

Onmiddellijke Diagnose en Feedback voor Alle Vakken

Ed van den Berg
Lerarenopleiding VU en Kenniscentrum
Onderwijs en Opvoeding HvA
e.berg@vu.nl, e.van.den.berg@hva.nl

In een typisch leerproces zijn docenten en leerlingen een paar weken met de stof bezig en dan wordt er getoetst. Tijdens dat “bezig zijn” met lesgeven en leren, is er natuurlijk interactie. De docent ontdekt foute antwoorden en reageert. Maar toch is ontdekking van misconcepties en vaardigheidsproblemen en docentenreactie daarop incidenteel. Veel “alternatieve” gedachtegangen en vaardigheidsproblemen blijven verborgen tot de eindtoets. Er zijn echter veel mogelijkheden om *gedurende* de les heel snel begrips- en andere leerproblemen te detecteren van *veel leerlingen* en er *onmiddellijk* op te reageren.

I. Begripsproblemen, noodzaak voor tijdig diagnostisch werk. Rekenen basisschool en onderbouw VO.

Laten we met een gewone rekenles beginnen. Op een diagnostische rekentoets afgenomen in ene random steekproef van 567 Filipijnse leerlingen van klassen 2 en 4 van 15 middelbare scholen (Somerset, 2002).

$$\begin{array}{r} 6.25 \\ - 4 \\ \hline 6.21 \end{array} \quad \textcircled{3}$$

Figuur 1 Rekenprobleem met "place value"

Figuur 1 laat een typische fout zien, een “alignment error”. De leerling voert heel mechanisch een rekenrecept uit zonder getalbegrip, zonder verschil te maken tussen één-tallen, tienden, en honderdsten. In deze opgave maakte 50% van de leerlingen dit soort fouten. Zonde toch als dat in het voortgezet onderwijs nog fout gedaan

wordt! Deze fout had in de basisschool al ontdekt en geremedieerd moeten worden. Dat was niet gebeurd want de docenten keken alleen naar antwoorden en niet naar oorzaken.

Figuur 2 kost even wat detective werk. Om het “lenen” bij aftrekken te vermijden, draait de leerling de volgorde om, dus $7 - 1$ i.p.v. $1 - 7$ en $6 - 2$ i.p.v. $2 - 6$. Dit is een hele systematische fout die veel leerlingen consistent in allerlei opgaven toepassen. Als de docent dat weet, dan kun je het probleem bij de wortels aanpakken en succesvol remediërend. In de Filipijnen was dat niet gedaan met als gevolg dat meer dan 50% van de VO leerlingen dit fout deed. Bij toetsen en huiswerk werd alleen naar eindantwoorden gekeken.

$$\begin{array}{r} 42.13 \\ - 6.7 \\ \hline 44.63 \end{array} \quad \textcircled{5}$$

Figuur 2 Aftrekken met "lenen"

Een snelle ontdekking van dit soort systematische fouten kan veel onheil voorkomen. Degelijke meesters en juffen in het verleden keken naar leerling werk, ontdekten problemen, en deden er wat aan. Hoe kun je leerlingen begrips- en vaardigheidsproblemen snel ontdekken zonder dat je elke avond stapels schriften door moet nemen? Dat kan met snelle diagnose en feedback.

In de volgende oefening worden diagnose en remediatie gecombineerd. Stel je voor, een heerlijk ouderwetse, klassikale les met 30 leerlingen.

II. De methode in notedop geïllustreerd aan: persoonsvorm, Nederlands, onderbouw VO

In de brugklas leren kinderen over de persoonsvorm. Deze geeft in een zin de tijd aan en enkelvoud of meervoud. Zet de leerlingen aan de gang met onderstaand werkblad en de docent kan in een oogopslag zien wat goed gaat en wat fout gaat en kan daar tijdens de les op reageren. In de laatste kolom geven de kinderen aan met een kruis (X) in de ja of nee kolom of het woord in hoofdletters een persoonsvorm is of niet.

	Zin	ja	nee
1	Een vrouw LOOPT in een vreemde stad.		
2	Ze MOET al een poosje heel nodig naar de wc.		
3	Een openbaar toilet is in geen velden of wegen te BEKENNEN.		
4	Als ze langs een rouwcentrum loopt, BESLUIT ze daar van de wc gebruik te maken.		
	PLENAIRE UITLEG		
5	Na afloop BEZOEKT ze nog even de rouwkamer.		
6	Daar ligt een oude man OPGEBAARD.		
7	De vrouw BIDT even voor de man.		
8	Ze schrijft haar naam in het gastenboek voordat ze het rouwcentrum VERLAAT.		
	PLENAIRE UITLEG		
9	Twee maanden later ONTVANGT de vrouw een brief		
10	Daarin staat dat ze de hele erfenis van €100000 KRIJGT.		
11	De man bepaalde in zijn testament dat zijn vermogen VERDEELD moest worden onder de aanwezigen bij zijn uitvaart.		
12	Zij WAS de enige.		

Figuur 3 Persoonsvorm oefening (voorbeeld van Y. Meindersma, VU)

Met deze duidelijke lay-out van het werkblad kan de docent in een minuut een tiental leerlingen checken. Als alles goed gaat, laat je de leerlingen lekker doorwerken of breek je de oefening af want ze kunnen het al. Als de oefening niet goed gaat, zie je in het werkblad *wat* er niet goed begrepen wordt. De docent geeft klassikaal even een korte uitleg, alleen over de opgave die het vaakst fout was, en de oefening gaat verder. De docent gaat opnieuw rond om te zien of het nu beter gaat. Laat de leerlingen even een streep trekken waar ze verder gaan met de oefening na deze klassikale uitleg. Dan kun je als docent het verschil zien.

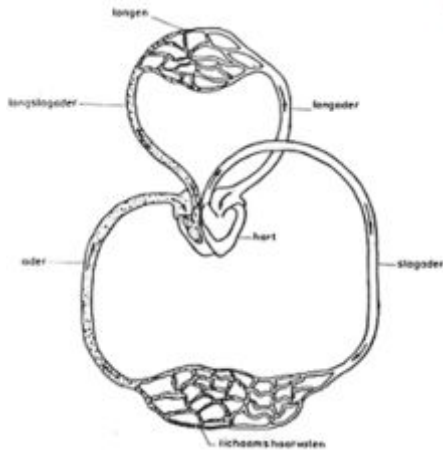
Als bijna alle leerlingen het goed doen, maar een paar niet, dan is een klassikale uitleg niet nodig. De docent kan dan individueel uitleggen, maar kan ook gebruik maken van *peer teaching*, laat de buurman of buurvrouw assisteren.

In bovenstaande opzet gaan leerlingen van de ene vraag naar de andere en werken ze gewoon door. Als ze iets consistent fout doen, dan blijven ze het fout doen. In elk geval tot het moment van klassikale uitleg. Dat kan ook anders. Deel de oefening in in blokjes, zet bv alleen de eerste 4 opgaven op de beamer. Het eerste klassikale terugkoppelingsmoment is dan na die opgaven. Bij het tweede setje van 4 opgaven moet het dan beter gaan. De leerlingen merken dat zelf. Ze merken dat ze wat leren en dat ze wat kunnen, dat motiveert! Er kunnen nog enkele klassikale terugkoppelingsmomenten zijn afhankelijk van ontdekte fouten. En elke keer een verbetering.

Als er geen verbetering optreedt? Dan zal de docent een andere uitleg moeten proberen. De feedback is niet alleen voor de leerlingen, ook voor de docent. Een zo gaan ze samen een proces van stapsgewijze verbetering in. Door zo'n oefening ziet de docent goed waar leerlingen fouten maken en leert de docent steeds beter hoe je die fouten kunt corrigeren en voorkomen. Naast grammatica wordt er ook vakdidactiek geleerd! De methode genereert de vakdidactiek!

Natuurlijk doe je zo'n oefening niet een hele les. 15 – 20 Minuten en daarna een andere werkvorm. Wel kun je een paar weken later de oefening terug laten komen om te zien of ze het nog weten of kunnen.

III. Snelle concept check: Bloedsomloop, basisschool/onderbouw VO.



Figuur 4 Richting en zuurstofgehalte bij bloedsomloop

Na een les over bloedsomloop kun je ook met 1 opgave snel controleren of de basisinformatie goed is doorgekomen. In figuur 4 wordt leerlingen gevraagd met een pijl de richting van de bloedstroom aan te geven en kleur blauw (zuurstofarm) of rood (zuurstofrijk) het zuurstofgehalte aan te geven. Dit is een activiteit van 1 à 2 minuten en dan weet de docent meteen hoe de vlag erbij hangt. Leerlingen zelf weten ook meteen of ze het goed of fout hebben. Nuttig.

IV. Kennen/kunnen ze het al? Voorkennis en vaardigheid meten en stap-voor-stap corrigeren: grafieken, beta en gamma vakken, onder- of bovenbouw

Stel je wilt als docent scheikunde, biologie, natuurkunde, of wiskunde even snel zien of je leerlingen voldoende kennis en vaardigheden hebben van/met grafieken om daar vervolgens gebruik van te maken in een

practicum of andere activiteit. We beperken ons even tot rechte lijnen, maar een soortgelijke les kan gedaan worden met trigonometrische, exponentiële, of logaritmische functies.

Docent: *Teken een simpel assenstelsel in je schrift en schets de grafiek $f(x) = x$. Gebruik gelijke eenheden op beide assen.* De docent kan als voorbeeld een assenstelsel schetsen op het bord om te voorkomen dat leerlingen teveel tijd steken in het assenstelsel en te weinig in de grafiek zelf.

Direct na de instructie loopt de docent de klas rond om te controleren dat iedere leerling bezig is en niet tijd verknoeid aan het mooi maken van een coördinatensysteem en het vermijden van de eigenlijke taak. Vervolgens kijkt de docent of er inderdaad een rechte lijn onder 45 graden met de x-as uit komt.

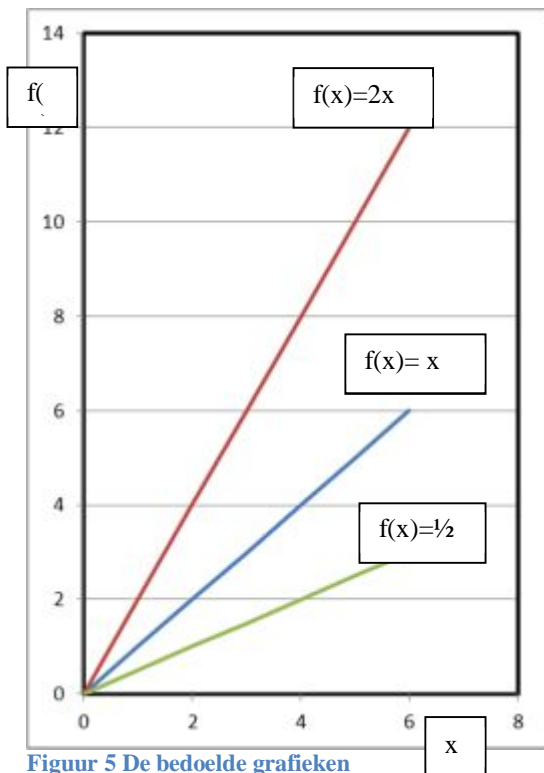
Docent: *Schets nu in dezelfde figuur de grafiek van $f(x) = 2x$ (of $y = 2x$). Een schets is voldoende, het is niet nodig precies te meten.*

Terwijl de leerlingen bezig zijn, loopt de docent weer door de klas en ziet in één oogopslag of een leerling een steilere of minder steile grafiek tekent vergeleken met $f(x) = x$. De docent heeft zelfs tijd voor korte individuele interviews met één of twee leerlingen. Die interviews kunnen uiterst nuttige informatie opleveren voor een plenaire reactie op leerling fouten. Leerlingen die al klaar zijn, kunnen hun antwoorden met die van burens vergelijken en ze doen dat meestal automatisch. De docent kan nu direct klassikaal kort ingaan op veel gemaakte fouten en de redeneringen achter die fouten.

De volgende opdracht is natuurlijk $f(x) = \frac{1}{2}x$ te schetsen, in dezelfde figuur.

Wederom loopt de docent rond en checkt in een paar seconden een stuk of 15 leerlingen en vraagt hier en daar een leerling met een fout antwoord om verheldering.

Weer volgt een plenaire reactie op frequente fouten.



Figuur 5 De bedoelde grafieken

De volgende opdracht is om $f(x) = x - 5$ te schetsen. Etc.

Deze herhaling van lineaire grafieken kan afgesloten worden met $f(x) = ax + b$ en de betekenis van de richtingscoëfficiënt “a” en de constante “b”.

Het zal duidelijk zijn dat eenzelfde les mogelijk is over $f(t) = A \sin(2\pi ft + c)$ of $f(t) = Ae^{kt}$, of andere functies.

Als bij de eerste opdrachten blijkt dat vrijwel alle leerlingen het goed doen, dan staakt de docent de activiteit en gaat hij/zij meteen over op de activiteit waarin de grafieken *gebruikt* gaan worden. Aan de andere kant, als er serieuze problemen zijn, dan is er even wat extra oefening nodig en dan kan dat in de vorm van 1) een nieuwe opgave, 2) zelfwerk met een rondgaande docent, 3) onmiddellijke plenaire reactie. De docent *moet* rondgaan en niet aannemen dat hij of zij alle leerlingfouten al weet. De

korte interviews tijdens de rondgang zijn uiterst belangrijk en vormen de ideale voorbereiding op de plenaire uitleg. Bovendien zijn die interviews interessant, het zout in de pap voor een docent.

De kracht van de methode ligt in de snelle diagnose gecombineerd met *onmiddellijke* individuele (interviewtje) en plenaire feedback. De ijverige docent die 's avonds achter een toren schriften zit om iedere leerling individueel commentaar op huiswerk of een toets te geven, is toch nog altijd een paar dagen te laat met de feedback. De leerling kijkt misschien niet eens naar al die rode half leesbare docentfeedback op hun werk. *Onmiddellijke* feedback *tijdens* de les werkt veel beter.

V. Didactiek 1

In 1998 publiceerden Black en Wiliam een meta-analyse over de effecten van formatieve toetsing (zeg maar feedback op leerlingwerk zonder cijfers). Ze analyseerden meer dan 600 onderzoekspublicaties. De effecten van wel of geen feedback op leerlingwerk bleken veel groter te zijn dan andere variabelen in het leerproces zoals lesmethode X of Y mits de toetsing en feedback voldeed aan enkele voorwaarden:

- Geen connectie met cijfergeving.
- Moet zinvol zijn voor leerlingen (begrijpelijk, constructief).
- Moet direct zijn, dus tijdens het leerproces en niet veel later.

Vanuit de vele studies uit de vele studies naar alledaagse denkbeelden van leerlingen (meestal misconcepties genoemd), weten we dat er geen magische methoden zijn voor remediatie van misconcepties, maar dat een voortdurende interactie over taal en begrip essentieel zijn. Ook dat pleit voor gebruik van formatieve evaluatie.

Tenslotte weten we uit de onderwijskunde dat doelgerichtheid belangrijk is in onderwijs. Een docent die duidelijk stuurt op resultaten en dat ook toetst en stuurt via formatieve evaluatie heeft een goede kans op succes (Fullan, 2002).

Er zijn een aantal **spelregels** voor uitvoering, deels triviaal:

1. Zodra de eerste feedback opdracht gegeven is, eerst een rondje door de klas maken of ieder pen en papier heeft en mee doet. Strikt optreden. Pas daarna naar resultaten kijken.
2. Als je bij rondgaan in de klas onverwachte antwoorden tegenkomt, even 10 – 20 seconden interviewen.
3. Soms alvast even individuele en zeer korte uitleg geven.
4. Het tempo er in houden met snel opeenvolgende opgaven en korte en bondige plenaire uitleg.
5. Een docent die over je schouder meekijkt kan bedreigend voelen. Het succes van de feedback methode is gebaseerd op **VERTROUWEN** dat de docent geïnteresseerd is in het denken van de leerling en deze naar betere prestaties wil leiden.

We gaan nog even verder met voorbeelden van verschillende vakken en formats voor opgaven.

VI. Begrip oefenen en toetsen met *fortune lines* bij literatuur of geschiedenis.

Begrip bij vakken als literatuur en geschiedenis moet meestal blijken uit teksten van leerlingen (samenvattings- en verklaringsvragen) en het is tijdrovend om die te lezen. Begrip kan ook grafisch worden getoetst. Je kunt bijvoorbeeld het welbevinden (“fortune”) van een persoon uitzetten als functie van de tijd. In het sprookje van Roodkapje zijn er een aantal belangrijke momenten:

1. Roodkapje gaat blij van huis.
2. Roodkapje gaat het bos in.
3. Roodkapje ontmoet de wolf.
4. Roodkapje ontvlucht de wolf.
5. Roodkapje arriveert bij oma’s huis.
6. Roodkapje wordt opgegeten.
7. Roodkapje en oma worden bevrijd.

Het welbevinden van Roodkapje kan weergegeven worden in een grafiek (figuur

6). Je kunt een perspectief wisseling toepassen, teken nu het welbevinden van de wolf. Iemand die het sprookje en de grafiekrepresentatie goed begrijpt, komt hier goed uit. Bovendien kan het heen-en-weer gaan tussen representaties extra begrip opleveren.

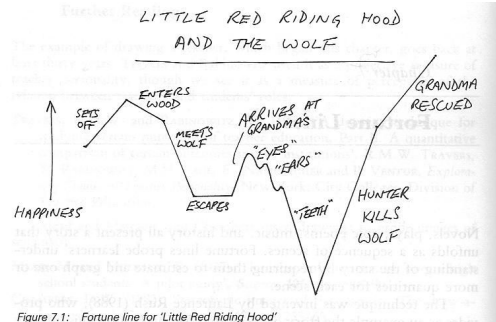


Figure 7.1: Fortune line for ‘Little Red Riding Hood’ (White & Gunstone, 1992).

Figuur 6 komt uit *Probing Understanding* van White en Gunstone (1992). Fortune lines blijkt een oude techniek te zijn die ook gebruikt wordt in het vak Geschiedenis. De bundel *Actief Historisch Denken* (Vries, 2004) bevat opdrachten met “levenslijnen”.

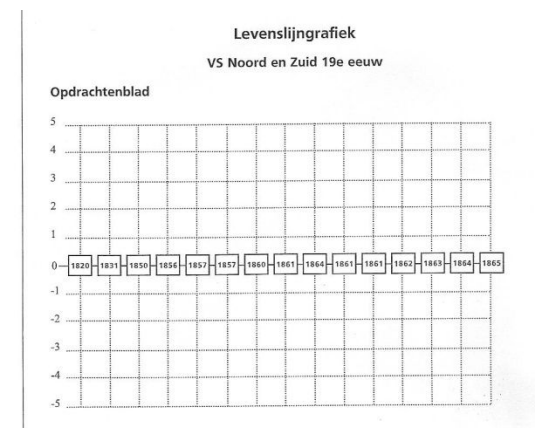


Figure 7 Levenslijn in *Actief Historisch Denken* (Vries et al, 2004)!

Leerlingen krijgen een lijst van gebeurtenissen rond het slavernij probleem van 1820 – 1865 in de VS en moeten dan levenslijnen tekenen van een plantagehouder en van een slaaf.

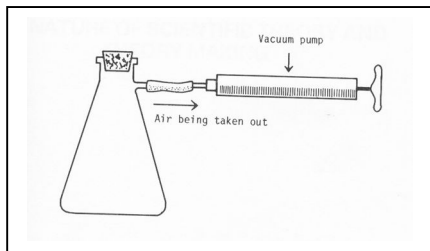
Wederom is het mogelijk begrip af te lezen uit een grafiek en uit te vinden welk punt niet begrepen is en juist daar dan nog wat extra uitleg aan te besteden. Aan de andere

kant, deze opgave leent zich ook voor een discussie over interpretatie met kleine groepjes of klassikaal. In dat geval kan de docent overgaan van de fast feedback methode op een gewone les.

VII. Vorokennis meting door tekeningen: Lessen over Gassen, VO onderbouw

De volgende voorbeelden komen uit het werk van Novick en Nussbaum (1980). Na een korte introductie over gassen kan de docent(e) de volgende opdracht geven:

Docent: *Stel dat je een fles hebt die gevuld is met lucht (figuur 1). Teken de lucht in de fles. (Men zou ook kunnen vragen Teken de luchtmoleculen in de fles al duwt die instructie de leerlingen al een beetje in de richting van deeltjes).*



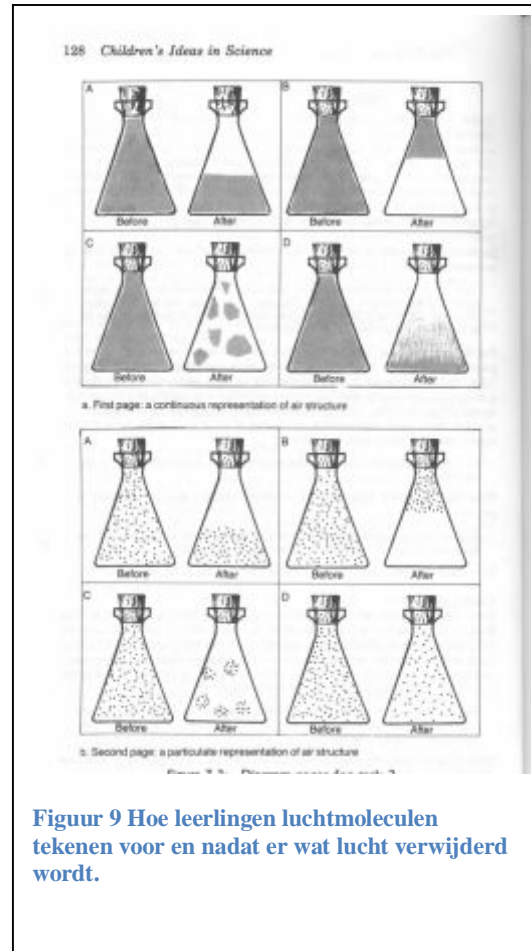
Figuur 8 Erlenmeyer en zuigslang

Nadat leerlingen dit gedaan hebben, volgt de tweede taak:

Docent: *Nu wordt met een rietje of met een pompje een deel van de lucht uit de fles gezogen en daarna wordt de fles weer gesloten. Teken de luchtmoleculen nadat er wat lucht uit de fles gezogen is.*

De resultaten uit het onderzoek van Novick en Nussbaum³ zijn zichtbaar in figuur 9

Gedurende het tekenen loopt de docent door de klas en vraagt leerlingen om verheldering bij hun tekeningen. *De docent leert hoe leerlingen zich gasmoleculen voorstellen.* Leerlingen die klaar zijn leggen intussen hun tekeningen aan elkaar uit. De activiteit wordt plenair voortgezet met tekeningen op het bord en leerlingen die hun voorstelling van lucht moleculen en het effect van wegzuigen van lucht uitleggen. De tekeningen in figuur 2 laten werk zien van onderbouwleerlingen in diverse landen.



Figuur 9 Hoe leerlingen luchtmoleculen tekenen voor en nadat er wat lucht verwijderd wordt.

Leerlingideeën hebben o.a. te maken met de volgende vragen: a) is materie continu of bestaat het uit deeltjes?, b) wat is er tussen de deeltjes?, c) zijn de deeltjes in een gas geordend of in chaos? d) hoe stel je je random beweging van gasdeeltjes voor?, e) hoe komt dat deeltjes zich *onmiddellijk* verspreiden over lege ruimte? De bovenste 8 tekeningen zijn getekend door leerlingen die materie als continue lijken te zien, terwijl de onderste 8 tekeningen een duidelijk deeltjeskarakter laten zien.

Uiteraard moet de docent niet alleen weten hoe je snel feedback verzamelt via deze tekeningen. De docent moet ook verschillende manieren paraat hebben om gasdeeltjes “aanschouwbaar” te maken. Daarvoor zijn diverse analogieën beschikbaar. Bijvoorbeeld, wat zijn de

overeenkomsten *en verschillen* tussen gasdeeltjes in een fles en mensen in een grote disco? Bij dat soort vragen is het handig om de vraag even in kleine groepjes te laten bespreken en te luisteren naar leerlingideeën en vervolgens de opgedane kennis van leerlingdenken te gebruiken om plenair te reageren. **De snelle feedback werkt naar twee kanten. De docent kan zeer snel reageren op leerlingideeën: de leerling krijgt snel feedback van de docent. De docent kan ook heel snel uitvinden hoe zijn of haar les overkomt: de docent krijgt snel feedback van de leerlingen op zijn of haar les!**

VIII. Chemische Reacties

Veel verschillende aspecten van chemische reacties kunnen verwerkt worden tot fast feedback oefeningen, zoals het kloppend maken van chemische reacties. Laat voldoende ruimte over om coëfficiënten in te vullen.

1. $\text{CO(g)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightarrow \text{CO}_2\text{(g)}$
2. $\text{N}_2\text{O}_5\text{(g)} + \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow \text{HNO}_3\text{(aq)}$
3. $\text{PCl}_5\text{(l)} + \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4\text{(aq)} + \text{HCl(aq)}$
4. $\text{CH}_4\text{(g)} + \text{Br}_2\text{(g)} \rightarrow \text{CBr}_4\text{(l)} + \text{HBr(g)}$
5. $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2\text{(l)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightarrow \text{CO}_2\text{(g)} + \text{H}_2\text{O(l)}$

Met als bedoelde antwoorden

1. $2\text{CO(g)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightarrow 2\text{CO}_2\text{(g)}$
2. $\text{N}_2\text{O}_5\text{(g)} + \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow 2\text{HNO}_3\text{(aq)}$
3. $\text{PCl}_5\text{(l)} + 4\text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4\text{(aq)} + 5\text{HCl(aq)}$
4. $\text{CH}_4\text{(g)} + 4\text{Br}_2\text{(g)} \rightarrow \text{CBr}_4\text{(l)} + 4\text{HBr(g)}$
5. $2\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2\text{(l)} + 15\text{O}_2\text{(g)} \rightarrow 10\text{CO}_2\text{(g)} + 10\text{H}_2\text{O(l)}$

Ook hier is het weer belangrijk om de opgaven niet in een keer achter elkaar te doen, maar tussentijds feedback te geven. De opgaven kunnen één voor één op het bord of scherm komen met na elke stap feedback totdat de meeste leerlingen het goed hebben. Resterende leerlingen kunnen assistentie krijgen via peer teaching of

aandacht van de docent nadat andere leerlingen aan een grotere opdracht gezet zijn.

Andere scheikunde voorbeelden zijn:

- a) Structuurformules van moleculen tekenen.
- b) Chemische naamgeving bij structuurformules.
- c) Lewis structuren tekenen voor de elektronenverdeling
- d) Elektronenconfiguraties van elementen.
- e) Opstellen reactievergelijkingen.
- f) Kloppend maken van reactievergelijkingen
- g) Grafiekopgaven rond reactiesnelheden en chemisch evenwicht.

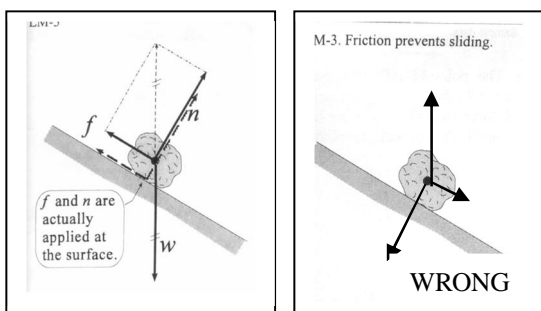
IV. Een Natuurkundevoorbeeld: Krachtendiagrammen

Begrip van krachten is onontbeerlijk in succesvolle toepassing van Newton's wetten. Mijn collega's en ik doen al jaren aparte oefeningen met de zogenaamde "*free-body force diagrams*" waarbij we de krachten op een object tekenen.



Figuur 10 Het probleem, welke krachten werken er op de steen?

Plenair: Van de vector diagrammen weten leerlingen nog dat je een kracht door een pijl kunt voorstellen die een bepaalde lengte (evenredig met grootte) en richting heeft. Ze weten ook dat je vectoren op kunt tellen tot een resultante vector. We benadrukken dat een resultante kracht anders moet worden voorgesteld, bv. door een dubbele pijl. Een voorbeeld van krachten tekenen wordt even plenair gedaan.



Figuur 11 De goede oplossing (links) en een populaire foute oplossing (rechts).

Individueel: Vervolgens krijgen leerlingen een werkblad met tekeningen van situaties en moeten ze de krachten op het voorwerp tekenen. Figuur 10 laat een steen zien op een hellend vlak. Wrijving voorkomt naar beneden glijden. De tekeningen komen van de bekende plaatjes van Jim Court (1993, 1999ab).

De docent gaat rond en ziet prachtige fouten die allemaal uiterst verklaarbaar zijn en netjes gecategoriseerd kunnen worden in misconceptie categorieën. Toch is het ook hier belangrijk enkele leerlingen te ondervragen over hun tekening. Dat interview is de beste oefening voor de latere plenaire bespreking.

Plenaire: Diverse krachtendiagrammen worden besproken waarna de leerlingen weer individueel doorgaan met de oefeningen. Eerst statische situaties, dan dynamische met constante snelheid, dan dynamische met versnelling, en dan een mengsel van situaties.

Meer nuttige details over krachten tekenen en enkele vuistregels kunt u vinden in een eerder artikel⁹. Mijn collega's en ik doen de krachtendiagrammen in mechanica, maar we komen er later tijdens andere onderwerpen regelmatig op terug. Twee jaar na de introductie van de diagrammen, doen studenten het nog steeds goed. De krachtendiagrammen waren één van de meest succesvolle onderdelen van ons natuurkunde programma in de Filippijnen en

leiden tot een beter begrip van de wetten van Newton.

IX. Moleculaire Structuur, Chemische Formules, Lewis Structuren.

In lessen over organische moleculen kun je leerlingen eenvoudige molecuulstructuren laten tekenen. Bijvoorbeeld, teken een alkaan met 4 C atomen, of teken 2-methylbutaan, of buteen, of benzeen. De docent loopt snel rond om te zien wat leerlingen er van bakken. Wederom is directe individuele en plenaire feedback mogelijk.

Men kan leerlingen ook Lewis-structuren laten tekenen. Laat ze diverse moleculen tekenen en de gemiddelde plaats/rol van valentie elektronen aangeven. Laat ze zowel ionische als covalente moleculen tekenen. Na een minuut of twintig zullen resultaten merkbaar beter worden. Je zou ook kunnen vragen wat de beste representatie is voor HF: H:F of

H:F of H:F, of H·F *en waarom*. In een onderzoek aan een Amerikaanse universiteit bleek dat 25% van de practicumassistenten (meestal aio's werkend aan een promotie in scheikunde) hun keuze niet juist kon toelichten. Ook in deze activiteit is het mogelijk voor de docent om in iets meer dan een seconde 10 leerlingen te checken. Er is zelfs tijd om kleine interviewtjes er tussendoor te doen om leerlingantwoorden beter te begrijpen en alvast te oefenen in uitleg voor de plenaire bespreken van antwoorden.

X. Begripsproblemen: getallen ordenen bij wiskunde

We gaan nog even terug naar de onderbouw met een wiskunde voorbeeld:

	Orden de volgende getallen van klein naar groot			% correct
a	6	9	5	97,4
b	0,3	0,1	0,6	88,0
c	0,55	0,8	0,14	16,3
d	0,438	0,4	0,44	9,4

Figuur 12 Ordenen van decimale getallen door Filippijnse leerlingen

Bovenstaande opgaven werden gemaakt door een random steekproef van 367 2^{de} klas leerlingen van 15 Filipijnse middelbare

Een keer lieten we onze leraaropleiding studenten wat stralendiagrammen maken met vlakke spiegels. Ze hadden dat een jaar eerder uitgebreid gehad. Terwijl mijn collega en ik rondliepen, zagen we dat een derde van de studenten het beeld op de spiegel tekenden i.p.v. erachter. Dat hadden we niet meer verwacht. Korte interviews gaven aan dat studenten verschillende argumenten hadden voor hun foute tekening. Gedurende de plenaire bespreking kwam de eerste vrijwilliger meteen met het juiste stralendiagram en de juiste beeldlocatie. Als we niet de klas waren rondgegaan, hadden we niet geweten dat 1/3 van de studenten de fout in gingen. Nu we dat wel wisten, konden we op de problemen ingaan. Kijk naar leerling-werk, maar doe dat vooral tijdens de les.

scholen. Het resultaat staat in de laatste kolom. Bij de laatste twee opgaven is er duidelijk een probleem. Wat ging er fout? De populairste foute antwoorden waren:

0,8 0,14 0,55

gekozen door 68,9% van de leerlingen en

0,55 0,14 0,8

gekozen door 11,2% van de leerlingen.

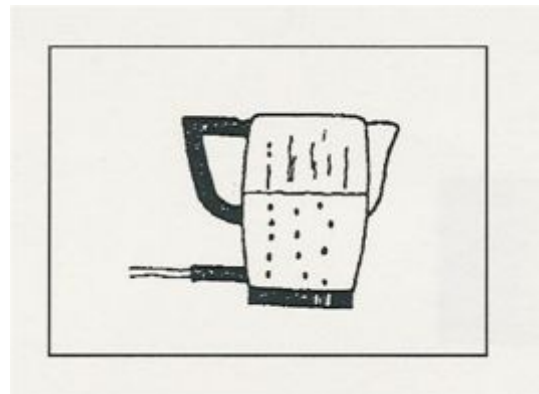
In de eerste fout doet men alsof de decimale komma er niet is. In de tweede fout wordt de volgorde dan juist omgedraaid.

Hoe verbeter je dit? Allereerst is er een trucje. Maak het aantal decimalen in alle getallen gelijk door nullen toe te voegen dus 0,55, 0,14, en 0,80. Dan zullen leerlingen het goed doen. Maar je wilt natuurlijk dat ze een beter getalbegrip krijgen. Dus laat ze de getallen als taartpunten tekenen.

XI. Gebruik van meerkeuzevragen voor diagnose (alle vakken).

Een andere snelle feedback methode is het gebruik van meerkeuze vragen. Leg een typische misconceptie vraag op de OHP.

Leerlingen kiezen een antwoord en beargumenteren dat in hun schrift. Dan volgt discussie van paren of kleine groepjes. Als er veel variatie is in antwoordkeuzes, dan zal er heftige discussie zijn. Dan krijg je ook “peer teaching”, leerlingen die aan elkaar uitleggen en elkaar helpen bij het begrijpen van natuur- of scheikunde. De docent gaat rond, luistert, heeft interactie met groepjes, en de docent kan eventueel de discussie plenair maken. Mazur (1997), een natuurkunde professor van Harvard, en een vrij grote groep andere docenten in hoger onderwijs in de VS gebruiken deze methode bij klassen met zelfs 200 – 300 studenten. Het volgende meerkeuzevoorbeeld is in leerlingtaal geformuleerd.



Figuur 13 Meerkeuzevoorbeeld uit onderzoek van Osborne en Cosgrove (1982).

Wanneer water kookt, dan zijn er grote bellen in het water. Waar bestaan die uit?

- A. Lucht
- B. Warmte
- C. Stoom
- D. Zuurstof en waterstof

Als respons kunnen leerlingen de letters op papier schrijven, maar ze kunnen ook gekleurde kaartjes omhoog houden met een kleurcode voor A, B, C, en D. De moderne manier is te werken met elektronische clickers. Binnenkort kunnen leerlingen ook “stemmen” met hun mobile telefoon en krijgt de docent de statistieken van antwoorden op het scherm. Met meerkeuze is van alles mogelijk. Aan de andere kant, mijn eigen voorkeur is voor de andere formats in dit artikel omdat tekeningen,

schetsen, en grafieken meer ruimte geven voor onverwachte antwoorden.

Terug naar het probleem. Osborne en Cosgrove deden uitgebreid onderzoek naar de ideeën van teenagers en volwassenen over verschijnselen als verdampen en condenseren. Het gewenste antwoord is stoom, maar waterstof en zuurstof is een populair antwoord zelfs onder studenten. Onze wereld zou er heel anders uitzien als dat het goede antwoord zou zijn!

XI. Didactiek 2 en Samenvatting

Docent feedback op leerling ideeën (zonder cijfers te geven) is een van de meest krachtige invloeden op leren. Hoe sneller de feedback, hoe beter. Dit artikel illustreerde een aantal manieren om zeer snel ideeën van veel leerlingen te diagnosticeren en erop te reageren. Voordelen zijn snelle feedback aan leerlingen op hun gedachtespinsels, snelle feedback aan de docent of, en hoe de les overkomt, en tenslotte, de gebruikte methode om snelle feedback te verzamelen

stimuleert ook vergelijking van antwoorden tussen leerlingen waarbij leerlingen elkaar antwoorden uitleggen (peer teaching).

De leerling leert, maar de docent ook. De docent leert over denkbeelden van leerlingen en de docent kan daarop reageren en toetst in de volgende vraag direct of de uitleg wel of niet over kwam en dan alsnog de uitleg bijstellen. Het leerproces werkt van twee kanten!

Gebruik van fast feedback met meerkeuze antwoorden en peer teaching is zelfs tot lesmethode verheven op Harvard door Mazur (1997). Eric Mazur geeft de nieuwe stof voor college als leeswerk op. De avond voor het college moeten studenten vragen over de nieuwe stof mailen. Mazur geeft dan heel korte uitleg en vervolgens gebruikt hij meerkeuzevragen om te toetsen hoe en of het over kwam. Als resultaten tegenvallen, gaan studenten elkaar uitleggen. Dat wordt door een nieuwe vraag getoetst. Een die peer teaching methode werkt goed en is door veel andere universitaire docenten op Harvard en daarbuiten overgenomen.

Onderwerpen met mogelijkheden voor snelle feedback via snelle formats

Talen, literatuur, geschiedenis

1. Werkbladen met kolommen (zie persoonsvorm voorbeeld).
2. Fortune lines (zie roodkapje en geschiedenis voorbeeld).
3. Woordjes overhoren: een rij woorden, een rij vertaling/betekenis maar in andere volgorde. Leerlingen trekken lijnen om de corresponderende paren te verbinden, of woordjes genummerd, verklaring geletterd, en leerlingen antwoorden 1-B, of 2-E en de docent kan in een oogopslag zien of het goed gaat.

Gamma vakken

1. Allerhande grafieken
2. Allerhande diagrammen

Scheikunde

1. Tekenen van molecuulstructuren.
2. Aangeven van lading op moleculen (polaire versus niet-polaire, bv water).
3. Tekenen van elektronenconfiguraties (Lewis structuur).
4. Moleculen in oplossing.
5. Schrijven van molecuulformules bij gegeven naam en omgekeerd.
6. Stoichiometrie met grafische weergave van hoeveelheden inclusief overmaat voor en na reacties (voorbeeld werkblad wordt toegevoegd op deze site).
7. Reactiesnelheden en invloed van diverse factoren zoals fase, temperatuur, concentratie.
8. Tijdsverloop van concentratie vs tijd bij evenwichtsreacties en verschuivingen van chemisch evenwicht, bv. door verandering van temperatuur.
9. Grafieken van bindingsenergie vs atomaire afstanden voor diverse soorten moleculen en complexen.

Natuurkunde

1. Kinematische grafieken (x versus t, v versus t, a versus t).
2. Krachtendiagrammen.
3. Vloeistofniveaus in vloeistof problemen (bv. twee maatcilinders met elk 40 cm³ water. We voegen aan de één 5 cm³ lood toe en aan de ander 5 cm³ aluminium. Teken de vloeistofspiegel na toevoeging.)
4. Gassen.....tekenen gasdeeltjes in verschillende situaties.
5. Gassen....grafieken voor ideale gassen bij toename en afname van de hoeveelheid gas of van andere variabelen.
6. Energie conversie diagrammen en energie input-inhoud-output diagrammen¹¹, deze kunnen uiterst nuttig zijn in het probleem oplossen.

Literatuur

- Black, P., D. William (1998b). Assessment and Classroom Learning. *Assessment in Education*, 5(1).
- Court, J.E. (1993). Free-Body Diagrams. *The Physics Teacher*, 31, 104-108.
- Berg, E. van den, C. van Huis (1998). Het tekenen van krachten. *NVOX*, 23(1), 18-19.
- Berg, E. van den (1999). Paper circuits to short-circuit practice in electric circuit making. *School Science Review*, 81(295), December 1999, 126-127.
- Court, J.E. (1999a). Free-Body Diagrams Revisited – I, *The Physics Teacher*, 37(7), 427-433.
- Court, J.E. (1999b). Free-Body Diagrams Revisited – II, *The Physics Teacher*, 37(8), 495.
- Huis, C. van, Berg, E. van den (1993). Teaching energy: A systems approach. *Physics Education*, 28(3), 146-153.
- Novick, S., & J. Nussbaum. (1982). Brainstorming in the classroom to invent a model: a case study. *School Science Review*, 62, 771-778.
- Driver, R., E. Guesne, A. Tiberghien (1985). Children's ideas in science. Open University Press.
- Liem, T. (1987). Invitations to Science Inquiry. Inquiry Enterprises. Chino Hills, California.
- Mazur, E. (1997). *Peer Teaching*. New York, Wiley.

Osborne, R., Cosgrove, M. (1983). Childrens conceptions of the Changes of State of Water. *Journal of Research on Science Teaching*, 20(9), 825-838.
Verhagen, P. (1995). Krachten tekenen. *NVOX*, 20(2), 79-82.
White, R.T., & R. Gunstone. (1992). *Probing Understanding*. London: Falmer Press.

ⁱ In figuur 7 staan de jaartallen niet op de goede volgorde, dat zal niet zo bedoeld zijn.