koppelt de omgang met sensoren de zintuiglijke ervaring van kinderen aan bijvoorbeeld de verandering van de temperatuur in warm en koud water: een getal dat omhoog en omlaag kan gaan zoals alle wetenschappelijke grootheden, variabelen en parameters, dat in principe kunnen doen. De tijdens de meting opgenomen temperatuurgrafiek beschrijft de afkoeling van een kopje thee kwantitatief net als een formule. Zo kunnen kinderen bijvoorbeeld nauwkeurig vergelijken welk effect verschillende soorten van isolatie hebben. Een lichtsensor geeft de lichtsterkte op je werkplek op dezelfde manier weer als de geluidssensor het geluidsniveau in de klas. Als kinderen naar een afstandssensor toelopen, daalt de afstandsgrafiek net als bij de trein uit rekenmethode Rekenrijk, wanneer deze naar zijn vertrekstation terugkeert. Er zijn bij natuurwetenschappelijke verschijnselen dus veel eigenschappen die rekenkundig allemaal op dezelfde manier kunnen worden behandeld: getallenlijn en lijngrafieken uit het rekenonderwijs krijgen de vakoverstijgende toepassing die zo typerend is voor het wezen van wetenschap en techniek. Uiteraard zal dit aspect qua tijdsbesteding in de lespraktijk maar een klein onderdeel van het hele W&T-programma met vooral kwalitatieve proefjes zijn. Maar het is wel een essentiële toevoeging aan de beeldvorming bij kinderen over de manier waarop natuurwetenschappers en technici nu eigenlijk echt bezig zijn, en voornamelijk de rol van rekenen/wiskunde hierbij.



Valkuil

Er zit een valkuil bij het meten met sensoren: in de aanrommelfase, dus bij het noodzakelijke verkennen van de apparatuur zou het gebruik van sensoren nogal op een soort videospelletje kunnen lijken. Je ziet bijvoorbeeld in deze fase dat sommige kinderen de temperatuurcurve op het beeldscherm willen manipuleren, in plaats van na te denken over de fysieke plek waar de temperatuursensor zit. Het is dus wel de bedoeling dat de sensor die bij de eerste aanraking veel aandacht van de kinderen trekt, geleidelijk een ondergeschikt gereedschap wordt en dat de nadruk vooral op het te onderzoeken natuurverschijnsel of een relevante technische toepassing ligt. Een goed voorbeeld hiervan is het thema 'schoon water' waarbij de analyse van vuil water met een lichtsensor maar één activiteit is. In andere activiteiten wordt onder andere modderwater gefiltreerd. Bij het filteren wordt al duidelijk dat schoon water helderder is, dus meer licht doorlaat¹. Een lichtsensor is dan ook een handig gereedschap om te bepalen hoeveel vuiligheid in het water zit. Zo wordt er aan de kinderen een bak water voorgezet die met een onbekende hoeveelheid koffie is verontreinigd. Bij het doorlichten met een gelijkmatige lichtbron, zoals een losstaande monitor, meten de kinderen bijvoorbeeld een lichtintensiteit van 50 lux. Van de eenheid lux hoeven de kinderen alleen maar te weten, dat meer lux een feller licht betekent. Maar wat zegt dat over het aantal lepels koffie in het water? Kinderen van groep 5/6 kwamen (in een kringgesprek) gemakkelijk zelf op het idee dat zij dus met een identieke bak met schoon water moesten beginnen, en dat zij bij elke lepel koffie die zij toevoegen opnieuw de lichtsterkte van het doorschijnende licht moesten meten. Van de meetwaarden maakten zij een tabel met als kolommen het aantal lepels en de lichtsterkte.

lepels koffie	lichtsterkte (lux)
1	83
2	69
3	61
4	55
5	40
6	36
7	42
8	26



¹ Er is in ieder geval een beproefde aanleiding voor dit soort proefjes nodig, want de details van de uitvoering zijn voor niet natuurwetenschappelijk opgeleide leerkrachten nauwelijks te overzien. Bijvoorbeeld water dat met lichtgrijze klei is vervuild, lijkt tegen een donkere achtergrond juist helderder dan schoon water: de kleikorreltjes strooien dan het licht uit de omgeving in de richting van je ogen. En ook bij het meten met de lichtsensor kunnen bijkomende optische verschijnselen de meetwaarde onbetrouwbaar maken – vandaar dat de analysebak recht moet zijn en de lichtbron gelijkmatig. Aan de positieve kant is het toepassen van een lichtsensor vakinhoudelijk hier wel logisch: koffie is al gefiltreerd, dus kun je met een filter niet achterhalen hoeveel koffie in de bak zit.

Een nog mooiere voorstelling van de meetgegevens is de daarvan (vaak handmatig) getekende dalende grafiek waaruit bijvoorbeeld blijkt, dat 50 lux met ongeveer 4½ lefels koffie correspondeert. In wetenschappelijke termen zou je zeggen dat de kinderen hun analyseapparaat gekalibreerd hebben door middel van een ijkcurve. Ze hebben dat spontaan gedaan zonder iets te weten over ijking en kalibratie. Het inhoudelijke verhaal is helder, en de rekenkundige hulpmiddelen zoals tabel en grafiek leveren daarbij een cruciale praktische bijdrage. Zij maken de kwantitatieve samenhang tussen verontreiniging en lichtabsorptie op jonge leeftijd gemakkelijk bespreekbaar. De grafiek kan bovendien aanleiding zijn voor een discussie over de lijn: kan deze, misschien 'theoretisch', zelfs nog mooier en gladder worden naar mate je nauwkeuriger zou meten? Met deze discussie raak je écht de filosofische kern van natuurwetenschap.

De activiteit wateranalyse is qua opzet vrij overzichtelijk maar zij geeft de kinderen nog weinig mogelijkheden om zelf creatief variaties aan te brengen. Dit is op kwantitatief gebied ook pas mogelijk als kinderen weten hoe eerlijk meten werkt, in wetenschappelijke termen dus het controleren van variabelen, ofwel: veranderen steeds maar één ding tegelijk en schakel storende invloeden uit! Je moet dus bij lichtmetingen in de gaten hebben dat de afstand van de lichtbron meespeelt of dat je rekening moet houden met het veranderlijke daglicht naast een raam. Daarom is het belangrijk om na de aanrømmelfase wel eerst een goed in elkaar zittend en overzichtelijk uitgestippeld onderzoekje te doen, waarin eerlijk meten op een meer ambachtelijke manier geleerd kan worden.

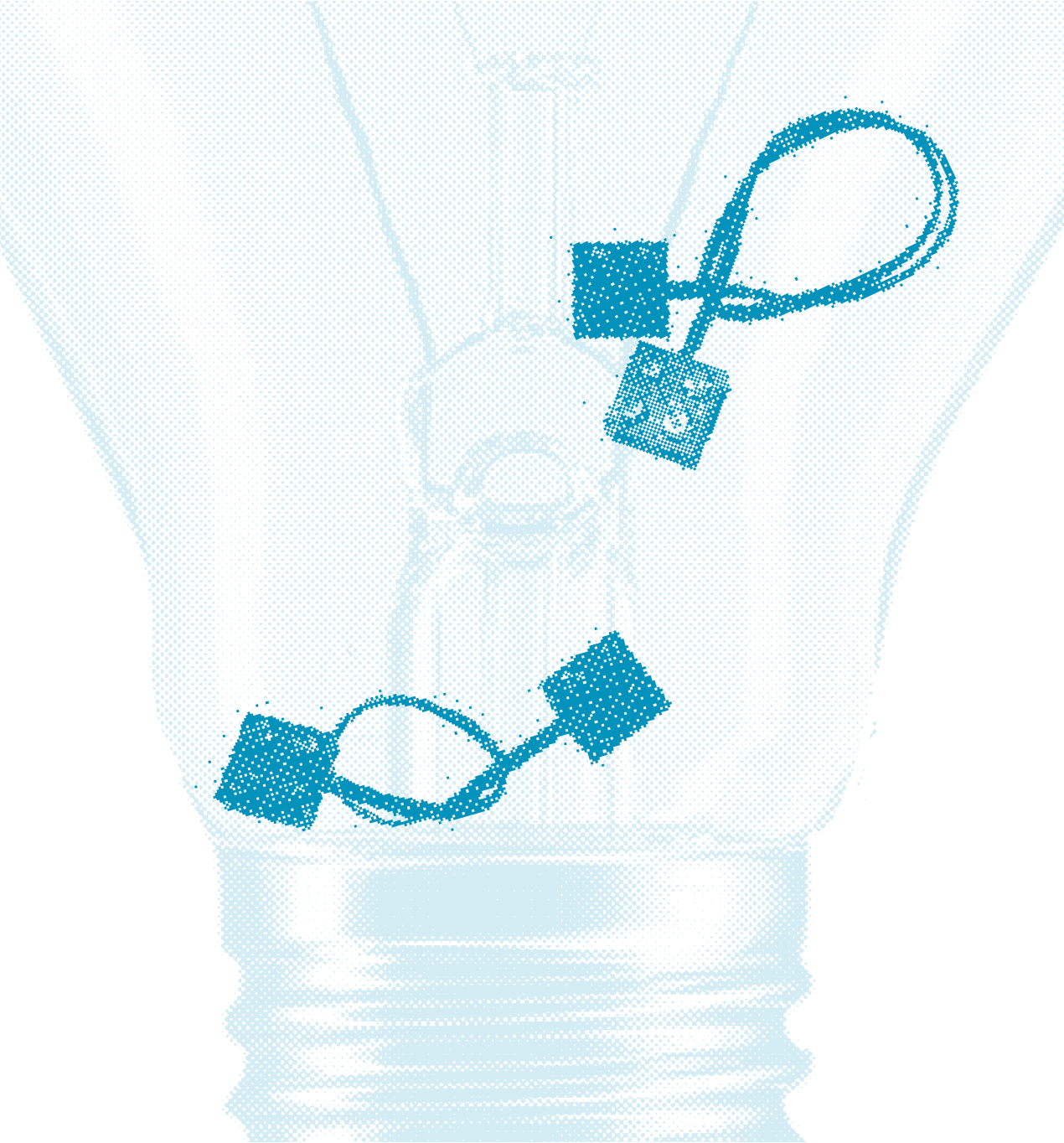
Wedstrijdjes

Een andere manier om eerlijk meten te bevorderen, is het opzetten van wedstrijdjes, zoals wie het hardst kan fluiten, of wie de beste warmte-isolatie kan maken. Sensoren leveren snel getallen die gemakkelijk met elkaar vergeleken en al doende bediscussieerd kunnen worden. Als kinderen doorhebben dat het geluidsniveau afneemt met de afstand, zullen zij er vanzelf op letten dat in een fluitwedstrijd niemand bevoordeeld wordt. Zij zullen daarvoor eerlijke regels bedenken, die uiteindelijk in een kringgesprek vastgesteld en afgesproken moeten worden. Een wedstrijd kan motiverend zijn, maar er ligt nog wel een pedagogische klus om deze inhoudelijk vruchtbaar te maken. Kinderen zullen namelijk gauw alles op alles zetten om een bepaalde meetwaarde te halen zonder de bijdrage van verschillende effecten apart te onderzoeken. En zij kunnen het als anticlimax ervaren om na afloop van de wedstrijd nog bij details stil te staan. Dit geldt uiteraard ook voor andere speelse activiteiten op school, maar toch valt er nog een stap verder te gaan om de motivatie voor eerlijk meten meer zaakgericht uit de onderzoeks- of ontwerpopdracht voort te laten komen.

Nepbankbiljetten

Na de aanrømmelfase en wat meer gesloten experimenteertaken kan daarom een opdracht worden gegeven waarbij de betrouwbaarheid van een opstelling vereist dat storende invloeden benoemd en uitgeschakeld worden. Een voorbeeld is een apparaat, waarvan de lichtsensoren verschillende zelfgekleurde nepbankbiljetten aan de hand van het weerkaatste licht herkent. De kinderen proberen dus om de mogelijke meetwaarden bij een geel briefje duidelijk en herhaalbaar te scheiden van de gemiddelde lichtsterkte bij een donkerblauw briefje. Daarvoor moeten de sensor, de briefjes en de lamp steeds op dezelfde plek liggen en mag het licht uit

de omgeving niet storen, en er kunnen verschillende opstellingen worden ontworpen en getest. Als dit lukt, kunnen de kinderen in een laatste stap een nog vrijer onderzoek beginnen, zoals: bepaal de zonuren per dag in de lenteweken en vergelijk deze met de gegevens van het KNMI of vergelijk de lichtsterkte op verschillende werkplekken.



Klassikale evaluatie

De vaardigheid om zelfs planmatigemetingen met sensoren te kunnen verrichten staat ook in andere landen op vroege leeftijd in het curriculum. Zo is in Engeland, Wales en Noord-Ierland het meten met sensoren al sinds 1994 vast onderdeel van de nationale kerndoelen, bijvoorbeeld in science keystone 2 (leeftijd 7 t/m 11 jaar): *Sc1 Scientific enquiry – Obtaining and presenting evidence: (f.) make systematic observations and measurements, including the use of ICT for datalogging*. En voor nog jongere kinderen in science keystone 1 (leeftijd 5 t/m 7 jaar) zijn er suggesties zoals: *Sc4 Physical processes – ICT opportunity: Pupils could use sensors to detect and compare sounds*. Voor de leerkrachten ligt er wel een driedubbele drempel: natuurwetenschappelijke onderwerpen, onderzoekend leren en het gebruik van de computer.

Gelukkig stelt het laatste voor de kinderen niet veel voor en kunnen ze de bediening van elkaar leren. Zo kun je vooraf een paar kinderen met de apparatuur bekend maken en vervolgens alleen met deze aangewezen experts nog technische vragen uitzoeken, terwijl de andere kinderen naar hen worden doorverwezen. Je kunt de beperkte instructies ook van koppel tot koppel in een soort estafette laten uitleggen. De kennisoverdracht moet wel beknopt zijn, want anders doen ze samen het hele proefje over. Je kunt het eerste groepje een spiekbrieftje voor de overdracht meegeven en vervolgens het eerste koppel voor verdere vragen bereikbaar laten zijn. Volgens onze ervaring zijn de gesprekken van de kinderen onderling vooral op de concrete uitvoering gericht, bijvoorbeeld hoe de bedieningselementen werken en waar je iets neer moet zetten. Inhoudelijke redeneringen worden minder gauw spontaan verwoord. Daarom is een klassikaal evaluatiegesprek achteraf absoluut noodzakelijk. Hierin verzamelt de leerkracht de opgedane ervaring van de kinderen en helpt hen de betekenis van de resultaten in woorden te vatten. Hierbij moet nog eens aan de orde komen wat de bedoeling van de opzet was en welk verband bestaat met soortgelijke verschijnselen en toepassingen in hun omgeving.

Sensoren in de praktijk

In trainingen voor leerkrachten zoals VTB-Pro hebben we positieve ervaringen met de volgende opzet: In het eerste half uurtje van de nascholing worden kinderen van groep 7/8 zonder leerkrachten geïnstrueerd over installatie en een handvol aandachtspunten bij het uitvoeren van wat algemene aanrommelproefjes. Even later schuiven de leerkrachten bij de kinderen aan die enthousiast vertellen wat zij allemaal hebben gehoord en geleerd. Vervolgens vertrekken de kinderen en worden de leerkrachten bijgepraat over de didactische bedoeling van het werken met sensoren binnen het N&T-onderwijs, zoals in bovenstaande tekst is toegelicht. Aan het einde wordt geïnventariseerd bij welke actuele thema's op school het meten met sensoren aan de orde zou kunnen komen en worden er zover mogelijk concrete plannen en afspraken gemaakt. Het mooie aan deze opzet is dat er op school dan al kinderen zijn die zich verheugen op daadwerkelijk gebruik van sensoren in hun les.

Frank Schweickert is ontwikkelaar aan het AMSTEL Instituut van de Universiteit van Amsterdam (UvA).

Ed van den Berg is docent aan het AMSTEL Instituut van de UvA, lector aan de Hogeschool van Amsterdam en werkt voor het EWT.