

Over microcomputers, watermeters, badkuipen en couveuses

J. Speelpenning

SLO, Enschede

Summary

The computer age seems to make its introduction at schools. Even in the Netherlands. But teachers are still very reluctant. This partly because of the fact that so far there have been very few applications of the micro-computer as a didactical teaching aid.

This article describes such an application in which the filling of a bath-tub is simulated.

Met alle berichten over het vak informatica dat binnenkort op een groot aantal scholen zal worden ingevoerd en de enorme hoeveelheid artikeltjes over (micro-)computers, nieuwe harddisc expansie geheugens, nieuwe nóg hogere programmeertalen, Z-80 interfaces en CP/M-systemen lijkt de hele onderwijswereld op z'n (haar) grondvesten te RAM-melen en ROM-melen.

Het nieuwe tijdperk.
Computer-age.



fig. 1

Je merkt veel reacties van collega's die met enige scepsis zeggen: "Het is de zoveelste storm in een glas water. Na de talenpractica en de overheadprojector kregen we de videobevliegingen. Allemaal gekomen onder het motto van het didactische hulpmiddel van de eeuw. En wat heeft het uiteindelijk voor invloed gehad op het onderwijs? Niks toch? Allemaal commerciële poeha."

Een begrijpelijke reactie, maar toch...

Overigens spreekt de "commercie" zelf naar het onderwijs veelal in voorzichtige termen, meest in de zin van: "... een van de nieuwe hulpmiddelen die niet langer over het hoofd gezien kan worden is de microcomputer..." om er maar een te citeren. Alsof de "commercie" zelf nog niet zo overtuigd is van de mogelijkheden die de (micro-)computer voor het reguliere onderwijs in petto heeft.

Ik ben daar persoonlijk wel van overtuigd. Ik geloof dat de microcomputer mogelijkheden biedt om, op tamelijk eenvoudige wijze, het onderwijs wezenlijk te verbeteren, of, in iets bescheidener bewoordingen, het onderwijs op zinvolle wijze aan te vullen.

Uiteraard hangt die verbetering of aanvulling af van de programma's die je ter beschikking hebt.

Hier wil ik ingaan op enkele ideeën en ervaringen die we hebben rondom en met het gebruik van een microcomputer als "ondersteunend apparaat" bij het vak wiskunde.

Voor alle duidelijkheid: het gaat me niet om "informatica", noch om leren programmeren; wel om de vraag hoe de microcomputer als didactisch hulpmiddel ingezet kan worden.

Een technische opmerking vooraf. De programma's die verderop zijn beschreven zijn gemaakt op een Apple/ITT2020 micro met redelijke grafische mogelijkheden (beeldscherm van 280 bij 160 puntjes) en geschreven door geenszins ervaren programmeurs. Waarmee ik maar een indicatie wil geven over de "haalbaarheid" van het beschrevene. Beschikt u over een micro en enige programmeerervaring, dan bent u in principe met voldoende gereedschap uitgerust om zelf programma's voor in de klas te maken.

Daarnaast moet u wel nog een flink aantal uren vrije tijd ter beschikking hebben...

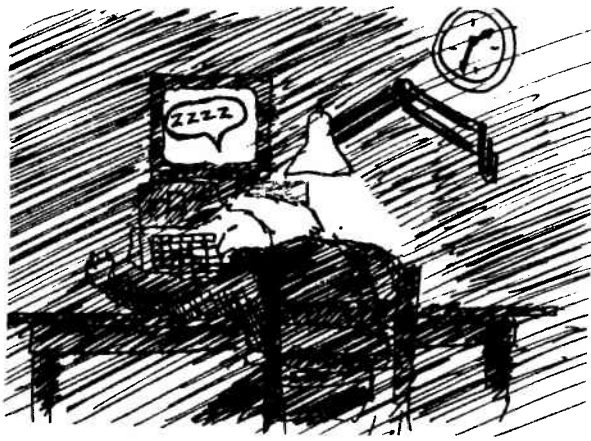


fig. 2

De watermeter

In Enschede (en waarschijnlijk ook in andere delen van het land) krijgen de bewoners een aantal maal per jaar een kaart toegestuurd waarop de meterstanden van gas, licht en water moeten worden ingevuld. Hier ziet u zo'n kaart.

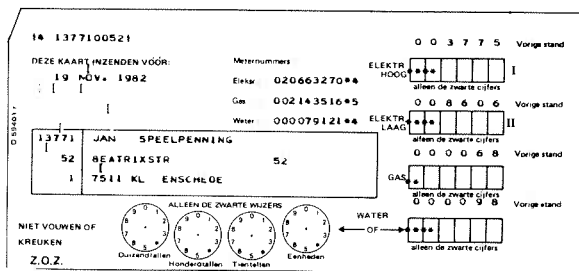


fig. 3

Wat opvalt is de vraag naar de stand van de watermeter die kan worden beantwoord door de wijzertjes van de watermeter over te tekenen, in plaats van "echt" aflezen en de digitale stand op te schrijven. Het waterleidingbedrijf heeft kennelijk slechte ervaringen met de afleesvaardigheid van haar afnemers bij dit type watermeters, vandaar de optie om de wijzertjes in te tekenen.

In een pakketje waarin meetactiviteiten centraal staan, hebben we een vraag opgenomen waarin leerlingen zo'n watermeter moeten aflezen.

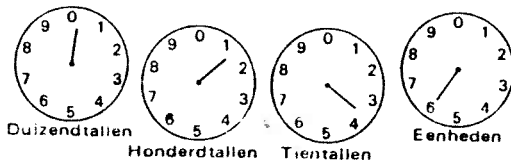
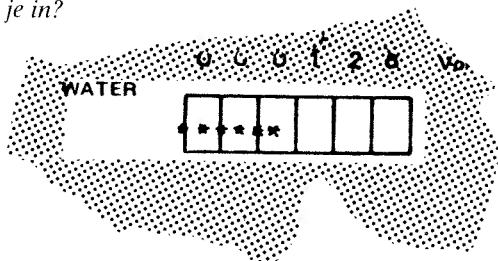


fig. 4

Dit is de watermeter. Die is veel lastiger af te lezen. Wat vul je in?



Het bleek dat ook leerlingen erg veel moeite hadden met het aflezen van zo'n soort watermeter. De betekenis van elk wijzertje was voor velen onduidelijk; leerlingen telde de geschatte stand per wijzer bij elkaar op of kwamen er helemaal niet uit. Dat elk wijzertje een verfijning levert van de geschatte stand die de "duizendtallen"-wijzer aangeeft zag nagenoeg niemand.

Inschakeling van de computer met een programmaatje dat een watermeter simuleert bleek erg goed te helpen. Het programma toont vier klokken van de watermeter, laat de wijzertjes lopen, geeft de mogelijkheid de waterstroom stil te zetten en de wijzertjes op een gekozen stand verder te laten gaan. Nadat groepjes leerlingen het programma enkele minuten hadden bekeken verliep het aflezen verder foutloos.

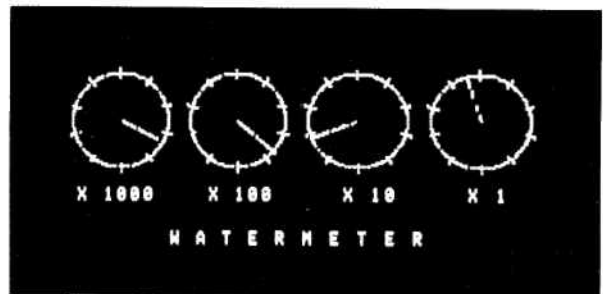


fig. 5

Kennelijk was het voldoende om de leerlingen over de afleesdrempel te helpen door ze even de gelegenheid te geven met dit model van de watermeter te spelen. De gesimuleerde watermeter is beter geschikt voor dit doel dan een echte watermeter; de simulatie geeft namelijk de mogelijkheid de stroomsnelheid van het water sterk te overdrijven, waardoor de draaiende wijzertjes een dynamisch beeld opleveren in tegenstelling tot het nogal statische beeld dat een echte watermeter geeft.

Zo zien we een van de waardevolle didactische mogelijkheden die een computer biedt: het maken van simulaties die op zichzelf weer van extra didactische waarde kunnen zijn door o.m. de mogelijkheid essentiële zaken overdreven groot, klein, snel, ... voor te stellen.

Bij simulaties op de computer kunt u ook denken aan:

- 10.000 keer een dobbelsteen gooien ter illustratie van de wet van de grote getallen;
- een autootje over de getallenlijn laten rijden dat met vooruit rijden, achteruit rijden en omkeren optellingen en aftrekkingen van positieve en negatieve getallen uitbeeldt;
- een figuur roteren om een gekozen hoek en een gekozen punt, waarbij alle tussenposities ook te zien zijn. Transformaties in de meetkunde krijgen zo weer iets van de bedoelde dynamiek.

- ...

Ook in het programma "BADKUIP" dat verderop wordt beschreven speelt simulatie een belangrijke rol.

Veel van de programma's die ik gezien heb en die voor gebruik in de klas zijn geschreven maken het mogelijk om vervelend of moeizaam handwerk aan de computer over te laten. En dat is meteen een tweede waardevolle mogelijkheid die de computer biedt.

Je ziet veel programma's die grafieken kunnen tekenen van allerlei soorten functies, bijvoorbeeld in de vorm van: toets de coëfficiënten van een zoveelste graads veelterm in en de computer bepaalt de schaal van de assen en tekent een stuk van de grafiek. Of, programma's die de grafiek, de snijpunten met de x- en y-as, de top, de symmetrieas, kortom, "de" kenmerken van een gekozen parabool laten zien. Zulke programma's vervullen veelal de functie van "vraagbaak" (hoe zat dat ook al weer?) voor leerlingen die een bepaald onderwerp nog niet helemaal onder de knie hebben of nog even willen oefenen. Ook zie je veel programma's die leerlingen helpen vaardigheden te oefenen, "drill & practice"-programma's die bedoeld en geschikt zijn voor leerlingen die zich aan *het einde van een leerweg* bij een of ander onderwerp bevinden. Het zijn dan bovendien meest programma's gericht op de wat oudere leerlingen; het niveau van de wiskunde is vrij hoog.

Dat alles samen maakt dat daarmee de computer als *didactisch* hulpmiddel naar mijn smaak niet zo erg uit de verf komt. Er is – denken we – meer mogelijk. Met het volgende voorbeeld wil ik laten zien dat het ook mogelijk is computerprogramma's te maken en gebruiken die *aan het begin van een leerweg* of op een deelgebied van een leerweg kunnen functioneren en die *begripsvorming* kunnen versterken of versnellen. Het voorbeeld laat een programma zien waarmee ook andere mogelijkheden van de computer als didactisch hulpmiddel belicht worden.

De badkuip

Bij het pakketje "Grafiekentaal" (zie hiervoor "De taal van grafieken" van Hans Krabbendam) zijn twee computerprogramma's geschreven die sterk geïntegreerd zijn met het pakket. Het pakket gaat over de taal van grafieken van tijdsafhankelijke variabelen; grafieken die processen beschrijven waarvan de veranderingen eenvoudig te interpreteren zijn in termen van opeenvolgende gebeurtenissen. Veelal gaat het om gebeurtenissen waarin oorzaak en gevolg voor leerlingen eenvoudig zijn te achterhalen.

Het "badkuip"-programma is bedoeld om leerlingen te helpen een aantal begrippen te ontwikkelen waarop in het pakket wordt voortgebouwd. Een duet voor micro en pakket, zagezgd.

Het eerste deel van het programma laat een gestileerde badkuip zien met twee gesimuleerde kranen en een afvoer. De kranen en de stop van de afvoer kunnen elk met een druk op de juiste knop worden geopend en gesloten. Je ziet de kuip, de waterstroom en het water-niveau.

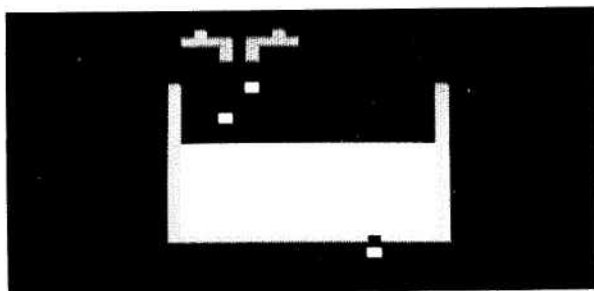


fig. 6

Leerlingen kunnen zelf "spelen met de kranen en de stop", ontdekken dat beide kranen evenveel water afgeven en dat de waterstand bij één kraan open en stop dicht even snel stijgt als bij twee kranen én de stop open, al vinden ze dat laatste wel "waterverspilling". Ook ervaren ze dat de waterhoogte in de badkuip niet verandert als het bad overloopt terwijl er dan toch een kraan open staat. De simulatie bereidt voor op deel twee van het programma; het schematische beeld van de badkuip wordt zo geactiveerd.

In het tweede deel van het programma wordt de grafiek van de waterhoogte als tijdsafhankelijke variabele getekend. De tijd loopt, dat is hoorbaar door tikken die de luidspreker van de micro geeft en de leerlingen kunnen weer kranen en stop bedienen. Daarmee kunnen ze direct invloed uitoefenen op de vorm van de grafiek. De veranderingen die de grafiek te zien geeft krijgen zo voor de leerlingen direct een betekenis, ze waren immers zelf de veroorzaker! Zelfs als de kranen dicht zijn en de afvoer gesloten, dus als de grafiek horizontaal loopt, heeft dat een dynamisch karakter; de grafiek wordt puntje voor puntje verder getekend, want de tijd loopt nu eenmaal door.

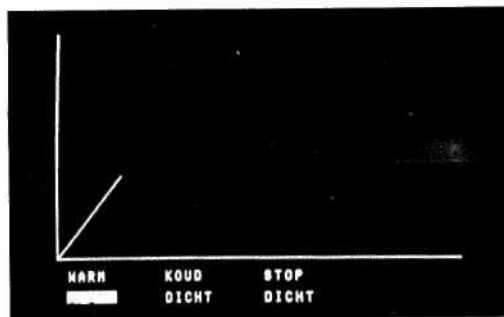


fig. 7

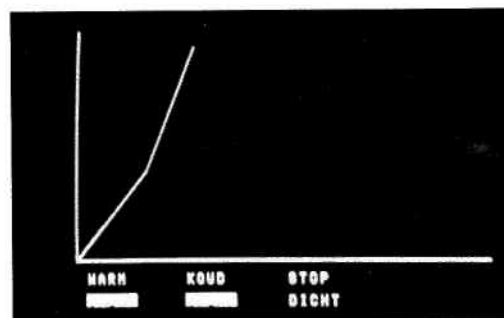


fig. 8

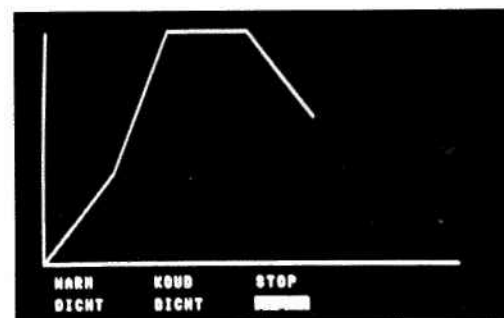


fig. 9

Ook het overlopen van het bad en de systeemveranderingen die dat met zich meebrengt (bijv. een kraan openen heeft nu geen invloed op de waterhoogte) wor-

den moeiteloos opgenomen. Het feit dat de grafiek voor hun ogen wordt opgebouwd maakt dat de variabele *tijd* ook echt als zodanig wordt ervaren. De grafiek wordt als iets dynamisch gezien, ook *nadat* hij is getekend; veranderingen worden als echte veranderingen beleefd, de grafiek wordt zo een plaatje van een proces dat je je gemakkelijk voor de geest kunt halen.

In het derde deel van het programma gaat de computer zelf met de kranen en de stop aan de slag. De leerlingen krijgen die serie handelingen te zien en gaan de bijbehorende grafiek tekenen op het beeldscherm. De (4) mogelijke richtingen waarin de grafiek kan worden voortgezet zijn door een druk op een knop te tekenen.



fig. 10

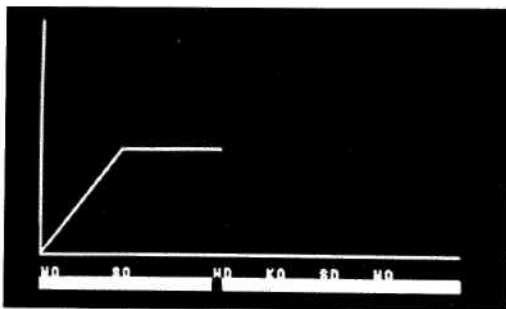


fig. 11

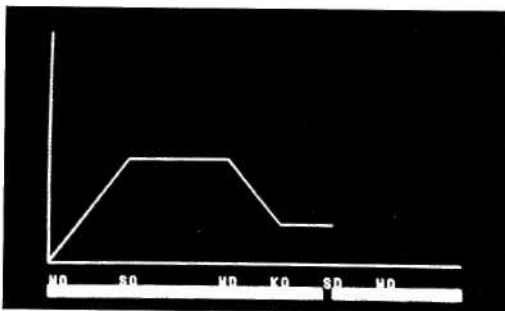


fig. 12

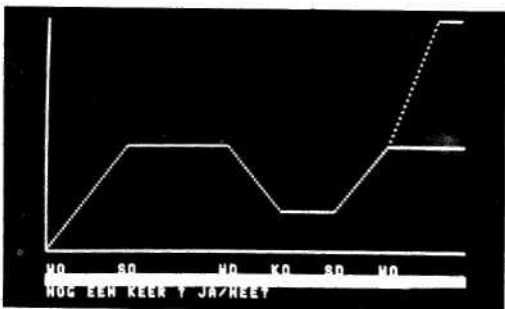


fig. 13

Het is frappant hoe gewiekst brugklassertjes hierin zijn. Eigenlijk zagen we de meeste fouten als het groepje leerlingen besloot "om 's te kijken wat er gebeurt als we een fout antwoord geven". Zoals u in de laatste foto kunt zien tekent de computer na afloop de grafiek die bij de serie gebeurtenissen hoort, zodat de leerlingen meteen kunnen controleren of er fouten zijn gemaakt. *Immediate feedback* is daarvoor de technische term; weer een van de belangrijke mogelijkheden die de computer biedt. Zo kan worden voorkomen dat bepaalde foute concepten zich vastzetten, door onmiddellijk na een gegeven antwoord de mogelijkheid van controle te geven.

Ook in het vierde deel van het programma is de computer met de kranen en de stop bezig geweest. De leerlingen krijgen een grafiek te zien en de vraag, te vertellen wat de computer achtereenvolgens gedaan kan hebben. De grafieken worden at random getekend, dus kunnen steeds verschillend zijn. Hier ziet u er een.

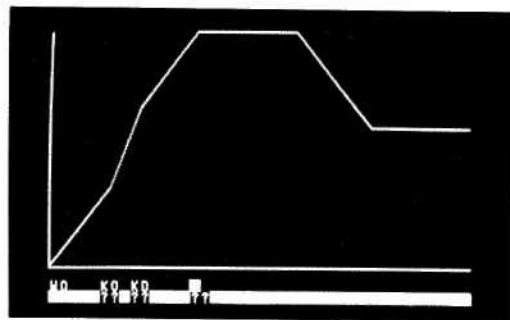
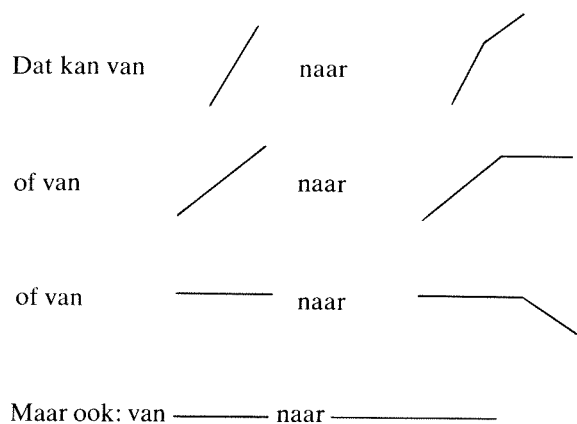


fig. 14

De leerlingen, die in een groepje met dit probleem bezig zijn, komen er met elkaar best uit. De verschillende mogelijkheden die er soms zijn, komen alle boven tafel. Het is opvallend hoe pragmatisch de uiteindelijke keuze dan soms uitvalt: "doe nou de koude kraan maar open, anders wordt het water veel te heet...".

Van de leerlingen wordt gevraagd een singuliere gebeurtenis in te toetsen, daarbij rekening houdend met de vorige stand van de kranen en stop. "KD" (Koude kraan Dicht) heeft daardoor niet steeds dezelfde verandering in de grafiek ten gevolge.



in het geval dat de badkuip overloopt of leeg is. De verandering in de grafiek tengevolge van KD wordt dan ook door de leerlingen in globale termen beschreven: "als je de koude kraan dicht doet dan gaat de gra-

fiek minder steil lopen.”

“Altijd?”

“Natuurlijk *niet* als de kuip overloopt” is het besliste antwoord.

Nadat alle “gebeurtenissen” zijn ingetypt geeft de computer nog de grafiek te zien die bij deze serie hoort. Zo kunnen leerlingen weer direct zien òf en wààr er fouten waren gemaakt. Dat levert vaak weer hele discussies op over waarom iets fout was, of wat ze over het hoofd hadden gezien. Overigens geldt ook hier dat de groepjes na enige tijd nauwelijks fouten meer maken; de uiteindelijke groepskeuze is meestal een goede.

Opvallend, maar te verwachten, is dat leerlingen “stijgend” meteen associëren met een richting ↗ of ↘, omdat de grafiek van links naar rechts voor hun ogen wordt getekend. Bij leerlingen die alleen “kant en klare” grafieken hebben gezien zie je vaak de onzekerheid over:

“is dit ↗ nu stijgend of dit ↘ ?”

En passant praten ze over stijgen, dalen, snel stijgen en constant blijven van de grafiek, zien ze oorzaken en leven ze zich volledig in de situatie van de badkuip in. “Kunt u er ook een mevrouw in laten zitten?” vroeg een jongetje gekscherend.

“Nee joh, dan loopt dat bad toch over...” was het bloedserieuze antwoord van een ander.

Het laatste deel van het programma koppelt weer terug naar het pakketje “Grafiekentaal”. De computer genereert weer een aantal gebeurtenissen en vraagt de leerlingen nu op papier de bijbehorende grafiek te tekenen. In eerste instantie gebeurt dat op ongeveer dezelfde schaal als waarop de computer tekent, later op kleinere schaal, om zo weer wat meer afstand van de machine te nemen.

In het pakketje staat een opdracht waar een voorbeeld gegeven moet worden van “iets” dat een horizontaal lopende grafiek geeft. Eén van de antwoorden luidde: “water in de badkuip, één kraan en stop open”. Voor ons een bewijs dat de badkuip “leefde”.

Globgraf

Bij het pakket “Grafiekentaal” hebben we, zoals gezegd, nòg een programma geschreven. “Globgraf” is de wat cryptische naam voor een programma dat tot doel heeft leerlingen te oefenen in het leggen van de relatie tussen een proces of het verloop van “iets” in een globale grafiek.

Het programma kiest uit 11 verschillende grafieken en 33 bijbehorende beschrijvingen en geeft problemen als:

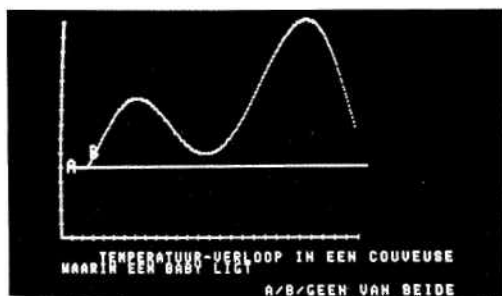


fig. 15

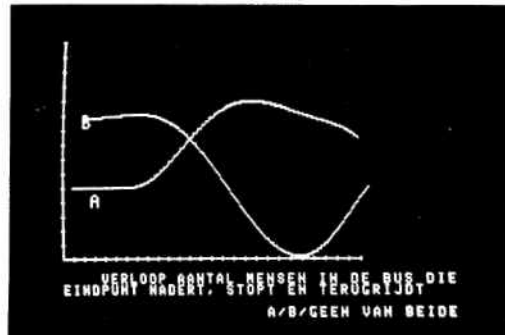


fig. 16

Ofschoon sommige van de at random samengestelde opgaven erg moeilijk uitvallen, blijkt dat leerlingen er in het algemeen goed mee uit de voeten kunnen. De vertaling van het proces zoals zij dat kennen naar de grafiek die dat proces kan weergeven, wordt soms verbluffend knap gemaakt. Het feit dat geen periode in de tijd is aangegeven, noch een schaal-verdeling langs de verticale as staat, geeft geen onoverkomelijke problemen. De grafiek geeft de leerlingen kennelijk voldoende informatie in termen van stijgen, dalen enz. En dat lijkt ons een geweldig resultaat.

Nabeschuiving

De computer geeft een aantal mogelijkheden die voor gebruik in de klas van grote waarde kunnen zijn.

Simulaties maken is één daarvan.

De mogelijkheid om vervelend of moeizaam handwerk, zoals het tekenen van “lastige” grafieken (\hat{a} la $x \rightarrow \cos(2x) + \frac{1}{2} \sin(3x)$) is een tweede. Door gebruik te maken van de random generator kun je allerlei “kans”-achtige processen nabootsen. Bovendien geeft die mogelijkheid om steeds nieuwe problemen te genereren.

Immediate feedback, ofwel directe terugkoppeling, geeft de mogelijkheid leerlingen onmiddellijk te vertellen of een antwoord goed is, waarmee vermeden kan worden dat fouten inslijpen.

De grafische mogelijkheden van (sommige) computers stellen je in staat allerlei illustraties en animaties (en simulaties) in beeld te brengen. Het lijkt mogelijk de computerprogramma's te gebruiken aan het begin van een leerproces of deel daarvan, door leerlingen te helpen concepten te vormen of te verstevigen; door bepaalde zaken al vast “in de week te zetten”. Het moet – lijkt ons – mogelijk zijn programma's te maken die zich richten op mathematische vaardigheden en attitudes die tot nu toe niet zo goed uit de verf konden komen. Programma's die een beroep doen op de nieuwsgierigheid van leerlingen en iets te ontdekken bieden. Programma's die zich richten op een heuristische of een trial & error-aanpak.

Programma's die dit soort aspecten in zich hebben bestaan al, zij het dat ik er nog geen heb gezien die speciaal op wiskunde gericht zijn. Maar ook die zullen er wel komen. Wij zoeken in elk geval verder; en met ons – naar ik hoop – nog vele anderen. Bij dat zoeken is het goed niet alleen naar het wiskunde-onderwijs te kijken en je af te vragen hoe je de computer daarbij kunt gebruiken, maar ook naar de computer en je af te vragen hoe die te gebruiken is bij het wiskunde-onder-

wijs. Dat *lijkt* een theoretisch soort blikwisseling, niet-temin levert dat ideeën op.

Tenslotte

Eenmaal gegrepen door de micro is het moeilijk om niet alles met de computer te willen doen. Je bent al gauw een "microholic", en daar zit een gevaar in; niet alleen dat je inboet aan geloofwaardigheid als je ook zaken die met pen en papier goed kunnen probeert te computeriseren, ook is het van groot belang jezelf (en

de leerlingen) tegen frustraties te beschermen. "If you only have a hammer, you look upon every problem as a nail" zei iemand me in dit verband. Gelukkig is de gereedschapskist van de wiskunde-docent beter gevuld.

- (1) Zie ook het artikel van R.J. Phillips: "*An investigation of the microcomputer as a mathematics teaching aid*"; Computer & Education, Vol. 6, 1982.

ECOL

ECOL, de programmeertaal die geen doel is maar middel.

Een middel om alle aspecten van **burgerinformatica** te verkennen: tekstverwerking, geautomatiseerd geldverkeer, bedrijfsadministraties, bevolkingsregister, reserveringssytemen, simulaties van praktijksituaties, enz.

Bij elk van deze thema's komen begrippen aan de orde als: soorten gegevens, informatie, het waarom van en de beveiliging bij automatisering, werkgelegenheid en persoonlijke levenssfeer.

ECOL, ontworpen naar de vereisten van burgerinformatica, niet andersom.

Het is de enige programmeertaal die ontworpen is **nadat** Nederlandse onderwijsgeevenden hadden geformuleerd wat wenselijk was.

ECOL, een systeem van voorzieningen voor goed onderwijs in informatica.

Het is veel meer dan een programmeertaal alleen. Voor microcomputers behoort tot het systeem: een vertaler, een tekstverwerker, gegevensbestanden, programmatuur voor een kaartlezer en voor communicatie met een centrale computer (verspreiding van programma's, imitatie van viditel e.d.) en een bedrijfssysteem voor een eenvoudig beheer.

ECOL, goedkoper kan het niet.

Voor het geval U geen microcomputer wilt aanschaffen: centrale verwerking van ECOL-programma's vindt **gratis** plaats.

Wel een microcomputer? Voor **f 236,-** bent U in het bezit van een flexibel schijfje met een volledig systeem. Aangevuld met een kaartlezer is dit de goedkoopste opstelling om 30 leerlingen tegelijk aan hun trekken te laten komen.

Een microcomputer met beeldschermstations? Het bedrijfssysteem UNIX is voor Uw rekening, alle overige programmatuur is **gratis**.

ECOL, voor meer informatie: Onderwijs Computercentrum.