

De rol van problemsolving-computertaken in rekenwiskundeonderwijs op de basisschool

F. van Galen

Freudenthal Instituut, Universiteit Utrecht

1 Probleemoplossen

De meeste computerprogramma's voor rekenen-wiskunde op de basisschool zijn oefenprogramma's. Het gaat daarin om het inslijpen van vaardigheden, of hooguit om het uitbreiden van kennis binnen een al bekend domein. Via het 'Rekenweb' (www.fi.uu.nl/rekenweb/) experimenteren we met taken waarbij het draait om probleemoplossen en waarbij het doen van nieuwe ontdekkingen voorop staat. We zijn met name geïnteresseerd in de rol die zulke taken kunnen spelen binnen een leerang. In dit artikel wordt verslag gedaan van onderzoek rond 'Eiland', een programma met een aantal kijkmeetkundeopdrachten.

Probleemoplossen veronderstelt een analyserende houding bij leerlingen. Er is geen standaardaanpak voorhanden en de leerling zal de situatie enigszins in kaart moeten brengen om een oplossingspad te kunnen kiezen. Bij de eerste observaties met 'Eiland' bleek echter weinig van zo'n analyserende houding. In plaats van met elkaar te overleggen - de leerlingen werkten in

tweetalen - probeerden ze liever allerlei mogelijkheden uit. Op zoek naar een verklaring hiervoor zijn drie aan 'Eiland' verwante taken ontworpen en bij dezelfde groep leerlingen uitgeprobeerd. Onze interpretatie van de resultaten is dat het gedrag van de leerlingen - veel proberen, weinig overleggen met elkaar - inherent is aan een bepaald type computertaken: wanneer leerlingen de kans geboden wordt om, al probeerend, een oplossing te zoeken zullen ze die mogelijkheid aangrijpen en dat zal vaak ten koste gaan van een zorgvuldige analyse van het probleem. Computertaken kunnen een analyserende houding bij de leerlingen dus blijkbaar tegenwerken. Toch denken we dat de computer een belangrijke rol kan spelen bij het ontwikkelen van vaardigheid in probleemoplossen, juist door de mogelijkheid dat leerlingen in vrijheid dingen uitproberen. Onze conclusie is echter dat een onderwijsontwikkelaar precies moet weten wat voor gedrag een taak uitlokt en moet zorgen voor een mix van taken waarin soms het zwaartepunt ligt bij 'proberen' en andere keren bij analyse en reflectie. Aan het eind van het artikel wordt geschetst wat dit betekent voor de kijkmeetkunde die in 'Eiland' aan de orde komt.

figuur 1: waar was de boot toen de foto's gemaakt werden?

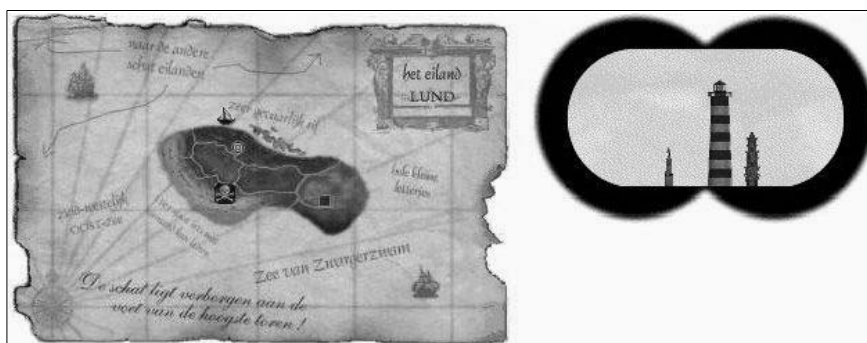
2 Onderzoeksmethode

Onderzoek naar probleemoplossen is vaak gebaseerd op hardopdenkprotocollen van individueel werkende, volwassen proefpersonen. Onderzoek naar denkprocessen kan echter ook gedaan worden door twee of meer proefpersonen te laten samenwerken en hun onderlinge discussies te analyseren. Een dergelijke opzet biedt een situatie die voor de proefpersonen natuurlijker is, en is daarom voor onderzoek met leerlingen geschikter. In de observaties die we in dit artikel beschrijven werkten de leerlingen steeds in tweetallen, met de expliciete opdracht om samen te overleggen.

De keuze voor het laten werken in tweetallen is niet alleen gemaakt om onderzoekstechnische redenen, maar ook omdat we er van uit gaan dat leerlingen meer leren wanneer ze samen problemen oplossen. In onderzoek worden over het algemeen positieve effecten gevonden van samenwerkend of coöperatief leren. Belangrijk bij

stamt uit 1991 en was geïnspireerd op de opgave van figuur 1 (Van den Brink, 1989), een variatie op problemen uit Wiskobas-pakketjes als 'Waterland' en 'Schip Ahoy'. Binnen het Wiskie-project (zie downloads bij www.fi.uu.nl/wisweb/) is later een versie gemaakt voor leerlingen van de eerste of tweede klas van het voortgezet onderwijs en deze versie was daarna weer het uitgangspunt voor een Internetversie. In alle versies was de vormgeving sober, de torens werden bijvoorbeeld steeds voorgesteld als rechthoekjes met een verschillende kleur. Binnen het Rekenwebproject is in 1999 besloten om voor de bovenbouw van de basisschool nogmaals een versie te maken, maar nu met een aansprekende vormgeving en een duidelijk verhaal.

Het programma 'Eiland' heeft de vorm van een verhaal, waarin de leerlingen met de boot van kapitein Kwark naar het eiland Lund varen om daar de schat van Zilt, de zeerover te zoeken. Op het eiland Lund staan drie torens: een vuurtoren, een kerktoren en de toren waar Zilt in woont. Binnen het verhaal zijn er vier opdrachten:



figuur 2

Het kleine bootje op de kaart kan verplaatst worden. Klikken op een verrekijker toont wat je vanaf de gekozen plek zou zien.

onze taken is vooral dat leerlingen door het werken in tweetallen gestimuleerd worden om hun veronderstellingen en hun aanpak onder woorden te brengen.

De verschillende observatieronden zijn steeds uitgevoerd met de leerlingen van groep 7 van een school uit Utrecht. De school staat in een wijk met een vrij hoog opgeleide populatie. De leerlingen werkten in tweetallen van, naar het oordeel van de groepsleerkracht, ongeveer gelijk niveau. Van alle observaties zijn video-opnamen gemaakt.

3 Eiland

Het programma 'Eiland' gaat over een eiland met drie torens, waar je, door het verplaatsen van een bootje op het scherm, als het ware om heen kunt varen. De computer toont in een verrekijker wat je vanaf een gekozen plek zou zien. De allereerste versie van het programma

1 Waar is de foto gemaakt?

De leerlingen moeten op de kaart van de zee rond Lund aangeven vanaf welke plek een bepaalde foto gemaakt is. Er zijn drie foto's. Op de kaart staan genummerde alternatieven.

2 Zilt mag ons niet zien.

Op het scherm staat een klein bootje dat je met de muis over de zeekaart kunt slepen (fig.2). De leerlingen moeten een plek kiezen waar Zilt hen niet kan zien, dus van Zilt uit gezien een plek achter de vuurtoren of achter de kerktoren. De taak veronderstelt dat leerlingen - concreet of in gedachten - lijnen trekken op de kaart.

3 Wat is de hoogste toren?

De schat ligt begraven bij de hoogste toren, dus welke toren is het hoogst: de vuurtoren, de kerktoren of de toren van Zilt? Een goede aanpak is om de torens twee aan twee te vergelijken. Je kunt ze vergelijken door even ver van allebei af te gaan staan.

4 Waar staat de derde toren?

De schat blijkt niet op Lund te liggen maar op Mak-

ken. Door de verrekijker zie je drie torens, maar op de kaart van Makken staan maar twee torens aangegeven. De leerling moet uitzoeken wat de plek is van de derde toren. Een goede aanpak is te zoeken naar plaatsen waar torens achter elkaar staan en dan lijnen trekken over de kaart. De gezochte toren staat op een kruispunt van dergelijke lijnen.

Observaties

Wat op de eerste plaats opvalt zijn de enorme verschillen in hoeveel de leerlingen tegen elkaar zeggen tijdens het spel. Het ene uiterste zijn twee meisjes, Jasmin en Chrissie, die echt met elkaar in discussie gaan, waarbij Chrissie vooral praktische argumenten inbrengt (de vuurtoren is vast het hoogst, want de boten moeten de vuurtoren kunnen zien; Zilt heeft de schat bij zijn eigen toren verstopt, want daar kan hij hem goed in de gaten houden) en Jasmin vooral meetkundige argumenten. Het andere uiterste zijn twee leerlingen, Marcel en Sarah, die helemaal in hun eigen gedachten verzonken lijken, en die zwijgend de muis aan elkaar doorgeven om de beurten eerlijk te verdelen.

Verder valt op dat als de leerlingen bij de tweede, derde en vierde opdracht iets tegen elkaar zeggen, dat grotendeels beperkt blijft tot opmerkingen als: 'Probeer eens hier', 'Doe eens daar'. Argumenten waarom juist de aangegeven plek geprobeerd zou moeten worden geven ze niet. Als een kind de oplossing vindt, legt het die oplossing meestal niet uit en ook het andere kind vraagt niets. Voor allebei telt blijkbaar vooral dat het probleem afgehandeld is en dat ze door kunnen naar de volgende opdracht. Wanneer leerlingen wel ergens uitleg bij geven, maken ze vaak hun zinnen niet af en praten meer tegen zichzelf dan tegen het andere kind.

Een goed voorbeeld is Lotje die bij het probleem van de hoogste toren direct door heeft dat je de torens twee aan twee moet vergelijken. Ze zegt: 'We moeten drie keer kijken ... hier ...', maar ze legt Sabatino niet uit waarom je drie keer moet kijken.

En later, bij het probleem van de derde toren die niet op de kaart staat, concludeert Lotje als ze de toren gevonden hebben: 'Je moet, zeg maar, de twee punten zo doen ...', waarbij ze met haar handen twee lijnen trekt in de lucht die elkaar snijden. Ze bedoelt waarschijnlijk dat je zo'n probleem het beste op kunt lossen door de richting van de toren te bepalen vanuit twee verschillende plekken, maar wat ze zegt en doet is duidelijk meer voor zichzelf bedoeld dan voor Sabatino.

Behalve dat de meeste leerlingen weinig overleggen met elkaar valt ook op dat ze vrij veel gokken. Zo gebruiken ze bij de foto-opdracht - de eerste taak - wel het feit dat een foto blijkbaar dicht bij de toren van Zilt of dicht bij de kerk is gemaakt, maar daarna gaan ze vrij willekeurig de verschillende alternatieven in die buurt

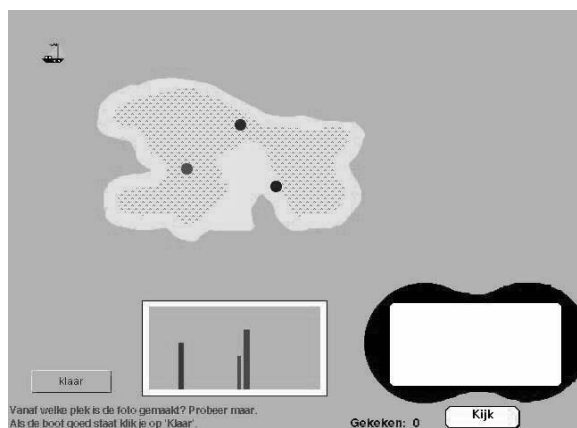
af. Voor de vraag naar de hoogste toren geldt iets soortgelijks: over de eerste keuze denken de leerlingen na, maar als blijkt dat dat antwoord fout is proberen ze gewoon de twee alternatieven.

4 Fototaak

Vroegere versies van 'Eiland' hadden geen onderdeel, waarin gevraagd werd vanaf welke plek een bepaalde foto van het eiland gemaakt was. In de opzet van het nieuwe 'Eiland' was zo'n onderdeel oorspronkelijk ook niet opgenomen, maar omdat de vormgever het eiland en de torens in een 3D-programma ontwierp kwamen er foto's van het eiland uit allerlei verschillende gezichtspunten beschikbaar. In het spel functioneert de foto-taak niet alleen als taak op zich, maar ook als een introductie waarin de leerlingen kennis maken met de verschillende torens op het eiland.

Bij de observaties bleek dat juist de foto-opdracht van 'Eiland' vaak via gokken werd opgelost, zelfs door leerlingen als Jasmin en Chrissie die bij latere opdrachten zo opvallend goed met elkaar overleggen. Twee dingen spelen daar waarschijnlijk in mee. Op de eerste plaats heeft de fototaak een multiple-choice vorm, waarbij leerlingen moeten kiezen uit een van de plekken die op de kaart met een cijfer zijn aangegeven. Daarnaast is de vormgeving van de taak wat ongelukkig: de leerlingen moeten via een knop wisselen tussen foto en kaart op het scherm en krijgen deze dus nooit tegelijk te zien. Dit is een uitvloeisel van vormgevingsbeslissingen die voor de andere opdrachten waren genomen.

Dat de foto-opdracht gokken uitlokt is jammer, want de opdracht heeft betrekking op een kernelement in de basisschoolmeetkunde, namelijk 'oriënteren en lokaliseren' (De Moor, 1999). Vergelijkbare opgaven komen voor in alle nieuwe reken-wiskundemethoden en in de Cito-eindtoets.



figuur 3: scherm van de fototaak. De drie torens hebben een verschillende kleur

Bovendien gaat het om een vaardigheid die in feite voorwaardelijk is voor de andere opdrachten. Een plek zoeken waar Zilt je niet ziet (opdracht 2) of beredeneren waar de derde toren op de kaart zou moeten staan (opdracht 4) veronderstelt dat de leerling in staat is om tot op zekere hoogte te voorspellen wat een bepaald standpunt als kijkerbeeld op zal leveren. Er mag niet van worden uitgegaan dat leerlingen dit op de basisschool al beheersen.

Op basis van de oudere Wiskie-versie is daarom een aparte fototaak gemaakt. De leerlingen krijgen een foto van de drie torens en de opdracht is om het bootje op de kaart zo neer te zetten dat het beeld in de verrekijker overeenkomt met de foto. Het scherm is afgebeeld in figuur 3. De drie torens van het eiland zijn in deze versie gestrookt met een verschillende kleur. In tegenstelling tot opgaven in een leerlingboekje kunnen leerlingen nu zelf actief zoeken naar de juiste plek. Daarbij ervaren de leerlingen hoe het kijkerbeeld verandert als de plaats van de boot verandert.

Observaties

De leerlingen van de proefklas hebben in tweetallen de fototaak één of twee keer gedaan. Het valt op dat veel leerlingen direct zien waar het bootje ongeveer moet worden neergezet. Er zijn er maar een paar die bijvoorbeeld zowel een plek boven het eiland als onder of opzij proberen. Wanneer het bootje in de buurt staat duurt het vaak nog wel even voordat een plek gevonden is die de computer als correct beoordeelt.

Op de waarde van de taak gaan we aan het eind van het artikel in, maar geconstateerd moet worden dat de taak in ieder geval niet uitlokt tot overleg. Wat de leerlingen tegen elkaar zeggen blijft allemaal op het niveau van: 'Probeer eens hier', 'Iets meer daar', 'Iets meer naar voren', 'Iets meer naar achteren'. De leerlingen vertellen elkaar wat ze moeten doen, maar leggen niet uit waarom.

5 Waaronder-versie

Om leerlingen te laten nadenken over hun keuzen is er een nieuwe versie gemaakt van de derde en vierde opdracht van 'Eiland'. Bij elke verplaatsing van de boot vroeg de computer nu: 'Waarom wil je kijken vanaf deze plek? Leg uit', waarna de leerlingen een antwoord konden intypen. Slechts drie tweetallen uit de proefklas hebben deze versie gedaan, want het was direct duidelijk dat de nieuwe versie geen nut had.

Lotje en Sabatino typen bij de taak waarin ze moeten uitzoeken waar de derde toren staat steeds antwoorden als: 'Omdat we denken dat het goed is', 'Omdat het goed is' en 'Is goed'. Bij de volgende taak - welke toren

is het hoogst? - klikken ze elke keer op 'ok' zonder iets in te typen.

Merel en Tjeerd typen willekeurige letters ('kk', 'll') en 'Omdat ik dat denk.'

Hamza en Sarah typen een paar keer een zinnig antwoord in zoals 'Omdat de rode toren verder weg staat en schuin', maar na een paar keer wordt dat 'omdat je hem daar kan zien' en later typen ze helemaal niets.

Het is duidelijk dat het uitproberen van plekken en een reflectie-vraag als 'Waarom wil je kijken vanaf deze plek?' niet goed samengaan. Het lijkt beter om reflectievragen achteraf te stellen, dat wil zeggen nadat de leerlingen de kans hebben gehad om intuïtief en probeerend een oplossing te vinden.

De andere leerlingen van de klas hebben de twee taken - 'Waar staat de derde toren?' en 'Welke toren is het hoogst?' - gedaan met een uitlegvraag achteraf in plaats van tijdens de taak. Nadat ze de computeropgaven hadden opgelost kregen ze op papier tekeningen van vergelijkbare situaties waarbij ze moesten opschrijven hoe ze dat probleem aan zouden pakken. In deze situatie bleken leerlingen wel bereid om hun gedachten te expliciteren. Ook viel op hoe goed sommige tweetallen bleken te kunnen overleggen. Een voorbeeld zijn Jelle en Guus, die heel serieus discussiëren over de manier waarop je kunt bepalen welke van de drie torens de hoogste is. Dat leidt overigens niet direct tot helder inzicht bij de leerlingen waarom de door hen gekozen aanpak zou werken.

Jelle wil vlakbij de torens gaan staan, eerst dicht bij de ene, dan bij de andere en dan bij de derde. Guus wijst erop dat je dan steeds de twee andere torens ver weg ziet, en kleiner. Hij kiest voor plekken midden tussen twee torens in. Het uiteindelijke antwoord dat ze opschrijven is echter niet erg duidelijk: 'Eigenlijk moet je op drie verschillende plekken gaan staan, omdat je dan alle torens van dichtbij ziet.'

6 Foto-opgaven op papier

Het contrast tussen de manier waarop leerlingen met elkaar overleggen bij de computertaken en bij de vragen achteraf suggereert dat het beperkte soort taal dat de leerlingen gebruiken bij de computertaken niet voortkomt uit onvermogen van de leerlingen om samen te werken, maar een specifiek effect is van de taken. De verklaring is waarschijnlijk dat de mogelijkheid om in de computertaken alles direct uit te proberen de noodzaak bij de leerlingen wegneemt om veronderstellingen en verwachtingen expliciet te formuleren.

Dit idee hebben we getoetst door leerlingen van de proefklas drie foto-opdrachten op papier voor te leggen. Als onze veronderstelling juist is dan zouden deze opdrachten tot meer discussie moeten leiden dan een foto-

taak op de computer. Een van de opgaven is afgebeeld in figuur 4. De opdracht is om de letter op te schrijven van de plek waar de foto genomen is, met daarbij argumenten voor die keuze. Nadat de leerlingen de vragen op papier beantwoord hadden, typten ze antwoorden en uitleg in op een 'computerprikbord', zodat alle leerlingen van de klas hun teksten konden lezen. De leerlingen werkten in dezelfde tweetallen als bij de voorgaande taken.

Waar is de foto gemaakt; op plek *d*, *e* of *f*?
Leg uit waarom je dat denkt.



figuur 4: de foto-opgave op papier

Observaties

Wat we verwachtten gebeurt inderdaad, de opgaven op papier lokken bij alle tweetallen discussie uit, waarbij de leerlingen dit keer ook argumenten geven. Met name de tweede opgave, die in figuur 4 is afgebeeld, leidt tot discussie omdat de leerlingen niet direct kunnen besluiten of het goede antwoord nu *d* of *e* moet zijn. De observaties laten echter ook zien dat leerlingen moeite hebben met het formuleren van hun argumenten voor *d* of *e*. We geven twee voorbeelden.

Lotje, die met Sabatino werkt, legt eerst haar potlood horizontaal boven de torens om de grootte van de torens te vergelijken. Ze draait daarna de kaart om en redeneert in termen van links en rechts. Ze herhaalt die uitleg nog eens tegen Sabatino, maar zegt ook dat ze niet weet hoe ze het uit moet leggen. Later, als Sabatino haar vraagt wat voor reden hij moet opschrijven formuleert Lotje opeens een antwoord in termen van grootte - 'Omdat de

vuurtoren groter is, dus kan je beter vanaf *e* kijken dan vanaf *d*' - maar ze kijkt erbij alsof ze er zelf niet in gelooft. Ze zegt nog eens: 'Is een heel moeilijke reden hoor. Pech, kan ik niet zo uitleggen.' Het lijkt er op alsof Lotje terugvalt op het argument van grootte omdat ze niet weet hoe ze haar verhaal over links en rechts op zou moeten schrijven.

Jasmin en Chrissie gaan heel lang met elkaar in discussie over de vraag of het nou *d* of *e* moet zijn. Ze draaien daarbij onder andere de kaart om. Pas na een tijd trekt Jasmin met haar vinger lijnen vanuit *e* naar de drie verschillende torens en zegt over de toren van Zilt: '... dan zie je deze zo veraf en in het midden'. Even later lijken ze toch allebei voor *d* te kiezen, maar dan is het Chrissie die met een vergelijkbare redenering op *e* uitkomt, want ze trekt met haar vinger een lijn van *d* naar de vuurtoren en merkt op dat de kerk dan naast de vuurtoren zou moeten staan. Hun conclusie: '*e*, want dan zie je Zilt in het midden, anders niet.'

Uit de gesprekken tussen de leerlingen valt af te leiden dat de leerlingen over kijkmeetkundekennis beschikken, en dat die kennis heel intuïtief is. De leerlingen beschikken nog niet over een uitgekristalliseerde taal voor het beschrijven van de situaties en over uitgekristalliseerde procedures om de opgaven op te lossen, bijvoorbeeld:

- De leerlingen zeggen vaak dat een toren 'links' staat, of 'rechts', of 'in het midden', en dat betekent dat ze snappen dat de volgorde van de torens belangrijk is, maar ze hebben nog geen duidelijke aanpak voor het bepalen van de volgorde van de torens vanaf een bepaalde plek.
- Als de leerlingen elkaar iets willen uitleggen trekken ze vaak met hun vinger een denkbeeldige lijn over de kaart, om daarmee aan te geven hoe je vanuit een bepaalde plek tegen de torens aankijkt. Zulke lijnen - kijklijnen - kunnen een krachtig hulpmiddel zijn bij de foto-opgaven, maar de leerlingen weten nog niet hoe ze die kijklijnen systematisch kunnen gebruiken.
- Leerlingen draaien regelmatig de kaart om. Het blijft wat in het midden hangen hoe dat moet helpen bij het vinden van het juiste antwoord.
- Als duidelijk te zien is dat een bepaalde toren dichtbij staat op een foto hebben de leerlingen weinig moeite met het vinden van de juiste plek. Soms gaan ze er echter van uit dat de grootste toren op de foto ook het meest dichtbij moet staan. Daarbij gaan ze er blijkbaar van uit dat de torens alle drie even hoog zijn, wat niet het geval is.
- Bij de derde opgave staan er twee torens op de foto in plaats van drie, want de kerktoren is verscholen achter een andere. De leerlingen zien direct wat er aan de hand is, maar de meeste leerlingen concluderen zonder meer dat de ontbrekende kerktoren achter de toren van Zilt staat, terwijl hij ook achter de vuurtoren had kunnen staan.

7 Discussie

In overeenstemming met de kerndoelen voor het rekenwiskundeonderwijs wordt in alle nieuwe methoden aandacht besteed aan meetkunde. Dit gebeurt deels via klassenactiviteiten met blokjes, spiegels en andere objecten, en deels via opgaven op papier in de leerlingboekjes. Er is echter een grote afstand tussen echte ruimtelijke situaties en opgaven met plaatjes. Dat blijkt bijvoorbeeld als men een leerling probeert te helpen met opgaven die in een rekenboekje staan afgedrukt. De opgave van figuur 1 kan daarvan als het prototype dienen. Als de leerling bij zo'n opgave niet 'ziet' wat het goede antwoord moet zijn zullen verbale hints weinig helpen. In principe kan de computer hier uitkomst bieden door leerlingen mee te nemen in een virtuele wereld waar ze soortgelijke ervaringen opdoen als in de echte wereld. Natuurlijk is die virtuele wereld niet de echte wereld en computeractiviteiten zijn dus hooguit aanvullend, maar de computer lijkt in het voordeel boven statische opgaven op papier. De computer-fototaak en 'Eiland' kunnen beschouwd worden als simulatieprogramma's: de leerling geeft op de kaart aan waar hij of zij met de boot heen zou willen varen en de computer genereert wat de leerling vanaf die plek zou zien.

De observaties die we in dit artikel beschreven roepen echter een aantal vragen op bij de computerprogramma's. We vonden bij 'Eiland' dat leerlingen weinig overlegden met elkaar en dat ze relatief veel gokten. De algemene indruk was dat de leerlingen de opdrachten op een vrij oppervlakkige manier afwerkten. Dit resultaat kan op twee manieren verklaard worden. De eerste verklaring ligt in het spelkarakter van 'Eiland'. Bij computerspellen telt vooral het resultaat: het aantal punten dat je haalt, of het 'level' dat je weet te bereiken. Daarbij geeft het niet dat je af en toe 'dood' gaat, zolang je maar genoeg levens overhoudt. Bij 'Eiland' is bewust gekozen voor deze spelvorm en het is duidelijk dat leerlingen die vorm waarderen, maar een consequentie is wel dat het spel voor de leerlingen voorop staat, en niet zozeer wat ze ervan kunnen leren. Een tweede verklaring - met een grotere draagwijdte - is dat computerprogramma's zoals 'Eiland' leerlingen de mogelijkheid bieden om van alles uit te proberen. Waarom zouden ze de tijd nemen om het probleem diepgaand te analyseren als de computer hen de mogelijkheid biedt om de oplossing te vinden via proberen?

De foto-opdracht bood de mogelijkheid om een computerversie en een werkbladversie van dezelfde taak met elkaar te vergelijken. De verschillen bleken groot. Bij de computerversie werken zij wel samen, maar wat ze tegen elkaar zeiden kwam meestal niet boven het niveau van 'Probeer hier eens' en 'Doe eens daar'. Bij de foto-opgaven op papier daarentegen gingen de leerlingen met elkaar in discussie en probeerden argumenten te ge-

ven. De verklaring van deze verschillen zit ongetwijfeld niet louter in het feit dat de ene taak op een computerscherm werd gedaan en de ander op een werkblad. Hij moet gezocht worden in het feit dat de leerlingen bij de computertaak het antwoord kunnen vinden door plekken uit te proberen, terwijl ze bij de werkbladversie geen enkele mogelijkheid hebben om hun antwoord te toetsen. Bij de werkbladversie is er dus de noodzaak om een keuze met argumenten te onderbouwen, terwijl bij de computertaak leerlingen nieuwe pogingen doen in plaats van met elkaar in discussie te gaan.

Dit leidt tot een paradoxale situatie. De essentie van computerprogramma's zoals 'Eiland' en de fototaak is dat leerlingen van alles kunnen uitproberen, maar onze observaties suggereren dat juist die mogelijkheid leerlingen ervan weerhoudt om de situatie zorgvuldig te analyseren. Wat is dan de waarde van dergelijke problem-solving-taken? De situatie is echter minder bijzonder dan hij in eerste instantie lijkt, want voor elk probleemoplossen geldt waarschijnlijk dat analyseren van het probleem en het uitproberen van deeloplossingen elkaar eerder zullen afwisselen dan dat ze samen gaan. Maar juist bij computertaken is de kans groot dat het eindeffect negatief is, want bij computertaken kost het zo weinig moeite 'even iets te proberen.'

De oplossing die voor de hand ligt is om naast de computerprogramma's onderwijsactiviteiten te ontwerpen, waarbij de nadruk meer ligt op analyseren en reflectie. De computerprogramma's zouden dan met name kunnen worden ingezet in de eerste, oriënterende fase. Daarna volgen activiteiten waarin leerlingen reflecteren op hun aanpak en waarbij ze hun kennis expliciteren. Een voorbeeld van een dergelijke opzet is de manier waarop de methode 'Wis en Reken' software inzet in groep 4:

- de leerlingen doen eerst in tweetallen een aantal malen de computertaak;
- vervolgens organiseert de leerkracht discussies over de taken, onder andere aan de hand van opgaven op papier en op het bord;
- daarna doen de leerlingen opnieuw in tweetallen de computertaken.

Van Galen en Buter (1997) onderzochten voor een van de onderdelen - de plaats van getallen op de getallenlijn schatten - wat het effect was van een dergelijke opzet en constateerden positieve effecten.

Het ligt voor de hand om voor het stimuleren van reflectie en het expliciteren van kennis gebruik te maken van klassediscussies. Startpunt kan een probleem zijn dat de leerlingen eerst individueel of in een klein groepje hebben onderzocht. De computer kan hier ook bij worden ingezet, maar dan met taken die geen gelegenheid geven tot probeergedrag, bijvoorbeeld een taak waarbij de computer geen feedback geeft. Een algemeen recept voor de verschillende soorten taken valt niet te geven, maar voor de kijkmeetkunde van vragen als: 'Waar stond de fotograaf?' zijn wel ideeën te formuleren.

Het sterke punt van de computer-fototaak is dat leerlingen actief moeten zoeken naar de plek waar de foto gemaakt kan zijn. Daarbij ervaren ze welk effect het heeft als je de boot een beetje naar links of een beetje naar rechts, een beetje naar voren of een beetje naar achteren schuift. In bepaalde opzichten werkt de computertaak waarschijnlijk zelfs beter dan een opdracht met blokkentorens op een tafel, want het verrekijkerbeeld op de computer is al een soort foto, terwijl leerlingen bij de blokkentorens die foto als het ware nog in hun hoofd moeten construeren. Observaties van Goddijn (Team W12-16, 1992, pag.81) zijn illustratief op dit punt. Leerlingen in de eerste klas middelbare school kregen de opdracht om drie uitgeknipte plaatjes van bomen zo op tafel neer te zetten dat ze vanaf een bepaald punt precies zagen wat op het opdrachtblad getekend was. Dit bleek een moeilijke opdracht te zijn, want de leerlingen konden zich niet losmaken van het feit dat de uitgeknipte populier het grootst was, ook al stond hij op de tekening van het opdrachtblad ver weg, dus klein afgebeeld. Wat de leerlingen aan de hand van de computer-fototaak ervaren leidt tot kennis die in hoge mate intuïtief blijft, maar die intuïtieve kennis biedt aanknopingspunten om met de leerlingen echte meetkundekennis te ontwikkelen. In de observaties bij de opgaven op papier zien we hoe bepaalde essentiële noties al aanwezig lijken. De leerlingen begrijpen dat 'links', 'rechts' en 'in het midden' er toe doen, ze snappen dat een van de torens verstopt kan zijn achter een andere, ze trekken met hun vinger kijklijnen over de kaart, en ze draaien de kaart om, om zo als het ware vanuit de aangegeven plek

te kijken. In klasgesprekken zou de leerkracht al dit soort dingen ter discussie kunnen stellen: Waarom draai je de kaart? Waarom trek je met je vinger een lijn over de kaart? Waarom zeg je dat de vuurtoren rechts staat en de toren van Zilt in het midden? Waaraan zie je of een toren dichtbij staat of veraf? In onze proefklas zijn we na de observaties niet verder gegaan, maar dergelijke klasgesprekken lijken een voor de hand liggende volgende stap.

Het ging ons in dit artikel echter niet zozeer om het beschrijven van een leerlijn, maar om de specifieke rol van computerprogramma's. Onze conclusie is dat computerprogramma's en werkbladen verschillend gedrag uitlokken bij leerlingen. De computertaken bieden de mogelijkheid om te experimenteren met standpunten, maar ze lokken niet uit dat leerlingen hun redenering onder woorden brengen. Een taak waarin leerlingen niet zelf kunnen controleren of hun antwoord klopt, doet dat wel. Beide soorten taken moeten een eigen plaats krijgen in een leerlijn.

Literatuur

- Brink, J. van den (1989). Lokaliseren en oriënteren. *De wereld van het jonge kind*, 16(7), 201-204.
- Galen, F. van & A. Buter (1997). De rol van interactie bij leren rekenen met de computer. *Tijdschrift voor nascholing en onderzoek van het reken-wiskundeonderwijs*, 16(1), 11-18.
- Moor, E.W.A. de (1999). *Van vormleer naar realistische meetkunde*. Utrecht: Freudenthal Instituut (proefschrift).
- Team W12-16 (1992). Achtergronden van het nieuwe leerplan. *Wiskunde 12-16: band 2*. Utrecht: Freudenthal Instituut / Enschede: SLO.