

Maandblad voor
de didactiek
van de wiskunde

Orgaan van
de Nederlandse
Vereniging van
Wiskundeleraren

60e jaargang
1984 | 1985
april | mei

Euclides 8 | 9

Wolters-Noordhoff

Euclides

Redactie

Mw I. van Breugel
Drs F. H. Dolmans (hoofdredacteur)
W. M. J. M. van Gaans
Dr F. Goffree
Drs W. Kleijne
L. A. G. M. Muskens
Drs C. G. J. Nagtegaal
P. E. de Roest (secretaris, wvd. eindredacteur)
Mw H. S. Susijn-van Zaale
Dr P. G. J. Vredenduin (penningmeester)

Euclides is het orgaan van de Nederlandse Vereniging van Wiskundeleraren. Het blad verschijnt 10 maal per cursusjaar.

Nederlandse Vereniging van Wiskundeleraren

Voorzitter Dr Th. J. Korthagen, Torenlaan 12,
7231 CB Warnsveld, tel. 05750-23417.
Secretaris Drs J. W. Maassen, Traviatastraat 132,
2555 VJ Den Haag.
Penningmeester en ledenadministratie F. F. J. Gaillard,
Jorisstraat 43, 4834 VC Breda, tel. 076-653218. Giro:
143917 t.n.v. Ned. Ver. v. Wiskundeleraren te Amsterdam.

De contributie bedraagt f 50,- per verenigingsjaar;
studentleden en Belgische leden die ook lid zijn van de
V.V.W.L. f 35,-; contributie zonder Euclides f 30,-.
Adreswijziging en opgave van nieuwe leden (met
vermelding van evt. gironummer) aan de penningmeester.
Opzeggingen vóór 1 juli.

Artikelen en mededelingen worden in drievoud ingewacht
bij Drs F. H. Dolmans, Heiveldweg 6, 6603 KR Wijchen,
tel. 08894-11730. Zij dienen met de machine geschreven
te zijn met een marge van 5 cm en een regelafstand van
1 1/2. De auteur van een geplaatst artikel ontvangt kosteloos
5 exemplaren van het nummer waarin het artikel is
opgenomen.

Boeken ter recensie aan Drs W. Kleijne, Treverilaan 39,
7312 HB Apeldoorn, tel. 055-550834.

Opgave voor deelname aan de leesportefeuille
(buitenlandse tijdschriften) aan F. J. M. Doove, Severij 5,
3155 BR Maasland. Giro: 1609994 t.n.v. NVvW
leesportefeuille te Maasland.

Abonnementsprijs voor niet-leden f 42,40. Een collectief
abonnement (6 ex. of meer) kost per abonnement f 24,65.
Niet-leden kunnen zich abonneren bij:
Wolters-Noordhoff bv, afd. periodieken, Postbus 567,
9700 AN Groningen, tel. 050-226886. Giro: 1308949.
Abonnees wordt dringend verzocht te wachten met
betalen tot zij een acceptgirokaart hebben ontvangen.
Abonnementen gelden telkens vanaf het eerstvolgend
nummer. Reeds verschenen nummers zijn op aanvraag
leverbaar na vooruitbetaling van het verschuldigde bedrag.
Annuleringen dienen minstens één maand voor het
einde van de jaargang te worden doorgegeven.
Losse nummers f 7,- (alleen verkrijgbaar na
vooruitbetaling).

Advertenties zenden aan:
Intermedia bv, Postbus 371, 2400 AJ Alphen a/d Rijn.
Tel. 01720-62078/62079. Telex 39731 (Samsy).

Vele artikelen in dit nummer zijn gewijd aan één onderwerp: toetsen. Zoals aangekondigd in een vorige jaargang is er een werkgroep bezig geweest met als doel een special over toetsen samen te stellen.

Door omstandigheden is dat niet geheel verwezenlijkt. Toch zijn er uit deze werkgroep een aantal artikelen voortgekomen, waarvan we vinden, dat ze de moeite waard zijn om te publiceren. Met dank aan de werkgroep doen we dat graag.

Er is geen sprake van een special. We pretenderen niet een consistent geheel te willen brengen over dit onderwerp. Het zijn een aantal artikelen over 'toetsen', die wat aandachtsvelden bestrijken, die we relevant en aktueel vinden.

Namens de redactie:

I. van Breugel

W. van Gaans

Het onderwijs als selectiesysteem

Selectie speelt, hoe ongelukkig wij ons daar vaak bij voelen, binnen ons onderwijs een grote rol. Te denken valt hierbij aan het opsplitsen van leerlingen na de lagere school over de bestaande schooltypen van het voortgezet onderwijs. Te denken valt hierbij ook aan een soort 'hordenloop' waar de leerling aan deelneemt tijdens het volgen van dat voortgezet onderwijs – elk jaar valt er weer een beslissing over blijven zitten of overgaan.

Binnen een schooltype worden de leerlingen veelal in een gelijke onderwijssituatie geplaatst. Dezelfde instructievorm, hetzelfde leermateriaal en dezelfde eisen gelden dan voor de leerlingen in één klas.

Bij het benaderen van zo'n groep leerlingen kan de docent er haast niet onderuit zich te richten op de middengroep: de leerlingen die niet aan de eisen kunnen voldoen, vallen af. Veelal zal de docent proberen zulke leerlingen nog wat individueel te helpen, maar vanwege tijdgebrek en het ontbreken van geschikte leermiddelen kan die hulp niet optimaal zijn. Het gevolg is, dat die leerlingen blijven zitten of worden verwezen naar een ander schooltype.

De grootste groep leerlingen echter gaat al 'hordennemend' door en behaalt een diploma. Hoe de leerlingen zich daarbij voelen, is niet zo belangrijk, want maatschappelijk gezien is selectie en daarmee rangordening geaccepteerd. Een drang om in zo'n systeem veranderingen aan te brengen komt daaruit dan ook nauwelijks naar voren.

* Uit het Mavo Project Handboek

De functie van proefwerken (toetsen) in een selectief onderwijssysteem

Binnen een selectief onderwijssysteem is de gangbare functie van proefwerken een rangorde aan te brengen onder de leerlingen, waardoor de hoogstgeplaatsten binnen die rangorde mogen doorstromen. De prestaties van de leerlingen worden daartoe in het algemeen relatief gemeten, d.w.z.: de prestatie voor het proefwerk van één leerling wordt beoordeeld tegen de achtergrond van de gemiddelde prestatie van de groep voor hetzelfde proefwerk. In de meeste gevallen is de groep de klas, soms, bij gecoördineerde proefwerken, een aantal klassen samen.

In zo'n situatie kan een leerling met zijn prestatie in een goed presterende groep tot de slechtsten en in een slecht presterende groep tot de besten behoren. De relatief slechtste leerling kan in zo'n groep niet meekomen. Het gevolg kan dan zijn dat zo'n leerling blijft zitten of verwezen wordt naar een ander schooltype. Als met een proefwerk een goede rangorde aan te brengen is, dan beantwoordt dit proefwerk uitstekend aan haar doelstelling. Dit is binnen een onderwijssysteem, waar selecteren en rangordenen als een noodzakelijk iets wordt gezien, geen bezwaar.

De invloed van een selectief onderwijssysteem op de onderwijsvolgers binnen dit systeem

Een groot percentage leerlingen weet zich zodanig aan zo'n selectief onderwijssysteem aan te passen, dat ze aan de eisen met voldoende resultaat kunnen voldoen.

De leerling die de eisen gemakkelijk aan kan, ondervindt doorgaans weinig problemen. Goede prestaties versterken het zelfvertrouwen, zeker als de eigen prestaties en de eigen manier van werken vergeleken kunnen worden met de mindere prestaties en het enorme zwoegen van anderen.

De leerling die de eisen van het selectieve schoolsysteem niet zo goed aan kan, krijgt het evenwel moeilijk. De confrontatie met onvoldoende resultaten kan de belangstelling voor een of meerdere vakken, waar die onvoldoende resultaten voor behaald worden, verminderen of volledig laten

verdwijnen. Vanzelfsprekend zal dit de leerresultaten van zo'n leerling nadelig beïnvloeden.

Twijfel aan eigen kunnen, getob over plaats en waarde temidden van anderen, twijfel aan geschiktheid voor een graag gewild beroep zullen bewust of onbewust van invloed zijn op de houding ten aanzien van het onderwijssysteem waarin de leerling meedraait.

Het is zelfs mogelijk dat zo'n leerling zich gaat afzetten tegen dit schoolsysteem, dat te weinig rekening houdt met zijn of haar gevoelens.

Natuurlijk is het zo dat ook binnen een selectief onderwijssysteem getracht wordt leer- en andere moeilijkheden van individuele leerlingen op te vangen.

Maar omdat de klas vooruit moet, het jaarprogramma moet worden afgemaakt, de groep vaak erg groot is en geschikte leermiddelen voor individuele benadering ontbreken, zijn die pogingen vaak weinig effectief.

De functie van toetsen in een niet-selectief onderwijssysteem

Uit het voorgaande zal duidelijk een weerstand gebleken zijn tegen een selectief onderwijssysteem en zeker tegen het voorbijgaan aan de gevoelens van individuele leerlingen. Zodra gekozen wordt voor een onderwijssysteem waarbij selectie tijdens dat onderwijs geen of nauwelijks een rol speelt, kunnen toetsen worden gebruikt ter ondersteuning van het onderwijsleerproces van iedere leerling. Dit betekent, dat het onderwijs geïndividualiseerd dient te worden. Om te kunnen individualiseren is gedifferentieerd onderwijs geven nodig. Er zijn vele manieren denkbaar om gedifferentieerd onderwijs te geven. Een van de manieren is interne *differentiatie*. Hierbij worden de leerlingen niet gesorteerd en in homogene klassen gegroepeerd. Binnen zo'n min of meer heterogene groep wordt het onderwijs zo georganiseerd, dat elke leerling een leerweg kan volgen, die (zoveel mogelijk) past bij zijn eigen aanleg en behoeften.

De organisatievorm van de interne differentiatie kan sterk uiteenlopen. Dit is afhankelijk van nogal wat zaken:

a) betreffen de te leren zaken cognitieve, affectieve of psychomotorische aspecten?

- b in hoeverre zijn leerpsychologische factoren van belang?
- c in hoeverre wordt er tegemoetgekomen aan eisen van het vervolgonderwijs?
- d

Afhankelijk van het gewicht van deze factoren zal bekeken moeten worden in hoeverre toetsen noodzakelijk is.

Als er dan getoetst wordt, dan kunnen toetsen meerdere functies gaan vervullen. Bij de ondersteuning van het leerproces is een aantal mogelijkheden denkbaar:

- 1 gebruik van toetsvragen bij de studie zelf: een stukje leerstof wordt steeds gevolgd door een vraag, die de bedoeling heeft dat stukje leerstof te reproduceren, waarbij de leerling er tevens nog op geattendeerd wordt, wat de kern van de leerstof is.
- 2 gebruik van toetsen aan het begin van het leerproces om de te volgen leerweg te kunnen bepalen.
- 3 gebruik van toetsen tijdens het leerproces met het doel regelmatig informatie te krijgen over de voortgang van het leerproces van de individuele leerling. Hierdoor kan de leerling zijn leerweg zo kiezen, dat geconstateerde leemten kunnen worden opgevuld.
- 4 gebruik van toetsen om de door de docent gegeven instructie te controleren, waarbij bepaald kan worden welke stukken leerstof opnieuw en op een andere, betere manier worden behandeld.
- 5 gebruik van toetsen om te controleren of nieuw ontwikkelde leerstof bruikbaar is, waarbij toetsgegevens de mogelijkheid geven die nieuw ontwikkelde leerstof te herzien of bij te stellen.

In al deze beschreven gevallen is het nodig dat vast staat wat men met het onderwijs wil. De doelstellingen van dat onderwijs dienen dan aangegeven te zijn.

Voor al de punten 1 t/m 3 zullen voor de individuele leerling van belang zijn, zeker als het gaat om het aanleren van cognitieve zaken.

Ook in een niet-selectief onderwijssysteem kunnen leerlingen leer- en andere moeilijkheden hebben, maar omdat het onderwijs individualiserend is ingericht, kan hierop beter en gemakkelijker worden ingegaan.

Als kernvraag komt naar voren: wat is eigenlijk ons opvoedingsbeeld? Op welke manier proberen wij

onze kinderen op te voeden? Welke keuze maken wij als opvoeders/docenten hierbij?
Het beantwoorden van dit soort vragen zal richtinggevend zijn voor de keuzen van het onderwijsstelsel.

De diagnostische toets

Een diagnostische toets is een toets welke is samengesteld om voor een stuk behandelde leerstof de tekorten in het kennen en kunnen bij de individuele leerling te bepalen met de bedoeling de geconstateerde leemten op te vullen.

Het is duidelijk dat deze toetsvorm het leerproces dient te ondersteunen en daarom nooit gebruikt kan worden als onderdeel in een selecterend onderwijssysteem, wat bijdraagt tot die selectie. Cijfers horen daarom hiervoor niet te worden gegeven.

Natuurlijk is een diagnostische toets niet het enige diagnostische moment tijdens het leerproces en ook niet de enige diagnostische mogelijkheid. Als we *diagnose* omschrijven met:

‘het vaststellen van de moeilijkheden, die de leerling ondervindt bij het volgen van het onderwijs’

dan is duidelijk dat de diagnostische toets slechts een van de vele diagnostische mogelijkheden is. Diagnose, zoals omschreven, kan betrekking hebben op:

- 1 studiegewoonten
- 2 mate van beheersing van basisvaardigheden voor verdere studie
- 3 aanwezigheid van tekorten in leerstofbeheersing
- 4 aanwezigheid van ‘emotionele’ moeilijkheden bijv.:
 - moeilijkheden veroorzaakt door sociale achtergronden
 - moeilijkheden veroorzaakt door schoolomstandigheden

Diagnostische momenten kunnen er vele zijn:

- 1 vragen stellen op welk moment dan ook
- 2 observatie van leerlingen als ze aan het werk zijn
- 3 afnemen van een diagnostische toets

Uit het voorgaande zou kunnen worden afgeleid

dat het bij de diagnose vooral gaat om de diagnose van de leerling door de docent. Natuurlijk is het nodig voor de begeleiding van de leerlingen, dat de docent weet waar de moeilijkheden van de leerlingen liggen. Het is echter van even groot, zo niet groter belang dat de leerling diagnose kan stellen met betrekking tot zichzelf. Opvoeden tot verantwoordelijk zijn voor eigen handelen kan hiermee worden ondersteund. Het gaat er dan om dat de leerling zijn eigen problemen oplost en zijn eigen kwaliteiten ontplooit.

Het afnemen en corrigeren van de diagnostische toets

De diagnostische toets volgt veelal direct na de behandeling van de leerstof. Als het goed is, gaat het om een routinematig gebeuren, waarbij de leerling niet gekweld wordt door spanning en angst voor slechte resultaten. Een mogelijkheid is dat de leerling zelf de toets gaat maken op het moment van beëindiging van de leerstof, waarna deze de toets kan nakijken met behulp van antwoordbladen.

Vaak bestaat er een angst dat leerlingen als ze vrij de beschikking hebben over D-toetsen en de antwoorden daarvan, niet eerlijk zullen zijn. Natuurlijk, ook leerlingen zijn mensen. Maar omdat een D-toets niet selecterend mag werken en er geen cijfers worden gegeven, wordt de motivatie om hier oneerlijk te zijn, sterk verminderd.

Bovendien, het werken met D-toetsen moet geleerd worden, zowel door docenten als leerlingen en met betrekking tot deze wijze van werken leren de leerlingen verantwoordelijkheid ten aanzien van zichzelf.

Als de leerling weet waar voor hem of haar de hiaten zijn in beheersing van leerstof, kan de mogelijkheid geboden worden die stukjes leerstof, maar dan anders gebracht, nog eens te bestuderen.

Eindbeoordeling en diagnostische toetsing

Rapportage over behaalde leerresultaten is voor zowel de leerling als de ouders van groot belang. Daartoe kan een leerstofeenheid afgesloten worden door een eindtoets, welke een duidelijke uitspraak

over de geleverde prestatie geeft. Deze uitspraak kan in een cijfer worden uitgedrukt. Vaak wordt gesteld: leerlingen zijn steeds op cijferjacht. Waarschijnlijk is dit een gevolg van de waarde die door de school en de maatschappij aan cijfers wordt toegekend. Maar zodra cijfers voor die afsluitende toetsen worden gegeven, zijn de raakvlakken met een selectief onderwijssysteem zeer groot. De rangordering wordt als vanzelf weer aangebracht, want met cijfers kunnen leerlingen weer vergeleken worden. Daarom is het steeds bijzonder belangrijk zich af te vragen of de (cijfer)beoordeling tot stand is gekomen door de laagste 25% onvoldoende te noemen, of door af te meten aan de vraag in hoeverre de tevoren vastgestelde leerdoelen zijn bereikt.

Naarmate men er in slaagt de eindbeoordeling te baseren op tevoren vastgestelde doelen en rangordering wordt uitgebannen, kan deze eindbeoordeling meer gericht zijn op determinatie.

Als ook voor de D-toets een cijfer gegeven zou worden dan zou al een belangrijk gedeelte van die mogelijke determineerfunctie toebedeeld worden aan die diagnostische toetsing, terwijl het gevaar voor een selecterende functie van die D-toets dan ook levensgroot aanwezig is. De leerling heeft dan niet meer de zekerheid, dat hij alle kansen krijgt hiaten op te vullen alvorens de eindtoetsing plaatsvindt. Deze leerling zal daarom geneigd zijn te werken voor het ogenblikkelijke resultaat, waarbij de bedoeling van de diagnose volkomen de mist in gaat. Spieken zal dan weer gewoonte worden, zelf corrigeren zal verdwijnen en de angst om te falen kan weer de kop opsteken.

Het is van uitermate groot belang de functie van diagnose werkelijk tot zijn recht te laten komen.

Elke storende factor, zoals bijv. cijfers voor D-toetsen, moet daarom worden vermeden.

Omdat echter vele selectiedrempels in ons huidige onderwijssysteem zijn ingebouwd, is de verleiding erg groot toch daarmee te blijven werken. In principe zou er daarom naar gestreefd moeten worden binnen een school de selectiedrempels zoveel mogelijk te slechten, waardoor mogelijkheden worden geschapen in alle rust bezig te zijn met onderwijs dat ten doel heeft leerlingen op te voeden tot mondige mensen.

Accepteren dat leerlingen verschillen, betekent voor ons dat wij in het onderwijs moeten individualiseren, zodat zij zonder angst zichzelf leren kennen en leren verantwoordelijk te zijn voor eigen daden en beslissingen. Selectievrij onderwijs is natuurlijk een prachtig ideaal, maar binnen het voortgezet onderwijs in z'n totaliteit zijn we daar nog lang niet aan toe.

Hopelijk kunnen we met vereende krachten al een begin maken met minder selecterend te werken door de diagnose werkelijk diagnose te laten zijn.

Recreatie

Nieuwe opgaven met oplossingen en correspondentie over deze rubriek aan Dr P. G. J. Vredenduin, Dillenburg 148, 6865 HN Doorwerth.

529 Georg Mohr heeft de constructies uit de Elementen van Euclides uitgevoerd met behulp van liniaal en niet-verstelbare passer (zie de boekbespreking in dit nummer). De lezer wordt verzocht op deze wijze de volgende constructies uit te voeren.

- 1 Construeer het midden van een gegeven lijnstuk AB .
- 2 Richt in een gegeven punt C een loodlijn op een gegeven lijn AB op.
- 3 Construeer op een gegeven lijnstuk AB een gelijkzijdige driehoek ABC .
- 4 Construeer door een gegeven punt A een lijn evenwijdig aan een gegeven lijn BC .
- 5 Verleng een gegeven lijnstuk AB aan de zijde van B met een lijnstuk gelijk aan een gegeven lijnstuk CD .
- 6 Construeer de vierde evenredige bij drie gegeven lijnstukken.
- 7 Construeer een driehoek waarvan de zijden drie gegeven lijnstukken zijn.

In het volgende nummer de authentieke oplossingen van Mohr.

Deze keer geen oplossingen.

Boekbespreking

Georg Mohr, *Compendium Euclidis Curiosi: Dat is, Meetkonstigh Passer-werck etc.* Amsterdam 1673, Published by The Georg Mohr Foundation, København N, 1982, Introduction by Henrik Meyer, C.A. Reitzel Ltd., 20 Nørregade, DK-1165 København K, Dkr 61,50.

Georg Mohr (1640-1697), Deen van geboorte, heeft een tweetal boekjes gepubliceerd. Het eerste heet Euclides Danicus en bevat een methode om de planimetrische constructies uit de Elementen van Euclides uit te voeren alleen met behulp van een passer. Dit boek verscheen in 1672 (dus 125 jaar voor Mascheroni!) zowel in een Deense als in een Nederlandse editie. Beide zijn gedrukt in Amsterdam. Daarna verscheen in 1673 het *Compendium Euclidis Curiosi*, eveneens gedrukt in Amsterdam en geschreven in het Nederlands. Ook hierin worden de constructies uit de Elementen uitgevoerd, maar ditmaal onder gebruikmaking van liniaal en een passer met niet-verstelbare benen. Men kan dus rechte lijnen trekken en cirkels, maar deze cirkels hebben alle dezelfde straal. Deze straal ligt vast en kan niet bij elk werkstuk opnieuw gekozen worden. Van dit boekje verscheen in 1677 in Londen een Engelse vertaling.

Het onderhavige boekje bevat zowel een facsimile van de Nederlandse uitgave (26 blz.) als van de Engelse. In de inleiding las ik: 'In 1938 the Dutch mathematician J. H. Schogt in an article drew attention to a small anonymous publication "*Compendium Euclidis Curiosi*", which is in the possession of The University Library of Amsterdam. This treatise was printed in Amsterdam in 1673 and bound together with the copy of the Dutch "*Euclides Danicus*".' J. H. Schogt vormde met P. Wijdenes vanaf de oprichting vele jaren de redactie van Euclides. Daarom heb ik dit citaat in extenso opgenomen.

Hoe slaagde Mohr erin constructies uit te voeren met behulp van liniaal en niet-verstelbare passer? Het lijkt me beter de lezers dit zelf te laten proberen. In de rubriek recreatie in dit nummer vindt u een passende opgave. Bij de beantwoording zal ik de authentieke constructies van Mohr weergeven.

P. G. J. Vredenduin

Een wiskunde toets

Hans Aalmoes

Tegen de achtergrond van de selectieproblematiek gaat het er in deze beschouwing om een kwalitatieve toets op te stellen na evaluatie en analyse van de toets en het onderwijs daaraan voorafgaand.

Nauw verwant aan elkaar zijn de selectieproblematiek en het toetsingsvraagstuk. Gelukkig is de laatste jaren de diagnostische toets steeds meer in de belangstelling komen te staan maar de eindtoets, een proefwerk of schoolonderzoek blijft het 'einde' en daarmee een bron van veel discussie. Veel te snel gebruikt men deze toets als selectiemateriaal, getuige de consequenties die men aan de resultaten van de toets verbindt, zoals 'ze snappen er niets van, driekwart onvoldoende' of 'iedereen had voldoende, het was kennelijk te eenvoudig'. En dat zijn onjuiste conclusies, even verkeerd als de volgende opvattingen: 'ik streef altijd naar 25% onvoldoenden' of 'ik heb er een paar moeilijke sommetjes ingestopt, daar komen ze vast niet uit'. Een toets dient er namelijk voor om te onderzoeken wat een leerling heeft opgestoken van het daaraan voorafgaande onderwijs. Het is een toetsing van het leerproces en als leraar wil je een overzicht hebben van wat je leerlingen weten en kunnen. Een toets heeft dan een kwalitatief karakter. Er wordt een beoordeling aangegeven, bijvoorbeeld door een cijfer. Er zijn echter ook toetsen die dit niet doen. Dat zijn dan selectieve toetsen (vooral examens hebben veel meer het selectieve dan het kwalitatieve karakter). Al te vaak worden dan zaken gevraagd waarin niet is onderwezen. Het argument is 'dan haal je de slimmeriken er uit'. Soms zijn de toetsen te moeilijk met als argument: 'anders worden de cijfers te hoog'. En gebeurt het

ook niet dat er vaak te vroeg wordt getoetst? Leren is toch een proces dat enige tijd en rijping vraagt.

Het toetsingsvraagstuk houdt nauw verband met je onderwijsvisie en dan schieten mij weer twee waanzinnige situaties te binnen.

De eerste betreft een zorgelijk kijkende collega die een norm voor een toets had vastgesteld en ontdekte, dat er geen enkele onvoldoende bij zat. Ik probeerde hem wat op te vrolijken door zijn goede onderwijs te accentueren, dat ie-het-maar-mooigekst-had-iedereen op voldoende niveau te brengen, maar overtuigen deed ik hem niet. Ik weet niet of hij de streep toch maar wat hoger heeft gezet om de magische 25% onvoldoenden te krijgen. En dat zou de grootst mogelijke onzin zijn. Je hoeft niet persé onvoldoende te kweken, dat heeft te maken met oneerlijke selectie. En dat komt veel voor.

Een ander geval was écht waanzinnig. Een moeilijk onderwerp in de wiskunde is nog steeds de goniometrie. Ik bood een collega het leerstofpakket 'Vlieg er eens in' aan, waarop die gonio op een totaal andere manier wordt aangeboden: met zweefvliegtuigen, een goede context, leuke verhaaltjes en opdrachten om zelf metingen te verrichten op het Marktpllein, kortom er wordt van alles aan gedaan om die leerlingen het echt te laten begrijpen. Nee, zei de collega, ik gebruik juist de goniometrie om te selecteren. Zijn onderwijsvisie was duidelijk: niet je onderwijs verbeteren, want dan kun je geen onvoldoenden geven.

Het is kennelijk geen open deur intrappen om te vragen wat voor soort onderwijs je wilt.

Wij willen er naar streven om goede kwalitatieve toetsen op te stellen. En dat is moeilijk, zeker ook in de wiskunde. Je wilt weten of je leerlingen de stof hebben begrepen en je wilt dan ook inzicht toetsen. Hoe stel je dan een toets op zodat je ook wêrkelijk inzicht toetst. Dat betekent dat je wilt onderzoeken of leerlingen nieuwe problemen effectief kunnen aanpakken. Je vraagt niet precies dezelfde opgaven want dan toets je het geheugen, zelfs het vragen van hetzelfde type is nog geen inzicht toetsen, omdat bepaalde oplossingsmethoden als algoritmen worden geleerd. Nu is daar niets op tegen, want bepaalde automatisen en oplossingen moeten gekend worden, maar in dat geval is je doel ook niet het toetsen van inzicht. De vraag is hoe nieuw een

situatie mag zijn, zodat leerlingen een eerlijke kans krijgen om te tonen dat zij inzicht in de stof hebben verworven. Is het onderwijs van dien aard geweest dat zij iets hebben geleerd, dat zij ook kunnen toepassen?

In het volgende wil ik laten zien hoe je als leraar kunt worstelen om dat evenwicht te vinden tussen een goede toets en je onderwijs zo inrichten, dat je alles hebt behandeld, geprobeerd hebt het probleem zo gevarieerd mogelijk te belichten en de leerlingen de nodige vaardigheid te laten opdoen zonder de hoeveelheid vraagstukken te overdrijven.

Nadat de beginselen van de differentiaalrekening waren behandeld in een 4 vwo-klas kwam er een toets over deze stof. Naast de gebruikelijke opgaven als:

- 1 Bereken het differentiequotiënt van

$$f(x) = \frac{1}{2}x^2 + 2x \text{ over } [2, 2+h]$$

- 2 Bepaal $f'(x)$ als

a $f(x) = 4$

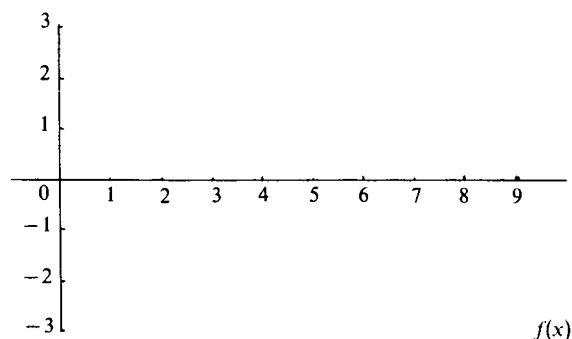
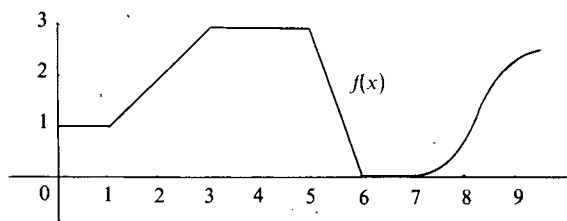
b $f(x) = 4x$

c $f(x) = 2x^3$

d $f(x) = x^2 + 5x - 5$

- 3 Gegeven $g(x) = x^2 - 6x$

- a Geef de vergelijking van de raaklijn in het punt $(1, -5)$ aan de grafiek van g .



had ik er enkele minder gebruikelijke vragen aan toegevoegd, namelijk:

- b Voor welke x heeft $g(x)$ negatieve functiewaarden?

- 4 Gegeven de grafiek $f(x)$. Schets er onder de grafiek van $f'(x)$.

Vraag 3b is een opgave die niets met differentiaalrekening te maken heeft, maar echt vreemd was het voor de leerlingen ook weer niet, omdat in het vorige hoofdstuk uitgebreid is ingegaan op tweede-graads ongelijkheden. Het ging mij echter om iets anders. Ik wilde van de kinderen weten waar zij drie weken mee bezig waren geweest. Kunnen zij alleen maar een afgeleide functie bepalen en de vergelijking van een raaklijn opstellen. Of weten zij wat er bedoeld wordt met de afgeleide functie, sterker nog, weten ze wat een functie is. En daar ging ik steeds meer aan twijfelen. Met opgave 3b had ik in zoverre 'succes', dat een aantal leerlingen geen enkel idee had hoe ze dit moesten aanpakken. Enkele leerlingen wisten zelfs niet wat 'functiewaarden' waren. Op dat moment ga je je natuurlijk wel afvragen wat het onderwijs in de afgelopen weken voor die kinderen heeft betekend. En wat heeft daarvoor plaats gevonden? Het functiebegrip blijft voor hen iets vaags. En als je daar naar vraagt krijg je antwoorden als:

- een parabool,
- of iets anders meetkundigs getint want een functie is voor velen onverbrekkelijk verbonden met een grafiek en dat geeft de nodige verwarring. Was nu de toetsvraag verkeerd of had je dit kunnen voorkomen door eventueel via een diagnostische toets een aantal leemten op te sporen? Dat is zeker wenselijk, gezien de vele fouten en 'gekke vragen', die je zo tegenkomt:
- $f(x) = 2x^2 - 4x = x^2 - 2x$
- meneer, als je dat invult krijg je dan die x of die y ?
- moet je altijd iets voor die x invullen?
- zijn er ook 3e graads parabolen?
- is het maximum nu 2 of 3 (bij een top $(2, 3)$)?
- is die functiewaarde y ? Maar waar staat y dan?

Veel schrijnender was het succes van mijn opgave 4. Nu had ik er al niet te hoge verwachtingen van, want mijn leerlingen vinden al gauw iets gek, maar dat er helemaal niemand uitkwam en een aantal zelfs hysterisch begon te hikken, was wel erg teleurstellend.

Mijn vraag is nu of ik inderdaad teleurgesteld moet zijn. De opgave viel zeker in de categorie 'nieuw', maar is het werkelijk te hoog gegrepen? Als leerlingen de afgeleide ook als een functie zien, zodat je aan iedere x een functiewaarde kunt toevoegen en ook met behulp van de grafiek kunt afleiden, via de tangens of richtingscoëfficiënt, dan lijkt het niet onoverkomelijk. Dat is althans je eerste reactie, zeker bij het opstellen van deze opgave. Want zo is je onderwijs geweest. Het ging bij dit onderwerp om:

- aangroeiing
- gemiddelde aangroeiing (toename)
- stijging
- hoe steil is de grafiek daar.

Ik gebruik altijd het woord steilheid. Voortdurend heb ik tijdens mijn uitleg het accent gelegd op het feit, dat wij willen nagaan hoe steil een bepaalde grafiek is en deze steilheid in een getalletje uitdrukken, in een meetbare grootte zoals richtingscoëfficiënt van de raaklijn aan de grafiek. Er zijn heel wat raaklijnen getekend en zelfs de lineaal langs de parabool verschoven om te laten zien hoe die raaklijn in een bepaald punt aangeeft hoe steil die grafiek is. En die richtingscoëfficiënt is dus niets anders dan die afgeleide functie, wat met een eenvoudige tekening werd verduidelijkt. Aan de hand van de functie $f(x) = x^2$ en de grafiek daarvan was uitgezet de verschillende waarden van $f'(x) = 2x$ voor $x = 0, 1, 2, 3, 4$ en $x = -1, -2$ en dat met bijbehorende raaklijn. Maar tijdens de toets zien de leerlingen die $f'(x)$ niet als functie. Die $f'(x)$ is voor hen de richtingscoëfficiënt, een middel waarmee je de vergelijking van een raaklijn kunt opstellen. En dat deden ze feilloos. Zat het misschien daarin? Werden de leerlingen toch nog te veel in beslag genomen door zich een routine eigen te maken, die gebaseerd was op het oplossen van sommetjes met behulp van de geleerde regeltjes, waardoor het denken tot een minimum bleek beperkt? Het is belangrijk je dit soort zaken af te vragen. Ik zelf had het idee voldoende gedaan te hebben om de leerlingen wat inzicht bij te brengen, hoewel dat nog niet alles zegt. Immers dat inzicht kan weer verloren gaan door oefening met teveel opgaven van het zelfde type. Naast het evalueren van je onderwijs, dien je de toetsopgave nog eens kritisch te bekijken. Kennelijk was de toetsopgave niet goed. Het kan best zijn dat de meeste van je leerlingen wel wat

inzicht hebben verworven, maar dat dit door deze toets niet kon worden aangetoond. Wellicht was de toetsopgave te complex en had je betere resultaten kunnen verwachten als je het één en ander had uitgesplitst. Het is dan het proberen waard om bij een volgende gelegenheid de leerlingen andere en kortere toetsvragen voor te leggen om de zaak geleidelijk op te bouwen:

- a Kijk goed naar de grafiek van de functie $f(x)$
Wat kun je zeggen van $f'(x)$ op $\langle 3, 5 \rangle$?
- b Wat is op dat interval de toename?
- c Vul nu in: op $\langle 3, 5 \rangle$ geldt $f'(x) = \dots$
- d Kun je enkele andere intervallen noemen waar $f'(x)$ dezelfde waarde aanneemt als op $\langle 3, 5 \rangle$?
- e Beschouw nu het interval $\langle 1, 3 \rangle$
Denk weer aan de afgeleide functie $f'(x)$ in dit verband met de 'gemiddelde toename' en vul deze in: op dit interval geldt $f'(x) = \dots$
- f Waarom is $f'(x)$ op $\langle 5, 6 \rangle$ negatief?
- g Vul in: op $\langle 5, 6 \rangle$ is $f'(x) = \dots$
- h Schets nu de grafiek van $f'(x)$ op $\langle 0, 7 \rangle$
(je zult dan zien dat die grafiek in $x = 1, x = 3, x = 5$ en $x = 6$ een sprongetje maakt, in die punten kun je er niets over zeggen, met andere woorden daar bestaat $f'(x)$ niet)
- i Beschouw het interval $\langle 7, 9 \rangle$
Waar is de stijging het grootst?
Schat eens hoe groot $f'(x)$ daar is (leg je lineaal langs de grafiek)
- j Schets nu $f'(x)$ op $\langle 7, 9 \rangle$
Is dit dan de manier waarop leerlingen beter kunnen laten zien, dat zij inzicht hebben verworven. Na het échec van de eerste keer kun je alleen maar meer verwachten. Bij het uitspitten van zo'n toetsvraag stuit je wel weer op nieuwe problemen, zoals hier de discontinuïteit van $f'(x)$. Je hebt dit ingebouwd om de zaak waar het werkelijk om gaat niet nog moeilijker te maken. Het kan best zijn, dat leerlingen via deze opbouw er meer van gaan begrijpen en deze toets nodig hebben om tot inzicht te komen. Waar het mij om gaat is je telkens weer af te vragen hoe je kinderen moet leren inzicht te verkrijgen en dat op een adequate manier te toetsen. En dat kan niet worden voorgeschreven, maar daar dien je als leraar steeds mee bezig te zijn omdat het afhangt van je eigen onderwijsvisie: 'wat moeten kinderen weten en kunnen, wat vind je in de wiskunde belangrijk, wil je ze leren probleemoplossen en hoe moet je je leerlingen daarin activeren?'

De leerling en de toets

Bert Zwaneveld

De mate van emotie, die een toets bij een leerling oproept, verschilt van leerling tot leerling en van toets tot toets. De emotie die een diagnostische toets in een BHV-situatie oproept, kan heel anders zijn dan die welke door een eindtoets of eindexamen kan worden opgeroepen. Of het om een toets in de onderbouw dan wel de bovenbouw gaat, het zal allemaal verschil maken. Waar het op aankomt is hoe de docent(e) de leerling op wat voor toets dan ook voorbereidt. Want die leerling zal hoe dan ook de toets moeten maken en zowel leerling als docent(e) zijn er op uit dat dit goed gebeurt. Maar dan hoort er bij, dat die leerling met de emotie rond die toets moet leren omgaan. De eerste toets in de brugklas is dan natuurlijk cruciaal. Hoe bereid je je leerlingen op die allereerste toets voor? Hoe geef je het resultaat terug? Hoe ontwikkel je dat verder? In die voorbereiding komen zaken aan de orde als: werk je met door het boek gegeven samenvattingen of laat je je leerlingen kennen en kunnen lijstjes maken of bouw je dat samen met je klas op? Wijs je zelf aan wat de belangrijkste vraagstukken zijn of laat je dat door je leerlingen doen? En hoe gaat het toe onder het afnemen van de toets? Mogen de leerlingen vragen aan jou stellen?

En na de toets: lees je klassikaal de resultaten voor? Geef je de foutenaantallen per leerling, het cijfer of beperk je je tot voldoende/onvoldoende? Hoe zorg je er voor dat de leerlingen van hun fouten leren?

Na enige tijd zijn je leerlingen aan de manier van toetsen gewend. Zij zijn, misschien onbewust, te weten gekomen wat je zoal wel, maar belangrijker nog niet vraagt. Dat zal hun voorbereiding in belangrijke mate bepalen: wat niet getoetst wordt, leer je niet. Dit brengt ons op nog andere aspecten.

Hoe gaat zo'n toetsvoorbereiding door een leerling nu in feite in zijn werk? Hoe lang van te voren wordt er begonnen? Worden er vraagstukken gemaakt? Wordt er theorie en formules uit het hoofd geleerd en na de toets onmiddellijk vergeten? (Wat eis je trouwens op dit punt als docent(e)? Hoe bereik je dat bepaalde vaardigheden als het oplossen van eerste- en tweedegraadsvergelijkingen echte basisvaardigheden worden? Geef je daartoe wel eens de zo zeer gewraakte onverwachte overhoring?) De manier van voorbereiding door de leerling kan wel eens zeer bepaald worden door de wetenschap dat de toets herkanst mag worden. Een leerling zal best wel eens denken: ik bereid deze toets niet zo goed voor, want dan mag ik toch herkansen, maar dan weet ik wel alvast zo'n beetje wat er gevraagd gaat worden. De centrale vraag wordt dan tenslotte: voor wie werkt de leerling, voor zichzelf: hij/zij wil hogerop, wil weten wat hij/zij waard is, vindt het bevredigend te kunnen laten zien dat de stof beheerst wordt; of ... wordt er eigenlijk toch alleen voor de docent(e) gewerkt?

Tenslotte nog dit: we gaan er van uit dat elke docent(e) oprecht probeert een zo eerlijk mogelijke toets te hebben opgesteld, qua niveau, vraagstelling enz. Maar ervaart de leerling de toets ook als zodanig? Evalueer je dat wel eens met je leerlingen?

En nog een andere vraag. Wij docenten beschouwen de toets als een essentieel onderdeel van het hele leerproces ('de toets moet leerprocesondersteunend zijn'), maar ervaren de leerlingen dat ook zo?

Twee interviews

Hans Aalmoes

Interview met Anton den Bak, sinds 1967 leraar aan de RSG te Schagen, geeft les in de bovenbouw vwo en havo.

Waarom toets je?

Ik toets om te kijken of de stof die ik heb behandeld is overgekomen. Daarmee toets je je eigen lesgeven en onderzoek je of je leerlingen op een bepaald tijdstip een stuk stof beheersen.

Toets je ook inzicht?

Meestal wel, en dat doe ik dan met de laatste twee vragen. Maar ook niet altijd.

Maar inzicht is toch niet iets dat er als een apart onderdeel naast staat. Je kunt toch daar waar je de leerlingen een regeltje of oplossingsmethode wilt leren hen dit te laten begrijpen, zodat er inderdaad op basis van inzicht wordt geleerd?

Bij een aantal onderwerpen is het zeker zo dat je inzicht kweekt door veel oefenen. Zo heb ik zelf ook veel geleerd. Daarnaast probeer ik zo ook inzicht te leren. Ik introduceer zelf een nieuw onderwerp en dan vertel ik van te voren het één en ander of ik geef een dictaat. Ik ben er niet zo voor om ze zelf iets te laten uitzoeken. Ik neem zelf het initiatief en dat doe ik omdat zoals uit ervaring is gebleken dat van alle leerlingen die wiskunde kiezen slechts 50% echt gemotiveerd is. Ik hoop dan namelijk dat bij mijn uitleg een aantal leerlingen het al direkt snapt en bij de anderen hoop ik dat het begrip doorbreekt na enkele oefeningen. Ik vrees dat als ik niet het initiatief neem dat ik al in het begin van de rit afvallers krijg. Dat zie je vooral bij het aanleren van nieuwe begrippen, dat leid ik dan in met allerlei

voorbeelden. Ik streef er vervolgens naar dat de leerlingen zo langzamerhand het initiatief overnemen en hard aan het werk gaan.

Maar vind je nu dat 'inzicht' en 'vaardigheid' los van elkaar staan?

Als je getraind hebt op differentiëren en je vraagt naar de produktregel, dan toets je geen inzicht. Die leerling doet dat routinematig. Maar als dat gecombineerd wordt met bijvoorbeeld de kettingregel, dan komt daar inzicht bij. Je wilt namelijk onderzoeken waartoe zo'n leerling meer in staat is. Ik onderscheid dus de routineklussen van het echte denkwerk.

Wat is dan inzicht voor jou?

Volgens mij kun je van inzicht spreken als er bepaalde dingen zijn geleerd, waarmee je andere dingen op een iets hoger niveau kunt aanpakken en waarmee je ook verschillende aspecten kunt combineren.

Besteed je daar in je onderwijs ook aandacht aan?

Wat ik net gezegd heb dat bouw ik ook op in mijn lessen. Ik zal in een toets niet hetzelfde vragen, maar ik zorg er wel voor dat ze er aan geroken hebben en dat ze ook hebben geleerd om iets nieuws aan te pakken.

Heb je tijdens een toets wel eens opmerkingen van leerlingen zoals 'dat hebben we niet gehad'?

Nee, wel vragen ze soms wat er precies met een bepaalde opgave wordt bedoeld. Dat komt bij statistiek voor en dan slaat het vooral op het Nederlands, op de wijze van formuleren.

Hoe reageer je daar dan op?

Een enkele keer verduidelijk ik dat. Een andere keer zeg ik dat ze dat zelf moeten proberen te begrijpen omdat het daar juist om gaat.

Wat doe je als een leerling een onvoldoende haalt?

Wij hebben herkansingen, maar ik kan niet al te lang bij de stof stil blijven staan. Ik wil die achterstand van een leerling wel wegwerken door hem een soort drillschema voor te leggen met extra oefeningen voorzien van de antwoorden. Die herkansing is een maand later, dat geeft veel leemten. Maar ik geef toch zodanig les dat ze het bij moeten houden.

Wat vind je van gemeenschappelijke toetsen?

Daar ben ik pertinent tegen, want de accenten liggen per docent verschillend. Bovendien vind ik de toetsen van mijn collega's vaak te gemakkelijk. En dan vraag ik me dus weer af, of ik niet te moeilijk ben. Ik wil echter met die zes die ze bij mij halen, ook echt verder kunnen en dan denk ik voornamelijk aan de vervolgopleidingen.

Je hebt eens een keer deze toetsopgave gegeven, een 5e klas van het vwo. Wat vind je van zo'n opgave?

Opgave:

Om een ronde tafel nemen 4 echtparen A, B, C en D plaats.

Op hoeveel manieren kunnen deze echtparen op de 8 stoelen plaats nemen, als:

a zowel de 4 dames als de 4 heren naast elkaar willen zitten?

b de dames en de heren om en om willen zitten?

c zowel meneer en mevrouw A als meneer en mevrouw C bij elkaar willen zitten?

d mevrouw A en mevrouw C naast elkaar willen zitten?

e de heren A en C tegenover elkaar willen zitten?

f alle echtparen bij elkaar willen zitten?

Ik heb me achteraf inderdaad afgevraagd of ik met die som niet heb misgekleund. Voor vele leerlingen bleek het namelijk moeilijk te zijn. Vooral bij de onderdelen e en f wordt zeer duidelijk inzicht gevraagd.

Heeft dat niet te maken met 'intuïnen', omdat de kans groot is dat leerlingen met een klein facet geen rekening houden?

Dat is hier acceptabel. Want wat is wiskunde? Ik vind dat ze in zo een situatie met alles rekening moeten houden. Het mooie is ook, dat ze met oplossingen komen die ik niet voorzien heb.

Heb je verder nog iets op je lever dat met toetsen heeft te maken?

In de 5e klas vwo ga ik mij langzamerhand aanpassen aan de s.o. moeilijkheidsgraad, zodat leerlingen in de 6e klas niet voor onaangename verrassingen komen te staan. Desondanks dalen de s.o. cijfers in de 6e klas. Daar staat weer tegenover dat het centraal schriftelijk weer meevalt. Eén van mijn leerlingen vertelde mij dat het examen een eitje was vergeleken bij het s.o.

Ben je blij om zo een opmerking?

Ja en nee, enerzijds vraag ik me natuurlijk af of ik dan met het s.o. niet te moeilijk geweest ben en of ik de leerlingen dus niet beter had geholpen met een gemakkelijker s.o. Anderzijds bedenk je je of er dan inderdaad sprake is van 'helpen', ja, helpen in de zin van hogere cijfers maar niet echt helpen ze wiskunde van niveau aan te bieden, waar ze later, ook na het examen iets aan hebben.

Interview met Nico Intema, leraar aan de RSG te Schagen (sinds 1976), geeft voornamelijk les aan de mavo-afdeling.

Waarom toets je?

Ik wil onderzoeken of de leerlingen de stof beheersen en bovendien gaat het mij erom een bevestiging te krijgen van de indruk die je eigenlijk al hebt van je leerlingen. Met name die bevestiging vind ik belangrijk. Als de toets slecht uitvalt, terwijl je van die leerlingen beter gewend bent, dan moet die toets over. Omgekeerd geldt dat minder, hoewel je je dan wel afvraagt waarom een leerling plotseling op een toets hoog scoort. Misschien heeft hij zich zelfstandig die stof eigen gemaakt. Overigens komt dat weinig voor. Ik beoordeel niet uitsluitend op toetsen, ik vind het erg belangrijk hoe de leerling met de stof bezig is.

Toets je ook inzicht?

Ja, je kunt niet buiten inzicht. En het komt ook wel voor in een toets, maar het blijkt zeker niet de hoofdmoot te zijn. Het gaat meer om de gewone dingen, de vaardigheden, die beheerst moeten worden zoals het oplossen van eerstegraadsvergelijkingen en het ontbinden in factoren. Over het algemeen wordt het toetsen van inzicht naar de achtergrond geschoven. Het probleem is dat iedere leerling weer anders leert. De één legt het accent veel op het toepassen van trucjes, regeltjes en de ander leert veel op basis van inzicht. Beiden kunnen hier tot een voldoende komen.

Wanneer zeg jij nu: 'die leerling toont inzicht'?

Een leerling die zelfstandig in een vlot tempo zinvolle conclusies kan trekken.

Soms betrap ik me erop dat ik toch wel eens een 'verbetering' aanbreng in zo'n gemeenschappelijke toets.

Vind jij dat je dingen in een toets mag vragen waarin niet is onderwezen?

Nee, als je een toets geeft over vergelijkingen en je hebt niets gedaan aan ingeklede vergelijkingen mag je die ook niet in een toets zetten. Bovendien vind ik dat, als je een bepaald onderwerp hebt behandeld dat berustte op werken met veel regeltjes en formules, je in je toets ook geen moeilijke opgaven moet opnemen die je alleen maar op basis van inzicht kunt oplossen.

Zijn er nog andere zaken die met het 'toetsen' te maken hebben en die je hier kwijt wilt?

Over het algemeen wordt te veel getoetst om een cijfer. En dat is niet het belangrijkste. Het gaat er om dat leerlingen met de leerstof bezig zijn. Ze moeten wiskunde leren en daar moet niet altijd die dwang van een toets achter zitten. Natuurlijk is een eindtoets nodig, maar ik heb zo het idee dat er in het onderwijs wat al te veel van dat soort toetsen worden gegeven.

Ja, ten slotte wil ik nog iets zeggen over het examen mavo-D opgave 1 1983 I:

Gegeven zijn de functies $f: x \rightarrow 2$,

$g: x \rightarrow -\frac{1}{2}x^2 + 6$, $h: x \rightarrow x + 2$.

a Bereken de coördinaten van de snijpunten van de grafieken van g en h .

b Teken de grafieken van f , g en h in één assenstelsel.

c Los op $f(x) \leq g(x) \leq h(x)$.

Niemand van mijn leerlingen had 1c goed, ze snapten er niets van. Volgens mij komt dat omdat de leerlingen de koppeling tussen functie en y -waarde niet kunnen maken. Je vraagt je nu ook af wat nu de werkelijke bedoeling van deze vraag was. Waarom wordt er niet gevraagd 'voor welke waarde van x ligt de grafiek van g tussen die van f en h '. Mijn leerlingen kwamen niet toe aan het feitelijke probleem. Zij liepen vast bij het functiebegrip. En wat ik meer heb geconstateerd: ook nu weer bleek het functiebegrip een te groot struikelblok.

Mededelingen

In de serie katernen burgerinformatica is in april door de SLO uitgebracht katern 11 'Burgerinformatica – een tussenstation', dat een model deelschoolwerkplan burgerinformatica bevat voor de eerste fase van het voortgezet onderwijs.

In dit katern wordt vrij uitvoerig de inhoud van burgerinformatica beschreven en de wijze waarop het schoolwerkplan burgerinformatica kan worden ingevuld.

Een apart hoofdstuk is gewijd aan computerapparatuur, programmatuur en overig lesmateriaal, waarin de aan de apparatuur en programmatuur te stellen eisen tamelijk gedetailleerd zijn opgesomd.

Een hoofdstuk over inrichting en beheer van het computerlokaal completeert dit katern van de SLO projectgroep burgerinformatica, dat eind april naar alle scholen voortgezet onderwijs eerste fase is gezonden.

Bram van Weering,

projectleider project burgerinformatica

Werkgroep voor Onderwijs in de Statistiek (WOS)

In juni 1984 is de werkgroep voor onderwijs in de statistiek opgericht, die in samenwerking met Wolters Noordhoff, in maart 1985 het eerste nummer van het blad KWARTIEL heeft doen verschijnen onder redactie van J. J. Groot en H. D. van Lohuizen.

Kwartiel is volgens een aantal rubrieken opgebouwd zodat in elk nummer een evenwichtig geheel ontstaat.

In rubriek A wordt aandacht aan het onderwijs in de statistiek besteed. Rubriek B bevat proefwerken, tentamen- en examenopgaven. Dan volgen rubrieken C met vakinhoudelijke informatie over de praktijk van het statistisch werk, D met recent statistisch materiaal, E met boekennieuws, F met ingezonden reacties en G met informatie, data en verslagen.

Het blad Kwartiel verschijnt drie keer per jaar. Lidmaatschap van de WOS kost f20,-. Het adres van de WOS is postbus 19151, 3501 DD Utrecht.

De redactie van Euclides wenst Kwartiel een voorspoedig bestaan toe.

Frans Dolmans

Toetsen

Gert van Barneveld

In klas 4 is zojuist het hoofdstuk vergelijkingen afgesloten. Er moet nu nog een toets worden gemaakt. Het team zet zich rond de tafel om een toets te construeren.

Deze alinea zou een schoolsituatie kunnen beschrijven. Misschien zijn er scholen waar op deze manier een toets wordt gemaakt. Maar er zijn zeker andere manieren: elke docent maakt zijn eigen toets of één docent maakt een toets en de anderen nemen die over. Misschien heeft uw school wel centrale proefwerken, op dagen die tegelijk met het jaarrooster worden vastgesteld. Een ding is zeker: een docent is betrokken bij het maken van toetsen en iedere docent vraagt zich op gezette tijden af hoe hij een toets het beste kan maken.

Ruwweg wordt een toets bepaald door de inhoud van het stuk onderwijs waarover de toets gaat en door de vorm waarin dat onderwijs wordt gegeven. Het eerste, de inhoud, is nog redelijk te overzien. Het is vooral de vorm waarin onderwijs gegeven wordt die een invloed op de toets heeft die moeilijk is aan te geven. Vooral persoonlijke factoren spelen een rol, zoals het taalgebruik van de docent dat in de formulering van toetsvragen doorklinkt. Leerlingen verstaan dat toch, of niet soms?

Maar ook persoonlijke opvattingen van de docent spelen sterk mee bij een toetsconstructie. We zetten er maar even twee tegenover elkaar: Je moet niet méér vragen dan de basisvaardigheden uit dat hoofdstuk. Toepassingen komen wel in een volgend hoofdstuk aan de orde, als ze het moeten leren tenminste.

Versus:

Aan het einde van het hoofdstuk moet een leerling overzicht hebben verkregen, hij moet de leerstof in zijn geheel kunnen gebruiken en daarom geef ik ook minstens één vraagstuk waarin dat moet.

In een kort bestek, en zonder uitgebreide gesprekken met docenten van diverse pluimage zal het wel niet lukken een gedegen overzicht te geven van de factoren die bepalend zijn voor een toets. Daarom kiezen we een andere weg. Een groep docenten praat over het maken van een toets, bij het hoofdstuk vergelijkingen uit Passen en Meten, deel 9BC (inmiddels een verouderde druk, maar dat is niet van belang). Ieder maakt daarna een toets en de collectie toetsen wordt gezamenlijk besproken. Uit die gesprekken komen enige aspecten van toetsen maken naar voren. Veelal hebben die met de vorm van onderwijs geven te maken, maar ze worden besproken naar aanleiding van de inhoud van de toetsvragen. In het volgende stuk lopen we een aantal van die aspecten langs, sommige doen we kort af, andere krijgen meer aandacht. Die verdeling is sterk bepaald door de discussies erover en niet zozeer door de vraag of het als een heet hangijzer werd gezien of niet. Ook de volgorde is enigszins bepaald door het verloop van de discussie.

Allereerst wat algemene vraagpunten:

Wil je de toets beginnen met een gemakkelijk vraagstuk? Er zijn argumenten die daarvoor pleiten. Zo kun je, bij een opbouw van gemakkelijk naar moeilijk, zien waar een leerling vastloopt. Tenminste als je toetsopbouw heel zorgvuldig is, zodat je precies kunt aanwijzen waar het mis gaat. Maar dat moet je eigenlijk doen in een diagnostische toets. Veel belangrijker is het psychologische voordeel: er is een zekere spanning bij de leerling. Een gemakkelijk instapvraagstuk kan die spanning wegnemen of althans verminderen.

Weer anderen zijn van mening dat leerlingen *zelf* een volgorde moeten kunnen bepalen. Op deze manier train je ze om steeds bij het begin te beginnen. Ze moeten de vraagstukken eerst rustig leren bekijken en dan besluiten om met de gemakkelijkste te beginnen. In klas 4 wordt deze strategie belangrijk gevonden in verband met het naderende

examen. Dus géén gemakkelijk instapvraagstuk, wel een gevarieerde collectie vraagstukken.

- Hoe voorkom je dat leerlingen in tijdnood geraken? Het lijkt wel alsof leerlingen altijd tijd te kort komen. Als leerlingen eerst wat dwaalwegen bewandelen alvorens de weg naar de goede oplossing in te slaan hebben ze meer tijd nodig. Maar dan worden leerlingen dus beoordeeld naar de snelheid waarmee ze de goede oplossingsweg kunnen kiezen. En het is de vraag of je dat wel wilt toetsen. Een oplossing die sommigen aanspreekt is het buiten de puntentelling houden van het laatste vraagstuk: het staat er wel maar het levert geen punten op. Toch jammer als je het wel goed hebt en een ander vraagstuk helemaal fout!

De oplossing moet hier van de docent komen die zijn klas goed kent. Hij wéét immers hoe snel zijn leerlingen zijn, dat moet hij dus in de toets inbakken.

Het argument dat inzicht en snelheid samenhangen – $3x^2 + 6x = 0$ los je sneller op met inzicht dan met de *abc* formule – laat de balans doorslaan: de docent kan zijn toets zo afstemmen op de klas dat de meeste leerlingen op tijd klaar zijn.

- Gaan we een centrale toets maken of geeft ieder individueel een proefwerk? Het zal niet vaak voorkomen dat een team deze beslissing, bij één bepaald proefwerk, moet nemen. Doorgaans is het het organisatiepatroon van de school dat zoiets beslist. Centrale proefwerken worden gegeven vanwege de al of niet vermeende objectiviteit, bij belangrijke beslissingen b.v. bij keuze tussen mavo en havo voor die leerling, vanwege de mogelijkheid tot vergelijking van resultaten. Allemaal voordelen voor de leerling, zo te horen.

Voor docenten is het niet zo gunstig: zo'n centrale toets sluit allicht minder goed aan bij je eigen onderwijs dan een toets die je zelf maakt, je kent je eigen klas het beste enz. We zetten even een andere bril op: centrale proefwerken zijn een opgave voor de groep docenten die ze maken. Er moet een zekere consensus ontwikkeld worden alvorens je gezamenlijk een toets kunt maken. Zo'n consensus komt je lesgeven ten goede en daarmee ook de leerlingen. Als leerlingen een andere leraar krijgen dan merken ze dat er op een aantal essentiële

punten overeenstemming bestaat. Voordeel dus uit de hechtere samenwerking die het wiskundeteam moet plegen om centrale toetsen te maken. Maar gaat dat altijd zo? Zijn er in de praktijk niet een paar (ervaren?) docenten die een toets maken waaraan de rest zich conformeert? Die docenten drukken dan een zwaar stempel op de toets en dan sluit de toets zeker niet aan bij het onderwijs van andere docenten.

En wat te denken van de leerlingen die, allemaal tegelijk in de aula, of in het gymnastieklokaal, een centraal proefwerk maken. Er zijn vreemde docenten bij, vreemde geluiden, een onpersoonlijke surveillance. De sfeer is anders dan in de klas. Er gaan bij de resultaten factoren meespreken die met de leerstof en met het lesgeven niets te maken hebben. Een voorzichtige conclusie lijkt dat centrale proefwerken onder zekere voorwaarden goed zijn voor docenten en leerlingen. Naar onze smaak beter voor het docententeam dan voor de leerlingen.

Terug naar de toets over Vergelijkingen

Het hoofdstuk waarover de toets moet gaan bevat de volgende aspecten:

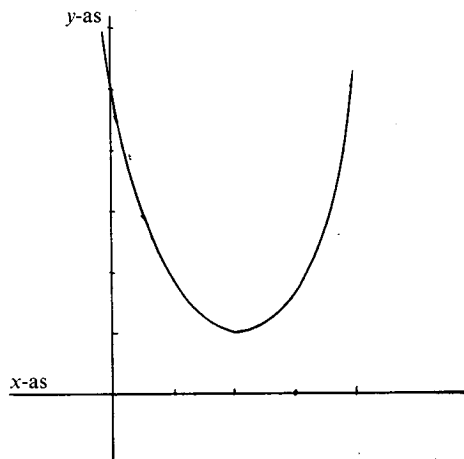
- a het omzetten van formuletaal naar gewone taal en v.v.
- b het tekenen van de grafiek van $y = x^2$ en het oplossen van de vergelijking $x^2 = p$ m.b.v. de grafiek
- c het tekenen van de grafiek van $y = x^2 + a$ en het oplossen van de vergelijking $x^2 + a = p$ m.b.v. de grafiek en het oplossen van deze vergelijking zonder grafiek (voor een 'grote' waarde van p)
- d het tekenen van de grafiek van $y = (x + a)^2$ en het oplossen van de vergelijking $(x + a)^2 = q$ met de vraag: voor welke q zijn er géén, één of twee oplossingen?
- e het omzetten van $x^2 + 2ax + a^2 \leftrightarrow (x + a)^2$
- f kwadraatafsplitsen
- g het oplossen van:
 - i $(x + a)(x + b) = 0$
 - ii $a(x + b) = 0$
 - iii $x(x + a) = 0$

Welke elementen komen er in de toets?

In deze vraag zit een andere verstopt, nl.: Vraag je alleen wat er geleerd is of vraag je ook iets meer?

Een voorbeeld:

Uit de inventarisatie blijkt dat uitdrukkingen zoals $y = (x + a)^2 + p$ in het hoofdstuk niet voorkomen. Geef je dan dit vraagstuk?



Dit is de grafiek van

$$\{(x, y) \in \mathbb{R} \times \mathbb{R} \mid y = (x - 2)^2 + 1\}$$

Zoek de waarmakers van:

a $(x - 2)^2 + 1 = 2$

b $(x - 2)^2 + 1 = 5$

Bereken nu:

c $(x - 2)^2 + 1 = 120$

d $(x - 2)^2 + 1 = 0$

We laten wat argumenten pro en contra de revue passeren:

- deze vraagstukken kun je ook in de gewone les opgeven, b.v. als huiswerk. Daardoor bereik je ook je doel zonder dat leerlingen worden beoordeeld zoals op een toets.
- deze extra dingen komen wel in de toets over een volgend hoofdstuk. Tenminste, als de leerlingen het moeten kunnen, zo niet, dan moet je 't ook niet vragen.
- leerlingen moeten duidelijk kunnen weten wat er op de toets gevraagd gaat worden. Die duidelijkheid krijgen ze zo niet.

Nog een aantal 'toevoegingen' bij dit hoofdstuk zijn b.v. vragen als

$(x + 2)(x - 3)(x - 2) = 0$ zoek de waarmakers

$0 = (x + 2)(x - 3)$ idem

$3(x - 3)(x - 2) = 0$ idem

Dit zou je nog betrekkelijk 'onschuldige' toevoegingen kunnen noemen. Veel minder onschuldig is een uitbreiding naar b.v. bergparabolen (in het betreffende hoofdstuk vinden we alleen dalparabolen).

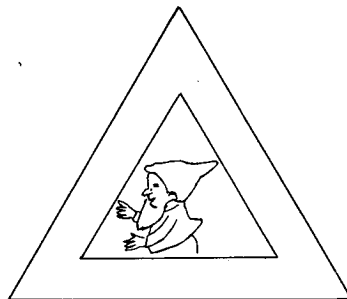
Ook bij dit aspect is er een duidelijk verband met de vorm waarin wordt onderwezen. Een docent die 'er van alles bijhaalt' in de les, die kijkt naar toepassingen, uitbreidingen, aardige ideeën, die zal ook op de toets extra dingen vragen. Maar dan wel extra's die stroken met de vorm waarin hij onderwijst.

Anderzijds kun je in een klas waar je ternauwernood alles uit het boek behandeld krijgt niet met 'extra vragen' komen.

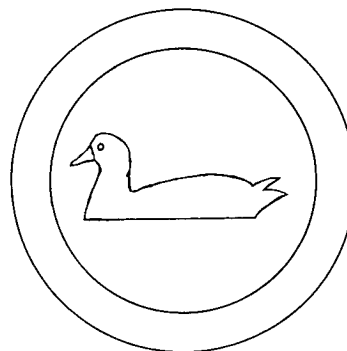
Kortom: wil je op een toets vragen stellen die duidelijk 'buiten het boekje' gaan dan kan dat alleen als leerlingen ook bijpassend onderwijs hebben gehad.

Wat te denken van het volgende voorbeeld afkomstig uit verkeersonderwijs:

na een aantal lessen over verkeersborden, welke soorten er zijn en wat ze allemaal betekenen, kregen de leerlingen een toets. Daarin werd ook gevraagd naar de betekenis van borden als:



en



De bedoeling was dat leerlingen hadden ingezien dat een rond bord met rode rand betekent dat er iets verboden is, en dat het verbodene wordt gesymboliseerd door wat erin staat: verboden voor eenden dus. Voor het andere bord geldt iets analoogs: pas op voor kabouters.

Er waren zelfs ouders die protesteerden tegen deze toetsvragen. Terecht? Wij denken dat het in bepaalde omstandigheden best wel kan.

Het taalgebruik: impliciete afspraken.

Bij het teruggeven van de toets blijkt een leerling het niet eens te zijn met het resultaat: 'Er staat toch duidelijk: Bereken de wortels. En daarom dacht ik dat er twee verschillende moesten zijn. Dus toen heb ik ...'

In een toets worden leerlingen toegesproken: ze moeten opgaven maken, bewijzen geven etc.

Er hangt veel af van de taal waarin dat gebeurt: Er zijn een aantal impliciete afspraken tussen de docent en zijn leerlingen. Wat te denken van deze vraagstelling:

Vul in:

a $a^2 - ya = 32$

$$a^2 - ya + \dots = 32 + \dots$$

$$(a - \dots)^2 = \dots$$

$$a - \dots = \dots \text{ of } a - \dots = \dots$$

$$a = \dots \text{ of } a = \dots$$

verzameling waarmakers $\{\dots, \dots\}$

In deze opgave zit een heleboel informatie voor de leerlingen.

Zo zie je b.v. direct al dat er twee verschillende oplossingen zullen zijn. Ook het te volgen procédé zit in de vraagstelling voorgebakken. Maar er zijn ook dingen niet aangegeven. In regel 2 b.v. mag de leerling in feite elk getal invullen. Maar impliciet moet hem duidelijk zijn dat het hier gaat om het aanvullen tot een volledig kwadraat.

Zo ook het vraagstuk:

Schrijf als een produkt: $3x^2 + 6x$

Het antwoord $3(x^2 + 2x)$ voldoet aan de vraag, maar uiteraard bedoelt de docent $3x(x + 2)$. Uit de context van het proefwerk, kwadratische vergelijkingen oplossen moet voor de leerling duidelijk worden wat er van hem wordt verwacht.

Een docent toetst blijkbaar niet alleen wiskunde, hij toetst ook in hoeverre leerlingen het klasjargon verstaan: of ze op de hoogte zijn van de inhoud van een aantal termen.

Zo kan: Bereken de wortels van ... betekenen: Deze vergelijking heeft twee wortels. Reken ze uit.

Bij een andere docent betekent het: Ga na hoeveel wortels deze vergelijking heeft en reken ze zo mogelijk uit.

Taalgebruik kan de reden zijn dat meer wordt getoetst dan de bedoeling is. Bij centrale toetsen kan het leiden tot verschillen in cijfers als docenten hun 'vakjargon' niet voldoende op elkaar hebben afgestemd.

Er zijn ook overwegingen van geheel andere aard bij het samenstellen van een toets. Je kunt een toets ook gebruiken om een 'luie klas' tot werken aan te zetten of omgekeerd een klas eens een hart onder de riem te steken. Je kunt een toets zo maken dat wat zwakkere leerlingen ook een 6 kunnen halen en je kunt ze de grond in boren. In handen van een goede docent kan een toets een pedagogisch hulpmiddel zijn. We hebben het gevoel dat deze beschouwing nu te ver voert maar het is o.i. belangrijk dat een docent zich dit aspect goed bewust is, inclusief de gevaren die eraan kleven.

Tenslotte:

Na elke toets komt de correctie en het cijfer geven. De moeilijkste opgaven zijn natuurlijk ook de meeste punten waard, of niet soms? Wij zijn er niet helemaal tevreden over. Vooral omdat de moeilijkste opgaven veelal extra stof toetsen. Leerlingen die dat niet kunnen halen dan een minder hoog cijfer dan met hun kennis van de stof overeenkomt. Eigenlijk zou je juist minder punten moeten geven voor een moeilijke som! We zijn er niet uitgekomen. Met dit dilemma besluiten we deze bijdrage.

Cijfers geven!*

Hier volgen een paar suggesties van mijn kant over het onderwerp *cijfers geven*. Ze zijn niet volledig. Zie het als een aanvulling op dat wat je al weet en doet. Op die manier krijg je wel een beter beeld van wat er mogelijk is op dit terrein.

Waar het mij in dit stuk om gaat is de vraag *hoe kom je aan het onderscheid tussen een leerling die je voldoende acht en de leerling die je onvoldoende acht; en wat mag je met die cijfers beginnen?*

De verschillen ontstaan uiteindelijk doordat je als docent met behulp van een norm een grens trekt. Boven de grens (de cesuur) is een zes, onder de grens een vijf.¹ Het mooiste is als je met hulp van maar één vraag de onderscheiding zou kunnen maken. Een onmogelijke wens. Terwille van de *betrouwbaarheid* stel je altijd meerdere vragen. Hoe meer vragen, hoe betrouwbaarder het werk.

Een ander aspect is de mate waarin het proefwerk ook werkelijk vraagt naar wat de leerkracht heeft onderwezen en de leerling hopelijk heeft geleerd. Is een wiskunde-opgave geen leestest en wordt bij Frans geen Nederlandse grammatika gevraagd die de leerling niet kent? Als een proefwerk ook werkelijk datgene test wat de bedoeling is, dan is het een *valide* proefwerk.

Meestal nemen we aan dat onze proefwerken betrouwbaar en valide zijn. Zekerheid daarover hebben we in het algemeen niet. Eigenlijk is het niet mogelijk een (selektierend) proefwerk te gebruiken als het niet eerder op zijn waarde is getoetst. De situatie dat een proefwerk vooral is uitgetoetst

tref je vrijwel nooit aan. Vaak worden ze een avond van te voren gemaakt en de dag daarop meteen in de klas gebruikt.

Valt het resultaat in de klas anders uit dan we hadden verwacht dan stellen we de uitkomst bij. We schuiven dan met de norm voor de cesuur: in onze taal heet dat 'sjoemelen'. Resultaat op de lange duur is dat bijna altijd hetzelfde percentage leerlingen per leerkracht onvoldoende krijgt. Dit effect is door Posthumus beschreven en door anderen verheven tot 'wet'.²

Echter, voor de (verplichte) selectieve momenten in ons onderwijs is het aanbrengen van een rangorde in de leerlingen nodig. Gezien de wrakke staat van de gebruikelijke instrumenten een hachelijke zaak. Je moet er omzichtig en met veel gevoel voor verantwoordelijkheid aan werken.

Belangrijk is de plaats waar de cesuur wordt gelegd. Hiervoor hanteert iedere docent een norm. Voor deze normstelling is hij of zij zelf verantwoordelijk. Ik zal op dat normstellen nu wat verder ingaan.

Er zijn in principe twee manieren. Je kan de norm van te voren bepalen. Bijvoorbeeld: de leerling moet 75% van de vragen goed beantwoorden voor een voldoende. Je kan de norm achteraf bepalen. Afhankelijk van de goede antwoorden zet je de leerlingen in een volgorde van hoog tot laag. Je kiest het dan zo dat bijvoorbeeld de onderste 20% een onvoldoende krijgen. De eerste werkwijze is niet goed mogelijk door de ontoereikende mate van validiteit en betrouwbaarheid van de proefwerken. De laatste manier voegt daar nog eens de nadelige effecten van de Wet van Posthumus aan toe. Bij ons op school denken we een uitweg te hebben gevonden. Daartoe hanteren we de volgende werkwijzen met de daarbij horende overwegingen. Per vak is e.e.a. natuurlijk verder uitgewerkt. Om het je niet teveel te laten duizelen geef ik hier het algemene gedeelte. Hieruit hebben we het per vak opgezet.

Als je proefwerken hebt die je meerdere jaren (soms in onderdelen) hebt gebruikt, dan kun je wel werken met vooraf de grens voldoende/onvoldoende te stellen. Voor de leerlingen schep je dan een hoop duidelijkheid. Het beste is om per onderdeel van het proefwerk die grens vast te stellen. Je moet dan

* Uit het Mavo Project Handboek

uitgaan van de geschatte moeilijkheid van dat onderdeel én de belangrijkheid van dat onderdeel om in je vak verder te kunnen. Vaak doen we dit vooraf bepalen van de grens met de vaksekte als geheel of met een collega uit een 'naburig' vak. Bij nieuwe proefwerkonderdelen kan het resultaat achteraf toch nog wat tegenvallen. Dan moet je toch wat bijstellen. We hebben nu de afspraak gemaakt om dergelijke proefwerken te bewaren tot een volgende keer. Door ze dan weer te gebruiken met een andere klas leerlingen krijg je meer inzicht in de waarde van je werk. Het geheel wint daardoor aan bruikbaarheid.

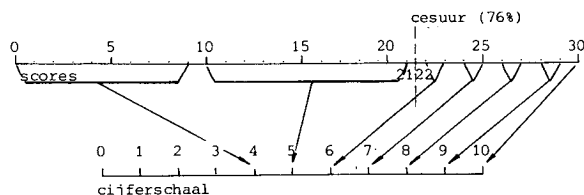
Een andere werkwijze die we toepassen is die met kernitems of kernvragen. Dat zijn vragen met zo een moeilijkheidsgraad dat ze een onderscheid kunnen maken tussen een leerling die een vijf krijgt en een leerling die een zes krijgt. Er van uitgaande dat je onderwijs deugde en de leerling aan het proces heeft willen meewerken. De keuze van deze vragen, en nog meer het maken ervan, is een hele klus en is voor de verantwoordelijkheid van de betrokken docent. Samenwerken met collega's maakt het makkelijker en betrouwbaarder. Per proefwerk proberen we zo'n 20 à 30% van deze vragen op te nemen.

Na het afnemen van het proefwerk is de gang van zaken de volgende. Je kijkt het werk na en noteert per leerling het totaal aantal goed gescoorde antwoorden en het aantal goed gescoorde kernitems of kernvragen. Vervolgens bepaal je van de hele klas het gemiddeld aantal gescoorde kernitems en je drukt dit uit in een percentage van het totaal aantal in het proefwerk opgenomen kernitems. Er waren bijvoorbeeld 15 kernitems. Hiervan zijn er gemiddeld 11 goed gescoord. Het percentage is dan 73. Dit houdt in dat 73% van de leerlingen in de klas een voldoende behoort te krijgen. Als je in het werk van A.D. de Groot gaat snuffelen dan kun je er meer over vinden.³ Ik vind de kernitemmethode een aanvaardbare manier om te schipperen tussen het stellen van de norm vooraf en achteraf.

Nu iets over het verschil tussen een score en een cijfer. Iedere vraag op een proefwerk levert een resultaat voor een score op. Je bepaalt de score van een leerling door eenvoudig het aantal goede antwoorden bij elkaar op te tellen. 22 goede antwoorden geeft een score van 22.

Het vaststellen van de cesuur doe je met behulp van scores. Pas na het bepalen van de grensscore 'voldoende/onvoldoende' ga je de scores omzetten in de klassieke punten van de cijferschaal.

Je zult bij dat omzetten merken dat de gelijke afstanden op de cijferschaal niet overeenkomen met gelijke 'afstanden' in de ruwe scores. Ik probeer dat met onderstaand tekeningetje wat te verduidelijken.



De bovenste lijn geeft de scores weer: 30 goed was het maximum. Voor een voldoende moest je 76% scoren. Ik heb dat afgerond in het voordeel van de klas: een score van 22 geeft een 6. De cijfers boven de zes verdien je als je je score met twee verhoogt. Naar beneden moet je eerst tien zakken om naar een 4 te komen.

Je ziet dat ik de cijferschaal niet volledig gebruik. De 1 t/m 3 laat ik buiten beschouwing. Ik vind het zinloos het onvoldoende scoren van leerlingen verder te detailleren dan mogelijk is door 4 en 5 te gebruiken. Verder zit ik met het probleem van het middelen. Proefwerkcijfers mag je statistisch gereceneerd niet middelen. Door toch te middelen en daarbij ook nog de cijfers 1 t/m 3 te gebruiken maak je het voor de leerlingen bijna onmogelijk om cijfermatig aan te geven dat ze je onderwijs hebben verwerkt. Kijk maar: een leerling krijgt 7, 3, 6 en komt daarmee gemiddeld onvoldoende uit. Hoewel hij/zij tweederde van je programma beheerst. Daarmee heb je dan meteen het probleem bij de kop hoe van proefwerkcijfers rapportcijfers te maken.

Je ziet ook dat er bij mij tussen de 5 en de 6 geen minnen passen, evenmin als ik halven gebruik. Cijfers in tienden boezemen mij helemaal afkeer in. Je suggereert met al die verfijningen een nauwkeurigheid die in de scores helemaal niet is terug te vinden. Een 8 is niet tweemaal zoveel als een 4. Het is wel meer dan een vier. Hoeveel meer; dat ver-

schilt per proefwerk. De cijferschaal is een ordinale schaal waarmee je maar beperkt mag rekenen. In feite mag je niet middelen met behulp van de verschillende cijfers die een leerling haalt. Terwijl het zo makkelijk is om zo van een reeks cijfers tot een totaalcijfer te komen.

Wij zijn op mijn school voorlopig tot een aantal afspraken gekomen. Afspraken die ertoe leiden dat we bewuster bezig zijn met het geven van cijfers. We zijn daardoor ook geconfronteerd met de relativiteit en de beperktheid van het geven van cijfers. Verder hebben we afgesproken dat we bepaalde probleemgebieden verder zullen onderzoeken. Onze stellingname is dus maar tijdelijk. Krijgen we betere inzichten dan passen we ons werken met cijfers daarbij aan.

Voorlopig gaan we als team accoord met het middelen van proefwerkcijfers tot rapportcijfers als we rond het proefwerk de volgende zaken geregeld hebben:

- Streven naar zo groot mogelijke betrouwbaarheid en validiteit: kan de leerling werkelijk laten blijken wat hij/zij kan en heb ik werkelijk onderwezen waarnaar ik vraag?
- Zoeken naar zo goed mogelijke typen proefwerken; we gebruiken een veelheid van mogelijkheden: meerkeuze-vragen, essay-vragen, open boek en thuis proefwerken. Ook laten we leerlingen soms werk voor elkaar maken en beoordelen; of ze doen het met z'n tweeën. Op dit gebied is er veel mogelijk.⁴
- Werken met ruwe scores, alleen tellen wat goed is, vooraf aangeven hoe we tot de grens voldoende/onvoldoende komen (dat wil zeggen dat je minstens je wijze van werken moet aangeven), bekend maken hoe je omzetting van score tot cijfer is gebeurd.
- Invoeren van selectievrije perioden tussen proefwerken; we controleren dan regelmatig de voortgang van de leerling en de effectiviteit van onze onderwijsinspanningen. In deze periode zijn proefwerken van louter diagnostische aard.
- Principieel toestaan van herkansingsmogelijkheden na ieder proefwerk. Technisch niet altijd mogelijk meteen na het eerste proefwerk. We staan het dan op een later moment toe; dit hangt af van het vak en het onderwerp. Regel: het herkansingscijfer telt volledig.

- Neem in het cijfer geen zaken mee als: afkijken, vies schrijven, poging tot stimulering, pressie om huiswerk beter te doen, etc. Het cijfer rapporteert alleen de leervorderingen. Voor andere zaken moeten we andere rapporteringsmedia aanwenden.

Eerder gaf ik al aan hoe van proefwerkcijfers naar rapportcijfers te komen. Daarbij aansluitend ontstaat het probleem hoe je van een rapportcijfer tot een jaarcijfer c.q. een overgangscijfer komt. Zeker dan gaat de onderlinge vergelijkbaarheid van cijfers een rol spelen. Je kent het wel: is de ene 6 gelijk aan de andere 6? Mag je de cijfers van de docent die altijd 60% onvoldoenden heeft zonder meer vergelijken met de docent die maar 10% onvoldoenden heert? Hier zijn we nog niet uit. Via wat eenvoudige statistiek is er wel een mouw aan te passen heb ik het idee.⁵ Wat we al wel proberen is de percentages onvoldoenden per vak per rapport met elkaar te bespreken. Ik maak dan overzichtslijsten per docent en hang die op in de docentenkamer. In de vergaderingen besteden we er dan wat tijd aan. Zo hoop ik een klimaat te scheppen waardoor we meer zakelijk, open en meer relativerend over cijfers kunnen praten.

Tot besluit wil ik zeggen dat we cijfers met de nodige doordachtheid moeten gebruiken. Probeer steeds vast te houden waar ze voor staan en wat je ermee wilt uitdrukken. Gebruik ze voor alle vakken op dezelfde wijze en voor dezelfde zaken. Dus voor zaken die de leerlingen verricht hebben op het gebied van leervorderingen. Geef geen cijfers op krediet of ter aanmoediging, vang dat anders op. Geef geen cijfers als straf of om aan te geven dat je het met iemands gedrag niet eens bent. Relatieveer het gebruik van cijfers door veel te werken met selectievrije perioden. Benut toetsen op een manier die een leerling tot leren brengt door hem/haar inzicht te geven in eigen reilen en zeilen zonder er meteen een onwrikbare beoordeling aan te verbinden.

Ik ben het eens met de volgende uitspraak:
'Het gebruik van getallen om vorderingen, prestaties, kennis e.d. uit te drukken is economisch, het kan ondubbelzinnig zijn, en het maakt het gebruik van statistische procedures mogelijk, als de manier waarop de getallen worden verkregen aanvaardbaar

kan worden gemaakt en als bekend is welke wiskundige eigenschappen de getallen bezitten, dus hoe je ermee kunt rekenen.”⁶

Ik neem aan dat je niet denkt dat ik dit allemaal zelf heb verzonnen. Via de nummertjes in de tekst zal ik hieronder aangeven waar mijn ideeën vandaan komen. Zoek het zelf maar eens op. Je doet dan meer inspiratie op, en het staat er meestal duidelijker en uitgebreider dan ik het heb kunnen weergeven.

Noten

- 1 Voor het geven van cijfers is de grens 5/6 in feite het enige wat belangrijk is. Je zou kunnen volstaan met aan te geven of een leerling qua leervorderingen voldoende of onvoldoende heeft geoogst. Voorts is het beter te weten *waarom* een prestatie onvoldoende is, dan te weten *hoe* onvoldoende het is.
- 2 Zie: Posthumus, K., *Middelbaar onderwijs en schifting*, in: Handboek onderwijspraktijk, dl. 5, Deventer (Van Loghum Slaterus), 1978.
Op grond van dit artikel (dat dateert van 1940) is het begrip ‘Wet van Posthumus’ van de grond gekomen.
- 3 Zie: A. D. de Groot, *Vijven en zessen*, Groningen (Wolters) 1966, 1970.
A. D. de Groot en R. F. van Naerssen, red., *Studietoetsen: construeren, afnemen, analyseren, dln. I, II en III*, Den Haag (Mouton), 1969, 1975.
Rommes, A. E. N., *Scoring en beoordeling van prestaties op studietoetsen*, en van dezelfde auteur, *De kwaliteit van studietoetsen*, in: Handboek onderwijspraktijk, dl. 4, Deventer (Van Loghum Slaterus), 1978.
- 4 Zie: Tuckmann, B. W., *Measuring educational outcomes*, New York (Harcourt B/J), 1975.
Een Engels boek, maar met veel aanwijzingen voor het maken van proefwerken van uiteenlopende aard, het verwerken ervan en hoe de kwaliteit ervan na te gaan en te verbeteren.
- 5 D. M. McIntosh, *Eenvoudige statistiek voor onderwijsgeven*, Groningen (Wolters), 1973.
- 6 W. Meuwese, *Onderwijsresearch*, Utrecht (Spectrum), 1971, Aula 439, p. 140.

Mededelingen

Eind februari heeft de SLO een advies burgerinformatica uitgebracht aan de Minister van Onderwijs en Wetenschappen.

De SLO adviseert om in de tweede tranche van het experiment burgerinformatica (vanaf augustus 1985 tot 1988) op alle deelnemende scholen burgerinformatica een apart vak te laten zijn voor alle leerlingen van alle schooltypen in de eerste fase van het voortgezet onderwijs. Daarnaast dient er in deze periode door de deelnemende scholen zoveel mogelijk te worden gestreefd naar ‘integratiemomenten’ van burgerinformatica met andere leergebieden. Tevens dient in deze periode nader onderzocht te worden hoe en in hoeverre integratie van burgerinformatica met andere leergebieden mogelijk is.

De SLO adviseert tevens om burgerinformatica in de tweede tranche van het experiment als apart vak op te nemen in de lessentabel voor de eerste jaren van het voortgezet onderwijs voor een aantal van ongeveer 80 uren, door de scholen zelf op hun passende wijze te verdelen over één of meer leerjaren.

Verder bevat het advies aanbevelingen ter bevordering van de deelname van meisjes en vrouwen aan het informaticaonderwijs.

Een aparte paragraaf is gewijd aan de apparatuur.

De SLO adviseert tenminste één computer per twee leerlingen, een snel toegankelijk achtergrondgeheugen en een netwerk.

Voor uitgebreidere informatie wordt verwezen naar het advies zelf, getiteld: ‘Advies burgerinformatica’, SLO, Enschede, februari 1985, 43 pag., gratis verkrijgbaar zolang de voorraad strekt.

Te bestellen bij Karin Tan-Kuiper, secretariaat project burgerinformatica, en onder bestelnr. 3.481.4217.

Bram van Weering,
projectleider project burgerinformatica

Nederlandse Wiskunde Olympiade 1985

Op grond van de resultaten van 1813 deelnemers van 180 scholen van de eerste ronde is de cesuur gelegd bij score 16.

Dat wil zeggen dat de deelnemers van niet-eindexamenklassen die 16 of meer punten behaald hebben in de eerste ronde, in aanmerking kunnen komen voor deelname aan de tweede ronde in september a.s.

De school met het hoogste puntentotaal van de beste vijf deelnemers van die school is de C.S.G. ‘Blaise Pascal’ te Spijkenisse, die dit jaar de wisselprijs gewonnen heeft.

H. N. Schuring, secretaris

Beoordelen in de onderbouw: een verkenning*

E. J. J. Kremers

1 Achtergrond

Sedert enkele jaren publiceert het Cito leerdoelgerichte toetsen voor de onderbouw van het voortgezet onderwijs. Dit gebeurt voor een uiteenlopend aantal vakken, waaronder wiskunde.¹ Enige tijd geleden is in dit tijdschrift uitgebreid aandacht besteed aan de toetsen voor wiskunde.¹

In diezelfde periode is door het Cito een onderzoek verricht naar het gebruik door docenten van deze leerdoelgerichte toetsen. Een afzonderlijk onderdeel van dit onderzoek had betrekking op de werkwijze die docenten *in het algemeen* volgen bij het beoordelen van leerresultaten in de eerste leerjaren. Dit artikel schetst de voornaamste gegevens die dit onderdeel van het onderzoek voor het vak wiskunde opleverde.

Aan het onderzoek werkten ongeveer 250 wiskunde-docenten mee. De docenten waren afkomstig uit vrijwel alle typen van voortgezet onderwijs (lbo, avo (mavo en/of havo), lbo-mavo en avo-vwo). Bij de interpretatie van de resultaten dient men te bedenken dat deze docenten allen bestellers zijn van leerdoelgerichte toetsen. We weten daarom niet of de resultaten representatief zijn voor wiskundedocenten in de onderbouw. Desondanks lijkt presentatie van de gegevens ons zinvol. Voor zover wij weten is het de eerste keer dat op een dergelijke schaal in Nederland gegevens over het beoordelen door wiskundedocenten verzameld zijn. De gegevens zijn te beschouwen als een aanzet voor verder onderzoek naar de beoordelings-

praktijk van wiskundedocenten in het voortgezet onderwijs.

Het onderzoek is uitgevoerd m.b.v. een (schriftelijke) vragenlijst. We moesten ons daarbij beperken tot het *schriftelijk* beoordelen van de vorderingen van de leerlingen. Het opnemen van vragen over mondelinge beurten e.d. zou de vragenlijst een te grote omvang hebben gegeven. Vanwege de beperkte ruimte die voor dit artikel ter beschikking staat zullen we ons vooral richten op presentatie van de resultaten en kunnen we niet al te veel aandacht aan de interpretatie besteden.

2 Hoe en hoe vaak beoordelen docenten?

Hoe en hoe vaak beoordelen docenten in de eerste leerjaren de vorderingen van de leerlingen? In het onderzoek werden door ons drie beoordelingsinstrumenten onderscheiden. We vermelden ze hieronder met de omschrijving zoals die in de vragenlijst werd gehanteerd.

- 1 Afsluitende trimesterproefwerken: deze instrumenten bestrijken de leerstof van ongeveer een trimester.
- 2 Proefwerken: deze instrumenten bestrijken de leerstof van ongeveer een maand, b.v. een hoofdstuk uit de leergang.
- 3 Schriftelijke overhoringen: deze instrumenten bestrijken de leerstof van ongeveer een of enkele weken.

Docenten blijken de vorderingen het meest regelmatig te beoordelen m.b.v. proefwerken, gevolgd door schriftelijke overhoringen en trimesterproefwerken.

Enige cijfers: docenten nemen gemiddeld een proefwerk af in ongeveer driekwart van de keren dat zich daar de gelegenheid toe voordoet. Bij schriftelijke overhoringen doen docenten dit gemiddeld ongeveer in de helft van het aantal keren en bij trimesterproefwerken slechts in een kwart van het aantal keren.

Over het algemeen treden er tussen individuele docenten geen grote verschillen op in de mate waarin ze van de onderscheiden instrumenten gebruik maken. Een uitzondering vormt de schriftelijke overhoring. Zo is er een groep docenten die geregeld een schriftelijke overhoring afneemt en een groep die dat sporadisch doet.

* Met dank aan H. Boertien voor zijn opmerkingen bij de concept-versie van dit artikel.

Ook tussen docenten uit de diverse schooltypen treden geen grote verschillen op. Vermeldenswaardig is wel dat lbo-docenten minder frequent proefwerken afnemen dan hun collega's uit de andere schooltypen.

3 Functie(s) van beoordelingen

In ons onderzoek hebben we een drietal functies van beoordelingen onderscheiden:

- 1 het geven van een cijfer aan leerlingen;
- 2 het opsporen van tekorten in de beheersing van de leerstof bij (individuele) leerlingen, met het doel deze tekorten weg te werken;
- 3 andere doeleinden.

Aangezien beoordelingen nauwelijks voor 'andere doeleinden' uitgevoerd worden besteden we daar geen aandacht aan. Welke functies kennen wiskunde-docenten nu aan beoordelingen toe?

Trimesterproefwerken worden door 79% van de docenten alleen afgenomen voor het geven van een cijfer; 12% neemt deze behalve voor het geven van een cijfer ook af voor het opsporen van tekorten; 3% neemt trimesterproefwerken af om alleen tekorten op te sporen.

Proefwerken dienen alleen voor het geven van cijfers, vindt 56% van de docenten; 33% wil naast het geven van een cijfer ook tekorten opsporen met proefwerken; 7% neemt proefwerken uitsluitend af om tekorten op te sporen.

Voor schriftelijke overhoringen bedragen deze percentages resp. 8, 27 en 56. Meer dan de helft van de docenten neemt schriftelijke overhoringen dus alleen af om tekorten op te sporen.

Bij bovenstaande resultaten valt op dat nogal wat docenten dezelfde beoordelingsinstrumenten afnemen én om cijfers te geven én om tekorten op te sporen. Zulks is wat in tegenspraak met de opvatting die vaak in de literatuur verkondigd wordt, dat een beoordelingsinstrument in feite slechts één functie optimaal kan vervullen. In de dagelijkse onderwijspraktijk zal men echter niet altijd in de gelegenheid zijn om voor beide functies afzonderlijke schriftelijke werken te maken.

Wat betreft de verschillen tussen de schooltypen, voor alle instrumenten geldt dat docenten uit het lbo en het lbo-mavo minder het geven van cijfers en meer het opsporen van tekorten benadrukken dan de docenten uit het avo en uit het avo-vwo.

4 Beoordelen voorafgaand aan het onderwijs

In de (onderwijskundige) literatuur wordt veel waarde gehecht aan de bepaling van het zogenaamde 'beginniveau' van leerlingen. Inzicht in het beginniveau kan er toe bijdragen dat het onderwijs optimaal wordt afgestemd op de reeds aanwezige kennis en vaardigheden van de leerlingen. In het onderzoek zijn we nagegaan of docenten wel eens beoordelingen ter bepaling van dit beginniveau uitvoeren. Er werden daarbij twee varianten onderscheiden:

- 1 Voortoetsing: deze vorm van beoordelen, voorafgaand aan de behandeling van een nieuw leerstof-onderdeel, heeft tot doel te bepalen hoeveel aandacht aan de behandeling van dit nieuwe leerstof-onderdeel geschonken moet worden.
- 2 Retentietoetsing: deze vorm van beoordeling, voorafgaand aan de behandeling van een nieuw leerstof-onderdeel heeft tot doel te bepalen of leerstof waaraan lange tijd geen aandacht meer is besteed, maar die wel bekend wordt verondersteld bij de behandeling van dit nieuwe leerstof-onderdeel, inderdaad nog beheerst wordt.

Voortoetsing en retentietoetsing zijn kennelijk vooral populair in de literatuur; in de beoordelingspraktijk van docenten spelen deze beoordelingen nauwelijks een rol. Voortoetsing komt zo goed als niet voor, retentietoetsing wordt gemiddeld door docenten in minder dan een kwart van het aantal keren uitgevoerd dat zich daar de gelegenheid toe voordoet. Lbo- en lbo-mavo-docenten voeren wat vaker een voortoetsing en retentietoetsing uit dan docenten uit andere schooltypen. Gezien de geringe rol die beoordelingen voorafgaand aan het onderwijs in de beoordelingspraktijk spelen besteden we er in de rest van het artikel geen aandacht meer aan.

5 Correctie van resultaten

Een belangrijk aspect bij het beoordelen van de vorderingen van de leerlingen is de correctie. In het onderzoek zijn drie werkwijzes onderscheiden:

- 1 de docent kijkt de resultaten na;
- 2 de leerling kijkt de resultaten na;
- 3 het varieert wie nakijkt.

Trimesterproefwerken en proefwerken worden vrijwel uitsluitend door de docent nagekeken (resp. 98% en 97%). Voor schriftelijke overhoringen bedraagt dit percentage 73%; 23% van de docenten laat de correctie van schriftelijke overhoringen zo nu en dan eens door de leerlingen verzorgen, terwijl 4% dit altijd aan de leerlingen zelf overlaat. Wie de resultaten nakijkt zal mede afhangen van de functie van de beoordeling. Wanneer bij de beoordeling de nadruk ligt op het cijfer geven en minder op het opsporen van tekorten is het voor de hand liggend dat de docent zelf de correctie uitvoert.

Bovenstaande percentages kunnen op die manier redelijk verklaard worden. Het alleen door de leerling laten nakijken van de resultaten is dus (nog) niet erg gebruikelijk. Een percentage van slechts 4% bij zelfs de schriftelijke overhoringen is niet bepaald omvangrijk. Overigens schakelen docenten uit het lbo en het lbo-mavo bij schriftelijke overhoringen leerlingen wat vaker in bij de correctie dan docenten uit de overige schooltypen.

6 Cesaurbepaling

Het beoordelen van de vorderingen van leerlingen heeft uiteindelijk tot doel te bepalen of een leerling de leerstof voldoende beheerst (en eventueel of hij een voldoende of een onvoldoende cijfer krijgt). Men kan hierbij op verschillende manieren te werk gaan. Men kan *vooraf* het aantal opgaven (cesuur) vaststellen dat goed beantwoord moet worden, men kan *achteraf* bepalen op basis van de klasseresultaten wat men als voldoende beheersing beschouwt en tenslotte kan men ook beide manieren *combineren*.

Uit het onderzoek blijkt dat de cesuur bij alle schriftelijke werk (dus bij proefwerken, schriftelijke overhoringen etc.) vrijwel steeds op dezelfde manier bepaald wordt. Ongeveer 55% van de docenten bepaalt de cesuur steeds vooraf, circa 30% stelt de cesuur vast op grond van een schatting vooraf en van de klasseresultaten, terwijl circa 15% de cesuur alleen laat afhangen van de klasseresultaten. Docenten uit het lbo-mavo bepalen de cesuur nog wat vaker vooraf dan de overige docenten.

7 Herhaling bij onvoldoende beheersing van leerstof

Wat doen docenten als bij een beoordeling blijkt dat leerlingen de leerstof onvoldoende beheersen? Vindt er dan een herhaling van de leerstof plaats en zo ja, op welke manier? Om hier zicht op te krijgen werd in het onderzoek een drietal situaties onderscheiden, al naar gelang het aantal leerlingen dat de leerstof onvoldoende beheerst:

Situatie 1: een kleine groep leerlingen (1/3 of minder) beheerst de leerstof onvoldoende;

Situatie 2: ongeveer de helft van de leerlingen beheerst de leerstof onvoldoende;

Situatie 3: een grote groep leerlingen (2/3 of meer) beheerst de leerstof onvoldoende.

Docenten moesten voor elk van deze situaties aangeven op welke manier zij in het algemeen de herhaling laten plaatsvinden. Daarbij konden zij een van de volgende manieren aangeven:

1 geen herhaling;

2 alleen klassikale herhaling;

3 alleen niet-klassikale herhaling;

4 klassikale herhaling in combinatie met een vorm van niet-klassikale herhaling.

Bij niet-klassikale herhaling werden nog de volgende mogelijkheden onderscheiden: via een vorm van interne differentiatie (bijvoorbeeld via het basisstof-verrijkingsstofmodel); via de studielessen en/of extra huiswerk; via hulp na schooltijd; op een andere manier.

In de nevenstaande tabel is weergegeven hoe docenten in het algemeen de herhaling laten plaatsvinden.

Zoals verwacht mocht worden neemt het aantal docenten dat de herhaling alleen klassikaal laat plaatsvinden sterk toe als het aantal onvoldoende beheersers groter wordt. Het omgekeerde geldt voor het aantal docenten dat de herhaling alleen via niet-klassikale vormen laat verlopen. Geen herhaling komt alleen voor in situatie 1 (aantal niet-beheersers: 1/3 of minder). Opvallend is dat ook reeds in situatie 2 (aantal niet-beheersers: de helft) bijna de helft van de docenten de herhaling alleen klassikaal laat verlopen (46%); nemen we daar nog de docenten bij die de herhaling deels

Gepraktiseerde vormen van herhaling bij onvoldoende beheersing van leerstof (percentages)*

		&		
	Aantal			
	onvoldoendes	1/3 of minder	de helft	2/3 of meer
Soort herhaling				
geen herhaling		10	0	0
alleen klassikaal		8	46	78
alleen niet-klassikaal		72	25	4
klassikaal én niet-klassikaal		10	28	18

* Als percentagebasis fungeerde het totaal aantal docenten per kolom.

klassikaal, deels niet-klassikaal laten verlopen dan komen we zelfs op driekwart van de docenten uit die een vorm van klassikale herhaling doen plaatsvinden.

In situatie 1 zijn de meest genoemde methodes van niet-klassikale herhaling 'hulp na schooltijd' (14%) en 'interne differentiatie' (14%), gevolgd door 'studielessen en/of extra huiswerk' in combinatie met 'hulp na schooltijd' (12%) en 'interne differentiatie' in combinatie met 'hulp na schooltijd' (8%). In situatie 2 zijn de meest genoemde methodes 'interne differentiatie' (11%) en 'interne differentiatie' in combinatie met 'studielessen en/of extra huiswerk' (6%).

Als we bovenstaande gegevens in hun geheel overzien, moet geconstateerd worden dat de herhaling bij onvoldoende beheersing van de leerstof toch wat minder vaak verloopt via interne differentiatie dan op grond van de aandacht voor deze werkwijze in de laatste jaren verwacht zou mogen worden. De voorkeur van docenten blijkt toch meer uit te gaan naar vertrouwde benaderingen als hulp na schooltijd, extra huiswerk en last but not least de klassikale herhaling. Ongetwijfeld zal dit samenhangen met de organisatorische en inhoudelijke problemen (leermiddelen e.d.) die interne differentiatie dikwijls met zich meebrengt.

Het patroon, zoals geschetst is in de tabel, treedt op bij alle schooltypen. Analyse van de resultaten per situatie levert echter een aantal verschillen op tussen de schooltypen. De verschillen zijn het

grootst in situatie 1 en 2. In situatie 1 wordt interne differentiatie afzonderlijk door lbo-docenten en door docenten uit het lbo-mavo het meest genoemd als manier van herhaling (resp. door 16% en 28%), terwijl docenten uit het avo en het avo-vwo de herhaling het meest laten plaatsvinden via hulp na schooltijd (resp. door 17% en 18%). Ook in situatie 2 zijn de verschillen nog aanzienlijk. Docenten uit het lbo en het lbo-mavo kiezen hier het minst voor alleen klassikale aanpak bij de herhaling (resp. 32% en 39%), docenten uit het avo en het avo-vwo het meest (resp. 54% en 57%). Ook hier kiezen de docenten uit de eerste twee schooltypen weer meer voor een aanpak via interne differentiatie dan de docenten uit de laatste twee schooltypen.

We zijn ook nagegaan of docenten onderzoeken of de herhaling effect heeft gehad. Gemiddeld controleren docenten in ongeveer de helft van het aantal keren *schriftelijk* of een herhaling effectief is geweest. Het gaat hier wel om een gemiddelde, want een deel van de docenten blijkt dit meestal of altijd te doen, terwijl een ander deel dat slechts af en toe doet. Overigens, wanneer docenten niet schriftelijk nagaan of de herhaling effectief is geweest, sluit dat niet uit dat ze dat op een andere manier doen. Docenten uit het lbo en het lbo-mavo voeren zo'n schriftelijke 'nameting' wat vaker uit dan docenten uit het avo en het avo-vwo.

Het onderzoek had een verkennend karakter. Vervolgonderzoek zal moeten aantonen in hoeverre de resultaten representatief zijn voor wiskundecenten in de onderbouw.² In zo'n vervolgonderzoek zou ook meer op de gedetailleerde werkwijze bij het beoordelen ingegaan kunnen worden; te denken valt aan aspecten als constructie van de opgaven, vraagvorm, foutenanalyse, de (rapport)cijferbepaling en dergelijke. Ook zou aandacht geschonken kunnen worden aan de functie en frequentie van mondeling uitgevoerde beoordelingen.

Tenslotte zou meer op vakinhoudelijke aspecten ingegaan kunnen worden. Het geschetste onderzoek is uitgevoerd voor een aantal vakken en had daardoor noodzakelijkerwijs een vakoverstijgend karakter. Niettemin zijn we van mening dat de resultaten toch een beeld geven van de beoordelingspraktijk in de onderbouw, een beeld dat niet altijd strookt met opvattingen uit de (onderwijskundige) literatuur. Een beeld bovendien, dat er voor het lbo en het lbo-mavo wat anders uitziet dan voor de overige schooltypen.

Noten

- 1 Bedoeld zijn de artikelen 'Leerdoelgericht werken in het onderwijs' en 'Leerdoelgerichte toetsen bij lange-termijndoelen' van de hand van H. Boertien. Deze verschenen resp. in nr. 7 en 8 van de jaargang 1981/1982.
- 2 Twee recent uitgevoerde onderzoeken (door het ITS te Nijmegen en het Licor te Leiden) bevatten aanwijzingen dat de resultaten van ons onderzoek waarschijnlijk een redelijk representatief beeld geven van de beoordelingspraktijk in de onderbouw. Het zou te ver voeren om daar in dit artikel nader op in te gaan.

Over de auteur:

De auteur (1952) studeerde psychologie aan de Katholieke Universiteit van Nijmegen. Hij is als onderwijskundig medewerker verbonden aan de afdeling Beginfase Voortgezet Onderwijs van het Cito, waar hij o.a. betrokken is bij de constructie van leerdoelgerichte toetsen. Heeft onderzoek gedaan naar de houding van leerlingen t.o.v. wiskunde (zie b.v. Euclides 1978/1979 no. 8).

In het wiskunde-onderwijs in het voortgezet onderwijs zijn de methoden Getal en Ruimte, Moderne Wiskunde en Sigma de meest gebruikte. De methoden verschillen in didactische uitgangspunten: ze hechten in verschillende mate belang aan het bijbrengen van regels en vaste oplossingsmethoden (algoritmen), het ontwikkelen van een wiskundige denkhouding (zelfstandige probleemaanpak), de rol van toepassingen in het leerproces en de integratie van verschillende leerstofonderdelen. Wil men het effect van de verschillende methoden vergelijken, dan is het niet voldoende om alleen naar leerresultaten te kijken. Methoden kunnen geringe verschillen vertonen op dit punt, maar sterk verschillen in hun effecten op de attitude, die de leerlingen ten opzichte van wiskunde ontwikkelen. Ook belangrijk is om na te gaan in hoeverre de leerlingen in staat zijn het geleerde te gebruiken bij het oplossen van nieuwe, andersoortige opgaven. Met andere woorden: in hoeverre de leerlingen transfer van het geleerde vertonen, in hoeverre ze het geleerde kunnen generaliseren.

Een dergelijk onderzoek wordt momenteel verricht aan de Vrije Universiteit te Amsterdam, waarbij psychologen en wiskunde-didactici in een project samenwerken. Het project wordt mede gefinancierd door de Stichting Onderzoek van Onderwijs. De transfertest, die er ontwikkeld wordt, is bedoeld voor leerlingen van havo en vwo, eind derde klas. Er is gekozen voor het leerstofonderdeel functies. De test heeft, in vergelijking met gebruikelijke transfermetingen, een apart karakter: bij de problemen, die de leerlingen worden voorgelegd, wordt gefaseerde hulp aangeboden. De leerlingen kunnen van die hulp gebruik maken, wanneer ze dat zelf nodig achten. Op deze wijze is een precisere meting mogelijk dan wanneer slechts gekeken wordt of de leerlingen de opgaven kunnen oplossen of niet.

Voor het uitproberen der opgaven zouden we graag de medewerking van leerkrachten krijgen. Wil die leerkracht of de sectie Wiskunde, die daarvoor voelt, s.v.p. contact opnemen met: J. Meyer (020-5 48 38 33), J. Perrenet (020-5 48 38 76), H. Zeille-maker (020-5 48 44 91) of het secretariaat (020-5 48 38 68).

Wat wordt niet getoetst, en kan dat wel?

Hans Freudenthal

Bovenstaand onderwerp is mij opgelegd binnen de algemene vraag:

‘Kan de wiskunde-docent(e) toetsen wat hij (zij) onderwijst?’

De eerste vraag die in me opkomt is hoe ‘toetsen’ is bedoeld, met voorgestructureerde – liefst vierkeuze – toetsen, of open met alle middelen die je kunt verzinnen. Uit de toelichtingen maak ik op dat het tweede aan de orde is. Waarom dan het woord ‘toetsen’ gebruiken, met al die structuurassociaties tegen de open benadering in?

De tweede vraag: wie is die ‘hij(zij)’? Je vat één bepaalde wiskundedocent in ‘t oog (laat ik in ‘t vervolg de kinderachtige extra geslachtsaanduidingen weglaten) en die ‘hij’ van de bijzin is dan precies dezelfde wiskunde-docent als van de hoofdzin, niet bijvoorbeeld zijn voorganger op dezelfde of op een andere school, en zeker geen onderwijzer die een basis moet hebben gelegd, zoals voor de te toetsen leerstof mede vereist. Als dit het antwoord is, dan blijft de toetsaandacht dus bepaald tot leerstof die de leerling geacht wordt zonet – zeg in de laatste les of binnen de laatste week – te hebben geleerd. Ik ben bang dat bij alle liberaliteit t.a.v. de toetsmidde-len de discussie beperkt zal blijven tot het proeven van de vrucht van korte leerprocessen. Als dat zo is, dan moet ik de aan mij gestelde vraag ‘wat wordt niet getoetst?’ beantwoorden met: ‘de aanwezigheid van de beginvoorwaarden van het te toetsen brokstuk onderwijs’.

Om het eventjes met een voorbeeld te illustreren:

Een stel vraagstukken voor brugklassers van het type:

Schrijf $a \times b = c$ op twee manieren als deelsom.

Hierbij zijn a , b en c uiteraard numeriek gegeven en is het de bedoeling de leerling de overeenkomstige $c:a$ en $c:b$ te laten produceren. Met $13 \cdot 5 = 65$ enz. had de leerling die ik op ‘t oog heb geen moeite, maar des te meer als een van de factoren of allebei breuken waren en dit hoewel hij het breukrekenen vlekkeloos beheerste. Want hij interpreteerde het vraagstuk als of hij staartdelingen moest produceren en dat is nu eenmaal een averechts idee als het om breuken gaat.

In het onderhavige geval was de kwaal spoedig verholpen. Maar hoe vaak zal zo’n ‘kwaal’ niet als gevolg van gebrekkige diagnose de wortel van ‘erger’ zijn?

Gebrekkige diagnoses (of helemaal geen) is iets waar ik zoveel van afweet omdat ik me er zelf vaak aan schuldig heb gemaakt (en nog maak). Hoe vaak schrik ik niet van mijn eigen blindheid als ik oude relazen van leerprocessen herlees. En dan was het meestal nog maar een enkele leerling die ik observeerde, dus niet een hele klas die je aandacht opeist en waarvan een derde of de helft zal falen als je er de vereiste aandacht niet voor op kunt brengen.

Is dit een overdreven schatting? Ik weet van een brugklasser die bleek geen notie te hebben van wat een deling is. Na een kort lesje riep ze uit: ‘Zo eenvoudig, maar waarom heeft nooit iemand me dat uitgelegd?’ Ja, waarom? Misschien was ze net ziek of anderszins afwezig toen het werd uitgelegd. In elk geval moet het jaren lang, zelfs bij het maken van staartdelingen, niet zijn opgemerkt dat zij totaal niet wist wat delen was.

Hoe ver kan iemand het schoppen zonder te weten wat delen is of ook maar de behoefte te gevoelen het te weten te komen? Men moet er in elk geval rekening mee houden dat hij het tot onderwijzer schopt, die als zodanig in functie niet opmerkt dat zijn leerlingen – althans een deel hunner – het evenmin weten.

Een van onze rekenmethoden kent het delen alleen maar als een omkering van het vermenigvuldigen die om onverklaarbare redenen via de algoritmiek van het staartdelen wordt uitgevoerd. Is de leraar beter gewapend dan de onderwijzer die al dan niet van die methode gebruik maakt?

Waarvoor deze lange uitweiding over het delen? Ik bedoel ermee in te gaan tegen de vernauwing van horizon die door de vraagstelling ten principale wordt gesuggereerd: het toetsen van een kort leerproces dat binnen het kader van dit speciale leerproces blijft. Het kwaad met tak en wortel uit te willen roeien is een goede zaak, als de wil zich dan ook tot de wortels uitstrekt en het niet bij het plukken van wat blaadjes of snoeien van wat takjes blijft.

Juist en vooral in de wiskunde moet je soms en bij sommigen diep graven om te verifiëren of je onderwijsvoornemens in leerprocessen zijn omgezet.

De vraag die tot mij gericht wordt is of dit wel kan. Met de enkele leerling: welzeker. Althans met één die meewerkt. Ook de enkele leerling kan balsturig zijn of als zodanig overkomen bij een balsturige leraar. Verder dan een enkeling of een klein groepje reiken mijn ervaringen niet. Kan het in een klas? Er is in elk geval een schat van ervaring voor vereist die niet zo maar te koop is. Het aantal foutenbronnen is (evenals het aantal ziektes) beperkt al is dan het aantal hunner die die fouten maken (ziektes oplopen) potentieel onbeperkt. Als je het als leraar je tot een gewoonte maakt buiten de palen van een begrensde stuk onderwijs naar de wortels van mislagen te speuren zou je op de duur tegen de taak te te achterhalen opgewassen moeten zijn. En dan 'kan het'.

Als ik eerlijk wil wezen, moet ik bekennen dat ik met dit antwoord niet tevreden ben en als ik me afvraag waarom, moet ik constateren dat het hem in de vraag zit. Als je er iemand in wilt laten lopen moet je hem de verkeerde vraag stellen. Voor foutieve antwoorden zijn zij verantwoordelijk die de foutieve vraag hebben verzonnen. De foutieve vraag hier is het gevolg van het foutieve model: het onderwijsleerproces met de toets die de wisselwerking moet controleren. Het kan ook anders: het onderwijsleerproces zien als een permanent toetsen – een aanvoelen van wat de volgende stap kan zijn. Ik bedoel het als een andere, een denkbare visie. Of die realiseerbaar is – in de klas realiseerbaar – is een andere kwestie.

Een permanent toetsproces – dat betekent een – vooralsnog verborgen – kennis van de leerstof, waarvan je dan op elk ogenblik alleen maar hoeft te

constateren hoeveel ervan uit de verborgenheid aan het licht kan komen.

Uiteraard moet men dit met een korreltje zout nemen. Ik geloof geenszins met Socrates in een ziel die in haar preëxistentie alle waarheid heeft aanschouwd, en in de leermeester die als 'vroedvrouw' die ideeën naar het daglicht moet helpen. Maar als er een soort waarheden en vaardigheden is, waarop die visie toepasselijk is dan is de wiskunde het gebied dat er het meest dichtbij komt.

Een leerproces bestaande uit toetsen, hoe kan dit? Toetsen zijn vragen – vragen om te worden beantwoord. En als het antwoord niet deugt, niet op de vraag slaat, als de vraag niet begrepen blijkt? Welnu, dan is de conclusie dat niet pas het antwoord, maar dat al de vraag – gegeven de situatie – verkeerd was, dat je dus als vraagsteller op je schreden terug moet komen.

Gaat het dan zonder 'uitleggen'? Neen natuurlijk niet. Als je een leerling van een lijnstuk de helft, een vierde, drie vierden, een achtste, enz. hebt laten aanwijzen, als jij hem op de klok twee derden, of een vijfde van een uur hebt laten uitzetten, zul je hem tenslotte de breuknotatie op de ene of andere manier moeten aanreiken. Als je voor $2 \times 2 \times 2 \times 2$ de verkorte notatie 2^4 hebt aangereikt, kun je het met 3^4 proberen en tenslotte met a^7 of zelfs a^n . Met het aandragen van notaties in rekenen en algebra, met het naamgeven aan figuren en constructies en de meetkunde kom je er een heel eind: dit is een gelijkbenige driehoek – teken er nog één. Als je zoiets 'uitleggen' wilt noemen, is het mij goed. Dit soort uitleg is in elk geval onmisbaar. Een tweede soort uitleg dat even onmisbaar kan zijn: na een geslaagd (of niet geslaagd) antwoord van de leerling de vraag van de leraar 'leg me eventjes uit hoe je erop bent gekomen'.

Zó te onderwijzen, d.w.z. op elk ogenblik te toetsen hoe ver de leerling dankzij de eerdere 'toetsen' is gekomen – het is in elk geval mogelijk. Het kan, wel te verstaan met een enkele leerling. Maar ook dan moet je als leraar kritisch blijven. Ik heb elders* een verhaal verteld:

* N. Wiskrant 1, #1, 25-26, sept. 1981.

Met een meisje dat ik een beetje bijwerk in wiskunde was ik uiteindelijk zo ver gekomen dat ze vergelijkingen zoals

$$\frac{1}{2} - \frac{1}{3}x = \frac{1}{2}x - \frac{1}{3}$$

volgens de regels van de kunst kan oplossen.

Ik kreeg er een vreemd gevoel bij: hoe beter het ging, des te dringender vroeg ik me af of ze er nog iets van begreep. Ik vond het tenslotte beangstigend zo goed als het ging.

Toen kreeg ik een ingeving. Ik tekende een horizontale getallenlijn, d.w.z. zonder getallen, alleen met een nulpunt en streepjes erop, nam een interval tussen duim en wijsvinger, om het nulpunt, maar niet symmetrisch en vroeg haar: 'als x hier tussen ligt waar ligt dan $2x$? Ze deed het, eveneens met duim en wijsvinger, goed. 'Waar ligt $\frac{1}{2}x$?' 'Waar ligt $x + 2$, $x - 2$?' Waar ligt $-x$? Hier kwam de eerste hapering, maar ook dit lukte. Daarna vroeg ik door: 'Als $2x$ hiertussen ligt, waar ligt dan x ?' na nog wat vragen van dit soort kwamen de sommetjes. Ze wist al dat je ' x tussen -3 en 2 ' ook $-3 < x < 2$ kunt schrijven.

Stapsgewijs stuurde ik af op sommen zoals

$$\text{als } -5 < \frac{2}{3}x - 1 < 6$$

wat kun je dan over x vertellen?

en

$$\text{als } \frac{1}{2} - \frac{1}{3}x < \frac{1}{2}x - \frac{1}{3}$$

wat weet je dan omtrent x ?

Het lukte en voor het eerst was ik er vast van overtuigd dat haar rekenen met x meer was dan alleen maar routine.

Het was een riskant besluit – deze overstap naar ongelijkheden als toets. Je moet soms ook iets durven. Lukt het niet, dan was, gegeven de omstandigheden, de vraag verkeerd. Je moet terug op je schreden als de leerling vooruit wil. Lukt het, dan wordt de durf beloond.

Ik zeg het nog eens: ervaringen met de enkele leerling of met een groepje. De problemen in de klas zijn groter. Groter, maar naar mijn stellige overtuiging principieel niet anders.

Mededeling

Nieuw examenprogramma wiskunde havo

Op 21 juni 1985 biedt de werkgroep ter voorbereiding van een wijziging van het examenprogramma wiskunde havo haar voorlopig rapport aan de Staatssecretaris van Onderwijs en Wetenschappen aan.

Op ongeveer dezelfde tijd zal dit voorlopig rapport naar alle scholen met een havo afdeling gezonden worden.

De wiskundeleraren van bovengenoemde scholen wordt aangeraden kennis te nemen van dit rapport. De Nederlandse Vereniging van Wiskundeleraren zal eind september in enige bijeenkomsten dit rapport aan de orde stellen.

Kalender

(zie voor nadere informatie ook altijd de 'Mededelingen' in dit nummer en in voorafgaande nummers)

1985

22 juni:

bestuursvergadering van de NVvW te Boxtel

29 juni t/m

1 juli:

22 t/m 26 juli:

28 aug:

driedaags kongres van de Vlaamse Vereniging van Wiskundeleraars te Eeklo België
conferentie IGPME, Noordwijkerhout
bestuursvergadering te Utrecht van de NVvW

vr 13 sep:

21 sep:

tweede ronde Ned. Wisk. Olympiade
gemeenschappelijke bestuursvergadering van de VVWL en de NVvW te Amersfoort
jaarvergadering van de NVvW te Utrecht

26 okt

1986

11-16 aug:

ICOTS II, Victoria BC, Canada

Een interview met leerlingen

Hans Sybrandy

Aan vier leerlingen uit een derde klas van een categorale mavo-school hebben we gevraagd of zij hun mening wilden geven over de toetsen die zij bij de wiskundeles krijgen. Het zijn Chris (Chr), Robert (Ro), Richard (Ri) en Mirjam (Mi). Zij krijgen les van drie verschillende wiskundeleraars. Hieronder volgt hun verhaal:

Krijgen jullie verschillende soorten toetsen of niet? Schriftelijke overhoringen? Repetities? Diagnostische toetsen of nog iets anders?

Mi: Wij krijgen schriftelijke overhoringen en repetities, de overhoringen worden niet opgegeven, maar soms weet je het wel want dan zegt de leraar dat je iets moet leren, nou dan denk ik: dat kon wel eens een s.o.-tje worden. Soms zegt hij ook wel dat je in die week een overhoring krijgt.

Chr: Bij mij het zelfde, ik krijg geen diagnostische toetsen.

Hebben jullie vroeger, b.v. in de brugklas, wel eens geleerd hoe je je moet voorbereiden op een toets?

Ro: Misschien wel, maar daar weet ik nu niets meer van.

Chr: Je hoeft je niet voor te bereiden, je moet 't alleen snappen en op de les goed opletten. Alleen als er een tabelletje in voorkomt, zoals van sin, cos en tan, dat leer ik wel, maar voor de rest moet je het snappen.

Wordt nog wel eens verteld hoe je je moet voorbereiden, welke theorie belangrijk is, of wat de belangrijkste opgaven zijn?

Ri: Hij vertelt soms wat voor soort opgaven je kunt verwachten.

Ro: Soms vertelt hij ook van welk soort je een opgave moet maken.

Als je je nu voorbereidt, hoe doe je dat dan? Ga je alles lezen, iets leren, opgaven maken, fouten uit je schrift opzoeken, oude repetities bekijken?

Chr: Van elk soort ga ik een sommetje maken. Als dat fout is, ga ik alles nog eens overlezen en als het goed is hoef je niets meer te doen.

Ro: Ik ga in mijn schrift kijken hoe ik de sommen heb uitgewerkt, welke stappen ik moet nemen.

Mi: Ik bereid me niet zo veel voor. Alleen wat ik niet snap, dat merk ik onder de les, dat lees ik nog een keer door en daar maak ik nog een sommetje over.

Maak je je erg zenuwachtig als je een toets krijgt?

Ri: Als ik hem goed geleerd heb, dan wil ik hem graag gauw maken, ik ben bang dat ik de helft vergeet.

Ro: Nee, alleen als ik er niks aan gedaan heb, dan hoop ik maar dat die heel makkelijk is.

Hoe gaat het in de klas toe tijdens het maken van een toets? Mag je vragen stellen als je het niet begrijpt?

Chr: Het is compleet stil, maar als je 't niet snapt mag je wel vragen stellen en dan geeft hij ook wel eens aanwijzingen, zoals: Kijk daar eens.

Ro: Nee hoor, bij ons mag je alleen maar iets vragen als je 't niet kunt lezen.

Wat voor soort beoordeling krijg je? Cijfers, woordbeoordeling, onvoldoende/voldoende/twijfelachtig?

Alle vier in koor: Alléén cijfers!

Wanneer en hoe krijg je de resultaten te horen? De volgende les? Worden ze dan hardop voorgelezen, of individueel teruggegeven, al of niet met een opmerking?

Chr: 't duurt wel lang, soms wel $1\frac{1}{2}$ week later.

Mi: Hij hoopt altijd de volgende les, maar dat lukt soms niet altijd door vergaderingen en

zo. De foute sommen worden op het blad verbeterd en als je het niet snapt mag je komen, maar dat is vrijwillig.

Ri: Dat is bij ons ook zo, je mag je fouten komen bespreken.

Hoe staan jullie er nu eigenlijk voor?

Mi: 't gaat, een 6-je

Chr: $6\frac{1}{2}$

Ro: soms heel hoog, maar soms ook laag

Ri: 't gaat, nu gemiddeld 5,7

Wordt de toets besproken en zo ja, hoe dan?

Chr: Nooit

Mi: Een schriftelijke overhoring niet, maar een repetitie wel, maar je mag altijd naar de leraar toekomen.

Ro: soms

Ri: soms

Krijg je wel eens een herkansing?

Mi: Als je ziek bent geweest, mag je wel proberen de toets mee te maken. Als 't dan slecht is, krijg je een herkansing. En als je gemiddeld slecht staat, mag je wel eens een extra werkje maken. Als de leraar wat vertrouwen in je heeft, dan probeert hij je aan een beter cijfer te helpen. Als je dwars ligt, denk ik dat dat niet mag.

Hoe vind je de toetsen in het algemeen? Zijn ze makkelijk, moeilijk of hangt dat van het onderwerp af?

Wordt er vaak iets teruggevraagd dat je niet gehad hebt tijdens de les?

Ri: Het hangt erg af van het onderwerp.

Mi: Het ligt eraan welke leraar de toets gemaakt heeft. Daardoor staan er soms wel eens dingen in die niet besproken zijn.

Chr: Mijn leraar schrijft de toetsen direct op het bord. Er zitten soms wel doordenkers in hoor.

Ro: Bij ons ook, soms stelt hij vragen uit zichzelf, die je echt nooit gehad hebt.

Overlegt de leraar wel eens met de groep over de toets? B.v. over de datum, de hoeveelheid stof, de soort opgaven?

Ro: Ja, de datum kiezen we samen en hij vertelt over welke soort opdrachten het gaat. Hij zegt dan ook wel wát je moet leren.

Mi: Hij zegt bij ons ook wel zoiets van: 't zal wel een moeilijke worden, of een grote, want het is zoveel stof.

Denk je dat je net zo veel of net zo weinig zou werken als er geen toetsen zouden worden afgenomen?

Chr: Ik zou niks meer doen, alleen het huiswerk, maar dat is vaak onder de les al af.

Ro: Je doet meer je best, anders laat je het erbij zitten en dan zouden de resultaten zeker slechter worden.

Ri: Bij mij ook. Je moet 't trouwens wel zeggen als je je huiswerk niet gedaan hebt, want anders wordt hij echt boos.

Mi: Nee, maar ik moet wel, want het huiswerk wordt altijd gecontroleerd en daar krijg je cijfers voor. Daardoor word ik wel gedwongen om 't te maken. Als ik denk dat ik 't niet snap dan doe ik het niet. Voor de toetsen doe ik in het algemeen wel meer dan voor mijn gewone huiswerk.

Hoeveel tijd besteed je gemiddeld aan het voorbereiden op een toets?

Chr: ongeveer 10 minuten, meestal snap ik het wel.

Mi: 20 minuten, of ik moet het echt niet snappen.

Ro: 10 minuten.

Ri: soms 15 minuten, soms helemaal niks.

Wat zou je nog willen zeggen over toetsen wat ik je niet gevraagd heb?

Mi: Ik vind dat het altijd zo saai op papier staat.

Ro: Bij ons staat er altijd een grapje op, b.v. groetjes of liefs van mij, een tekeningetje van Asterix met een aangepaste tekst of met Kerst een versierde wiskundeboom. Het is leuk, je bekijkt het even en je gaat aan het werk.

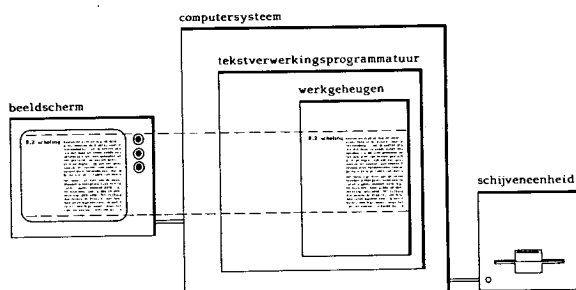
Mirjam, Richard, Robert en Chris: *Bedankt!*

Gedachten over de didactiek van machine-architectuur

Theo Kristel

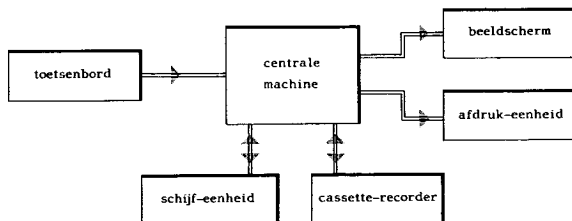
1 Denkmodellen voor computersystemen

Auteurs van geschriften, die pogen hun lezers duidelijk te maken hoe computers werken, nemen vaak hun toevlucht tot plaatjes en schema's. In een diktaat van de Nieuwe Leraren Opleiding Ubbo Emmius, dat over tekstverwerking gaat, staat bijvoorbeeld schema 1, dat gebruikt wordt om de verschillende aspecten van een als tekstverwerker fungerend computersysteem te verduidelijken.



Schema 1

Een ander veel gebruikt model voor de werking van een microcomputersysteem is het volgende (schema 2):

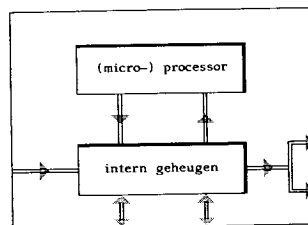


Schema 2

Dit model beschrijft een microcomputersysteem in termen van de samenstellende apparatuur en de richtingen waarin de gegevens kunnen stromen.

Een dergelijk model bestaat altijd uit zwarte dozen waarvan je moet weten wat ze doen, maar niet per sé hoe ze hun werk doen. Als je wilt weten hoe zo'n zwarte doos werkt moet je hem open maken. Of, zoals sommigen zeggen, er een glazen doos van maken.

Bijvoorbeeld, een bekende manier om de werking van de centrale machine uit te leggen wordt ondersteund door de glazen doos, die natuurlijk weer uit nieuwe onderling communicerende zwarte dozen bestaat (schema 3).



Schema 3

Dergelijke modellen zijn altijd idealisering van de werkelijkheid. Bijvoorbeeld, in de modellen voor een microcomputersysteem en een centrale machine zijn de besturingssignalen, die nodig zijn om de gegevensstromen gecoördineerd te laten verlopen, weggelaten. Het zijn juist de idealisering, het afzien van details die minder relevant zijn, die er voor zorgen dat modellen overzichtelijk worden en dus hanteerbaar worden als middel om over complexe systemen na te denken.

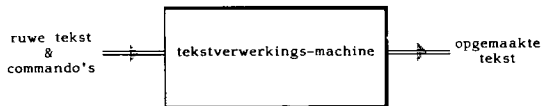
De gebruiker van computertoepassingen, zoals tekstverwerking en administratie, heeft niet veel aan de modellen op de vorige pagina als hij zou willen begrijpen wat hij aan het doen is. Want dat model is volledig gericht op de apparatuurlaan van het geheel.

Daarom wordt nu een model ontwikkeld dat naar de werking van een computersysteem kijkt vanuit het gezichtspunt van de programmeergebruiker.

2 Een computer(systeem) model voor gebruikers

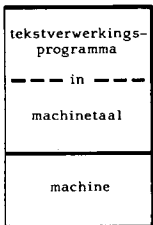
Voorbeeld 1: het computersysteem werkt als tekstverwerkingsmachine.

Een eenvoudig model voor deze situatie is (schema 4):



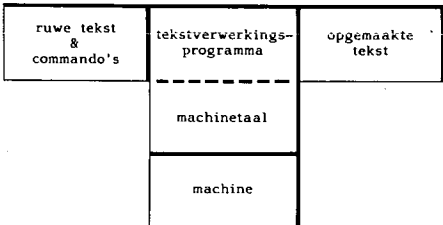
Schema 4

Als je iets meer wilt weten over de werking van de tekstverwerkingsmachine, dan moet je de bijbehorende zwarte doos open maken (zie noot 0 en schema 5).



Schema 5

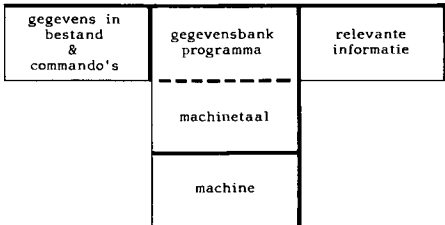
Als voorbeeld kan bij een tekstverwerkingsprogramma gedacht worden aan Wordstar, terwijl de machine bijvoorbeeld een Philips P2500 onder CP/M is. Op dit nivo is het volledige model van het computersysteem als tekstverwerkingsmachine dus als volgt (op een formelere manier) te tekenen (schema 6).



Schema 6

Voorbeeld 2: het computersysteem werkt als gegevensbankmachine

Volledig analoog aan het model voor de tekstverwerkingsmachine is het model te tekenen in schema 7.

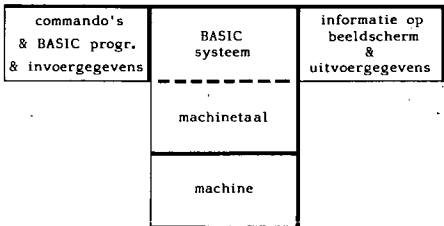


Schema 7

Als voorbeeld kan bij een gegevensbankprogramma gedacht worden aan Dbase II, terwijl de machine bijvoorbeeld een Aster CT-80 onder CP/M is.

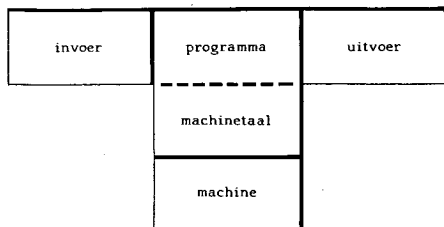
Voorbeeld 3: het computersysteem werkt als een BASIC systeem

Ook dit model is weer volledig analoog. Toch is het goed om je te realiseren dat de invoer voor het BASIC systeem uit commando's, het BASIC programma, en de bijbehorende invoergegevens van het BASIC programma, ook nog uit andere informatie op het beeldscherm (schema 8).



Schema 8

Het gezicht van een computersysteem wordt bepaald door het programma dat actief is. Een model voor het zicht, dat de gebruiker van dat programma op de situatie heeft, is schema 9.



Schema 9

De programma's kunnen zowel *applikatie programma's* (bijvoorbeeld Wordstar of Dbase II) als *systeemprogramma's* zijn (bijvoorbeeld een BASIC vertolker). Die programma's zijn beschikbaar in de *machinetaal*, die door de *machine* vertolkt wordt tijdens uitvoering van het programma.

Vertolken betekent: instructies of opdrachten één voor één interpreteren en uitvoeren.

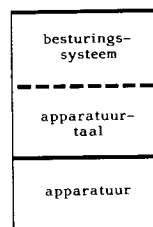
Die machinetaal is in het algemeen opgebouwd uit 2 soorten componenten:

- 1 Instructies die zonder meer door de centrale machine uitgevoerd kunnen worden: de zogenaamde '*gewone machinetaalinstructies*'.
- 2 Instructies die niet zonder meer door de centrale machine uitgevoerd kunnen worden: de zogenaamde '*toegevoegde machinetaalinstructies*'.

De gewone machinetaalinstructies zijn de instructies die uitsluitend betrekking hebben op de mogelijkheden, geboden door microprocessor en intern geheugen: transport van gegevens tussen microprocessor en intern geheugen, optellen van 2 getallen, enz. De toegevoegde machinetaalinstructies zijn met name de instructies die het contact tussen de centrale machine en andere apparatuur regelen: transport van gegevens tussen intern geheugen en extern geheugen, het coördineren van de behoeften van meer dan één gebruiker (bij zogenaamde meergebruikers-systemen en tijd-deling-systemen), enz. De machine bestaat dus noodzakelijkerwijs uit apparatuur die van een bovenlaag voorzien wordt (versuikerd wordt) via een systeemprogramma, dat de toegevoegde machinetaalinstructies zodanig vertolkt dat die instructies wel direct door de apparatuur uitgevoerd kunnen worden. Een dergelijk programma heet een *besturingssysteem* (Eng. operating system). Andere in Nederland gebruikelijke namen zijn bedrijfssysteem en (apparatuur) beheerssysteem. Het door Samson uitgegeven

'*Lexicon Informatica*' gebruikt de term besturings-programmatuur.

Als de zwarte doos 'machine' dus verder open-gemaakt wordt krijgen we het beeld van schema 10, dat geldig is voor microcomputers: het besturings-systeem is beschikbaar in de *apparatuurtaal*. Die apparatuurtaal is uitsluitend opgebouwd uit gewone machinetaalinstructies. Het besturingssysteem kan dus vertolkt worden door de apparatuur. Voorbeelden van besturingssystemen zijn CP/M en NewDOS. Een ander voorbeeld is het UCSD-p systeem, waarvan versies voor meerdere microprocessors beschikbaar zijn.

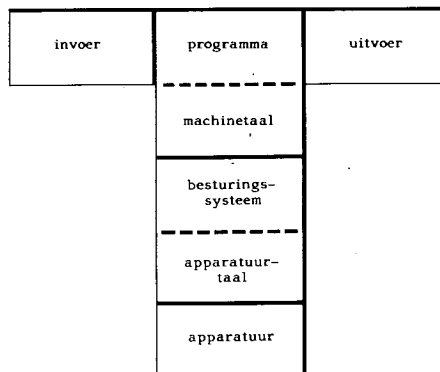


Schema 10

Dit beeld is niet correct voor sommige grotere soorten computersystemen, zoals main-frames (zeg maar maxicomputers) en super minicomputers. Voor dergelijke computersystemen is nog een laag tussen het besturingssysteem en de apparatuur ingebouwd, het zogenaamde microprogramme-ringsnivo. Daar dit in het kader van deze tekst geen wezenlijke uitbreiding is, wordt hier verder geen aandacht aan geschonken.

In het vervolg geldt een automatische beperking tot microcomputers.

Een vollediger beeld van de situatie bij een actief programma is dus schema 11.



Schema 11

Dat plaatje wordt als volgt gelezen:

Het programma is beschikbaar in machinetaal. Elke instructie uit de machinetaal wordt vertolkt door het besturingssysteem (naar één of meer gewone machinetaal instructies, die vervolgens uitgevoerd worden). Het besturingssysteem is beschikbaar in apparaatuurtaal, en wordt dus direkt vertolkt door de apparatuur.

Kortweg: *De vertolking van het programma wordt gestuurd door de vertolking van het besturingssysteem.*

In de praktijk kan men varianten van dit model vinden, waarbij de apparatuur direkter toegang heeft tot de gewone machinetaalinstructies uit de machinetaal. Dit zijn echter verfijningen, die niet van belang zijn voor het globale beeld.

Uit dit model valt te begrijpen dat tijdens de vertolking van een gebruikersprogramma ook altijd (een deel van) het besturingssysteem in het interne geheugen aanwezig moet zijn.

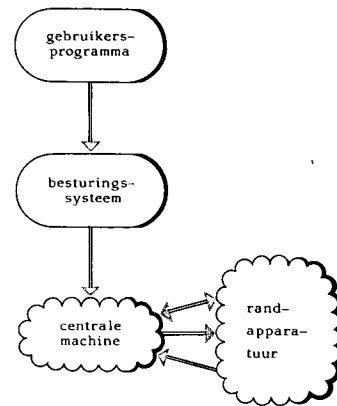
3 Besturingssystemen voor microcomputersystemen

De besturingssystemen voor microcomputersystemen hebben als voornaamste component een verzameling programma's, die gebruikt kunnen worden t.b.v. het beheer van de randapparatuur en de bijbehorende informatiedragers.

Voor de uitvoering van deze beheerstaken kan het besturingssysteem vaak gebruik maken van speciale apparatuurcomponenten zoals 'videochips' en 'disk controllers'.

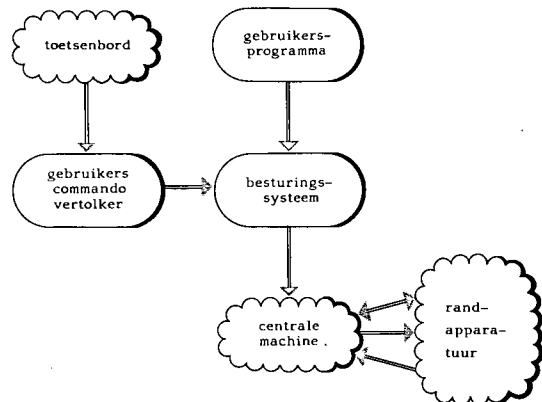
Bijvoorbeeld, een programma kan via toegevoegde machine-instructies aan het besturingssysteem vragen om een verzameling gegevens vast te leggen op een flexibele schijf, of om een stuk programma-uitvoer naar beeldscherm of afdrukeenheid te transporteren (schema 12).

Naast programma's willen ook gebruikers rechtstreeks, via het beeldscherm, met besturingssysteem kunnen praten, bijvoorbeeld om programma's te kunnen laden in het interne geheugen, of om programma's te kunnen opslaan op een extern geheugen. Vandaar dat de meeste computers een extra systeemprogramma kennen, dat in staat is



Schema 12

om opdrachten van gebruikers aan het besturingssysteem te vertalen naar gewone en toegevoegde machinetaalinstructies die het besturingssysteem kan uitvoeren. Zo's systeemprogramma heet een *gebruikers commando vertolker* (schema 13).



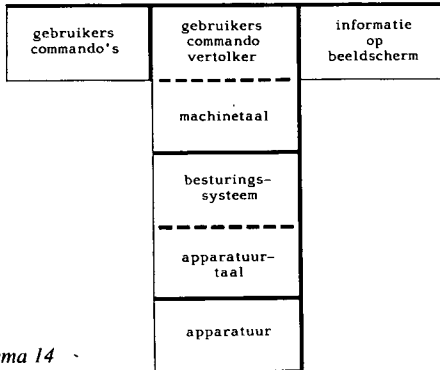
Schema 13

(Voor de goede orde: het is onmogelijk, dat zowel een gebruiker als een gebruikersprogramma tegelijkertijd het besturingssysteem voeden).

In veel literatuur wordt de gebruikers commando vertolker als een integraal deel van het besturingssysteem beschouwd. Het is om didactische redenen dat dit systeemprogramma afgesplitst is. Op grotere computers kunnen die gebruikers commando vertolkers overigens erg uitgebreid zijn en zelfs programmeerbaar. Dat leidt tot programmeerbare besturingssystemen, die gebruikt kunnen worden om het *kontakvlak* (Eng. *interface*) tussen mens en

machine voor verschillende soorten gebruikers op maat te snijden.

Als een microcomputer na opstarten wacht op de eerste invoer vanaf het toetsenbord, dan is het actieve programma meestal de gebruikers commando vertolker. Vaak zal de gebruiker ook naar die toestand terugkeren om nieuwe toepassingsprogramma's te kiezen. Die toestand wordt geïllustreerd door het volgende plaatje (schema 14).



Schema 14

Er zijn microcomputers, zoals de Philips P2000T, die na opstarten meteen 'in BASIC zitten'. In die gevallen is het besturingssysteem een deel van het BASIC-systeem, terwijl de gebruikers commando vertolker zich manifesteert als de gewone commandotoestand van BASIC.

Het besturingssysteem, inclusief de gebruikers commando vertolker, is het belangrijkste stuk systeemprogrammatuur dat bij een computersysteem hoort. Vrijwel altijd wordt het meegeleverd door de computersysteem-leverancier. Het besturingssysteem kun je beschouwen als de kern, waar alle overige systeemprogramma's (en gebruikersprogramma's) mee praten. Naast het besturingssysteem worden nog 2 grote categorieën systeemprogrammatuur onderscheiden: de programmeertaal verwerkers en de hulpprogramma's. In deze tekst worden de hulpprogramma's niet verder besproken.

4 Programmeertaal verwerkers

Als het even vermeden kan worden zul je liever niet in machinetaal programmeren. Machinetaal is een zogenaamde *laag-nivo taal*, een taal die dicht bij de machineprocessen staat en ver van de menselijke

denkprocessen afstaat. Tenzij het je hobby is, zul je bij voorkeur programmeren in een *hoog-nivo taal*, een taal die dicht bij de menselijke denkprocessen staat en (dus) ver van de machineprocessen afstaat. Voorbeelden van hoog-nivo talen, min of meer geschikt voor het programmeren van algemene toepassingen, zijn FORTRAN, ALGOL 60, PASCAL, ADA. Ook zijn er hoog-nivo talen die voor het programmeren van specifieke soorten toepassingen ontworpen zijn: talen om administratieve verwerking te programmeren (bijv. COBOL), talen waarmee getracht wordt lessen te programmeren: zogenaamde auteurs talen (bijv. PILOT), talen waarmee robots bestuurd worden (bijv. MAL), talen die kunstmatig intelligente machines trachten te maken (bijv. PROLOG).

Het feit dat (hoog-nivo) programmeertalen niet dicht bij de machine staan, introduceert het probleem om een programma, geformuleerd in zo'n programmeertaal, uitgevoerd te krijgen door een machine die uitsluitend machinetaal kan vertolken.

Dit probleem wordt opgelost door het gebruik van systeemprogramma's die *programmeertaalverwerkers* heten. Programmeertaalverwerkers worden onderscheiden in 2 verschillende categorieën: *vertolkers* en *vertalers*.

a Vertolkers

Vertolkers zijn systeemprogramma's waar vrijwel elke microcomputergebruiker mee bekend is in de vorm van een BASIC vertolker, die je aan het werk zet door RUN gevolgd door een overgang op een nieuwe regel in te tikken. In de voorgaande paragrafen is nog een belangrijke andere vertolker geïntroduceerd: het besturingssysteem dat machinetaal vertolkt.

Vertolkers zijn systeemprogramma's die een taal vastleggen, namelijk de taal die door die vertolker begrepen kan worden. Het karakteristieke van vertolkers is dat ze trachten een programma, geschreven in 'hun taal', opdracht na opdracht te begrijpen en daarna meteen uit te voeren.

Bijvoorbeeld, als dat programma een zogenaamde lus bevat die 1000 keer uitgevoerd moet worden, dan zal de vertolker trachten die te herhalen instructies elk van die 1000 keren opnieuw te begrijpen en uit te voeren.

Als het nivo van de taal redelijk hoog is, kunnen die

programma's erg kort zijn. Bijvoorbeeld, een gebruikers commando vertolker vertolkt steeds programma's van één regel.

Sommige toepassingsprogrammatuur kun je beschouwen als vertolkers die een taal vastleggen. Bij tekstverwerkers is dat bijvoorbeeld heel duidelijk zo.

Communicatie met een tekstverwerker gaat via een serie commando's (het programma dat vertolkt wordt) afgewisseld met letterlijke tekst (de invoer voor het programma dat vertolkt wordt).

Aan het einde van paragraaf 2 is een belangrijke eigenschap van vertolkers aan de orde geweest: een vertolking op hoger nivo wordt eigenlijk altijd gestuurd door een vertolking op lager nivo (in laatste instantie een vertolking op lager nivo door de apparatuur).

In principe is er geen limiet aan het aantal nivo's dat bij vertolking mogelijk is. Alleen zal de introductie van erg veel vertolkingsnivo's de snelheid van de verwerking van gegevens (van het hoogste nivo) niet ten goede komen.

Als de te vertolken taal niet al te ingewikkeld is, valt dat snelheidsverlies in de praktijk wel mee.

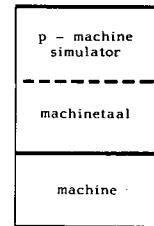
Een bekend voorbeeld hiervan wordt gevonden bij het UCSD-p besturingssysteem, dat op zeer vele microcomputers beschikbaar is. Dit laatste is niet voor niets zo: het is juist dat extra vertolkingsnivo dat het systeem zo overdraagbaar maakt. Dit voorbeeld wordt nu iets verder uitgewerkt.

Het UCSD-p besturingssysteem berust op de volgende gedachte. Bedenk op papier een centrale machine zoals je zou willen dat 'ie er in het echt uit zag (maar wel met dezelfde basisideeën als een echte centrale machine): de p-machine.

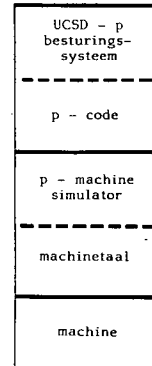
Net zoals een echte centrale machine legt de p-machine een taal van elementaire instructies vast: de p-code.

Vervolgens wordt de p-machine werkelijkheid door op verschillende echte microcomputers een vertolker voor p-code te maken. Die vertolkers moeten beschikbaar zijn in de machinetaal van de verschillende microcomputers. Een dergelijk programma heet netjes een p-machine simulator. Zo ontstaat de volgende situatie (schema 15).

Het UCSD-p besturingssysteem is beschikbaar in p-code, en kan derhalve door elke p-machine simulator vertolkt worden (schema 16).



Schema 15



Schema 16

Net zoals op de echte machine het besturingssysteem een uitgebreide versie van de apparatuurtaal definieert (de machinetaal), wordt door het UCSD-p besturingssysteem een uitgebreide versie van de p-code vastgelegd: de p-besturingstaal.

Het UCSD-p besturingssysteem bevat ook een gebruikers commando vertolker kent. Die gebruikers commando vertolker is natuurlijk ook in de p-besturingstaal beschikbaar.

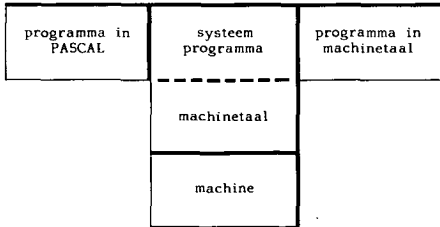
Omdat het veel eenvoudiger is om voor een nieuwe microcomputer een p-machine simulator te programmeren dan een nieuw UCSD-p besturingssysteem, is hiermee de *overdraagbaarheid* van het UCSD-p besturingssysteem een feit. Wel boet je voor de extra vertolkingsnivo's in de vorm van snelheidsverlies, maar via allerlei optimalisaties in het ontwerp van de p-machine simulator valt dat in de praktijk best wel mee.

b Vertalers

Programmeertalen van laag nivo laten zich met minder middelen vertolken dan programmeertalen van hoog nivo. Dat verklaart waarom op de meeste microcomputersystemen wel een BASIC-vertolker maar geen PASCAL-vertolker draait. Om een

programma, geschreven in de taal PASCAL, op een machine te laten uitvoeren, moet het eerst vertaald worden naar de betreffende machinetaal.

Die vertaling zou rechtstreeks uitgevoerd kunnen worden door een systeemprogramma (schema 17).

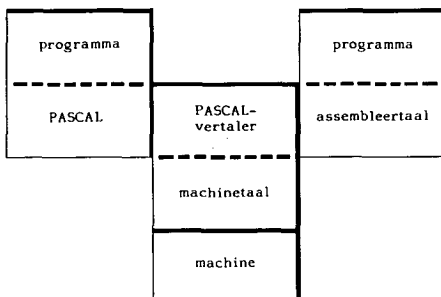


Schema 17

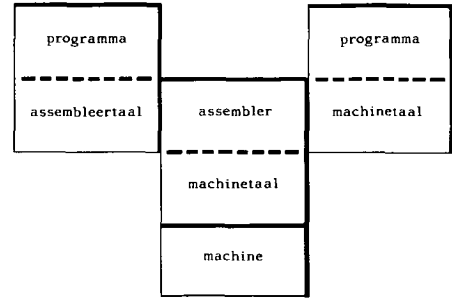
Er zijn echter allerlei redenen om een dergelijke vertaling in het algemeen in 2 stappen te doen verlopen. Het gevolg is dan dat je een taalnivo tussen PASCAL en machinetaal nodig hebt, als uitvoer van de eerste stap en invoer voor de tweede stap. Een natuurlijke keuze voor een dergelijke taal is de *assembleertaal*, die op vrijwel alle microcomputersystemen aanwezig is. Aan assembleertaal kun je denken als aan een wat leesbaarder versie van machinetaal.

Een systeemprogramma dat een PASCAL-programma vertaalt naar een assembleertaal programma heet een PASCAL *vertaler* (naar assembleertaal). Een systeemprogramma dat een assembleertaal programma vertaalt naar machinetaal heet een assembleertaal *vertaler* (naar machinetaal). Die assembleertaal vertaler (naar machinetaal) wordt meestal kortweg aangeduid met het Engelse woord *assembler*.

De tweestaps vertaling kan als volgt weergegeven worden (schema 18, 19).

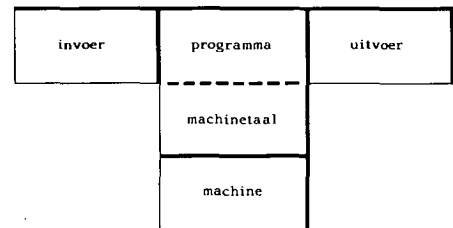


Schema 18



Schema 19

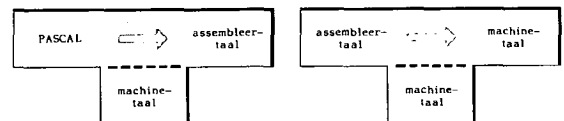
Als een derde stap kan nu het programma in machinetaal door de machine vertolkt worden (schema 20).



Schema 20

Als gebruiker hoeft je die drie stappen niet per sé te merken. Bij veel systemen gaan de verschillende stappen geruisloos in elkaar over als het programma in PASCAL geen fouten bevat.

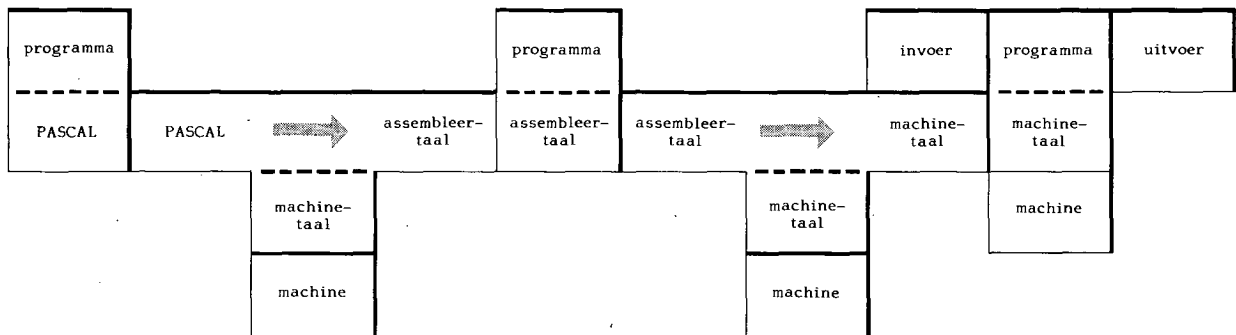
Voor vertalers is een apart symbool in omloop, het zogenaamde T-diagram. In schema 21 staan de T-diagrammen voor een PASCAL-vertaler en een assembler.



Schema 21

Met behulp van T-diagrammen is het gehele driestapsproces kompakt weer te geven. Zie hiervoor schema 22.

Het UCSD-p besturingssysteem kan behuizing bieden aan vele vertalers voor programmeertalen. Het bekendste is het geval van PASCAL, bekend

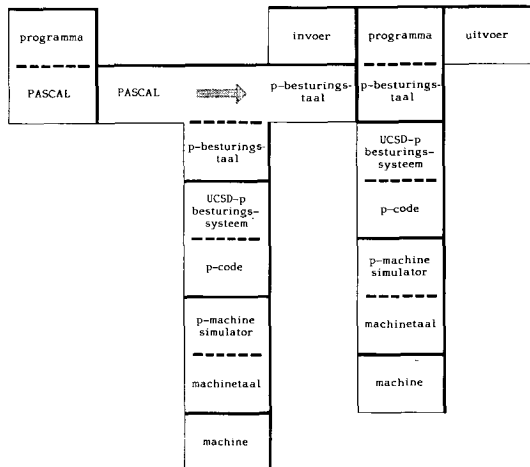


Schema 22

als de UCSD-PASCAL vertaler. Deze vertaler is beschikbaar in p-besturingstaal, en dus probleemloos overdraagbaar naar elke machine met een p-machine simulator en een UCSD-p besturingssysteem.

De UCSD-PASCAL vertaler vertaalt (uiteraard) naar p-besturingstaal en de resulterende vertaalde programma's zijn dan uitvoerbaar op elke machine met een p-machine simulator en een UCSD-p besturingssysteem.

In schema 23 staat een kompakte weergave van het tot uitvoer brengen van een PASCAL programma m.b.v. het UCSD-p besturingssysteem.



Schema 23

5 Uiteenrafelen van zwarte dozen

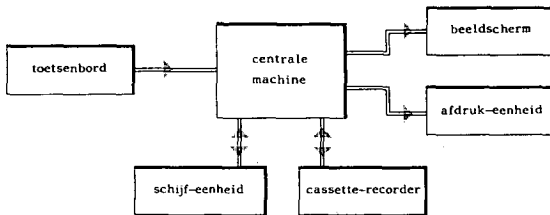
In de voorgaande paragrafen is kennis gemaakt met aspecten van wat in vakjargon *machine-architectuur* heet. De tijd is nu gekomen om een wat algemenere omschrijving van dit begrip te geven. Daartoe wordt een analogie met de bouwkunde gebruikt.

Een gebouw heeft, naast economische, vooral architectonische en technische aspecten. Je kunt de architectuur van een gebouw omschrijven als het ontwerp op basis van de behoeften van de gebruikers. In sommige behoeften kan op grond van economische of technische motieven niet voorzien worden. Maar heeft men een dergelijk ontwerp, dan is de technische kant van het gebouw toch vooral te omschrijven als de realisering van dat ontwerp.

Zo ligt het ook met geautomatiseerde systemen. De architectuur is feitelijk het zicht dat een gebruiker, of algemener: een mens, op het systeem heeft. Gebruikers met verschillende behoeften kunnen dan ook verschillende architecturen zien. De realisering van een voorgegeven architectuur is weer een technische zaak.

Een goed voorbeeld wordt gevormd door de twee verschillende modellen, die in de voorgaande paragrafen aan de orde kwamen om de fundamentele werking van een microcomputersysteem te beschrijven: het *apparatuur model* en *programmatuur model*.

Apparatuurmodel (schema 24).



Schema 24

Beide modellen zijn correct en beschrijven totaal verschillende manieren om naar een microcomputersysteem te kijken. Het apparatuurmodel beschrijft hoe de gegevens door de apparatuur heen stromen, het programmatuurmodel beschrijft hoe het gezicht van het microcomputersysteem naar de gebruiker toe vorm krijgt.

In grote gebouwen, zoals bijvoorbeeld het winkelcentrum Hoog Catharijne in Utrecht, is het nogal moeilijk om zicht op het geheel te krijgen: binnen de totale architectuur zijn weer allerlei subarchitecturen (bijv. winkelstraten) en subsubarchitecturen (bijv. restaurants) te ontdekken. Zo ligt het ook met geautomatiseerde systemen: binnen de totale architectuur zijn vele nivo's van subarchitecturen aan te wijzen.

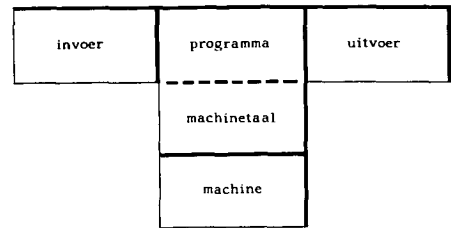
Als voorbeeld gaan we wat preciezer naar aspecten van het apparatuurmodel en het programmatuurmodel kijken.

Het apparatuurmodel is eigenlijk een opengemaakte zwarte doos met de naam: microcomputer-apparatuur. Met nadruk op het woord 'een'. Want de keuze van de zwarte doos, waarin de glazen doos microcomputerapparatuur uiteengerafeld is, heeft een enigszins willekeurig karakter. Een centrale machine met één invoerapparaat en één uitvoerapparaat is het minste wat je nodig hebt.

Een schrijfgeheugen is eigenlijk noodzakelijk, maar een cassetterecorder kan ook. Voor lang niet alle toepassingen is een afdrukeenheid nodig.

We gaan nu een stapje verder en openen één van de nieuwe zwarte doos (die we daardoor tot glazen doos verklaren). Als voorbeeld wordt de centrale machine van het oorspronkelijke apparatuurmodel gekozen (schema 26).

Programmatuurmodel (schema 25).



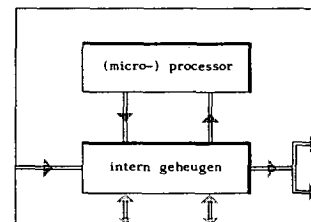
Schema 25

De centrale machine bestaat hier dus uit 2 subarchitecturen, de (micro-)processor en het intern geheugen, die verbonden worden door gegevenskanalen: Als je de zwarte doos (micro-)processor weer open maakt, dan zie je bijvoorbeeld de volgende 3 subarchitecturen (schema 27).

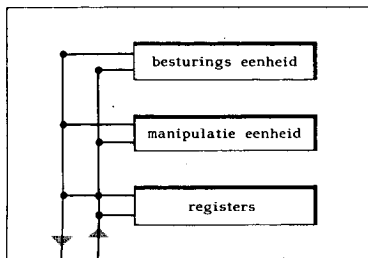
In het kort beschrijven we de functies van deze nieuwe zwarte doos. De *besturingseenheid* (Eng. Control Unit) zorgt voor het afwerken van de programma's. De *manipulatie eenheid* (Eng. Arithmetic-Logic Unit (ALU)) verzorgt de rekenfuncties (zoals optelling) en logische functies (zoals testen of een geheugenplaats nul bevat). Beide eenheden hebben een beperkt aantal snel toegankelijke geheugenplaatsen nodig die *registers* (Eng. registers) heten.

Ook in het programmatuurmodel kun je subarchitecturen en subsubarchitecturen onderscheiden. Neem bijvoorbeeld een microcomputersysteem dat zich als een MBASIC (zie noot 1) systeem gedraagt (schema 28).

Als gebruiker van het MBASIC systeem merk je al gauw dat dit programma 4 verschillende gezichten kan laten zien:



Schema 26

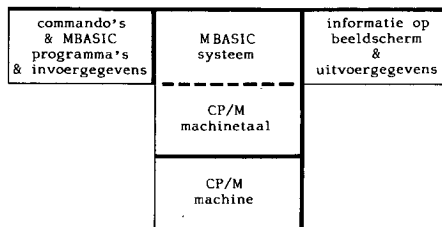


Schema 27

- 1 de *gewone commandotoestand*, waarin je via het intikken van commando's informatie opvraagt (bijvoorbeeld de programmatekst in het interne geheugen), en acties uitvoert (bijvoorbeeld het opbergen van een programmatekst op een extern geheugen, of het uitvoeren van de overgang naar een van de drie andere toestanden).
- 2 de *programmatoestand*, waarin het gebruikersprogramma in het interne geheugen door de MBASIC vertolker afgewerkt wordt; tijdens die afwerking moet je vaak invoergegevens intikken of vanaf een schijfgeheugen inlezen, terwijl meestal uitvoergegevens óf naar het beeldscherm óf naar een schijfgeheugen getransporteerd worden.
- 3 de *intiktoestand*, waarin gehele programmaregels vanaf het toetsenbord ingetikt worden in het intern geheugen (met één echo naar het beeldscherm) en via een tik op de RETURN-toets (of een equivalente toets) bevestigd worden.
- 4 de *regelbewerkingtoestand*, waarin op een bestaande programmaregel wijzigingen aangebracht kunnen worden via het intikken van een mengsel van wijzigcommando's en correcties.

Die gezichten, of netter: toestanden, van het MBASIC systeem zijn feitelijk weer subarchitecturen binnen het MBASIC systeem. We kunnen de zwarte doos MBASIC systeem dus weer uiteenrafelen in nieuwe zwarte dozen, op dezelfde manier als dat bij het apparaatmodel gebeurde (zie noot 2).

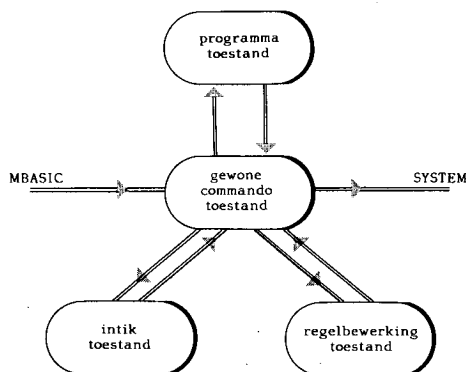
Je moet je wel goed realiseren dat dit plaatje (schema 29) een model is om een nogal complexe situatie weer te geven. Het is mogelijk, maar niet noodzakelijk, dat de verschillende systeemtoestanden een gemeenschappelijke invoerlijn voor bijvoorbeeld commando's hebben. De bedoeling van



Schema 28

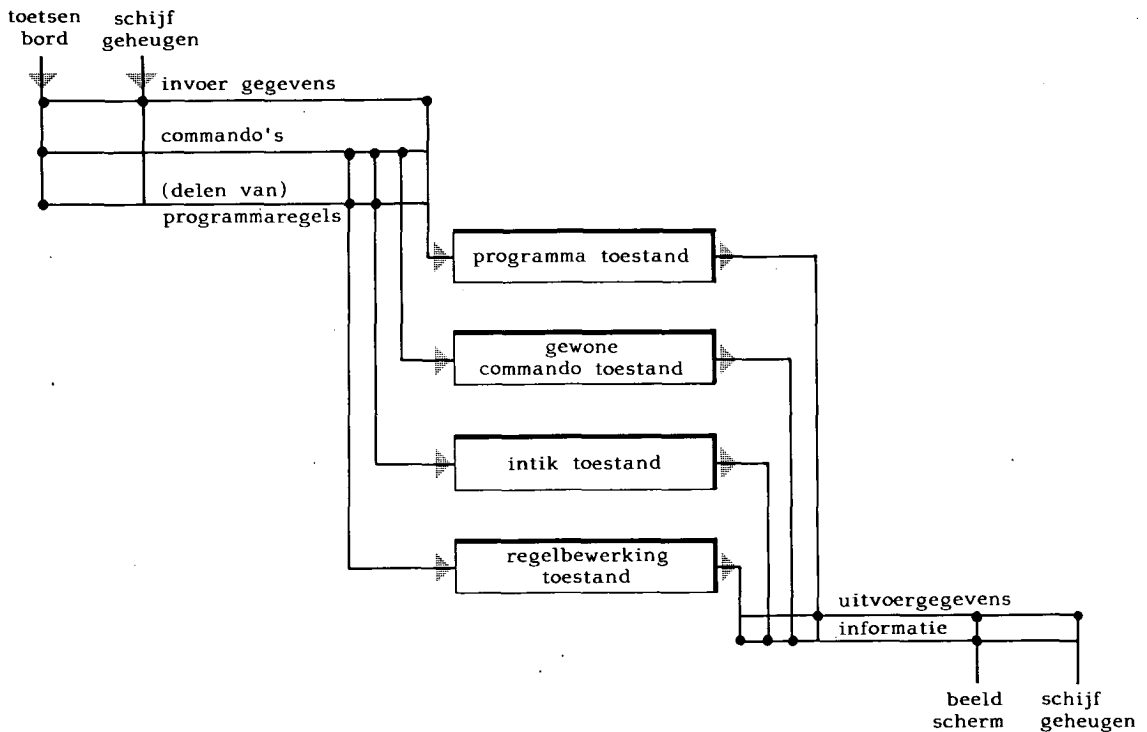
dit model is uitsluitend om aan te geven wat de invoer en uitvoer van de verschillende systeemtoestanden is.

Omdat die 4 verschillende toestanden met elkaar geïntegreerd zijn binnen het MBASIC systeem, is het interessant te weten hoe je van de ene toestand in de andere komt. Die informatie kun je weergeven in een *toestandsovergang diagram* (zie noot 3 en schema 30).

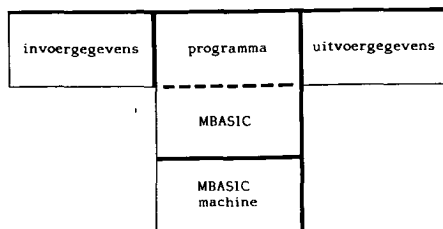


Schema 30

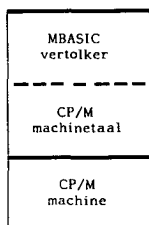
Elk van die 4 toestanden is op zich een volledig programma. Bijvoorbeeld, de gewone commando toestand is eigenlijk de gebruikers commando vertolker van het MBASIC systeem. En de programmatoestand is niets anders dan de MBASIC vertolker die actief gemaakt wordt om het gebruikersprogramma actief te maken. Deze situatie geven we nog even apart weer om hiermee de MBASIC machine te introduceren (schema 31), waarbij de MBASIC machine uiteraard als volgt uiteengerafeld wordt (schema 32).



Schema 29

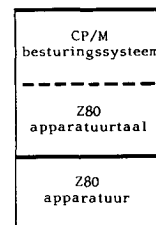


Schema 31



Schema 32

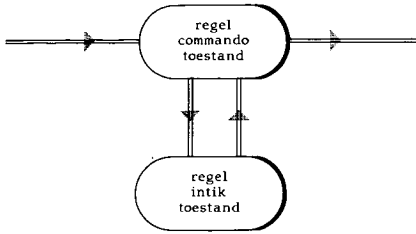
Voor de duidelijkheid wordt ook de CP/M machine in zijn twee subarchitecturen gesplitst (Z80 is de naam van de benodigde microprocessor) (schema 33).



Schema 33

- De regelbewerkingtoestand kent ook 2 gezichten:
- 1 de *regel commando toestand*, waarin je via het intikken van commando's acties uitvoert op de huidige programmeerregel (zoals het verschuiven van de tekenwijzer of het verwijderen van een aantal tekens).
 - 2 de *regel intik toestand*, waarin een aantal tekens vanaf de tekenwijzer ingetikt kunnen worden.

Deze toestanden zijn dus weer subarchitecturen van de regelbewerkingtoestand. Hieronder staat het toestandovergang diagram van de glazen doos regelbewerkingtoestand (zie noot 3 en schema 34).



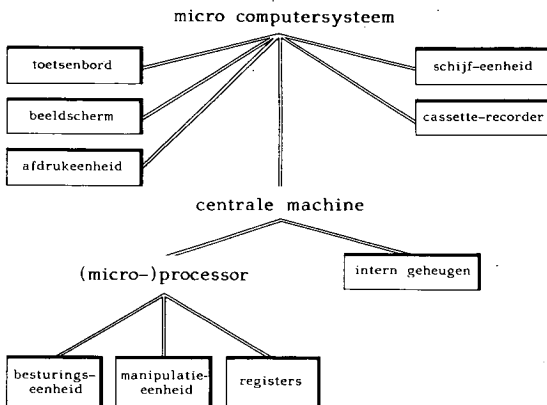
Schema 34

Ook voor glazen dozen bestaande uit apparaaturo-componenten met communicatiekanalen kun je dit soort toestandovergang diagrammen tekenen. Dit gebeurt hier niet omdat daarvoor dieper in de apparatuuraspekten gedoken moet worden dan noodzakelijk is.

Hopelijk is uit deze voorbeelden gebleken dat machine-architectuur een relatief begrip is.

Een machine-architectuur beschrijft voor een bepaalde mens een hiërarchie van communicerende glazen dozen, die altijd eindigen in zwarte dozen: de subarchitecturen waarvan deze mens verder niet wil of kan weten hoe ze werken.

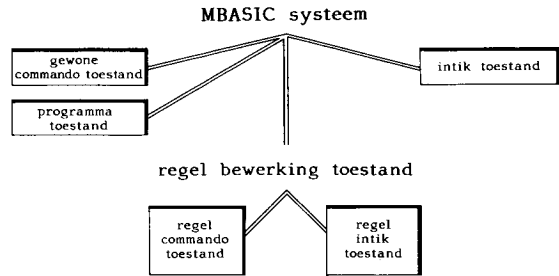
Bijvoorbeeld, het apparaatuurmodel voor een microcomputersysteem is in deze paragraaf in de volgende glazen en zwarte dozen uiteengegafeld (schema 35).



Schema 35

De bladeren in de omgekeerde boomstructuur (schema 35) zijn door rechthoeken omgeven, en stellen de zwarte dozen voor. De overige vertakingspunten zijn de glazen dozen. De communicatie tussen de dozen kan in een dergelijke boomstructuur niet weergegeven worden.

Het MBASIC systeem, dat in deze paragraaf aan de orde is geweest, kan ook in dozen uiteengegafeld worden (schema 36).



Schema 36

In deze paragraaf is een visie op machine-architectuur ontwikkeld. Een machine-architectuur is in deze visie een hiërarchisch bouwwerk van onderling communicerende glazen en zwarte dozen. Deze visie heeft een tweetal grote voordelen:

- 1 De verschijningsvormen van geautomatiseerde systemen zijn zeer verscheiden. En meestal denkt men daarbij alleen aan de apparatuurkant en vergeet men de programmatuurkant. De hierbij ontwikkelde visie op machine-architectuur is een consistent middel om te abstraheren van de toevallig in de omgeving aanwezige computers en programma's.
- 2 Via de hier ontwikkelde visie op de machine-architectuur kan het bestuderen van aspecten van apparatuur, programmatuur (inclusief programmeeronderwijs), en gegevens (inclusief informatie-leer) gebeuren vanuit één gezichtspunt.

Dit is niet de plek om alle claims uit beide punten waar te maken.

Het is waarschijnlijk dat in een nog in te voeren bovenbouwvak informatica machinearchitectuur onderwezen zal worden op basis van de hier ontwikkelde visie. Daarom is het noodzakelijk dat (wiskunde-)leraren iets van de opzet van het onderdeel machinearchitectuur weten.

6 Het onderdeel machine-architectuur binnen burgerinformatica

Een samenvatting van het onderdeel machine-architectuur binnen burgerinformatica, zoals het in een aantal rapporten (zie noot 4) is beschreven, kan als volgt luiden:

De centrale doelstelling is:

Leerlingen ontwikkelen redelijke denkmodellen die tot gevolg hebben dat zij adequaat kunnen omgaan met en denken over geprogrammeerde systemen. Systematische toepassing van 'zwarte dozen' en 'glazen dozen' is hierbij de voor de hand liggende methodiek om de complexiteit van geprogrammeerde systemen beheersbaar te houden.

Bijbehorende leerstof, die in ieder geval aan de orde moet komen, is:

- 1 Functionele beschrijvingen van programmeerbare systemen op basis van direkt zichtbare of direkt ervaarbare apparatuurcomponenten, die leidt tot abstrakties zoals invoerapparaat, uitvoerapparaat, centrale machine, extern geheugen, gegevenstransport, processor en intern geheugen.
- 2 Functionele beschrijving van programmeerbare systemen op basis van direkt waarneembare programmatuurcomponenten, die leidt tot de abstrakties invoer, uitvoer, programma, en tot inzicht hoe programma's met elkaar kunnen samenwerken.
- 3 Gebruik van zwarte dozen als manier om begrip-pen, zoals genoemd onder 1) en 2), te ontwikkelen en afhankelijk van de belangstelling van leerlingen verder uit te diepen. Deze door het vak gemotiveerde didactische keuze is dus tevens leerstof!

Daarnaast kan men denken aan leerstof zoals:

- 4 De gelaagde structuur van verschillende geprogrammeerde systemen.
- 5 De samenwerking tussen apparatuur en programmatuur tijdens het uitvoeren van een programma.
- 6 Ontwikkelen van eenvoudige, praktisch realiseerbare elektrische modellen voor fundamentele elektronische componenten (bijvoorbeeld een optel-machine als model voor een processor en een onthoudmachine als model voor een geheugen-plaats in een intern geheugen).

De leerstofonderdelen 1) en 2) zijn beknopt aan de orde geweest in de vorm van het zogenaamde apparatuurmodel en programmatuurmodel.

Leerstofonderdeel 3) is benadrukt in de vorige paragraaf, maar slechts op één van de twee mogelijke manieren: het uiteenrafelen (netjes: analyseren) van zwarte dozen in termen van nieuwe samenstellende zwarte dozen. In vakjargon heet dit de *methode van de stapsgewijze analyse* oftewel de *top-down methode*.

Er is ook een andere, omgekeerde, manier om met zwarte dozen om te gaan: het bouwen (netjes: synthetiseren) van zwarte dozen in termen van voorgegeven zwarte dozen. In vakjargon heet dit de *methode van de stapsgewijze synthese* oftewel de *bottom-up methode*. Zowel de top-down methode als de bottom-up methode zijn als ontwikkelingsmethoden voor programmatuur redelijk uitvoerig besproken in het artikel 'Programmeren in de bovenbouw van het VO' door C. H. A. Koster en mijzelf in Euclides van mei 1984.

Het leerstofonderdeel 4) is in deze tekst aan de orde geweest via de zwarte dozen analyse van het programmatuurmodel. Het leerstofonderdeel 5) is vanwege het technische karakter niet in deze tekst aan de orde geweest.

Vermeldenswaard is dat bij Interstudie NLO een vrij volledige verzameling onderwijsleermateriaal t.b.v. leerstofonderdeel 6) ontwikkeld wordt. Op het moment dat dit geschreven wordt zijn de prototypes klaar. Belangstellenden kunnen contact opnemen met het Regionaal Onderwijs Centrum Interstudie, tel. 080-459955, tst. 221.

Na deze beschrijving van de leerstofonderdelen wordt deze paragraaf beëindigd met een stukje onderwijsfilosofie, dat achter de centrale doelstelling verborgen zit.

Het is van het grootste belang dat de specifieke apparatuur en programmatuur in de school gebruikt wordt voor de geleidelijke ontwikkeling van hiervan onafhankelijke abstrakties. Het sleutelbegrip om dergelijke abstrakties mee te beschrijven is het begrip *proces* (en daarvan afgeleide begrippen). Het in deze tekst geleidelijk aan geïntroduceerde begrip machine is een speciaal geval van het begrip proces.

De praktijk zal moeten leren of, en zo ja in hoeverre, dergelijke sleutelbegrippen kunnen gaan functioneren in (de verschillende nivo's van) de onder-

bouw. De leraar zal echter met deze begrippen om moeten kunnen gaan om een aantal redenen. Deze redenen kunnen direkt afgeleid worden uit de voordelen aan het eind van paragraaf 5.

In de genoemde rapporten wordt benadrukt dat waar mogelijk het bereiken van de centrale doelstelling via de genoemde leerstofonderdelen zoveel mogelijk dient te worden ingepast in kaders en thema's die aansluiten bij de beleavingswereld van de leerling. *Aparte lessen over machine-architectuur zullen tot de uitzonderingen moeten behoren. Maar een consistent gebruik van informele plaatjes en modellen binnen de verschillende thema's zou de regel moeten zijn.*

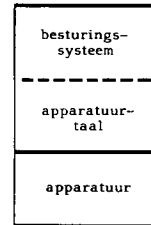
Het probleem is natuurlijk om een dergelijke integratie evenwichtig tot stand te brengen. Daartoe is het nodig om als leraar zicht te hebben op de zaken waar het werkelijk om draait, om als leraar de hoofdzaken van de bijzaken, en de toevalligheden van de structurele zaken, te kunnen onderscheiden. Deze tekst poogt met name een bijdrage aan dit laatste te leveren, maar is natuurlijk niet meer dan een eerste aanzet. Ook deze eerste aanzet is niet volledig zonder de nu volgende laatste paragraaf.

7 Fundamentele begrippen in relatie tot machine-architectuur

In paragraaf 5 is het begrip machine-architectuur aan de orde geweest. Langzamerhand moet er een beeld van het begrip 'machine' zijn ontstaan, alhoewel ook de termen 'geautomatiseerd systeem' en 'programmeerbaar systeem' als synoniemen zijn gebruikt. Het wordt tijd om dit centrale begrip eens iets beter te gaan bekijken.

Voor de meeste mensen heeft (binnen de kontekst van de informatica) het woord 'machine' ongeveer dezelfde betekenis als 'apparatuur'. In de eerste paragraaf is hier al van afgeweken. Het begrip machine werd daar omschreven als 'apparatuur', die versuikerd is door een besturingssysteem (schema 37).

Volgens deze terminologie is een machine dus een samenwerkend geheel van apparatuur en programmatuur. Een nadere precisering zorgt ervoor dat het gewone begrip 'machine', d.w.z. apparatuur, hier ook onder valt.



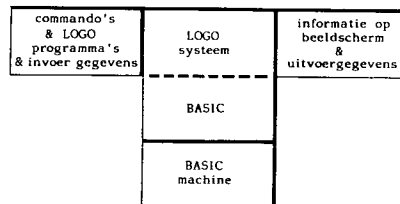
Schema 37

Een machine is een samenwerkend geheel van apparatuur en programmatuur. De bijdrage van de programmatuur mag echter afwezig zijn.

Een machine waarbij de programmatuurcomponent afwezig is heet een *echte machine* of *harde machine*. Een machine die met de buitenwereld communiceert via een programmatuurcomponent heet een *virtuele machine* of *zachte machine*. Het is overigens grotendeels een kwestie van smaak en economie om te beslissen welke zaken je in de apparatuur en welke zaken je in de programmatuur stopt.

Omdat het besturingssysteem met name de communicatie met de randapparatuur regelt, bestaat de echte machine slechts uit de centrale machine. Pas op het nivo van de bestuurde echte machine is het zinvol om randapparatuur aan de centrale machine te hangen.

Langzamerhand is hopelijk duidelijk geworden dat je nieuwe machines kunt maken door voort te bouwen op oude machines via vertolking. De p-machine is daar een goed voorbeeld van: je zet dan feitelijk een nieuwe centrale machine bovenop de combinatie-apparatuur met besturingssysteem. Er zijn echter legio andere voorbeelden, zoals een LOGO systeem geschreven in BASIC (schema 38).



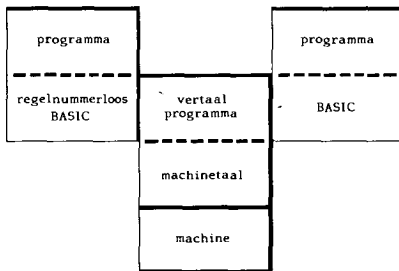
Schema 38

Hierbij is de BASIC machine een algemeen broertje van de concreet gedefinieerde MBASIC machine op pagina 318.

Het is ook mogelijk om bestaande machines meer diensten te laten verrichten door ze meer vormen van invoer te laten slikken. Dat kun je bereiken door een vertaalmachine te bouwen die de uitgebreidere vormen van invoer vertaalt naar de standaardvorm.

Stel bijvoorbeeld dat je die vervelende regelnummers van BASIC kwijt wilt: je wilt alléén maar nummers (of namen) opschrijven voor regels waarnaar gesprongen wordt. De taal die zo ontstaat heet regelnummerloos BASIC.

Vervolgens schrijf je een vertaalprogramma dat een programma in regelnummerloos BASIC vertaalt naar gewoon BASIC. Dit gewone BASIC programma kan daarna door de BASIC machine vertolkt worden (schema 39).



Schema 39

Merk op dat de 'machinetaal' en de 'machine' ongespecificeerd zijn. Het vertaalprogramma kan in bijv. CP/M machinetaal zijn geschreven en op een CP/M machine vertolkt worden, maar het kan ook in een BASIC geschreven zijn en door een BASIC machine vertolkt worden, enz.

Machines hebben een aantal karakteristieke eigenschappen. De belangrijkste zijn:

- M1 De akties van de machine kunnen tot gevolg hebben dat invoer geaccepteerd wordt en uitvoer geproduceerd wordt.

Bij een echte machine kan de invoer c.q. uitvoer beschreven worden als een opeenvolging van (een parallel getransporteerde) elementaire elektrische signalen. Bij virtuele machines blijven elektrische signalen de invoer en uitvoer dragen. Maar de patronen, volgens welke de invoer en uitvoer opgebouwd worden zijn veel complexer.

Bijvoorbeeld, de invoer voor een kale centrale machine kan omschreven worden via de definitie van apparaatuuraal (in de praktijk het microprocessor handboek), terwijl de invoer voor een BASIC machine omschreven moet worden via de taaldefinitie van BASIC (in de praktijk het bijgeleverde BASIC handboek).

- M2 Een machine werkt volgens een bepaald algoritme. Bij een echte machine zit dat algoritme letterlijk in de machine ingebakken (de zogenaamde 'fundamentele cyclus')⁵. Bij een virtuele machine is het algoritme, de programmatekst, beschikbaar in een taal die door de onderliggende machine begrepen kan worden.

- M3 De akties van de machine vinden plaats doordat het algoritme door de onderliggende machine vertolkt wordt.

Bij een echte machine is die onderliggende machine de (micro)-processor: het laagste nivo dat mogelijk is (zie noot 5). Bij een virtuele machine kan de onderliggende machine een echte machine zijn (in het geval van het besturingssysteem) of een andere virtuele machine (in het geval van een tekstverwerker of BASIC machine, die beide door de virtuele machine 'besturingssysteem' vertolkt worden).

- M4 Een machine bezit gestandariseerde aansluitpunten om met zijn omgeving te kunnen communiceren.

Er zijn aansluitpunten die uitsluitend voor de invoer van gegevens gebruikt worden (invoerpunt), aansluitpunten die uitsluitend voor de uitvoer van gegevens gebruikt worden (uitvoerpunt), en aansluitpunten die – overigens niet gelijktijdig – zowel voor invoer als voor uitvoer gebruikt kunnen worden (doorvoerpunt).

Bij echte machines ligt het gebruik van deze aansluitpunten voor de hand. Een invoerapparaat moet op een invoerpunt aangesloten worden, een uitvoerapparaat moet op een uitvoerpunt aangesloten worden. Een extern geheugen zal in het algemeen op een doorvoerpunt aangesloten worden.

Bij virtuele machines ligt het wat ingewikkelder. Er is altijd minstens één uitvoerpunt dat verbonden is met een invoerpunt van de onderliggende machine. Dat komt omdat het algoritme van de virtuele

machine voor de onderliggende machine beschikbaar moet zijn om te vertolken. Ook is er altijd minstens één invoerpunt, dat óf met de bovenliggende machine óf met de gebruiker communiceert. Dit soort aansluitpunten wordt vastgelegd door het algoritme van de virtuele machine. In het kader van deze tekst worden deze 'zachte aansluitpunten' niet preciezer omschreven.

M5 Een machine communiceert via zijn aansluitpunten op basis van vaste afspraken.

Als voorbeeld kiezen we een bestuurd echte machine: een centrale machine met randapparatuur die bestuurd wordt via een besturingssysteem. In die bestuurd echte machine draait een programma dat een serie tekens naar de afdrukeenheid wil sturen. Dat kan niet zo maar. Want als die afdrukeenheid niet in staat is om die serie tekens op te vangen, zijn die tekens daarna voorgoed verloren. De communicatie met de afdruk-eenheid berust dus op een afspraak, die als volgt zou kunnen luiden. Als de afdrukeenheid klaar is om (weer) nieuwe tekens af te drukken, wordt die informatie via een besturingssignaal naar de processor gezonden.

Op zijn beurt stelt de processor deze informatie ter beschikking aan het draaiende programma door in een bepaalde geheugenplaats een speciaal bitpatroon te plaatsen. Het programma blijft in een wachtlus hangen totdat in die bepaalde geheugenplaats dat speciale bitpatroon gevonden wordt. Pas daarna wordt de serie tekens naar de afdrukeenheid gezonden.

Bovenstaande vaste afspraak wordt vastgelegd als een stukje programma in het besturingssysteem. Bij eenvoudige microcomputersystemen is het besturingssysteem dan ook niet veel meer dan een serie vaste afspraken in programmavorm, die vastleggen op welke wijze de communicatie met de randapparatuur plaats vindt. Een deel van dat besturingssysteem is dan ook afhankelijk van de gebruikte randapparatuur.

Bij hogere virtuele machines nemen deze vaste afspraken de vorm aan van programmadelen, die de wijze van communicatie met andere machines of met gebruikers vastleggen.

Merk op dat die afspraken altijd door 2 machines, of door een machine en een gebruiker nagekomen moeten worden!

Het begrip machine speelt een belangrijke rol bij de beschrijving van (micro)-computersystemen als we er vanaf de buitenkant naar kijken. Het blijkt dat eigenschap M3 de meest karakteristieke eigenschap van machines is. Want als we machines gaan openmaken ontdekken we nieuwe zwarte dozen die veel op machines lijken, maar dit niet zijn: die nieuwe zwarte dozen voldoen meestal niet meer aan eigenschap M3.

Als eerste voorbeeld kiezen we weer het apparaatuurmodel uit paragraaf 1: een glazen doos die ontstaan is door een zwarte doos met de naam 'microcomputerapparatuur' open te maken.

De centrale machine voldoet aan M1 t/m M5 omdat het een echte machine is. Het toetsenbord is een zwarte doos die aan alle eigenschappen voor machines voldoet, behalve aan M3. Het toetsenbord werkt volgens een ingebakken algoritme dat niet door één of andere onderliggende machine vertolkt wordt. Wel wordt de afwerking van dat algoritme (af en toe) gestuurd door de centrale machine die op dit nivo als beheerder van het toetsenbord optreedt. Maar die beheerder haalt géén instructies op uit het toetsenbord om die vervolgens te verwerken (hetgeen de karakteristiek van een vertolkende machine is).

Een ander verschil is dat de centrale machine niet de hele tijd bezig hoeft te zijn met het toetsenbord. Zijn aandacht kan verschuiven naar afdrukeenheid, extern geheugen, en het besturingssysteem.

Als tweede voorbeeld ligt een virtuele machine voor de hand, bijvoorbeeld het MBASIC systeem dat in paragraaf 5 in een aantal zwarte dozen uiteengerafeld is. Het zicht dat zo op het MBASIC systeem verkregen wordt, is een zicht vanaf de gebruikerskant en is nogal onvolledig: dat beeld dient aangevuld te worden met een zicht vanaf het CP/M besturingssysteem.

De opzet van deze tekst laat niet toe dat dit gebrek opgeheven wordt. En dus moet helaas maar aangenomen worden dat een volledige uiteenrafeling van het MBASIC systeem (d.w.z. het zicht, dat een systeemprogrammeur zou hebben) zwarte dozen te zien geeft waarvan de algoritmen niet door andere aanwezige zwarte dozen vertolkt worden. Wel is het zo dat voor elke zwarte doos een beheerder aan te wijzen is die de afwerking van het algoritme van die doos activeert. Ook kunnen er meerdere be-

heerders aangewezen worden, maar op elk moment heeft hoogstens één beheerder de zeggenschap. Het uiteenrafelen van machines levert in het algemeen een verzameling zwarte dozen op die niet met elkaar communiceren via vertolking. Die zwarte dozen voldoen dus niet aan M3 en mogen daarom niet de naam machine dragen. Een algemeen gebruikelijke naam voor dergelijke zwarte dozen is: *proces*. Een bekend boek, dat de behandeling van machine-architectuur vanuit het procesbegrip opzet is:

Harold W. Lawson jr., *Inleiding computersystemen*, Samson uitgeverij, Alphen a/d Rijn 1983, ISBN 90-14-03187-4.

Ondanks een aantal gebreken is dit één van de weinige populaire boeken die een algemeen en wetenschappelijk gefundeerd beeld van de machine-architectuur schetst. En het boek bevat tevens een aantal aardige didactische vondsten.

Deze paragraaf wordt beëindigd met een overzicht van de belangrijkste karakteristieke eigenschappen van processen, omdat hierdoor de fundamentele terminologie geïntroduceerd kan worden die de ingang tot verdere studie vormt.

- P1 Een proces voert acties uit die onder meer tot gevolg kunnen hebben dat invoer geaccepteerd en uitvoer geproduceerd wordt.

De precieze beschrijving van de *invoer- en uitvoergegevens* legt vast wat een proces doet. Een dergelijke beschrijving heet de *processpecificatie*.

- P2 Een proces werkt volgens een bepaald algoritme. Een *algoritme* is een precieze beschrijving van hoe het proces werkt. Een andere naam voor algoritme is *procesbeschrijving*.

- P3 De afwerking van een proces wordt in het algemeen gestart en bestuurd door een ander proces.

Een proces kan op elk moment slechts gestart en bestuurd worden door één ander proces, dat het *beherende proces* heet; het proces dat door het beherende proces bestuurd wordt heet in deze kontekst het *beheerde proces*. Bij machines is het beherende proces de onderliggende machine, die vanwege de vertolking vaak de *processor* van het beheerde proces heet.

- P4 Een proces bezit gestandaardiseerde aansluitpunten im met andere processen te kunnen communiceren.

Die gestandaardiseerde aansluitpunten heten *poorten*. Er zijn 3 verschillende soorten poorten: *invoerpoort*, *uitvoerpoort*, *doorvoerpoort*. De communicatie met een gegeven ander proces vindt meestal plaats via een deelverzameling van de aanwezige poorten. Die deelverzameling poorten heet het *kontakvlak* of *interface* met dat andere proces.

- P5 Een proces communiceert met andere processen op basis van vaste afspraken.

Twee processen communiceren met elkaar via de bijbehorende kontakvlakken. Daarbij is het nodig om het gebruik van die kontakvlakken in afspraken vast te leggen. Zo'n afspraak, waarbij het gebruik van twee communicerende kontakvlakken wordt vastgelegd, heet een *protocol*. Met name bij computernetwerken spelen protocollen een belangrijke rol.

Over de auteur:

Theo Kristel is sinds 1976 als docent wiskunde en informatika verbonden aan de NLO Interstudie te Nijmegen. Hij was in 1982 en 1983 gedetacheerd bij de sectie informatika van de KU Nijmegen. In deze periode kwam hij in aanraking met modellen, waarvan er in dit artikel een aantal didactisch vertaald zijn. Vanaf augustus 1985 gaat hij werken als informatie analist bij BSO/Utrecht.

Noten

- 0 Uit de voorgaande tekeningen is hopelijk duidelijk geworden dat de dikke lijnen aan de bovenkant en rechterkant van getekende rechthoeken slechts een verfraaiende functie hebben, en geen intrinsieke betekenis vertegenwoordigen. De (dikke) stippellijnen hebben wel betekenis: die scheiden de functie van een rechthoek en de taal waarin die functie beschikbaar is.
- 1 MBASIC is één van de vele BASIC dialecten. Het wordt beschouwd als de standaard voor CP/M machines.
- 2 + zijn snijdende invoer- of uitvoerlijnen.
+ zijn kruisende lijnen.
- 3 Normaal staan de commando's, die de toestandovergangen bewerkstelligen, bij de pijlen. Omdat ze in deze tekst niet terzake doen, zijn deze commando's weggelaten.
- 4 1 Het advies van de Werkgroep Informatica Onderwijs van de Maatschappij voor Nijverheid en Handel en het Nederlands Genootschap voor Informatica, met een inbreng van PAO informatica.
2 SLO katern 1: raamwerk burgerinformatica.
- 5 Voor super mini computers en mainframes is dit niet waar. Bij die computers wordt de processor gesimuleerd door een zogenaamd microprogramma dat door een eenvoudiger super snelle processor vertolkt wordt.

'Wie in onze tijd de wetenschap ontlopen wil, zal een flink eind moeten reizen en niet al te veel bagage kunnen meenemen.'

De ontwikkeling van wetenschap

Een inleiding in de wetenschapsfilosofie

Dr. ir. G.H. de Vries



Naast de vraag naar de praktische rol van de wetenschap in de samenleving, hebben de volgende overwegingen de inhoud van deze wetenschapsfilosofische inleiding bepaald:

- het werk van Popper, Lakatos, Kuhn vormt de kern van de huidige wetenschapsfilosofie;
- om het werk van een filosoof uiteen te kunnen zetten, moet men ingaan op de problemen die tot dat werk geleid hebben;
- het is nuttig kennis te nemen van specifieke problemen uit verschillende vakgebieden.

De derde overweging leidde ertoe dat de sociale wetenschappen én de natuurwetenschappen in één boek zijn behandeld.

Aanbevolen aan ieder die zich interesseert voor de plaats van de wetenschap in maatschappij en cultuur.

De ontwikkeling van wetenschap

Dr. ir. G. H. de Vries

ISBN 90 01 92364 X ing 163 p

Ook verkrijgbaar in de boekhandel



Wolters-Noordhoff bv

Postbus 58

9700 MB Groningen

Telefoon (050) 22 68 88

Wolters-Noordhoff

Inhoud

Ten geleide	277
Selectie en diagnose	277
Hans Aalmoes: Een wiskunde toets	282
Bert Zwaneveld: De leerling en de toets	285
Hans Aalmoes: Twee interviews	286
Gert van Barneveld: Toetsen	290
Cijfers geven	294
E. J. J. Kremers: Beoordelen in de onderbouw: een verkenning	298
Hans Freudenthal: Wat wordt niet getoetst, en kan dat wel?	303
Hans Sybrandy: Een interview met leerlingen	306
Theo Kristel: Gedachten over de didaktiek van machinearchitectuur	308
Boekbespreking	281
Recreatie	281
Mededelingen	289-297-305
Oproep	302
Kalender	305

Adressen van auteurs

Hans Aalmoes, Spreeuwenlaan 27, 1742 GA Schagen
Gert van Barneveld, Denekamperdijk 2, Losser
Hans Freudenthal, p/a OW&OC, Tiberdreef 4, Utrecht
E. J. J. Kremers, p/a Cito, Oeverstraat 65, Arnhem
Theo Kristel, Weezenhof 82-01, 6536 CA Nijmegen
Hans Sybrandy, Berkelwijk 31, 3831 MN Leusden
Bert Zwaneveld, Haringvlietstraat 9 ^{II} , 1078 JX Amsterdam