

Hoeveel structuur moet aangebracht worden in taken om zelfstandig leren in de brugklas te bevorderen? Voor **Frans van Galen** en **Hanneke Beemer** was dit de hoofdvraag bij hun onderzoek naar de mogelijkheden van het computerprogramma *Measurement in Motion* bij het leren van grafieken in de brugklas.

## Zelfstandig leren met 'Measurement in Motion'

### Onderzoekend leren

Onderzoekend leren is belangrijk, daar zijn we het vast over eens. Leerlingen leren meer van door henzelf uitgevoerde onderzoekjes dan van het maken van rijtjes sommen die de docent een keer heeft voorgedaan. Het is een belangrijk argument achter het studiehuis in de bovenbouw, maar het argument geldt natuurlijk niet ineens vanaf de vierde klas.

Bovendien zullen leerlingen moeten leren om zelfstandig te werken en dat is iets waarvoor al in de onderbouw de basis moet worden gelegd. Het experiment dat in dit artikel wordt besproken, is uitgevoerd in de eerste klas van het voortgezet onderwijs.

Hoe moet 'onderzoekend leren' worden vormgegeven? Wanneer je de boeken voor de brugklas doorneemt, lijkt het vaak alsof leerlingen bij het maken van opgaven aan de hand worden genomen door de auteurs. Vraag 8 is bijvoorbeeld opgedeeld in deelvragen, waarvan 8a voorbereidt op 8b, die weer op 8c, en zo verder. Natuurlijk, het is gedaan om te voorkomen dat leerlingen direct naar de docent lopen om om hulp te vragen, maar is dat echt wat we bedoelen met eigen, construerende activiteit van leerlingen?

Een computer biedt in principe meer mogelijkheden dan een boek. In dit artikel bespreken we een onderzoek met het computerprogramma *Measurement in Motion*, dat leerlingen de mogelijkheid geeft om grafieken te maken bij video-opnamen van bijvoorbeeld een startende auto, of een ronddraaiend reuzenrad. Het onderzoek is uitgevoerd door Gellof Kanselaar, Gijsbert Erkens (beiden Onderwijskunde/ISOR Utrecht), Frans van Galen, Hanneke Beemer en Koeno Gravemeijer (Freudenthal Instituut) en was mogelijk dankzij een projectsubsidie van NWO. De hoofdvraag in het onderzoek was hoeveel structuur in de taak optimaal is voor zelfstandig leren. Kun je leerlingen het beste een serie kleine opdrachten geven – zeg 1a tot en met 1f – of moet je leerlingen aan het werk zetten met één overkoepelende opdracht? In het onderzoek hebben we steeds twee versies van de taken vergeleken om via die weg een optimale vorm te vinden.

Het onderzoek besloeg één jaar, waarin drie keer een bijgesteld pakketje is getest met leerlingen uit de eerste klas van het VO. De eerste onderzoeksrunde is gedaan op het Montessori Lyceum Herman Jordan in Zeist, in een HAVO-VWO-brugklas; de tweede en derde ronde op het Cals College in Nieuwegein, in een ongedeelde brugklas. De leerlingen werkten in tweetallen aan de taken.

We gaan in het artikel met name in op wat we de 'interpretatieve protocolanalyse' hebben genoemd. De protocollen zijn ook geanalyseerd via een classificatie van korte fragmenten, maar voor die analyse verwijzen we naar hoofdstuk 8 van het eindverslag van het onderzoek (Kanselaar e.a., 1999).

### Twee versies van taken

Het computerprogramma *Measurement in Motion* (Cappo en Darling, 1992) is in Nederland weinig bekend, omdat het een programma is voor de Apple Macintosh. Toen de aanvraag voor het onderzoek werd ingediend bij NWO was er geen vergelijkbaar programma voor de Windows PC.

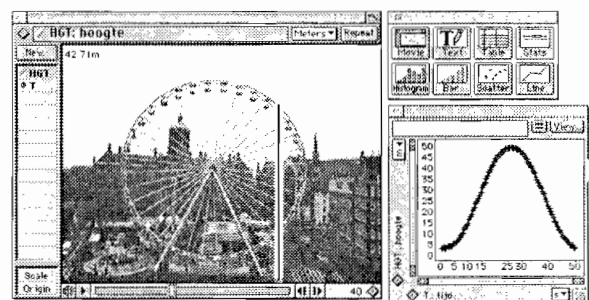


fig. 1 Schermafbeelding van Reuzenrad

Figuur 1 laat het scherm zien van het programma. Het 'filmpje' – een gedigitaliseerde video-opname – is in dit geval een opname van een reuzenrad op de Dam in Amsterdam. Onder het filmpje staan knoppen om het filmpje gewoon af te spelen, of om één beeld vooruit of achteruit te gaan. Een specifiek beeldje kan snel worden opgezocht

met de schuif. Links naast het filmpje staan verkorte namen voor de metingen die beschikbaar zijn, in dit geval zijn het HGT, de afstand van een schuitje in het reuzenrad tot de grond, en T, de tijd. Wanneer geklikt wordt op zo'n verkorte naam – de term 'variabele' werd niet gebruikt tegenover de leerlingen – verschijnt de volledige naam boven het filmpje. Door te slepen vanaf het 'diamantje' linksboven naar een van de diamantjes in het grafiekvenster worden de waarden van de variabele naar de grafiek overgebracht. In een stilstaand beeld van het filmpje zijn gemeten afstanden zichtbaar als een gekleurd lijnstuk en de waarde van een variabele kan worden afgelezen. In het gekozen filmbeeld is de hoogte 42.71 meter.

Van het 'tools window' rechtsboven zijn door de leerlingen alleen de knoppen gebruikt waarmee nieuwe grafieken kunnen worden gemaakt. 'Bar' geeft een staafgrafiek, 'Scatter' geeft een grafiek van losse punten, zoals afgebeeld in figuur 1, en 'Line' geeft een grafiek die bijna identiek is aan 'Scatter', maar de punten zijn nu verbonden.

De opgaven bij de verschillende taken stonden steeds op papier, omdat dat het meest overzichtelijk bleek. Er waren twee versies. In de minder gestructureerde versie worden bij het reuzenrad slechts twee vragen gesteld:

- a. Het paleis op de Dam is 30 meter hoog, de toren niet meegerekend. Hoeveel seconden per rondje kan José boven het dak van het paleis uitkijken?
- b. Nadat het reuzenrad een paar rondjes heeft gedraaid, is er een rondje waarbij mensen uitstappen en er nieuwe mensen instappen. Teken op papier hoe de grafiek van dat rondje eruit zou kunnen zien.

In de meer gestructureerde versie wordt elke vraag voorbereid met een aantal extra opdrachten. Allerlei deelaspecten komen daarbij aan de orde. Een paar van die opdrachten zijn:

- Maak een staafgrafiek (bar graph) van de hoogte van het schuitje waar José in zit.
- Maak ook een puntengrafiek van de hoogte van het schuitje. Gebruik de tijd in plaats van het nummer van het videobeeldje (frame-nummer).
- Schrijf de verschillen en overeenkomsten tussen de staafgrafiek en de puntengrafiek op.
- Klik op T, de afkorting van 'tijd'. Je kunt nu de tijd zien bij elk beeldje. Hoe lang doet het reuzenrad over één rondje?

Het onderwijspakket waarmee we hebben geëxperimenteerd, bestond in zijn uiteindelijke vorm uit zes taken, waarbij het onderzoek zich heeft toegespitst op de drie taken die in dit artikel de revue zullen passeren: *Reuzenrad*, *Hardlopen* en *Starten/Stoppen*. De korte leergang was bedoeld als een kennismaking met grafieken en verving hoofdstuk 5 over grafieken van *Moderne Wiskunde*.

De nadruk in het onderwijspakket lag op grafieken van afstand ten opzichte van tijd, maar ook grafieken van snelheid ten opzichte van tijd kwamen aan de orde, wat in klas 1 niet gebruikelijk is.

## Allemaal losse vragen

Het onderzoek was opgezet om de voor- en nadelen van de twee versies in kaart te brengen en niet zozeer om te bewijzen dat de ene vorm beter zou zijn dan de andere. Onze sympathie lag echter bij de minder gestructureerde vorm. Het stellen van series kleine deelvragen heeft, naar ons idee, immers een aantal bezwaren.

Op de eerste plaats bestaat de kans dat leerlingen zich gaan richten op het beantwoorden van de losse vragen, zonder dat ze de relaties tussen de vragen zien. De extra vragen en opdrachten, die bedoeld zijn om steun te bieden, kunnen leerlingen ervan weerhouden om zich een beeld te vormen van de situatie als geheel.

Een tweede punt is, dat we slecht kunnen voorspellen hoe leerlingen zullen redeneren en als een leerling een wat andere redenering volgt, is het goed mogelijk dat een vraag eerder stoort dan helpt bij de volgende opdracht. Om als ontwerper het denkproces heel precies te willen sturen, is nogal ambitieus. Het probleem is vooral dat ontwerpers steun proberen te bieden vanuit het overzicht dat zij zelf hebben en de leerlingen hebben dat overzicht niet. Wat voor hen vanzelfsprekende deelstappen zijn, zijn voor de leerlingen misschien alleen maar willekeurige, losse vragen.

Deze eerste twee bezwaren zijn pragmatisch, het derde punt is principiëler: door een opbouw met kleine deelvragen leren we de leerlingen niet om zelf verantwoordelijkheid te nemen voor hun leerproces. De ontwerper, die probeert om heel precies het denkproces te sturen, neemt daarmee ook de verantwoordelijkheid van de leerlingen over.

We hebben in de protocollen gezocht of we konden vinden dat kleine deelvragen soms eerder storend werken in plaats van ondersteunend. De duidelijkste voorbeelden vonden we in de protocollen van de tweede onderzoeksrunde. Twee tweetallen – een jongens- en een meisjes-tweetal – hadden grote moeite met de meer gestructureerde versie van de Reuzenradtaak. We geven een paar voorbeelden uit het protocol van de meisjes, die we hier Olga en Paulien zullen noemen.

Opvallend is dat Olga en Paulien vaak antwoorden geven waarvan ze eigenlijk wel weten dat ze niet goed zijn. Ze moeten bijvoorbeeld een grafiek maken van hoogte ten opzichte van tijd, maar maken per ongeluk een grafiek van tijd ten opzichte van framenummer en dat blijkt een rechte lijn. Over wat die grafiek voorstelt, hebben ze hun twijfels:

*Olga: 'Ik weet niet of dit goed is, maar laat maar staan.'*

Paulien: 'Dit is niks.'

Olga: 'Het is dat het zo is (maakt een gebaar in de lucht van linksonder naar rechtsboven) en niet dat het zo is (van rechtsboven naar linksonder).'

Ze hebben geen zin om uit te zoeken wat er precies aan de hand is. De opmerking van Olga dat het ook een dalende lijn had kunnen zijn en dat de grafiek er dus ook anders uit had kunnen zien, lijkt eerder een bezwering dan een serieus argument. Het is duidelijk dat deze leerlingen niet zelf op onderzoek zijn, maar dat ze vragen beantwoorden voor de docent.

In het protocol valt ook op hoe weinig discussie er is tussen de twee leerlingen. Het lijkt alsof alleen maar telt of er een antwoord staat. Vraag 5, bijvoorbeeld, luidt:

Je kunt in de grafieken aflezen op welke beeldjes ('frames') het schuifje van José hoger dan 30 of 31 meter hangt, maar dat kun je niet erg precies. Hoe komt dat?

De bedoeling van de vraag is er de aandacht op te vestigen dat heel nauwkeurig aflezen uit een grafiek meestal niet mogelijk is. Olga en Paulien gaan daar niet op in. Ze schrijven zonder discussie op: 'Omdat José op 30 en nog wat hangt'.

De vragen over de tijdsduur van één rondje en over hoe lang José boven het paleis kan uitkijken, zijn blijkbaar moeilijk en leiden tot allerlei opmerkingen, maar er is geen echte discussie. Het lijkt zelfs alsof de leerlingen hun eigen gedachtengang niet afmaken. Je kunt je, als lezer van het protocol, niet aan de indruk onttrekken dat de antwoorden die ze uiteindelijk intypen ook voor henzelf vrij willekeurig zijn.

Uit het hele protocol blijkt duidelijk dat Olga en Paulien alleen maar kijken naar de vraag waar ze op dat moment mee bezig zijn. Die vraag beantwoorden ze bovendien niet voor zichzelf, maar voor de docent die hun werk straks zal nakijken. Alleen op die manier is te verklaren dat ze grafieken maken waarvan ze de betekenis niet snappen, en antwoorden intypen waarvan ze beseffen dat ze waarschijnlijk verkeerd zullen zijn. Dat ze zelf geen verantwoordelijkheid nemen, blijkt ook uit uitspraken als 'Ze willen dat we ....' en 'Ze bedoelen vast dat we ...' die veelvuldig in het protocol voorkomen.

## Te open?

Maar ook de minder gestructureerde versie heeft natuurlijk risico's. Die minder gestructureerde versie kan, was onze verwachting, leerlingen op twee manieren in problemen brengen:

- Leerlingen krijgen zo weinig steun dat ze niet weten hoe ze de opgaven aan moeten pakken.
- Leerlingen komen juist veel te gauw met een oplossing, zonder dat ze de situatie doordenken op de manier die de onderwijsontwikkelaar voor ogen stond.

In het eerste geval vinden de leerlingen geen oplossing, tenzij de docent ingrijpt met extra hulp. In het laatste geval leveren leerlingen onvolledig of verkeerd werk af en worden de didactische bedoelingen van de ontwerper niet gerealiseerd.

In de derde ronde bleken de leerlingen met de meeste taken betrekkelijk weinig moeite te hebben, wat waarschijnlijk voor een deel kwam omdat we de taken inmiddels twee keer hadden bijgesteld. Dat betekent dat ons pakketje geschikt is voor de brugklas, maar het was voor het onderzoek wat lastig omdat we geen grote verschillen

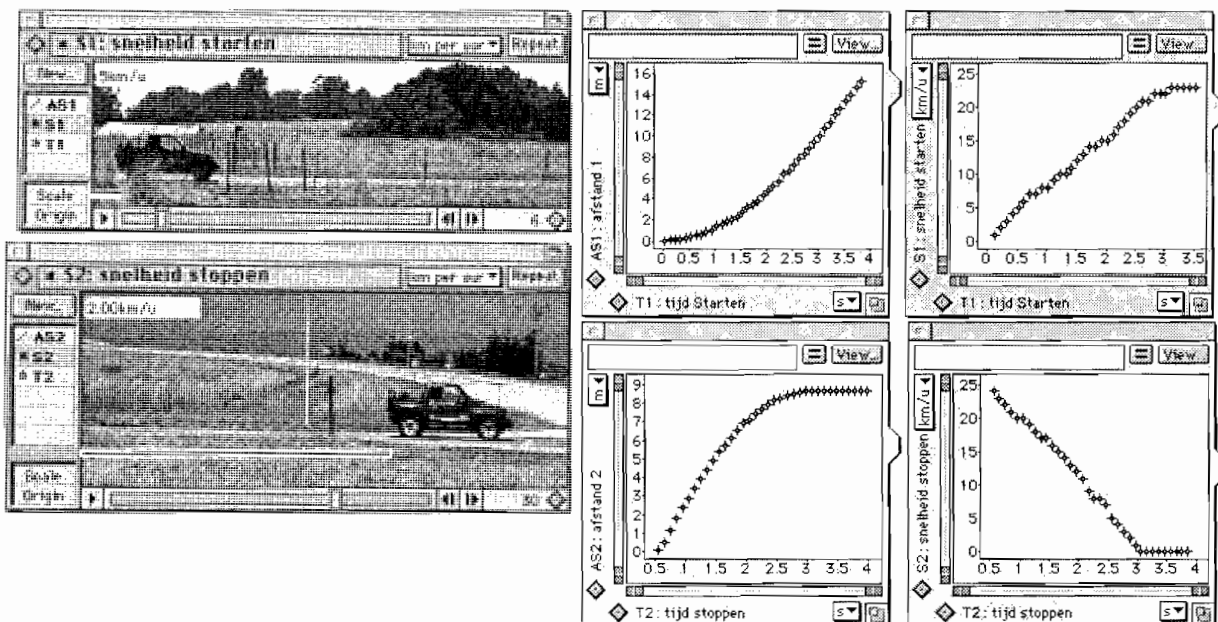


fig. 2 Starten/Stoppen met grafieken

vonden tussen de twee versies.

Het onderdeel waar het grootste verschil optrad, was een taak rond twee filmpjes van een startende en stoppende auto. Figuur 2 geeft het computerscherm van die taak met de vier grafieken waar het in de taak om draaide. In de minder gestructureerde versie luidde de eerste opdracht:

Je kunt met het computerprogramma twee soorten lijngrafieken maken:

- voor elke film een grafiek van *afstand* ten opzichte van tijd;
- voor elke film een grafiek van *snelheid* ten opzichte van tijd.

Maak die grafieken en onderzoek ze.

Je zult zien dat de grafieken een verschillende vorm hebben.

Schrijf kort op voor elke grafiek hoe het komt dat de grafiek die vorm heeft.

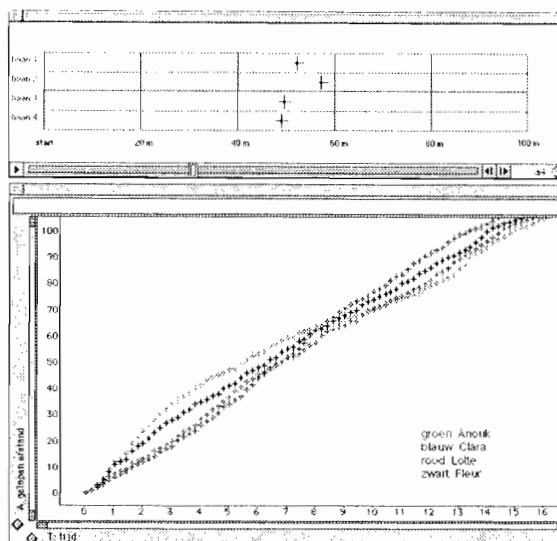


fig. 3 Animatie van hardlopen met grafiek

De leerlingen met de minder gestructureerde versie brachten van deze opdracht niets terecht. Op de eerste plaats vergeten alle tweetallen in eerste instantie een deel van de vier mogelijke grafieken te maken. De docent wijst ze daar later op, of ze komen er bij de tweede opdracht zelf nog achter. Verder heeft wat de leerlingen opschrijven weinig diepgang. Een extreem voorbeeld is het antwoord van Nina en Mirte: 'Omdat de één afstand is en de ander snelheid. En dat heeft allebei een andere vorm'. Ten slotte valt op dat de leerlingen nauwelijks met elkaar overleggen bij deze vraag en wat de leerlingen tegen elkaar zeggen gaat nooit over de vorm van de grafieken.

De leerlingen met de meer gestructureerde versie van de vragen doen deze opdracht veel beter, maar dat kan ook haast niet anders, want hun versie telt zestien vragen tegenover die ene vraag in de minder gestructureerde versie, en op alle zestien vragen geven de leerlingen in ieder geval een antwoord.

Achteraf is goed te begrijpen waarom juist deze ene opdracht zo slecht wordt gedaan. De opdracht komt neer op een nogal academische taak: zoek verschillen in de vorm van de grafieken en probeer die verschillen te verklaren. Waarom zouden leerlingen eigenlijk die verschillen willen onderzoeken? Dat hier de fout zat, blijkt uit wat de leerlingen deden bij de derde taak: 'Hardlopen'. Ook die taak had betrekking op afstand-tijd-grafieken, maar hier hadden de verschillen echter op voorhand al betekenis.

## Hardlopen

De opdrachten van 'Hardlopen' hadden betrekking op twee wedstrijden, een wedstrijd tussen vier meisjes en een wedstrijd tussen vier jongens. Het scherm voor de wedstrijd van de meisjes is afgebeeld in figuur 3.

Het filmpje toont de hardloopbaan van bovenaf gezien. Het is geen echt filmpje, maar een animatie: de bewegende punten worden door het computerprogramma getekend.

De opdrachten in de minder gestructureerde versie bij deze taak waren:

1. Zoek uit welk meisje in welke baan loopt. Welke naam hoort bij welk nummer?
2. Stel je voor dat jij de coach bent van het schoolteam. Vertel na de wedstrijd elk meisje wat je vindt van de manier waarop ze gelopen heeft.
3. Stel je voor dat je verslaggever bent voor de radio. Je begint zo:  
"En dan is nu het moment gekomen, luisteraars, van de finale van het hardlopen voor jongens. Wesley, Jop, Pieter en Samir staan klaar. Daar klinkt het startschot ....."  
Maak het radioverslag af. Het verslag moet passen bij de grafiek.

De meer gestructureerde versie had extra vragen bij elk onderdeel.

Bij de analyse van de protocollen vallen twee dingen op. Het eerste is dat de leerlingen de grafieken direct interpreteren in termen van 'sprinten', 'winnen', 'afzakken', en 'hetzelfde tempo aanhouden'. Ian, bijvoorbeeld, komt direct met:

*'Ja, kijk, die groene heeft veel te hard gesprint in het begin en die blauwe is ook veel te hard gegaan ... ja, die rooie is heel goed gegaan.'*

Hij zegt dit nog voordat de docent de kans heeft gehad de taak te introduceren! Het tweede wat opvalt, is dat ook de leerlingen in de meer gestructureerde conditie meteen de vraag proberen te beantwoorden welk meisje in welke baan loopt. Voor hen is dat eigenlijk pas opgave 6. Ian is weer een goed voorbeeld. Hij maakt met Jörgen de meer gestructureerde versie, maar legt bij de vragen over het

filmpje direct de relatie met de grafiek. Jörgen sputtert nog even tegen:

*Ian: 'Maar wie is .. hoe kan je zien welke baan iedereen heeft?'*

*Jörgen: 'Ja, daar moet je gewoon nog even niet naar kijken.'*

*Ian: 'Nee ... nee. Nee, ze raakt helemaal achteraan, dat is dus die groene.'*

De relatie tussen filmpje en grafiek intrigeert blijkbaar zo sterk, dat bijna alle leerlingen willen weten wie in welke baan loopt voordat ze aan de vragen beginnen. Het verschil tussen de meer en de minder gestructureerde versie verdween hiermee in feite. Wat deze taak echter laat zien, vooral in contrast met de Auto-taak, is hoeveel structuur het probleem zelf kan bieden en dat die structuur waarschijnlijk zelfs belangrijker is dan de precieze opbouw van de vragen cromheen. De hardloopwedstijd was voor de leerlingen een aansprekende context; vergeleken daarmee was de opdracht over de autografieken abstract en zonder betekenis voor de leerlingen.

Overigens hadden we in deze taak, ook in de open versie, extra structuur ingebouwd. Opgave 1 – welk meisje loopt in welke baan? – zou voor leerlingen, naar we aannamen, aanleiding kunnen zijn om allerlei aspecten van grafiek en filmpje te onderzoeken. We realiseerden ons echter dat leerlingen waarschijnlijk zouden stoppen wanneer ze één argument voor een bepaalde oplossing hadden, bijvoorbeeld de volgorde van binnenkomst. Vandaar dat opdracht 2 was om als coach iets te zeggen over het hele verloop van de wedstrijd. Bij die tweede vraag is het echter nog mogelijk om vooral op het filmpje te steunen, in plaats van op de grafiek. De derde vraag gaat daarom over een situatie waar geen filmpje bij is.

In tegenstelling tot de extra vragen van de meer gestructureerde versie die de leerlingen moeten voorbereiden op het beantwoorden van de hoofdvraag, gaat het bij deze vragen om structurering *achteraf*: de vragen dienen als een soort vangnet voor het geval de leerlingen blijven steken in een te oppervlakkig onderzoek van de grafiek. In navolging van Van den Heuvel-Panhuizen (1996), die het idee van 'vangnet-vragen' bij toetsing introduceert, kunnen we hier van didactische 'vangnet-vragen' spreken.

Uit de protocollen blijkt dat die vangnet-structuur echt nodig was, ook al sprak de context de leerlingen erg aan. In de discussies tussen de leerlingen kwamen verschillende aspecten van de grafiek aan de orde, maar zodra een van de leerlingen met een overtuigend antwoord op de eerste vraag kwam, werd het probleem door beide leerlingen als afgedaan beschouwd.

## Structuur

De hoofdvraag in het onderzoek was hoeveel structuur bij computeropdrachten optimaal is. Onze verwachting was

dat veel structuur – via ondersteunende deelvragen – en weinig structuur allebei hun eigen voor- en nadelen zouden hebben en dit werd in de protocollen bevestigd. In de verschillende herzieningsronden is geprobeerd om de verschillende versies elk zo optimaal mogelijk te maken. Deze verbeteringen leidden ertoe dat de leerlingen in de derde ronde over het algemeen geen grote problemen hadden met de taken. Op de toetsen die de leerlingen maakten, waren geen significante verschillen te vinden tussen de onderzoeksgroepen. Dit betekent dat of de verschillen in 'structuur' die we in de versies hadden ingebouwd niet zoveel effect hebben, of dat de voor- en de nadelen van de verschillende versies tegen elkaar wegval- len.

Door de onderzoeksvraag toe te spitsen op veel of weinig opdrachten lijkt het echter of we dit ene aspect kunnen isoleren van de rest van het onderwijs, maar door het onderzoek zijn we ons gaan realiseren dat we 'structuur' veel ruimer moeten nemen. Ook de factoren waar we hieronder kort op ingaan, hebben te maken met structuur.

### *De context van de taak*

We beschreven al hoe de leerlingen op de opdrachten rond de hardloopwedstrijden heel anders reageerden dan op de vragen bij de startende en stoppende auto. Kenmerkend verschil tussen de taken is dat er bij de auto's geen reden is om de grafieken te analyseren, terwijl bij de hardloopwedstrijd vragen als 'wie loopt achter?', 'wie gaat die ander voorbij?' en 'wie wint?' heel vanzelfsprekend zijn. Een taak biedt meer structuur als de ontwerper erin slaagt vragen te vinden die de leerlingen aanspreken.

### *De rol van de docent*

Een van de onderzoekers, Hanneke Beemer, fungeerde tijdens de onderzoeksrondes op de scholen als docent. Met opzet maakten we haar rol in de eerste ronde minimaal: de opgaven en alle uitleg erbij stonden op papier en de leerlingen werkten in tweetallen helemaal zelfstandig aan de taak. Het bleek echter dat dat niet goed werkte, want de inleidende verhaaltjes bij de opgaven werden slecht gelezen en de uitleg over het computerprogramma snaptten de leerlingen niet. Belangrijker nog dan dat: de leerlingen leken de taken niet echt serieus te nemen.

In de tweede en derde ronde nam de onderzoekster expliciet de rol van docent op zich. Ze gaf kort uitleg over het computerprogramma, leidde de verschillende onderdelen in en maakte duidelijk dat het werk van de leerlingen zou worden nagekeken en beoordeeld. De meeste leerlingen hadden bij de taken zelf weinig hulp nodig, maar de docent was blijkbaar wel essentieel voor het scheppen van het kader waarbinnen de leerlingen aan de taken werkten.

### *Sociale normen*

Eigenlijk liepen we met de open versie van onze computertaken veel te hard van stapel. We kwamen in klassen waar de leerlingen gewend waren aan de series vragen van *Moderne Wiskunde* en hoopten in feite dat de leerlin-

gen opeens in staat zouden zijn om meer omvattende onderzoekopdrachten uit te voeren. Er was binnen de lessen die we mochten gebruiken geen tijd om de leerlingen te leren welk gedrag we eigenlijk van ze verwachtten. Achteraf gezien is het dan ook niet verbazingwekkend dat de leerlingen soms de onderzoekopdrachten van de open versie net zo behandelden als de vragen van de andere versie. Dat wil zeggen, niet als een uitnodiging om uit te gaan zoeken hoe alles in elkaar zit, maar als een vraag die met het eerste het beste antwoord als afgehandeld kan worden beschouwd.

Cobb, Gravemeijer, Yackel, McClain en Whitenack (1997) spreken in dit verband van 'sociomathematical norms', dat wil zeggen specifieke sociale normen met betrekking op de wiskundeles. Het spreekt voor zich dat de docent hier een cruciale rol speelt, maar het is ook duidelijk dat hij of zij die normen niet zomaar op kan leggen: er is een proces nodig waarin docent en klas samen die normen ontwikkelen. Dat proces heeft tijd nodig. De verhalen van leerlingen die moeite hebben met de abrupte overgang naar de studiehuis-situatie illustreren dit.

#### Het computerprogramma

We moeten natuurlijk niet over het hoofd zien hoeveel structuur een programma als *Measurement in Motion* kan bieden. De leerlingen hadden betrekkelijk weinig moeite met onze taken, zeker in de derde ronde, en dat komt naar we aannemen voor een deel omdat digitale video van veranderingen in hoogte, afstand, snelheid en tijd reële fenomenen maakt.

We liepen overigens wel tegen een aantal beperkingen van het programma op. Jammer is vooral dat de dynamiek bij *Measurement in Motion* beperkt blijft tot de video-opnamen, want de grafieken zelf zijn statische plaatjes. Het had zo voor de hand gelegen om de grafieken dynamisch aan de video te koppelen: terwijl de video loopt, zie je ook hoe de grafiek wordt opgebouwd. Via een wat omslachtige truc, namelijk door van video en grafiek samen één digitaal filmpje te maken, hebben we in de derde ronde de Reuzenrad-taak in die zin aangepast, zie figuur 4.

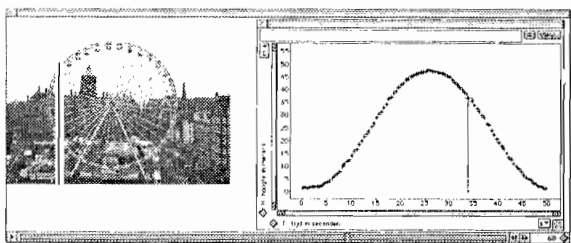


fig. 4 Het Reuzenrad met de eraan gekoppelde grafiek

In elk beeldje van de video-opname is via een lijnstuk te zien hoe de hoogte gemeten wordt, maar tegelijk is – via een meelopend verticaal lijnstuk in de grafiek – ook te

zien hoe daar een specifiek punt in de grafiek bij hoort. Zo'n koppeling illustreert heel duidelijk dat de tijd in de grafiek van links naar rechts loopt, met name door het contrast met de heen en weer lopende hoogtelijn in het videobeeld.

Er valt dus zeker wat te verbeteren aan het programma, maar dat zulke programma's nut hebben voor het wiskundeonderwijs staat buiten kijf.

## Conclusies

De computer lijkt een geschikt medium om zelfstandig, onderzoekend leren te realiseren. In ons onderzoek hebben we gezocht naar een optimale vorm van leerlingopdrachten, met name op het punt van de structuur die ze de leerlingen moeten bieden. We veronderstelden dat de twee verschillende versies waar we mee werkten allebei hun eigen tekortkomingen zouden hebben en dat werd ook in het onderzoek bevestigd. Een versie met een groot aantal korte vraagjes lokt uit dat leerlingen als het ware gaan werken voor de docent: elke vraag heeft een antwoord nodig, maar het grotere verband blijft buiten zicht. Wanneer de opdrachten worden beperkt tot een paar meer omvattende opdrachten, is de kans groter dat leerlingen echt zelf op onderzoek gaan.

Tegelijkertijd maakt het onderzoek duidelijk dat het lastig is om de 'structuur' die opdrachten bieden als afzonderlijke factor te isoleren. Zelfs binnen de taken zijn er factoren die een structuur van veel of weinig vragen makkelijk overschaduwen. De Hardlopen-taak was naar ons gevoel de beste taak uit onze serie, omdat de leerlingen steeds heel direct een koppeling legden tussen de grafiek en de gebeurtenissen achter die grafiek. Het succes van de taak had echter meer te maken met de gebruikte context en het 'puzzelkarakter' van de opdracht (wie is wie in grafiek en filmpje?) dan met structurering via de vraagvorm. Ook de steun die het computerprogramma biedt, is heel bepalend. Een 'meelopende' grafiek zoals in figuur 4 maakt in één oogopslag duidelijk hoe de statische afstand-tijd-grafiek een weergave is van een dynamische situatie.

Ten slotte onderstreept ons onderzoek de rol van sociale normen in het onderwijs en de rol van de docent daarin. Of leerlingen werken voor de docent of het echt proberen te snappen, of ze alleen maar kijken naar vraag 8b of proberen om het grotere verband te zien, dit soort dingen wordt voor een groot deel bepaald door de heersende klasscultuur. Het gaat daarbij om normen die leerlingen en leraren samen ontwikkelen. Bij zelfstandig leren – al dan niet met de computer – is de sociale context nog steeds even belangrijk als vroeger.

Frans van Galen, Freudenthal Instituut  
Hanneke Beemer, Fontys Pabo, Eindhoven

## Literatuur

- Cappo, M. & K. Darling (1992). Measurement in motion. *Communication of the ACM*, 39(8) pp. 91-93.
- Cobb, P., K.P.E. Gravemeijer, E. Yackel, K. McClain, & J. Whitenack (1997). Mathematizing and Symbolizing: The Emergence of Chains of Signification in One First-Grade Classroom. In D. Kirschner & J.A. Whitson (Eds.), *Situated cognition theory: Social, semiotic, and neurological perspectives*. pp.151-233.

- Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Heuvel-Panhuizen, M.H.A.M. van den (1996). *Assessment and realistic mathematics education*. Utrecht: Cd-beta/Freudenthal Instituut.
- Kanselaar, G., F. van Galen, H. Beemer, G. Erkens & K. Gravemeijer, (1999). *Grafieken leren met de computer*. Utrecht: Onderwijskunde/ISOR.
- Dit onderzoeksverslag is te bestellen bij het Freudenthal Instituut, Tiberdreef 4, 3561 GG Utrecht. Bestelnummer 87. Prijs f'20,-.

(advertentie)

## APS-Wiskunde



Ook in het schooljaar 1999-2000 organiseert APS-wiskunde weer diverse ***cursussen*** en ***conferenties***

Woensdag 6 oktober 1999: **Conferentie wiskunde:**  
***Praktische opdrachten in de praktijk***

Woensdag 13 oktober 1999: **Conferentie wiskunde:**  
***Wiskunde in het vmbo***

Bent u geïnteresseerd en heeft u onze brochure met volledig overzicht nog niet ontvangen?  
Bel of schrijf dan voor meer informatie:

**APS-Informatiepunt wiskunde**  
**Postbus 85475**  
**3508 AL Utrecht**  
**telefoon: 030 - 2856722**  
**e-mail: wiskunde@aps.nl**  
**URL: www.aps.nl**