

Op de NWD 2006 presenteerden **Harm Boertien** en **Ger Limpens** de resultaten van de experimenten met digitale examens voor wiskunde in het VMBO-BB en met de COMPEX-examens in het VMBO/HAVO/VWO.

## Computergebruik bij examens wiskunde

### Inleiding

Dit artikel is geschreven naar aanleiding van een werkgroep die tijdens de NWD 2006 in Noordwijkerhout plaatsvond. In dit artikel vindt u een neerslag van de verschillende aspecten die in de werkgroep aan de orde zijn geweest.

### Cito, wiskunde en ICT-toetsen

Vanaf het moment dat de computer toegankelijk is voor een groot publiek, wordt ICT ingezet bij toetsing van onderwijs. De laatste jaren zien we in dit kader steeds meer toepassingen in het wiskundeonderwijs. (Zie bijvoorbeeld enkele artikelen in de huidige Euclidesjaargang<sup>1</sup>). Ook bij Cito wordt er al enige jaren ervaring opgedaan met het gebruik van ICT in het kader van toetsing.

Tijdens de werkgroep is er specifieke aandacht geweest voor een tweetal Cito-producten: de digitale examens voor de algemene vakken in het VMBO-BB (de basisberoepsgerichte leerweg in het VMBO) en de COMPEX-examens in het VMBO/HAVO/VWO.

### Beeldschermexamens VMBO-BB

#### *Voorgeschiedenis*

In het voorjaar van 2003 kwam de onderwijsraad met aanbevelingen voor de nieuwe examenvormen in het VMBO en tevens was er een vraag vanuit het onderwijsveld naar meer flexibele vormen van examinering. Met flexibel examineren wordt hier bedoeld dat een examen niet per se op een van te voren bepaald tijdstip afgenomen hoeft te worden. Een en ander vormde aanleiding voor een onderzoek (pilot) rond digitale examens voor de algemene vakken in de basisberoepsgerichte leerweg. De gedachte is dat BB-kandidaten het maken van een examen op de computer als minder theoretisch ervaren. Hierdoor kan de motivatie van de praktisch ingestelde kandidaat verhoogd worden.

#### *Citotester*

Bij aanvang van deze pilot waren er voorbeelden beschikbaar van reeds ontwikkelde beeldschermexamens

(computer based testing) voor BB voor moderne vreemde talen en biologie. Deze voorbeelden waren gemaakt met het computerprogramma QMP (Question Mark Perception). Dit programma heeft weliswaar zeer veel mogelijkheden, maar ook een relatief grote kans op technische problemen (vastlopen van de toepassing, niet opstarten met andere systemen). Daarom is besloten een eigen afnamesysteem, Citotester, voor beeldschermtoetsen te ontwikkelen. Bedoeling is dat Citotester in de komende jaren een eenvoudige en stabiele afnameomgeving met voldoende functionaliteiten zal zijn.

#### *Bedoeling van de pilot*

Bij de pilot VMBO-BB wordt informatie verzameld over de manier waarop leerlingen en docent het examen ervaren. Denk daarbij aan zaken als 'Is het betreffende digitale examen wel geschikt voor BB?' of 'Zijn er problemen met de presentatie van (bepaalde) vragen?'. Ook de organisatie van de afname van alle digitale examens wordt in de pilot betrokken. Hierbij wordt bijvoorbeeld gelet op de ervaringen van ICT-beheerders en de wijze waarop de antwoorden worden vastgelegd in de computer. En tot slot is een van de doelstellingen te bestuderen hoe de organisatie van de verschillende afnamemomenten en herkansingen/inhaalmomenten in de pilot uitpakt. Wat dit laatste aspect betreft, is het relevant op te merken dat pilotscholen in de maanden april, mei en juni op zelf te bepalen momenten de verschillende toetsvarianten kunnen inzetten.

#### *Beeldschermexamens*

Een van de kenmerken van een beeldschermexamen is het feit dat alle relevante informatie en alle vragen aangeboden worden via het beeldscherm. Er zal daarbij steeds maar één vraag tegelijk op het beeldscherm zichtbaar zijn. Een gevolg daarvan is dat sommige stukken context bij diverse vragen herhaald moeten worden. Verder moeten de antwoorden digitaal worden opgeslagen. In Citotester kunnen zowel gesloten als open vragen gehanteerd worden. Bij de laatste categorie kan gedacht worden aan 'numerieke invulvragen' (waarbij een getal moet worden ingetikt in een daarvoor bestemde opengelaten ruimte) of 'lang-antwoord-vragen' (waarbij er ruimte is voor het ge-

ven van een lang antwoord met tekst en/of getallen). Het streven is correctie zoveel mogelijk geautomatiseerd te laten plaatsvinden. Bij de correctie van de lang-antwoord-vragen kan de docent op dit moment nog niet gemist worden. Bij de correctie van de numerieke invulvragen liep men tot voor kort tegen het probleem aan om een antwoord 'vier', '4.0' of '4,0' geautomatiseerd goed te keuren als het verwachte (geprogrammeerde) antwoord '4' is. Inmiddels is dit opgelost. Via filters kan een numeriek invoerveld zo ingesteld worden dat letters niet geaccepteerd worden, een punt automatisch omgezet wordt in een komma en '4,0' goedgerekend wordt als '4' gevraagd wordt. Er is nog een wel een probleem met grote getallen. Als een leerling '100.000' intikt, leest een computer dit als '100' terwijl de leerling '100 000' bedoelt. Voorlopig lijkt het omzeilen van dit soort antwoorden de enige oplossing.

### **Pilot 2005**

Bij de VMBO-BB-pilot van 2005 is ervoor gekozen om het eerder ontwikkelde papieren examen van enkele digitale varianten te voorzien. Onder andere vanwege de hierboven genoemde eis steeds maar één vraag per beeldscherm aan te bieden, ontstaat er echter wel enig verschil met de papieren versie. Ook 'laat zien dat...'-vragen waarbij het in de vraag vermelde antwoord gebruikt moet worden bij een vervolgvraag zijn niet mogelijk in de digitale variant. En verder zijn de wiskunde-examens daar waar vragen dat vereisen, voorzien van een papieren uitwerkbijlage zodat leerlingen toch op vaardigheden als meten/tekenen getoetst kunnen worden. Citotester bevat deze mogelijkheden nu nog niet, maar vanaf 2007 zal het ook mogelijk zijn om binnen dit programma tekeningen te maken en hoeft de papieren bijlage niet meer gebruikt te worden.

### **Pilot 2006**

Bij de constructie van de digitale toetsen voor 2006 is ervoor gekozen om het papieren en het digitale examen los te koppelen. Er kan gebruik gemaakt worden van dezelfde opgaven als bij het papieren examen, maar dat hoeft niet. Hierbij zal getracht worden meer dan voorheen gebruik te maken van gesloten vragen. Verder kan het aantal contexten groter worden en kan het aantal vragen per context kleiner worden. Zo probeert men het percentage computerscoorbare vragen te vergroten.

De pilot is in 2005 met 10 scholen gestart. In 2006 zullen er circa 110 scholen aan deelnemen. Het was oorspronkelijk de bedoeling dat in 2007 iedere BB-kandidaat zijn examen voor onder andere wiskunde met behulp van de computer zou maken, maar de ervaringen met de pilot hebben ertoe geleid dat de huidige lijn is om voor de digitale examens van 2007 minimaal 100 extra deelnemende scholen te werven. De overige scholen zullen ook in 2007 nog papieren examens hanteren. Het ontwikkelen van het afnamesysteem Citotester verloopt simultaan aan dit tijdspad.

## **COMPEX-examens**

### **Doel en implementatie van COMPEX**

In de bovenbouw van HAVO en VWO en VMBO GT is in schooljaar 2002/2003 het CEVO-Cito-project COMPEX (Computers en Examens) gestart. Scholen konden zich inschrijven om mee te doen met dit project.

De bedoeling van COMPEX is dat elke leerling op het examen bij tenminste één vak van zijn profiel een deel van het examen met de computer maakt. Daartoe is in elk profiel één profielvak aangewezen waarbij de leerling een deel van een examen met de computer maakt. In het N&T-profiel is dat het vak natuurkunde en binnen de VWO-maatschappijprofielen zijn de examens wiskunde A1 en A1,2 van een computervariant voorzien.

Het is de bedoeling dat de computerexamens op termijn de reguliere examens zullen vervangen. Het geleidelijke invoeringstraject is als volgt gepland:

- 2003-2005: experimenten op scholen
- 2006: open inschrijving voor alle scholen
- vanaf 2007: geleidelijke invoering van de computer in het reguliere examen; te beginnen in 2007 met regulier natuurkunde 1,2 HAVO/VWO voor de natuurprofielen (in het VMBO geldt hetzelfde voor nask-1 GT in 2007)
- 2008 en verder: de COMPEX-examens van de rest van de vakken worden geleidelijk regulier

Dit betekent dat in 2007 het eerste vak (natuurkunde) al een nieuw examen kent. Voor wiskunde is, mede gelet op de nog in te vullen programma's voor wiskunde A t/m D, een invoering rond 2010 waarschijnlijk.

## **De opzet van COMPEX-examens voor alle vakken in het vwo**

### **Opzet en afname van COMPEX-examens**

De COMPEX-examens kennen voor elk vak dezelfde opzet. Er is een papieren deel voor  $\frac{2}{3}$  van de examentijd dat bestaat uit opgaven uit het reguliere examen. Het aanvullende computerdeel vraagt  $\frac{1}{3}$  van de examentijd.

De scholen zijn verantwoordelijk voor de organisatie van het examen. Scholen mogen het papieren deel en computerdeel beide in het computerlokaal afnemen in één sessie. Maar ook mogen scholen, vanwege onvoldoende ruimte in het computerlokaal, beide examenonderdelen in twee sessies afnemen.

Bij sommige vakken moeten de leerlingen tijdens het examen resultaatbestanden op het netwerk opslaan (bij natuurkunde bijvoorbeeld, bij wiskunde niet). Bij alle vakken worden als regel de antwoorden op papier geschreven (dit is bij wiskunde het geval) en ingeleverd. Dit maakt een eenvoudige eerste en tweede correctie mogelijk (soms met gebruik van opgeslagen resultaatbestanden).

### ***Correctie en normering***

De gegevens van kandidaten worden naar Cito opgestuurd. Voor de leerlingen is vastgelegd dat ze niet de dupe mogen worden van de nieuwe examenvorm. Dit wordt bereikt door de scores op het papieren deel te vergelijken met de daarop behaalde scores van de leerlingen die alleen het reguliere examen maakten. Op grond hiervan wordt de COMPEX-N-term vastgesteld.

### ***Te gebruiken software binnen COMPEX***

De software voor de computerexamens is een hulpmiddel. Het is niet de bedoeling met examenvragen uitsluitend softwarekennis en -vaardigheden te toetsen. De keuze van de software voor de computerexamens is bij elk vak gericht op die delen uit het curriculum en bij die soorten opgaven waar de computer duidelijk meerwaarde heeft.

Bij het vak natuurkunde is er een belangrijk deelcurriculum waarvoor al software ontwikkeld is. Dit betreft het virtueel uitvoeren van experimenten. Dit kan in een video gebeuren (Video-meten), samen met het analyseren van de zo verkregen meetgegevens in een modelomgeving (IP-Coach). Verder is er software waarmee leerlingen elektronische schakelingen kunnen simuleren (Systematic).

Bij natuurkunde is er dus een groot deelcurriculum waarbij geschikte software voor VWO-leerlingen voorhanden is. Daarbij kunnen elk jaar nieuwe, niet sterk op elkaar gelijkende problemen voor examens verzonden worden. Die opgaven zijn behoorlijk complex en kunnen in hun geheel (met relevante variabelen en factoren) in de software worden weergegeven. Zulke op maat gesneden software bestaat er niet voor wiskunde A.

### ***De voorbereiding van leerlingen op het examen***

De scholen krijgen jaarlijks bericht welke software op het komende examen gebruikt kan worden. Ook wordt zo duidelijk mogelijk aangegeven welke beheersing van de software vereist wordt. Voor wiskunde is er bijvoorbeeld een Excelvaardighedenlijst. Verder komen deze eisen naar voren in beschikbare oefenopgaven en natuurlijk in de reeds afgenomen examens.

## **De opzet van COMPEX-examens voor wiskunde A**

### ***Geschikte software voor wiskunde A***

Bij veel elementaire problemen is de GR het aangewezen hulpmiddel om het antwoord op een vraag te vinden. Daarom komt pas bij complexere vragen het gebruik van de computer in beeld. Een nadeel van de GR is dat het venster erg klein is. Een softwarepakket moet daarom een meerwaarde geven ten opzichte van de GR bij een complexer probleem of bij betere mogelijkheden tot visualisatie.

De bestaande wiskundige software in het onderwijs (bijvoorbeeld VU-grafiek, VU-statistiek, applets) wordt doorgaans gebruikt bij het aanleren van leerstof. De opgaven waarbij dergelijke software gebruikt kan worden, zijn niet complex en lijken bovendien behoorlijk veel op elkaar. Voor het toetsen is dat een bezwaar: elk jaar komt dan ongeveer dezelfde opgave standaard in het examen voor. In een examen zijn de opgaven dikwijls omvangrijker dan bij het aanleren van leerstof. In die opgaven zijn er dikwijls ook dwarsverbanden naar andere leerstof.

De software voor wiskunde A moet enerzijds veel aankunnen om dwarsverbanden in opgaven eenvoudig te kunnen weergeven (visualisatie van het gehele probleem met waarden, variabelen, formules en verbanden). Anderzijds mogen de opgaven, gezien de populatie waarvoor ze bestemd zijn, niet te abstract en complex zijn. Dergelijke software bestaat wel (bijvoorbeeld Maple), maar bevat teveel mogelijkheden voor VWO-A-leerlingen. Het gebruik van zo'n softwarepakket vraagt dan een (te) grote tijdsinvestering van de leerlingen. Naast inhoudelijke eisen voor software spelen ook licenties voor scholen een rol. Vandaar dat tot nog toe hoofdzakelijk het softwarepakket Excel gebruikt is.

## **Toekomstplannen**

Als gevolg van de snelle veranderingen in de ICT worden er ook bij de COMPEX-vakken voortdurend nieuwe wensen geformuleerd. Verder is bij een evaluatie van de COMPEX-vakken het streven uitgesproken om het computergebruik binnen het wiskunde A-examen te verbreden. De verwachting is dat men meer computervragen zou kunnen stellen door niet één grote opgave te kiezen, maar bijvoorbeeld twee kleinere. Ook wordt gevraagd te onderzoeken of men de te gebruiken software kan uitbreiden.

Na een verkenning van de software lijkt het inzetten van TI Interactive (TII) een goede keus om uit te proberen. Dit pakket lijkt op de GR, en sluit daar ook op aan wat betreft de te gebruiken algoritmen. Daardoor is er ook weinig oefening nodig om leerlingen met TII te laten werken. Verder heeft TII heel goede reken-, algebraïsche en grafische mogelijkheden. Ook 'gewone' vragen zijn eenvoudig met de computer oplosbaar.

Met het oog hierop is er in 2006 een samenwerkingsproject van APS, Freudenthal Instituut en Cito opgezet om te bezien of het softwarepakket TI Interactive een zinvolle aanvulling van Excel zou kunnen zijn. Dat geldt zeker waar het de grafische mogelijkheden betreft. Een voordeel zou verder kunnen zijn dat het pakket bepaalde algoritmen exact kan uitvoeren, wat binnen Excel niet altijd kan. Bij een klein aantal scholen zal deze vraagstelling nader onderzocht worden.

## Materiaalverkenning

Na afloop van de presentaties van de pilot VMBO-BB en COMPEX kregen de bezoekers van de werkgroep de gelegenheid zelf met enkele voorbeelden van beide examens te werken. Vele bezoekers gaven naderhand te kennen meer tijd te willen hebben om dit materiaal te verkennen. Een voorbeeld van dit materiaal is de opgave KoersSprint (zie figuur 1).

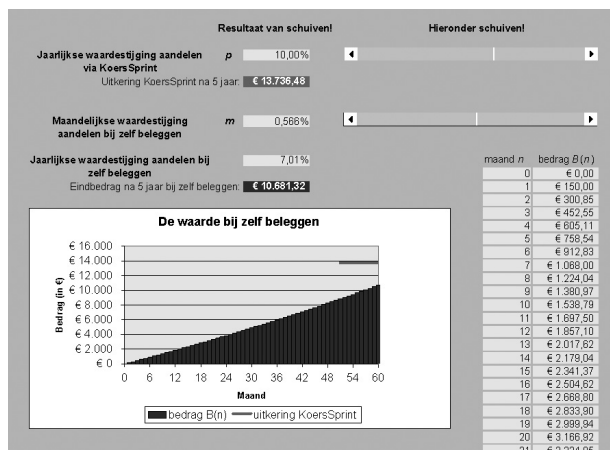


fig. 1 schermafdruk opgave KoersSprint (examen 2004)

Via de website van Cito (<http://compex.cito.nl>, en dan doorklikken bij 'U kunt ze kosteloos aanvragen via het bestelformulier') bestaat de mogelijkheid om in ieder geval de COMPEX-examens van 2003 tot en met 2005 te bestellen en daar thuis of op school verder mee te experimenteren.

## Enquête

Op de valreep van de werkgroep hebben we de deelnemers ook nog een enquête over examens en ICT voorgelegd. De stellingen waarop in de enquête gereageerd moest worden en de bijbehorende resultaten (van 52 werkgroepbezoekers) willen we u niet onthouden.

Tabel 1: enquête onder de deelnemers aan de werkgroep

stelling	Percentage per vraag (totaal = 100%)				
	erg oneens	oneens	geen mening	eens	erg eens
1. ICT in examens opnemen is op termijn onvermijdelijk	13%	25%	8%	42%	13%
2. Computer in examens is hulpmiddel, niet meer	8%	18%	14%	49%	12%
3: Software: een bescheiden algebraïsche toolkit gewenst	4%	13%	10%	50%	23%
4. Niet veel softwarebeheersing vereisen	4%	16%	8%	50%	22%
5. In examen apart aandacht voor exacte wiskunde en computer	10%	6%	10%	37%	37%
6. Leerlingen mogen vrij kiezen hoe de computer te gebruiken	18%	39%	22%	16%	6%
7. Leerlingen moeten simpel aangeven hoe de computer gebruikt is	2%	12%	20%	51%	14%

Ondanks het feit dat het zeker niet verantwoord is hier algemene conclusies aan te verbinden, is het interessant om te constateren dat stellingen 2, 3, 4, 5 en 7 in redelijke tot grote meerderheid akkoordverklaringen opleveren. Vooral stelling 5 zou wel eens tot een belangrijk thema verheven kunnen worden met betrekking tot de invoering van de computer bij de wiskunde-examens voor A1 en A1,2. Over deze stelling kan nog een interessante discussie ontstaan.

De diversiteit in standpunt bij stelling 1 geeft wellicht de scepsis weer die bij een substantieel deel van de wiskundedocenten gevoeld wordt als het gaat om computerexamens. Deze scepsis is een aspect dat serieus genomen moet worden. Ook bij de wiskundemedewerkers op Cito wordt ten aanzien van examens gepleit voor een evenwichtige inzet van ICT-middelen en wordt door althans deze betrokkenen met een realistisch oog gekeken naar de ontwikkelingen. Het is niet de bedoeling dat door de inzet van de computer het toetsen van relevante specifiek wiskundige onderwijsdoelen een ondergeschikte plaats zal krijgen. Het is kortom een boeiende uitdaging voor Cito en CEVO om de wiskundeopgaven in de COMPEX-examens te voorzien van relevante wiskunde.

*Harm Boertien, Ger Limpens  
(met dank aan de Citocollega's Anita de Bruijn en Paul van der Molen)*

*Harm Boertien was tot voor kort als toetsdeskundige wiskunde bij Cito betrokken bij de constructie van de COMPEX-examens. Ger Limpens is als toetsdeskundige wiskunde werkzaam bij Cito ([Ger.Limpens@cito.nl](mailto:Ger.Limpens@cito.nl))*

## Noot

[1] *Intelligente feedback bij digitale toetsen en oefeningen* van Christian Bokhove, André Heck en Gerard Koolstra (Euclides 81-2), en *Digitale toetsen voor de tweedegraads lerarenopleiding wiskunde* van Hans Krabbendam en Henk Staal (Euclides 81-3)