



Evaluatie examenpilots wiskunde havo/vwo 2009-2012

Samenvattend eindrapport

SLO • nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling



Evaluatie examenpilots wiskunde havo/vwo 2009-2012

Samenvattend eindrapport

SLO • nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling

December 2012

Colofon

© 2012 SLO (nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling), Enschede

Alle rechten voorbehouden. Mits de bron wordt vermeld is het toegestaan om zonder voorafgaande toestemming van de uitgever deze uitgave geheel of gedeeltelijk te kopiëren dan wel op andere wijze te verveelvoudigen.

Auteurs

Wilmad Kuiper
Elvira Folmer
Wout Ottevanger
Lucia Bruning

Vormgeving en productie

BuroDaan grafische vormgeving, Markelo

Informatie

SLO

Postbus 2041, 7500 CA Enschede

Telefoon (053) 4840 262

Internet: www.slo.nl

E-mail: w.kuiper@slo.nl

AN 7.6675.531

Inhoudsopgave

1.	Doel en opzet van de curriculumevaluatie	4
2.	Samenvattende evaluatie per wiskundeprogramma	10
3.	Hoofdconclusies	26
	Referenties	38

1. Doel en opzet van de curriculumevaluatie

Vernieuwing van de examenprogramma's voor wiskunde voor havo en vwo

Tussen 2002 en 2005 zijn door de minister van OCW commissies geïnstalleerd voor de vernieuwing van de examenprogramma's voor scheikunde, biologie, natuurkunde en wiskunde. Daarnaast is een stuurgroep geïnstalleerd met als opdracht examenprogramma's te ontwikkelen voor NLT. In navolging van de voor scheikunde in gang gezette ontwikkeling (Verkenningscommissie Scheikunde, 2002) luidde de opdracht voorstellen te doen voor nieuwe, in de praktijk beproefde examenprogramma's voor havo en vwo, daarbij rekening houdend met de als gevolg van de herstructurering van de profielen gewijzigde omvang van de vakken. De commissies voor scheikunde, natuurkunde en biologie en de stuurgroep voor NLT hebben in december 2010 hun eindadvies opgeleverd. Het advies over de zeven vernieuwde wiskundeprogramma's (wiskunde A havo en vwo, wiskunde B havo en vwo, wiskunde C vwo en wiskunde D havo en vwo) is eind 2012 door cTWO opgeleverd.

Een inhoudelijke en didactische vernieuwing van deze vakken wordt opportuun geacht ten einde het onderwijs in deze vakken relevanter te maken voor leerlingen, meer samenhangend en minder overladen. Gezamenlijk vertrekpunt is de context-concept benadering, met bij wiskunde een uitwerking van contexten - anders dan bij de natuurwetenschappelijke vakken - meer in termen van toepassingen. De commissies en stuurgroep (voor NLT) hebben elk een visiedocument ontwikkeld waarin de uitgangspunten voor het betreffende vak zijn beschreven (Commissie Vernieuwing Scheikunde, 2003; Commissie Vernieuwing Natuurkundeonderwijs, 2006; Commissie Vernieuwing Biologie Onderwijs, 2005, 2007; Commissie Toekomst WiskundeOnderwijs (cTWO), 2007; Stuurgroep NLT, 2007).

Dit rapport richt zich op de evaluatie van de zeven vernieuwde (examen)programma's voor wiskunde in de tweede fase van het voortgezet onderwijs: wiskunde A, B en D voor havo en wiskunde A, B, C en D voor vwo. In alle zeven gevallen richt de vernieuwing zich op inhoudelijke veranderingen (vaardigheden daarbij inbegrepen) van de wiskundeprogramma's voor de per 2007 ingevoerde 'vernieuwde tweede fase' (Krüger, 2008a, b en c). De vernieuwde programma's voor wiskunde A (havo en vwo), B (havo en vwo) en C (vwo) worden afgesloten via een centraal examen en een schoolexamen. De beide wiskunde D-programma's kennen alleen een schoolexamen. Net als bij de natuurwetenschappelijke vakken geldt voor wiskunde de algemene afspraak dat voor de programma's met een centraal examen en een schoolexamen het centraal examen zich beperkt tot 60% van de eindtermen en het schoolexamen tot minimaal de resterende 40% (maar meer mag). Voor wiskunde B havo en wiskunde B vwo is echter een uitzondering gemaakt. Voor deze twee programma's is bepaald dat alle eindtermen in het centraal examen moeten worden getoetst, met uitzondering van de keuzeonderwerpen wiskunde B vwo. Beide programma's worden daarnaast afgesloten met een schoolexamen betrekking hebbend op 40% van de eindtermen.

Aan de basis van alle zeven examenprogramma's ligt het door cTWO ontwikkelde visiedocument *Rijk aan betekenis. Visie op vernieuwd wiskundeonderwijs* (Commissie Toekomst WiskundeOnderwijs, 2007; Siersma & Drijvers, 2007) dat de uitgangspunten voor het toekomstige wiskundeonderwijs beschrijft. Met dit document als richtinggevende inspiratiebron zijn door cTWO concept-examenprogramma's ontwikkeld (Drijvers, 2009). De eerste versies daarvan zijn in het voorjaar van 2008 aangeboden aan het ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap (OCW). Het ministerie toonde zich daarmee echter niet gelukkig, onder meer vanwege commentaar van de kant van de Resonansgroep Wiskunde (2008; Van de Craats, 2009). Het standpunt van de staatssecretaris stuitte vervolgens op verzet uit het veld (Kemme, 2008). Een revisie door cTWO, na raadpleging van onder meer de VSNU en de HBO-raad, resulteerde in maart 2009 in instemming van de kant van de staatssecretaris met de bijgestelde examenprogramma's. Deze experimentele examenprogramma's wiskunde 2014 (Commissie Toekomst WiskundeOnderwijs, 2009a en b) vormden de grondslag voor de examenpilots die in het schooljaar 2009-2010 van start gingen in de vierde klassen van in totaal zestien pilotscholen. De frase '2014' heeft betrekking op het destijds beoogde invoeringsjaar. Inmiddels is dat 2015. De pilotscholen boden wiskunde A, B, C en/of D aan op havo- dan wel vwo-niveau. Eén van de zestien pilotscholen is in het schooljaar 2011-2012 met het examen-experiment gestopt. De experimentele examenprogramma's zijn - voor zover van toepassing - door syllabuscommissies gespecificeerd naar wat door leerlingen gekend en gekund moet worden bij de centrale examens (College voor Examens, 2010a t/m e; 2012a t/m c).

De algemene overwegingen en uitgangspunten die uiteindelijk een rol hebben gespeeld bij de totstandkoming van de experimentele examenprogramma's laten zich als volgt samenvatten (Commissie Toekomst WiskundeOnderwijs, 2007, 2009; Drijvers, 2009):

- Betere beheersing van de algebraïsche basisvaardigheden, met het oog op een betere aansluiting met het hoger onderwijs.
- Zinnvolle integratie van ICT - use to learn - in het wiskundeonderwijs. ICT staat ten dienste van het onderwijsproces, van het leren van wiskunde.
- Veel aandacht voor wiskundige kernconcepten (getal, formule, functie, verandering, ruimte, toeval) en voor de stimulering van wiskundige denkactiviteiten (modelleren en algebraïseren, ordenen en structureren, analytisch denken en probleemoplossen, formules manipuleren, abstraheren, en logisch redeneren en bewijzen).
- Expliciteren van voor de wiskundeprogramma's in de tweede fase (vanaf leerjaar 4) noodzakelijke voorkennis uit de onderbouw.
- Waken voor overladenheid: de bijgestelde concept-programma's moeten studeerbaar en onderwijsbaar zijn in de beschikbare studielast.

Genoemde versies van de examenprogramma's zijn - met uitzondering van die voor wiskunde D havo en vwo - onder verantwoordelijkheid van het College voor Examens (CvE) uitgewerkt in syllabi. Daarnaast is ter beproeving van de experimentele examenprogramma's en onder verantwoordelijkheid van cTWO lesmateriaal (in de vorm van 'pilotmodules') ontwikkeld aan de hand waarvan docenten en leerlingen van de pilotscholen zich vanaf september 2009 hebben voorbereid op het eerste experimentele havo-examen in 2011 en/of het eerste experimentele vwo-examen in 2012.

Curriculumevaluatie

Zoals eerder gebeurde bij de examenpilots voor de natuurwetenschappelijke vakken en bij de ontwikkeling en invoering van het profielkeuzevak 'Natuur, Leven en Technologie' (zie o.a. Kuiper, Folmer, Ottevanger, & Bruning, 2011), is de via pilots ondersteunde vernieuwing van het wiskundeonderwijs onderworpen aan een onafhankelijke, meerjarige curriculum-evaluatie. Die is uitgevoerd door SLO in opdracht van het ministerie van OCW en in afstemming met cTWO. De evaluatie richtte zich op beantwoording van de volgende algemene hoofdvraag:

In hoeverre heeft de vernieuwing geresulteerd in voor pilotdocenten en -leerlingen haalbare en uitvoerbare wiskundeprogramma's?

Het begrip 'vernieuwing' in de hoofdvraag heeft betrekking op de in pilots beproefde vernieuwing van de experimentele examenprogramma's voor wiskunde A, B en D voor havo en wiskunde A, B, C en D voor vwo in de versie van 20 februari 2009 (cTWO, 2009a), gebaseerd op de in maart 2009 door de staatssecretaris geaccordeerde uitgangspunten.

De zogenaamde 'typologie van curriculaire verschijningsvormen' (Van den Akker, 2003; Kuiper, 1993) is als kapstok en analysekader gehanteerd bij de evaluatie (Tabel 1). Daarbij gaat het om relaties, overeenkomsten, en discrepanties tussen de verschillende verschijningsvormen eerst en vooral binnen de zeven programma's.

Tabel 1: Curriculaire verschijningsvormen

Beoogd curriculum	Imaginaire	Opvattingen, wensen en idealen (basisvisie)
	Geschreven	Documenten en materialen (examenprogramma's, syllabi, handreikingen, lesmateriaal)
Geïmplementeerd curriculum	Geïnterpreteerd	Oordelen en interpretaties door pilotdocenten
	Uitgevoerd	Feitelijke onderwijsleerproces
Gerealiseerd curriculum	Ervaren	Ervaringen van pilotleerlingen
	Geleerd	Leerresultaten bij pilotleerlingen

Bovengenoemde centrale vraag is in het licht van deze curriculumtypologie per wiskunde-programma uitgesplitst in de volgende operationele deelvragen:

- *Wat is het waarom, wat en hoe van de beoogde vakvernieuwing?* (imaginair en geschreven)
- *Wat vinden pilotdocenten van de beoogde vakvernieuwing en in hoeverre sluit dat aan op de door OCW geaccordeerde uitgangspunten?* (geïnterpreteerd)
- *Hoe geven pilotdocenten invulling aan de wiskundelessen en in hoeverre weerspiegelt dat wat ze doen de beoogde vakvernieuwing?* (uitgevoerd)
- *Wat doen en vinden pilotleerlingen en in hoeverre komt dat overeen met de beoogde vakvernieuwing?* (ervaren)

Het geleerde curriculum was, in tegenstelling tot wat bij de evaluatie van de examenpilots voor de natuurwetenschappelijke vakken het geval was (Bruning *et al.*, 2011; Folmer *et al.*, 2011; Kuiper *et al.*, 2011; Ottevanger *et al.*, 2011), geen object van onderzoek.

In overleg met cTWO (en voortbouwend op beslissingen die daarover waren genomen bij de evaluatie van de examenpilots voor de natuurwetenschappelijke vakken) zijn onderzoeksvariabelen vastgesteld en zijn onderzoeksinstrumenten toegesneden op de evaluatie van de examenpilots wiskunde. Bij de instrumenten ging het vooral om vragenlijsten voor de pilotdocenten en hun leerlingen. De geselecteerde onderzoeksvariabelen hebben niet alleen betrekking op vier van de vijf genoemde overwegingen die een rol hebben gespeeld bij de ontwikkeling van de experimentele examenprogramma's (beheersing van algebraïsche basisvaardigheden, zinvolle integratie van ICT, stimulering van wiskundige denkactiviteiten en waken voor overladenheid; het punt van de voorkennis is pas later door cTWO als speerpunt benoemd). Ook is gekeken naar aspecten die in meer algemene zin van belang worden geacht vanuit het oogpunt van haalbaarheid en uitvoerbaarheid van de programma's (en die ook aan de orde waren bij de evaluatie van de examenpilots voor de natuurwetenschappelijke vakken). Daarbij valt te denken aan de relevantie en aantrekkelijkheid van de programma's voor leerlingen, de diepgang en het niveau, en de onderwijsbaarheid van de programma's (bijvoorbeeld, taak-belasting voor docenten en helderheid over doelen, inhouden en toetsing). De gegevensverzameling omvatte onder meer de afname van vragenlijsten bij het eerste cohort pilotleerlingen en hun docenten in, voor zover van toepassing, leerjaar 4 (havo en vwo) in schooljaar 2009-2010, leerjaar 5 (havo en vwo) in schooljaar 2010-2011 en leerjaar 6 (vwo) in schooljaar 2011-2012. Daarnaast zijn per meting drie tot vier bezoeken aan pilotscholen gebracht ter aanvulling op en verdieping van de vragenlijstgegevens. De schoolbezoeken omvatten interviews met pilotdocenten en een aantal van hun leerlingen en een beperkt aantal lesobservaties.

In aanvulling op de vragenlijsten en schoolbezoeken is nog een aanvullende dataverzameling uitgevoerd, betrekking hebbend op het tweede invoeringsjaar (2011-2012) wiskunde A in 5havo. De reden daarvan was de tegenvallende respons van de kant van de pilotdocenten bij de meting in schooljaar 2010-2011, veroorzaakt door de relatieve korte tijdspanne tus-

sen vragenlijstonderzoek en centraal examen. De aanvullende dataverzameling heeft eind november 2012 plaatsgevonden op basis van telefonische interviews. Daaraan hebben vier pilotdocenten van drie pilotscholen hun medewerking verleend. Een vierde pilotschool bleek na 4havo uit de pilot te zijn gestapt en de pilotdocent 5havo van een vijfde pilotschool bleek niet meer op de school werkzaam (en ook niet meer traceerbaar voor een interview). De belangrijkste gesprekspunten waren de wenselijkheid, uitvoerbaarheid (overladenheid) en haalbaarheid van invoering van het programma, het havo-eigen karakter, de relevantie van het programma voor leerlingen, de aandacht voor wiskundige denkactiviteiten en de positie van kansrekening en statistiek.

Bij de evaluatie is de volgende omschrijving van het begrip 'programma' gehanteerd:

- De inhoudelijke vernieuwing zoals uitgewerkt in het betreffende experimentele examenprogramma voor havo of vwo plus bijbehorende syllabus. Het examenprogramma (opgesteld door cTWO) en de syllabus (uitgewerkt door een syllabuscommissie onder verantwoordelijkheid van CvE) geven aan welke eindtermen binnen de context van de examenpilot dienen te worden gerealiseerd, aan te duiden als wat moet.
- De inhoudelijke en didactische vernieuwing zoals vormgegeven in onder de vlag van cTWO ontwikkelde en in de pilots beproefde lesmodules. Pilotmodules, de daarop gebaseerde lesuitvoering en ook de handreikingen voor de inrichting van het school-examen (door SLO te ontwikkelen wanneer OCW besluit tot invoering van de examenprogramma's) hebben betrekking op de aanpak die gehanteerd kan worden om die eindtermen te realiseren, aan te duiden als wat mag en kan.

Voor zowel het *wat moet* als het *wat mag en kan* geldt: zoals door ontwikkelaars gewenst en beoogd en door pilotdocenten beproefd.

Van de evaluatie van de andere zeven beproefde wiskundeprogramma's wordt verslag gedaan in evenzovele deelrapporten. Deze deelrapporten, evenals voorliggend samenvattend eindrapport, zijn gratis te downloaden van www.slo.nl/curriculumevaluatie.

Het volgende hoofdstuk van dit eindrapport bevat een samenvattende weergave van de belangrijkste bevindingen uit de verschillende deelrapporten. In het slothoofdstuk wordt stilgestaan bij de hoofdconclusies.

2. Samenvattende evaluatie per wiskundeprogramma

Wiskunde A havo

Karakterisering

Het experimentele examenprogramma wiskunde A havo (320 slu) is gericht op EM- en NG-leerlingen en bereidt voor op hbo-opleidingen in de sociale, economische en biomedische richting. De voornaamste vakinhoudelijke componenten zijn algebra, toegepaste analyse en statistiek (cTWO, 2009a). De belangrijkste inhoudelijke veranderingen ten opzichte van het examenprogramma 2007 zijn een nieuwe opzet van kansrekening en statistiek en explicietere aandacht voor algebraïsche vaardigheden (cTWO, 2009c; Krüger, 2008b).

Evaluatiebevindingen

De meeste pilotdocenten onderschrijven de wenselijkheid van landelijke invoering van het vernieuwde programma per 2015 en tonen zich gematigd positief over de uitvoerbaarheid van het programma, dat ze overigens gaandeweg de pilot beter in de vingers lijken te hebben gekregen. Het vernieuwde programma sluit, zo wordt gemeld, beter aan op relevante vervolgopleidingen en de beroepspraktijk. Enkele pilotdocenten ventileren echter ook enige twijfel over de uitvoerbaarheid en haalbaarheid van invoering. Aanwijzingen voor waar die twijfel op kan zijn gebaseerd, zijn te destilleren uit door pilotdocenten genoemde condities voor succesvolle invoering van het programma (genoteerd in reactie op een open vraag in de docentvragenlijst) en uit opmerkingen tijdens de aanvullende interviewronde 5havo.

De belangrijkste punten in dit verband zijn:

- Het op tijd beschikbaar komen van goed bruikbaar lesmateriaal, met daarin zeker ook voorbeelden van (onderzoeks)opgaven ter stimulering van wiskundige denkactiviteiten.
- De beschikbaarheid van voldoende computerfaciliteiten teneinde goed invulling te kunnen geven aan kansrekening en statistiek.
- De opname van kansrekening en statistiek niet alleen in het schoolexamen maar ook in het centraal examen, in combinatie met het stellen van eisen aan de wijze waarop dit inhoudelijke domein in het schoolexamen wordt getoetst (onder andere aspecten van de empirische onderzoekscyclus, gebruik van ICT en databestanden) en de beschikbaarheid van goede opdrachten voor het schoolexamen.
- Voldoende havo-eigenheid van het examenprogramma. Een enkeling is daar niet zo zeker van. De meeste pilotdocenten vinden echter dat wiskunde A voor havo (niet naar inhoud maar wel) naar niveau, abstractieniveau en diepgang goed onderscheidend is van wiskunde A voor vwo.
- Voldoende capabele docenten. Het programma vergt, en zeker als het voor het eerst wordt gegeven, veel lesvoorbereiding.

Gevraagd naar de sterke punten van het programma noemen de bevroagde pilotdocenten (vragenlijstonderzoek: vijf in 4havo en drie in 5havo; aanvullende interviews: vier in 5havo) vier aspecten. Blijkend uit reacties op andere onderdelen van de vragenlijst, uit opmerkingen die tijdens schoolbezoeken uit de monden van pilotdocenten konden worden opgetekend en uit wat tijdens de telefonische interviews naar voren werd gebracht, hebben enkele van die sterke punten ook enigszins een keerzijde.

Als eerste sterk punt wordt gezien de aandacht voor wiskundige denkactiviteiten, met als kritische noten dat havo4-leerlingen daar moeite mee hebben en vooral dat het een worsteling is en nog maar matig uit de verf is gekomen omdat de pilotmodules nauwelijks voorzien in voorbeelden van denkactiviteitopgaven.

Een tweede sterke punt is de nieuwe, realistische aanpak van kansrekening en statistiek, waarbij gewerkt wordt met echte, grote databestanden met gebruikmaking van ICT. De vernieuwing van wiskunde A zit hem volgens pilotdocenten juist op dit inhoudelijke punt (en ook wel, maar in mindere mate, in de versterking van algebraïsche vaardigheden). Echter, een in de ogen van de pilotdocenten duidelijk punt van zorg is dat dit belangrijke domein alleen via het schoolexamen wordt geëxamineerd en geen plaats heeft in het centraal examen. Een mogelijke oplossing is de door een van de pilotdocenten geopperde suggestie om de praktische component van kansrekening en statistiek een plek in het schoolexamen te (blijven) geven en de theoretische aspecten een plaats te geven in het centraal examen.

Een derde sterk punt is de toegenomen aandacht voor algebraïsche vaardigheden, al wordt ook opgemerkt dat daar nu te veel nadruk op ligt, dat de rode lijn erin onduidelijk is en dat de pilotmodules er onvoldoende ondersteuning bij bieden.

Een vierde sterk punt is tenslotte dat zowel het examenprogramma als de syllabus naar het oordeel van de meeste pilotdocenten goed te doen zijn in de beschikbare tijd. Van overlappendheid lijkt dus geen sprake. Uit het vragenlijstonderzoek komt naar voren dat sommige pilotdocenten (een van de vijf in 4havo en twee van de drie in 5havo) vinden dat het aantal studielasturen niet toereikend is, maar uit de aanvullende interviewronde in 5havo blijkt dat dat geen probleem (meer) is.

De pilotmodules worden redelijk positief beoordeeld. Ze bieden voldoende ondersteuning en ook ruimte voor eigen invulling bij het geven van het vak en geven ook voldoende ruimte voor wiskundige begripsopbouw vanuit concrete toepassingen (een van de door cTWO voor dit vak beoogde vernieuwingsdoelen). Als problematisch worden gezien: de te late beschikbaarheid van de pilotmodules, de ondergeschikte rol erin van wiskundige denkactiviteiten, de overlappendheid van sommige modules (mogelijk een piloteffect) en de tijd voor herziening van eerste versies. Over de aansluiting op het niveau van de leerlingen wordt door pilotdocenten wisselend geoordeeld. Leerlingen hebben liever één boek dan een set losse modules.

Voor wat betreft het gebruik van ICT en de grafische rekenmachine leggen pilotdocenten (conform wat cTWO beoogt) het accent op *use-to-learn* in plaats van op *learn-to-use*. Uit het vragenlijstonderzoek spreekt duidelijke twijfel van de kant van docenten over de relevantie van wiskunde A voor met name havo5-leerlingen. Opgemerkt wordt dat het vak zich in een spagaat bevindt tussen de profielen EM en NG. De leerdoelen richten zich op de EM-leerlingen die voorheen ook wiskunde A kozen. Echter, tegenwoordig kiezen ook veel NG-leerlingen die opteren voor een meer technische vervolgopleiding voor wiskunde A. Die laatste groep wordt slecht bediend en dat geeft problemen. In de aanvullende interviewronde 5havo toont men zich echter veel positiever over de relevantie van het vak, met name door de aandacht voor en invulling van kansrekening en statistiek en (in mindere mate) voor wiskundige denkactiviteiten.

Voor havo5-docenten is het duidelijk hoe wiskunde A geëxamineerd gaat worden. Werk aan de winkel lijkt er voor wat betreft het zichtbaar maken van de vernieuwing in moduletoetsen. Denkactiviteiten spelen hierin in 5havo een ondergeschikte rol.

Volgens de pilotleerlingen hebben de wiskunde A-lessen een overwegend klassikaal karakter. In de lessen is de grafische rekenmachine een veel gebruikt attribuut. Dat geldt ook, zij het in iets mindere mate, voor de computer bij het maken van wiskundeopdrachten. De studiebelasting oogt voor havoleerlingen in de pilot draaglijk, ondanks het feit dat ze zeggen veel te moeten doen voor wiskunde A. Veel havoleerlingen in de pilot onderschrijven het nut van wiskunde A, maar de meeste leerlingen vinden wiskunde A moeilijk, niet leuk en oninteressant.

Wiskunde A vwo

Karakterisering

Het examenprogramma voor wiskunde A vwo (520 slu) is gericht op EM- en NG-leerlingen en beoogt hen voor te bereiden op universitaire studies in de economische en biomedische wetenschappen. De inhoud concentreert zich op toegepaste analyse, statistiek en kansrekening (cTWO, 2009a). De belangrijkste inhoudelijke veranderingen ten opzichte van het examenprogramma 2007 zijn: een nieuwe opzet van kansrekening en statistiek, de inpassing van een apart subdomein 'algebra' en het schrappen (uit tijdgebrek) van grafen en matrices, discrete dynamische modellen en lineair programmeren (cTWO, 2009c; Krüger, 2008b).

Evaluatiebevindingen

De bevroegde pilotdocenten - zeven in 4vwo, elf in 5vwo en acht in 6vwo - zijn in meerderheid positief over de uitvoerbaarheid van het wiskunde A (examen)programma voor vwo en vinden invoering ervan per 2015 wenselijk en haalbaar. Als condities voor succesvolle invoering worden zaken genoemd die nagenoeg alle te maken hebben met lesmateriaal. Daarin klinkt ook enige zorg door. Belangrijk voor brede invoering is, volgens de pilotdocenten, de beschikbaarheid van goed/beter lesmateriaal waarin de denkbeelden van cTWO (ook in didactisch opzicht) duidelijk en goed gestructureerd zijn verwerkt, met voorbeelden, antwoorden, uitwerkingen (zonder fouten), en dan vooral voor het vernieuwde domein kansrekening en statistiek (inclusief materiaal om te werken met elektronische databestanden). In het materiaal over statistiek ontbreekt een duidelijke (leer)lijn. Bovendien is de opzet zo rommelig, zitten er zoveel fouten in en zijn de kinderziektes zo talrijk dat het volgens een pilotdocent niet goed genoeg is om naar buiten te brengen. Ook hier dus kritiek op en zorgen om de kwaliteit van het pilotmateriaal, door een van de docenten verwoord in de retorische vraag of het, om frustratie te voorkomen, niet verstandiger zou zijn geweest de vernieuwing zichtbaar te maken in enkele pareltjes en de rest op een andere manier te doen. Als invoeringscondities wordt ook gewezen op het belang van voldoende bijscholing in wiskundige denkactiviteiten. Als sterke punten van het programma worden gezien de verbetering van kansrekening en statistiek, de eis dat daarbij moet worden gewerkt met grote datasets, en de aandacht voor wiskundige denkactiviteiten en onderzoeksvragen (waardoor leerlingen worden aangezet tot nadenken). Zwakke punten zijn allerlei elementen die te maken hebben met het materiaal (zie boven), de te ingewikkelde invulling van differentiëren (waarbij uit de evaluatie niet duidelijk is of dat ook geldt voor NG-leerlingen) en, net als bij wiskunde A havo maar minder prominent, het feit dat het domein kansrekening en statistiek alleen via het schoolexamen wordt geëxamineerd. Als statistiek naar het centraal examen gaat, heb je een aardig programma, aldus een van de docenten.

Een meerderheid van de pilotdocenten vindt het examenprogramma en de syllabus voor wiskunde A vwo niet overladen. De syllabus is bruikbaar en het aantal studielasturen wordt toereikend gevonden. Met name in 6vwo vinden pilotdocenten dat modules overladen zijn. Tijdrovende werkvormen schieten er daardoor wel eens bij in. Ook al is de kwaliteit van pilotmodules op een aantal punten duidelijk voor verbetering vatbaar, toch laten de pilotdocenten zich in algemene zin redelijk positief uit over de pilotmodules. De materialen zijn weliswaar nogal anders van opzet in invulling dan wat men gewend is, maar bieden wel voldoende ondersteuning bij het geven van de vernieuwde onderdelen, sluiten voldoende aan op het startniveau van leerlingen en laten voldoende ruimte voor eigen invulling.

Pilotdocenten verschillen nogal van mening over wat het nieuwe aan wiskunde A voor vwo

is. Wel zijn ze het er over eens dat het onderdeel kansrekening en statistiek in de door cTWO beoogde opzet nieuw is. Men is in meerderheid positief over de ruimte in het programma voor de opbouw van wiskundige concepten vanuit concrete toepassingen. In de les wordt ook als zodanig gehandeld. Wiskundige denkactiviteiten - een van de speerpunten van de vernieuwing - worden ook belangrijk gevonden en krijgen ook aandacht, maar spelen een minder prominente rol. Voor wat betreft het accent op *use-to-learn* in plaats van op *learn-to-use* zijn de meningen verdeeld. De pilotdocenten zijn niet onverdeeld positief over de relevantie van het wiskunde A-programma voor vwo-leerlingen. Vrijwel geen van de pilotdocenten vindt dat de vernieuwing de relevantie van wiskunde A voor de leerlingen heeft versterkt. Voor een deel van de pilotdocenten maakt het examenprogramma onvoldoende duidelijk wat leerlingen moeten kennen en kunnen. Gaandeweg de pilot lijken de moduletoetsen het vernieuwde programma steeds beter te weerspiegelen. Denkactiviteiten worden inmiddels ook getoetst.

In de ogen van de pilotleerlingen hebben de lessen een overwegend klassikaal karakter, maar ze werken ook zelfstandig aan opgaven. Ze hebben liever een boek dan losse modules en geven aan dat pilotmodules structuur en uitleg ontberen. De grafische rekenmachine is een vast attribuut in de les. De computer neemt in tegenstelling tot wat we zien bij wiskunde A havo een minder prominente plek in en wordt vooral gebruikt bij (het werken met grote bestanden bij) statistiek. Over studiebelasting lopen de meningen van de leerlingen uiteen, maar gaandeweg de pilot lijkt het erop dat wiskunde A vwo voor hen te doen is in de beschikbare tijd. De meesten onderschrijven het nut van het vak, maar vinden het moeilijk, niet leuk en oninteressant.

Wiskunde B havo

Karakterisering

Het experimentele examenprogramma voor wiskunde B havo (360 slu) is gericht op NT-leerlingen en op EM- en NG-leerlingen die wiskunde B kiezen in plaats van wiskunde A. Wiskunde B bereidt voor op hbo-opleidingen met een sterk kwantitatieve en exacte component, zoals de technische sector van het hbo. Inhoudelijk ligt de nadruk op analyse en meetkunde, met ruime aandacht voor algebraïsche vaardigheden, formulevaardigheden en de inzichtelijke toepassingen daarvan (cTWO, 2009a). De belangrijkste inhoudelijke verandering ten opzichte van het examenprogramma 2007 is een substantiële wijziging van het domein meetkunde (cTWO, 2009c; Krüger, 2008c).

Evaluatiebevindingen

De bevroegde pilotdocenten - acht in zowel 4havo als 5havo - vinden invoering van het vernieuwde wiskunde B programma voor havo per 2015 in grote meerderheid uitvoerbaar, haalbaar en ook wenselijk. Men acht het desalniettemin onmogelijk de eindtermen uit het examenprogramma te halen binnen de beschikbare tijd. Ook de syllabus vindt men overladen. Het aantal studielasturen wordt als ontoereikend beoordeeld. Het is volgens pilotdocenten simpelweg een kwestie van te veel stof voor te weinig lesuren. De door pilotdocenten gesuggereerde oplossing is meer tijd en minder stof. Maar over wat er geschrapt moet worden kon men het in cTWO-verband niet eens worden (en meer tijd, zo realiseert men zich, impliceert een wijziging op het niveau van de hele tweede fase).

Als condities voor succesvolle invoering worden genoemd: voldoende (lees: meer) studielasturen en contacturen, versterking en verzwaring van het programma in de onderbouw met een goede determinatie van leerlingen, continuering en uitbreiding van de uitsluitingen zoals aanbevolen door de pilotdocenten, en goede voorbeelden in de methode (compleet met toetsen en oefenexamenopgaven en met voldoende opgaven die het beoogde eind- en denkniveau aangeven). Sterke punten van het programma zijn met name de nadruk op algebraïsche vaardigheden (al komt dat volgens één pilotdocent nog niet goed uit de verf), de aandacht voor wiskundige denkactiviteiten (hetgeen veel tijd kost) en analytische meetkunde en de toepassing daarvan (dat niet alleen het meetkundig inzicht van leerlingen vergroot maar ook de algebraïsche vaardigheden bevordert). Als zwakke punten worden vooral genoemd de kwaliteit van het lesmateriaal (kan beter, lay-out en uitleg anders dan in het huidige boek, gebrek aan toetsen, te complexe sommen, te weinig structuur en samenhang) en de overladenheid van het programma met inbegrip van de modules (te veel stof voor te weinig lessen, geen tijd om te oefenen). Om modules behandeld te krijgen, worden groepswork en andere tijdrovende activiteiten overgeslagen.

De door cTWO ontwikkelde pilotmodules wijken af van wat pilotdocenten gewend zijn te doen, maar bieden voldoende ondersteuning bij het geven van wiskunde B. Pilotdocenten zijn positief over de bruikbaarheid en beschikbaarheid van de modules, al varieert de kwaliteit ervan wel. Men ervaart wiskunde B havo niet als een flinke verandering in didactische aanpak. Op dat punt is het programma best te doen.

Het nieuwe van vernieuwde wiskunde B havo zit hem volgens pilotdocenten vooral in nieuwe inhouden: meetkunde, en daarnaast ook algebraïsche vaardigheden en wiskundige denkactiviteiten. Het accent in het programma ligt op algebraïsche vaardigheden, denkactiviteiten en, iets minder, op concrete toepassingen. De opbouw van een samenhangend netwerk van wiskundige concepten staat centraal. Concepten en denkactiviteiten vormen samen, zo vindt men, een geschikt stramien om doelen en inhouden te ordenen. Pilotdocenten gebruiken contexten die aansluiten bij de wetenschap, beroepsmogelijkheden en

leefwereld van hun leerlingen. In algemene zin tonen docenten zich tevreden met de vernieuwing.

Pilotdocenten zeggen een helder beeld te hebben van wat verwacht wordt van leerlingen. Ook is voldoende duidelijk hoe het programma geëxamineerd gaat worden. Ze toetsen concepten (binnen toepassingen) en denkactiviteiten. Wiskunde B mag best moeilijk zijn, vinden ze. En volgens hen vinden leerlingen dat ook. Slechts een minderheid van de pilotdocenten in 5havo toont zich tevreden over de leerprestaties. Daar waar het de relevantie van het vak betreft wordt vooral de wetenschappelijke kant benadrukt.

De lessen hebben volgens de pilotleerlingen een overwegend klassikaal karakter. Leerlingen gebruiken losse modules en een bestaande methode. Eén boek zouden ze handiger vinden. Heel weinig pilotleerlingen maken gebruik van de computer voor wiskundeopdrachten of het opzoeken van informatie. Vrijwel allemaal gebruiken ze de grafische rekenmachine. De helft van de pilotleerlingen vindt wiskunde B goed te doen in de beschikbare tijd. Ze vinden dat ze erg veel moeten doen, meer dan bij andere vakken, en veel zelf moeten uitzoeken.

De piloleerlingen vinden dat ze veel leren bij wiskunde B. Een kleine meerderheid is positief over de dingen die ze leren, voor nu en voor later om een baan te krijgen. Een minderheid van de leerlingen vindt wiskunde B een leuk vak en is van mening dat het hen goed voorbereidt op een bètastudie. In 5havo denkt ongeveer een vijfde van de leerlingen erover een bètastudie te kiezen. Wiskunde B wordt door pilotleerlingen een moeilijk vak gevonden.

Wiskunde B vwo

Karakterisering

Het examenprogramma voor wiskunde B vwo (600 slu) is gericht op NT-leerlingen en op EM- en NG-leerlingen die wiskunde B kiezen in plaats van wiskunde A. Het vak bereidt voor op universitaire vervolgstudies met een exacte signatuur, zoals bètawetenschappen, technische wetenschappen en econometrie. Inhoudelijk ligt de nadruk op analyse en meetkunde, met ruime aandacht voor algebraïsche vaardigheden, formulevaardigheden, redeneren, bewijzen en toepassen in authentieke situaties (cTWO, 2009a). De belangrijkste inhoudelijke veranderingen ten opzichte van het examenprogramma 2007 zijn de ontmoediging van het gebruik van de grafische rekenmachine, enkele wijzigingen ten aanzien van meetkunde (toevoeging van onder andere analytische meetkunde en schrappen van synthetische meetkunde), toevoeging van inverse functies en limietbegrip en het schrappen van discrete analyse (cTWO, 2009c; Krüger, 2008c).

Evaluatiebevindingen

De bevroegde pilotdocenten - vier in 4vwo, negen in 5vwo en zeven in 6vwo - oordelen nagenoeg unaniem positief over de wenselijkheid, uitvoerbaarheid en haalbaarheid van invoering van het vernieuwde wiskunde B-programma voor vwo per 2015. De meeste pilotdocenten in 4- en 6vwo vinden het aantal studielasturen toereikend. Voor wat betreft 5vwo zijn de meningen op dit punt echter minder eensluidend: de ene helft vindt het aantal studielasturen toereikend, de andere helft vindt dat dat juist niet het geval is. Dit patroon zien we ook terug in de beoordeling van de overladenheid van het examenprogramma: geen probleem in 4- en 6vwo (vinden de meesten), wel een probleem in 5vwo (vindt ongeveer de helft). De syllabus wordt naar inhoud en vorm bruikbaar geacht en - met uitzondering ook hier weer van de docenten in 5vwo - als niet overladen beoordeeld. Kortom, in het vijfde leerjaar is er volgens de helft van de pilotdocenten sprake van een probleem: er moeten meer wiskundige begrippen aan de orde komen en er moet meer aan wiskundige denkactiviteiten worden gedaan dan mogelijk is binnen de beschikbare tijd.

Er mag dan weliswaar sprake zijn van een nagenoeg unaniem positief oordeel over wenselijkheid, uitvoerbaarheid en haalbaarheid van het wiskunde B-programma, maar tijdens een van de schoolbezoeken zijn ook zeer kritische opmerkingen gemaakt. Die betreffen in belangrijke mate de wijze waarop het programma vorm en inhoud heeft gekregen in de pilotmodules. Daarbij moet vooral de invulling van het onderdeel meetkunde het ontgelden. De kritiek laat zich als volgt samenvatten: de eerste module (Pythagoras) was leuk, over de tweede (vectoren) waren leerlingen al minder enthousiast, aan de derde (parametervoorstellingen en rechte lijnen) zat kop noch staart, de vierde (cirkels en parabolen) bevatte heel veel rekenwerk, details en onduidelijkheden en te weinig uitleg en structuur, enzovoorts. De belangrijkste bezwaren zijn dat het lesmateriaal maar weinig over echte meetkunde (en vooral over algebra) gaat, slechts in beperkte mate invulling geeft aan en didactische ondersteuning biedt bij wiskundige denkactiviteiten (vanuit vernieuwingsoogpunt juist belangrijk) en, *last but not least*, niet eerst als onderdeel van de pilot zorgvuldig is uitgetest.

Als conditie voor succesvolle invoering wordt onder andere genoemd het beschikbaar komen van een heldere uiteenzetting van de beweegredenen tot en essentiële kenmerken van de inhoudelijke vernieuwing. Dat wordt belangrijk gevonden voor docenten die nog geen ervaring hebben met het nieuwe programma. Andere condities die genoemd worden hebben te maken met (ook hier weer) de kwaliteit van de pilotmodules: integratie van de losse stencils over meetkunde in het materiaal c.q. de methode, betere aansluiting tussen de cTWO-modules en bestaande methodes (in casu *Getal & Ruimte* dat een geheel andere insteek kent) en lesmateriaal dat aansluit op de onderbouw. Sterke kanten van het wiskunde B-programma zijn volgens pilotdocenten analytische meetkunde, de aandacht voor wiskun-

dige denkactiviteiten en de samenhang daartussen, en algebraïsche vaardigheden. Ook is er naar de mening van pilotdocenten sprake van meer samenhang tussen de verschillende onderwerpen en worden leerlingen meer gedwongen zelf te zoeken naar oplossingen. Zwakke punten zijn het lesmateriaal (te losstaand van bestaande methodes, wisselend/matig van kwaliteit, weinig afwisselend en vooral te veel waardoor weinig tijd overblijft voor denkactiviteiten - die in de les veel tijd kosten - en voor allerlei praktische activiteiten), de te geringe ruimte voor het herhalen van vaardigheden en het ontbreken van kansrekening.

Pilotdocenten ervaren het vernieuwde wiskunde B programma niet als een flinke verandering in de manier van lesgeven. Wat van hen wordt verwacht is, zegt men, voldoende duidelijk. Het nieuwe van wiskunde B vwo zit hem vooral in de inhoud (analytische meetkunde, nadruk op algebraïsche vaardigheden) en de nadruk op denkactiviteiten. Bij het gebruik van de grafische rekenmachine en ICT leggen bijna alle docenten de nadruk op *use-to-learn*.

Pilotdocenten vinden vernieuwd wiskunde B vooral wetenschappelijk relevant voor leerlingen. Zij denken niet dat leerlingen door de vernieuwing de relevantie van wiskunde beter (zijn) gaan zien. Pilotdocenten zeggen een helder beeld te hebben van wat er bij wiskunde B wordt verwacht van vwo-leerlingen en gaandeweg de pilot is voor meer docenten duidelijk geworden hoe het programma geëxamineerd gaat worden. Concepten worden over het algemeen getoetst binnen concrete toepassingen en denkactiviteiten. De nadruk op wiskundige concepten en denkactiviteiten maakt wiskunde B tot een moeilijk vak voor leerlingen.

Pilotleerlingen krijgen bij wiskunde B vwo hoofdzakelijk klassikaal les en soms in kleine groepjes. Er wordt gebruik gemaakt van losse modules in combinatie met een bestaande methode. De pilotmodules zijn dermate anders van opzet en inhoud dat het voor de leerlingen flink wennen is. De grafische rekenmachine is een vast en veel gebruikt attribuut. Weinig leerlingen maken gebruik van de computer voor wiskundige opdrachten of het opzoeken van informatie. Een kleine meerderheid van de pilotleerlingen vindt wiskunde B goed te doen in de tijd die er voor staat. Veel leerlingen vinden dat ze voor dit vak erg veel moeten doen, maar er ook veel van leren. Ze vinden het een moeilijk maar ook leuk vak en zijn ook positief over het nut ervan (je hebt er wat aan voor nu, en voor later om een baan te krijgen; het bereidt hen ook voor op een bètastudie).

Wiskunde C vwo

Karakterisering

Het examenprogramma voor wiskunde C vwo (480 slu) is gericht op CM-leerlingen en bereidt voor op universitaire studies in de sociale, juridische, taal- en cultuur- en gedrags- en maatschappijwetenschappen. Inhoudelijke zwaartepunten zijn algemene wiskundige en statistische vorming (op de domeinen algebra en tellen, verbanden, veranderingen, statistiek en kansrekening, logisch redeneren, en vorm en ruimte), in samenhang met de historische en culturele plaats van wiskunde in wetenschap en maatschappij (cTWO, 2009a). De belangrijkste inhoudelijke veranderingen ten opzichte van het examenprogramma 2007 zijn: veel aandacht voor wiskunde in de maatschappij en in cultuurhistorisch perspectief; idem voor argumenteren, redeneren en kritische vragen stellen; een nieuwe opzet van kansrekening en statistiek; schrappen van grafen en matrices en toevoegen van logica, en vorm en ruimte; een apart domein 'rekenen en algebra'; geen deelverzameling van wiskunde A meer en daardoor echt gericht op CM-leerlingen (cTWO, 2009c).

Evaluatiebevindingen

De bevraagde pilotdocenten - zes in 4vwo, zeven in 5vwo en acht in 6vwo - zijn in grote meerderheid positief over de wenselijkheid, haalbaarheid en uitvoerbaarheid van landelijke invoering van het wiskunde C-programma in 2015. Twijfelpunt bij twee vwo 6-docenten is het geringe aantal leerlingen dat het vak kiest. Dat punt klinkt ook door in de door docenten genoemde condities voor succesvolle invoering van het programma: er moeten wel voldoende leerlingen zijn die het vak kiezen. Andere condities die vermeld worden, zijn minder stof, het verplicht stellen van het vak voor bepaalde vervolgstudies, en goede methoden met meer structuur en samenhang en met een goede 'vertaling' van de denkbeelden van cTWO (bijvoorbeeld omtrent wiskundige denkactiviteiten). Als sterke punten van het vak worden gezien:

- de relevantie voor leerlingen als gevolg van het gebruik van contexten en de keuze voor mooie onderwerpen (zoals logica en perspectief);
- de goede opbouw binnen de onderwerpen;
- het principe dat leerlingen zelf moeten nadenken en zelf aan de slag moeten;
- het feit dat het vak goed is toegesneden op leerlingen met een CM-profiel.

Als zwakke punten noemen de pilotdocenten:

- het te geringe aantal leerlingen dat het vak kiest;
- de modulaire opbouw en de keuze voor losse onderwerpen, die zorgen voor een onsamenvattend geheel;
- de uiterlijke vormgeving van het materiaal (losse stencils worden als rommelig ervaren);

- de geringe motivatie onder leerlingen; wiskunde blijft voor de doelgroep van dit vak een, in de woorden van een pilotdocent, ‘noodzakelijk kwaad’;
- het feit dat de onderwerpen bij wiskunde C verder bij de wiskunde vandaan liggen;
- het gebrek aan tijd voor herhaling.

Pilotdocenten in 5- en 6vwo zijn kritischer ten aanzien van overladenheid van het examenprogramma dan in 4vwo. Dit heeft naar verluidt (ook) te maken met het feit dat de vernieuwing in 5- en 6vwo meeromvattend is dan in 4vwo. Datzelfde geldt voor de syllabus, die in algemene zin overigens wel bruikbaar wordt gevonden. Het aantal docenten dat van mening is dat het niet mogelijk is de eindtermen in het examenprogramma binnen de beschikbare tijd te halen, neemt toe naarmate het examen dichterbij komt. Overladenheid manifesteert zich ook op moduleniveau, het minst in het vierde leerjaar en het meest in het zesde. Vooral de nadruk op denkactiviteiten (in combinatie met het feit dat die in het materiaal onvoldoende vorm hebben gekregen) en de aandacht voor toepassingen maken dat modules meer tijd vergen dan ingeschat door de samenstellers ervan. Echter, hoewel de overladenheid van pilotmodules een punt van zorg is, tonen de pilotdocenten zich over het algemeen wel tevreden over de kwaliteit van de modules. Die sluiten goed aan bij het startniveau van de leerlingen en bieden voldoende ondersteuning en ruimte voor eigen invulling. Over de pilotmodules oordeelt men positiever dan over de bestaande methode.

Met name in 5vwo impliceert het vernieuwde vak een flinke verandering van lesgeven. Voor de meeste pilotdocenten is voldoende duidelijk wat er van hen verwacht wordt. Men voelt zich bovendien voldoende toegerust. Het nieuwe van wiskunde C zit, zo wordt aangegeven, in de nadruk op de plaats van wiskunde in wetenschap en maatschappij, in nieuwe inhouden, in de aandacht voor denkactiviteiten en in het (anders) gebruiken van toepassingen en concepten. Toepassingen spelen een duidelijke rol in de lespraktijk, bevorderen (in de ogen van de pilotdocenten) de relevantie van wiskunde voor leerlingen en werken bovendien motiverend. Voor wiskundige begripsontwikkeling worden ze echter niet echt belangrijk gevonden. Bij het gebruik van ICT en de grafische rekenmachine ligt de nadruk op *use-to-learn*.

Voor bijna de helft van de vwo 6-pilotdocenten is onduidelijk wat er van leerlingen wordt verwacht en hoe het centraal examen en schoolexamen er uit gaan zien. In de twee eerdere leerjaren wordt dit alles niet zo als een probleem ervaren. Nagenoeg alle pilotdocenten in 5- en 6vwo geven aan dat leerlingen wiskunde C een moeilijk vak vinden, vooral door de nadruk op wiskundige concepten en denkactiviteiten. Toch heerst er tevredenheid over de leerprestaties.

De wiskunde C-lessen hebben volgens de pilotleerlingen een overwegend klassikaal karakter. Ook wordt gewerkt in groepjes. Naast de pilotmodules wordt geen methode gehanteerd. De grafische rekenmachine wordt vaak gebruikt, in tegenstelling tot de computer die gaandeweg het programma volgens steeds minder pilotleerlingen bij wiskunde-opdrachten wordt ingezet. De meeste pilotleerlingen vinden dat ze veel moeten doen bij wiskunde C, maar geven ook aan het allemaal wel doenlijk te vinden in de tijd die er voor staat. Ze vinden het in meerderheid geen leuk en nuttig vak en vinden het ook moeilijk.

Wiskunde D havo

Karakterisering

Wiskunde D havo (320 slu) is een profielkeuzevak voor NT-leerlingen en kan door NG-leerlingen die wiskunde B gekozen hebben worden opgenomen in de vrije ruimte. Het vak biedt een verbreding en verdieping op wiskunde B. De verbreding omvat onder meer statistiek en kansrekening, ruimtemeetkunde en wiskunde in technologie. De verdieping richt zich op de bètasector en komt tot uitdrukking in keuzeonderwerpen zoals meetkunde en optimalisatie, die in samenwerking met het hbo kunnen worden ingevuld (cTWO, 2009a). Inhoudelijke veranderingen ten opzichte van het examenprogramma 2007 zijn onder meer de verplaatsing van de subdomeinen 'Afstanden en hoeken in concrete situaties' en 'Evenredigheidsverbanden' naar wiskunde B en de toevoeging van de subdomeinen 'Fragmenttekeningen van ruimtelijke objecten' en 'Profielspecifieke verdieping' (cTWO, 2009c).

Evaluatiebevindingen

Aan de pilot van het aangepaste examenprogramma voor (het relatief nieuwe vak) wiskunde D havo hebben slechts drie wiskundeleraars van evenzovele scholen deelgenomen. Twee van die docenten hebben medewerking verleend aan de evaluatie. Dat aantal is dermate gering dat uiterste voorzichtigheid moet worden betracht bij het trekken van conclusies.

De bevroegde pilotdocenten achten het examenprogramma uitvoerbaar binnen de beschikbare tijd en vinden het aantal studielasturen toereikend. Het examenprogramma geeft, naar verluidt, een helder beeld van wat er van leerlingen wordt verwacht op het gebied van kennis, inzicht en vaardigheden. Het examenprogramma voor havo wordt naar inhoud als duidelijk onderscheidend beoordeeld ten opzichte van het examenprogramma voor vwo. Een probleem is echter dat slechts een beperkt aantal leerlingen wiskunde D kiest. Daarmee is het voor scholen lastig (want relatief duur) het vak als profielkeuzevak aan te bieden. De

pilotdocenten zijn echter overtuigd van de meerwaarde van het vak voor hun leerlingen en adviseren om in de voorlichting in klas 3 de relevantie van wiskunde D voor het bèta-vervolgonderwijs te benadrukken. Als condities voor succesvolle invoering worden de volgende punten genoemd:

- Wiskunde D opvoeren als verplicht profielvak en als vak dat noodzakelijk is voor vervolgopleidingen. Dat zal, zo schat men in, positief van invloed zijn op het aantal leerlingen dat het vak gaat kiezen.
- Meer pilotmodules voor keuze-onderwerpen die zijn toegesneden op de wiskunde D-doelgroep. Materiaal ook met goede contexten die dichtbij de leerlingen staan en over onderwerpen gaan die nuttig zijn voor vervolgonderwijs (geen/weinig/minder kansrekening + statistiek).
- Nadruk op algebraïsche vaardigheden.

Als sterke punten van wiskunde D worden genoemd de ruimte voor eigen inbreng van de docent, de mogelijkheid tot verdieping en verbreding en de ruimte voor wiskundige denkactiviteiten. Zwakke punten zijn de te grote gelijkenis met het oude programma en het te grote aandeel van kansrekening en statistiek.

Volgens de pilotdocenten is er bij wiskunde D havo voldoende tijd voor wiskundige denkactiviteiten en voor het werken met concrete toepassingen. Beide aspecten beoordeelt men als positief, zij het dat wiskundige denkactiviteiten in de les een ondergeschikte rol spelen en dat de aandacht voor toepassingen per onderwerp varieert. Algebraïsche vaardigheden krijgen juist wel veel aandacht. De pilotmodules sluiten over het algemeen goed aan bij het startniveau van de leerlingen. Een enkele module doet een groter beroep op de zelfstandigheid van havoleerlingen dan realistisch is. Het programma impliceert geen flinke verandering in de manier van lesgeven. Het nieuwe aan het nieuwe programma is, zo zegt men, vooral de ruimte voor verbreding en verdieping. Bij gebruik van ICT en de grafische rekenmachine ligt het accent op *use-to-learn*. Pilotdocenten vinden dat wiskunde D relevant is voor leerlingen en dat leerlingen enthousiast zijn over het vak.

Tijdens de wiskunde D-lessen wordt volgens de pilotleerlingen (zestien in 4havo en veertien in 5havo) vaak klassikaal lesgegeven, afgewisseld met het werken in groepjes. De computer speelt een ondergeschikte rol, in tegenstelling tot de grafische rekenmachine die vaak wordt gebruikt. Ze hebben liever één boek dan allerlei losse modules. De meesten vinden wiskunde D goed te doen in de tijd die er voor staat. Voor dit vak hoeft, vinden ze, niet meer gedaan te worden dan bij andere vakken. De onderwerpen hebben weinig of niets van doen met wat buiten school gebeurt. De pilotleerlingen oordelen wisselend over het nut van wiskunde D. De meesten vinden het een moeilijk vak. Over of het een leuk, boeiend en interessant vak is, wordt wisselend geoordeeld.

Wiskunde D vwo

Karakterisering

Het examenprogramma voor wiskunde D vwo (440 slu) is gericht op NT-leerlingen (profielkeuzevak) en kan ook in de vrije ruimte worden opgenomen door NG-leerlingen die wiskunde B hebben gekozen. Wiskunde D biedt een verbreding en verdieping op wiskunde B. De verbreding omvat onder meer statistiek en kansrekening. De verdieping komt tot uitdrukking in onderwerpen uit een technische en wetenschappelijke context die aanleiding zijn tot formeel redeneren en bewijzen (cTWO, 2009a). De belangrijkste inhoudelijke veranderingen ten opzichte van het examenprogramma 2007 hebben onder meer betrekking op kansrekening en statistiek, dynamische modellen (dat nu dynamische systemen heet) en analytische vlakke meetkunde (verplaatst naar wiskunde B) (cTWO, 2009c).

Evaluatiebevindingen

Aan de evaluatie van de examenpilot wiskunde D vwo is deelgenomen door twee wiskundedocenten in 4vwo, twee docenten wiskunde in 5vwo en drie docenten wiskunde in 6vwo. Dat aantal is dermate gering dat uiterste voorzichtigheid moet worden betracht bij het trekken van conclusies.

De drie bevraagde pilotdocenten in 6vwo vinden het aantal studielasturen voor het examenprogramma wiskunde D toereikend en het programma voor dat leerjaar niet overladen. Voor de andere twee leerjaren ziet het plaatje er wat meer divers uit: een overladen examenprogramma en voldoende studielasturen voor 5vwo, geen overladen examenprogramma en een toereikend aantal studielasturen voor 4vwo. Mogelijk heeft een en ander te maken met de verdeling van de stof over de leerjaren.

De vernieuwing van het wiskunde D-programma wordt als gering ervaren. Van meer nadruk op algebraïsche vaardigheden lijkt geen sprake. Een duidelijk probleem - net als bij wiskunde D havo - is dat slechts een beperkt aantal leerlingen het vak kiest. Dat maakt het voor scholen lastig het vak als profielkeuzevak te verroosteren. Ook de vwo-docenten zijn echter overtuigd van de meerwaarde van het vak voor hun leerlingen en adviseren om in de voorlichting in klas 3 de relevantie van wiskunde D voor het bètavergoedonderwijs te benadrukken. Sommige pilotdocenten ervaren dat wiskunde D en NLT op school elkaar beconcurreren. Het geringe aantal leerlingen dat het vak kiest wordt tevens als beperkende voorwaarde gezien voor succesvolle invoering van het vak. Als sterke punten worden genoemd de ruimte voor ICT-gebruik, de ruimte voor keuzeonderwerpen en het onderdeel 'Bewijzen' (dat als een zeer leuke toevoeging wordt gezien). Zwakke punten zijn de te kleine doelgroep (ervaren als

een serieus risico voor voortbestaan van het vak), het te grote aandeel van het onderdeel 'Kansrekening' (een voor deze doelgroep niet zo uitdagend onderwerp) en het niet-verplichte karakter van wiskunde D voor vervolgopleidingen.

De pilotmodules worden als goed bruikbaar en niet overladen ervaren en ook het aantal contacturen wordt niet als een probleem gezien. Het vak is best te doen in de klas. Voor verbreding en verdieping is voldoende ruimte en juist dat motiveert leerlingen. Het gebruik van toepassingen in de les varieert per onderwerp. Wiskunde D is volgens pilotdocenten voor leerlingen geen gemakkelijk maar wel een leuk vak. Voor de meeste pilotdocenten is het duidelijk hoe wiskunde D via het schoolexamen geëxamineerd gaat worden.

De lessen hebben volgens de meeste leerlingen een doorgaans klassikaal karakter. Met het stijgen der leerjaren wordt wat meer in groepjes gewerkt. Opvallend is dat er volgens pilotleerlingen in het vierde en vijfde leerjaar vrijwel geen ruimte is voor praktische activiteiten en in het examenjaar juist wel. Naast losse modules gebruiken pilotleerlingen een boek. Drie kwart van de leerlingen heeft liever alleen een boek. De computer wordt vooral in 6vwo gebruikt, met name voor wiskundige opdrachten en bijna iedereen gebruikt de grafische rekenmachine. De meeste pilotleerlingen vinden wiskunde D goed te doen in de tijd die er voor staat.

De onderwerpen waar pilotleerlingen bij wiskunde D aan werken sluiten volgens hen niet aan bij wat zij buiten schooltijd doen. Ze zijn positief over het nut van wiskunde D, maar naarmate het examen dichterbij komt reageren leerlingen minder positief. De meeste pilotleerlingen vinden wiskunde D een leuk vak, al verschillen de meningen sterk per leerjaar. Het vak geeft pilotleerlingen een goed beeld van wat zij kunnen verwachten van een vervolgstudie op het terrein van bèta en techniek. De meeste pilotleerlingen vinden dat dit vak hen daarop goed voorbereidt.

3. Hoofdconclusies

Bevat hoofdstuk 2 een samenvatting van de belangrijkste bevindingen uit de zeven deelrapporten, in dit hoofdstuk staan we stil bij de hoofdconclusies die op basis van de evaluatie van de zeven examenpilots kunnen worden getrokken.

Draagvlak onder pilotdocenten

De evaluatie van de examenpilots wiskunde laat zien dat er behoorlijk wat draagvlak onder pilotdocenten is voor de door cTWO ter hand genomen vernieuwing van de examenprogramma's voor wiskunde A havo, wiskunde A vwo, wiskunde B havo, wiskunde B vwo en wiskunde C vwo (NB: wiskunde D havo en wiskunde D vwo laten we hier buiten beschouwing gezien het geringe aantal docenten in de pilot en de evaluatie). Grosso modo onderschrijft men de wenselijkheid van invoering van de aangepaste programma's per 2015 en datzelfde geldt voor de uitvoerbaarheid en haalbaarheid ervan. Dit alles is hoopgevend en biedt perspectief. Een interessant en tevens hoopvol punt uit de aanvullende gegevensverzameling voor wiskunde A in 5havo (feitelijk een vergelijking tussen invoeringservaringen in het tweede jaar van invoering in schooljaar 2011-2012 en ervaringen tijdens het eerste jaar van invoering in schooljaar 2010-2011) is dat pilotdocenten op basis van een tweede 'invoeringservaring' niet alleen in staat lijken die ervaringen beter te articuleren, maar ook een iets positiever beeld schetsen van het programma. Kortom, gericht ervaring opdoen met en wennen aan een vernieuwing (het trotseren van kinderziektes daarbij inbegrepen) kosten tijd, maar zetten ook enige zoden aan de dijk.

Dat neemt echter niet weg dat er bij deze positieve conclusie wel enige kanttekeningen zijn te plaatsen.

De *eerste* is dat de pilotdocenten (en in de meeste gevallen ook de scholen waar zij werkzaam zijn) een voorhoedegroep vormen en zich nadrukkelijk onderscheiden van de 'gemiddelde' docent wiskunde. Anders gezegd: dat de selecte groep van pilotdocenten (in meerderheid) de vernieuwingen wel ziet zitten, betekent nog niet dat daarmee de grote groep docenten die geen rol heeft gespeeld in de pilots voor de vernieuwing is gewonnen. Maar hoe dan ook, de eerste klap is een daalder waard.

In de *tweede* plaats worden door pilotdocenten per programma wel enkele zorgpunten genoemd, onder meer verwoord als condities voor succesvolle invoering. Er is alle reden daar zeer serieus naar te kijken en waar mogelijk en gewenst acties aan te verbinden, eerst en vooral in de periode van twee en een half jaar tussen nu (december 2012) en het eventuele moment van invoering van de programma's (augustus 2015) maar ook daarna. We beperken ons hier tot enkele hoofdpunten per programma (voor meer details verwijzen we naar de deelrapporten en naar het voorgaande hoofdstuk). Verderop gaan we apart in op de mate waarin ankerpunten voor de vernieuwing uit de verf zijn gekomen.

Wiskunde A havo

De belangrijkste zorgpunten dan wel invoeringscondities voor dit programma zijn de opname van kansrekening en statistiek niet alleen in het schoolexamen maar (deels) ook in het centraal examen; het beschikbaar komen goed lesmateriaal, met daarin voorbeelden van (onderzoek)opgaven ter stimulering van wiskundige denkactiviteiten; de beschikbaarheid van voldoende ICT-faciliteiten op schoolniveau om invulling te kunnen geven aan de beoogde opzet van kansberekening en statistiek; en voldoende capabele docenten (het vernieuwde programma vergt veel lesvoorbereiding).

Wiskunde A vwo

Voor dit programma is het grootste punt van zorg de beschikbaarheid van bruikbaar lesmateriaal waarin de denkbeelden van cTWO zichtbaar en inzichtelijk zijn verwerkt. Net als bij wiskunde A havo is er kritiek op het feit dat kansrekening en statistiek alleen in het schoolexamen zit. Verder wordt gewezen op het belang van bijscholing op het terrein van wiskundige denkactiviteiten.

Wiskunde B havo

Volgens pilotdocenten moet voor dit programma het aantal studielasturen (en contacturen) worden opgehoogd en moet het programma in de onderbouw worden versterkt en verzwaaard (met een goede determinatie van leerlingen). Verder wordt gepleit voor continuering en uitbreiding van uitsluitingen in de syllabus. Dit punt heeft, net als de roep om meer studielasturen, een relatie met het gevoel van overladenheid van het programma. En, tot slot, ook hier zijn er zorgen over de kwaliteit van lesmateriaal en wordt gepleit voor goede voorbeelden in methoden (inclusief toetsen en examenopgaven).

Wiskunde B vwo

De uitvoerbaarheid van het programma is geen probleem in het vierde en zesde leerjaar, maar wel in het vijfde. In dat leerjaar moet meer gedaan worden aan begripsontwikkeling en aan het stimuleren van wiskundige denkactiviteiten dan feitelijk kan. Als conditie voor succesvolle invoering wordt onder andere genoemd (net als bij wiskunde A vwo) het beter zichtbaar maken van de beweegredenen tot en de essentiële kenmerken van de inhoudelijke vernieuwing. Dat wordt belangrijk gevonden voor docenten die nog geen ervaring hebben met het nieuwe programma. Een tweede invoeringsconditie c.q. duidelijk zorgpunt is (ook hier) de kwaliteit van lesmateriaal.

Wiskunde C vwo

Punten van zorg zijn het geringe aantal leerlingen dat het vak kiest en de geringe motivatie onder leerlingen. Het eerste punt klinkt ook door in de door docenten genoemde condities voor succesvolle invoering van het programma: voldoende leerlingen die het vak kiezen. Andere condities zijn: minder stof (want te overladen), verplicht stellen van het vak voor bepaalde vervolgstudies en goede methoden met meer structuur en samenhang en met een goede 'vertaling' van de denkbeelden van cTWO (bijvoorbeeld voor wiskundige denkactiviteiten).

Wiskunde D havo

Bij dit programma dient te worden opgemerkt dat dat het aantal docenten in zowel de pilot als de evaluatie zeer gering was. Dat maakt het bijzonder lastig evaluatieve uitspraken over dit programma te doen. Dat benadrukt hebbende, komt uit de evaluatie het beeld naar voren dat het verschil met het programma zoals ingevoerd als onderdeel van de vernieuwde tweede fase niet groot is en vooral dat dit vak het moeilijk heeft door het (te) geringe aantal leerlingen dat het vak kiest. Door dat laatste is het voor scholen lastig (want relatief duur) het vak als profielkeuzevak aan te bieden. Dat wordt betreurd onder meer vanwege de goede mogelijkheden die het vak biedt tot verbreding en verdieping. Een oplossing die wordt aangedragen is het vak de status te geven van verplicht profielvak. Ook in dit geval zijn wensen geformuleerd daar waar het lesmateriaal betreft: meer materiaal voor keuze-onderwerpen die zijn toegesneden op de wiskunde D-doelgroep, met goede contexten, minder aandacht voor kansrekening en statistiek, en meer accent op algebraïsche vaardigheden.

Wiskunde D vwo

Wat werd gemeld bij wiskunde D havo, geldt evenzeer voor wiskunde D vwo: het geringe aantal docenten in (de evaluatie van) de pilot maakt het doen evaluatieve uitspraken lastig. Ook verder is het een kwestie van hetzelfde laken een pak: het verschil tussen 'oud' (vernieuwde tweede fase programma) en 'nieuw' (cTWO) is gering, (te) weinig leerlingen kiezen het vak en teleurstelling over het niet-verplichte karakter van het vak voor vervolgopleidingen. Een derde kanttekening vindt zijn grond in het afhaken van één school als pilotschool voor wiskunde A, B en D vwo. Dat een school zich terugtrekt uit een (examen)pilot is *all in the game*. Daar is het per slot van rekening een pilot voor. Maar er uit stappen vergt moed. En bij een evaluatie als deze past het ook oog te hebben voor de argumenten en oprechte zorgen die aan die stap ten grondslag hebben gelegen. Dat geldt des te meer als daaruit ook lessen zijn te leren met het oog op (de voorbereiding van) landelijke invoering en de inrichting van mogelijk andere examenpilots (voor andere vakken) in de nabije toekomst. De bezwaren

richten zich niet op wiskunde D, maar wel op de wijze waarop het wiskunde B-programma, met name het onderdeel meetkunde, vorm en inhoud heeft gekregen in de pilotmodules. Een belangrijk punt van kritiek is dat het lesmateriaal maar weinig over echte (ruimte)meetkunde gaat en (helaas) des te meer over algebra. Anders gezegd: aan het uitwerken van de inhoudelijke vernieuwing valt nog veel te sleutelen. Bovendien biedt het materiaal docenten én leerlingen slechts beperkte steun bij het in de praktijk brengen van de beoogde vernieuwing (zich toespitsend op wiskundige denkactiviteiten) en is het niet eerst op kwaliteit beproefd. Ook het wiskunde A-programma ontmoet kritiek die zich toespitst op de (in de ogen van de docenten merkwaardige) beslissing statistiek buiten het centraal examen te laten en op de te geringe steun en duidelijkheid die zwakke leerlingen in de modules wordt geboden. Kortom, in essentie richten de bezwaren zich op allerlei inhoudelijke - en in het verlengde daarvan didactische - keuzes en uitwerkingen en op de kwaliteit van het pilotlesmateriaal. Voor wat betreft het laatste voelde men zich belast met en tegelijk ook onthand door iets waar *“men nog heel erg zoekende naar was”*. Over het lesmateriaal komen we verderop nog te spreken.

Helderheid omtrent vernieuwingskenmerken

Voor het welslagen van landelijke invoering van de vernieuwde examenprogramma's (indien daartoe besloten wordt) is het cruciaal dat voor niet-pilotdocenten en hun leerlingen - en daarnaast ook voor leermiddelenauteurs en examenconstructeurs - helder moet zijn:

- wat de essentiële bestanddelen van de vernieuwing zijn;
- op welke punten de vernieuwde programma's verschillen ten opzichte van de bestaande;
- hoe de vernieuwde programma's geëxamineerd gaan worden.

Een nadrukkelijk punt van aandacht en actie daarbij is dat voor scholen en leraren duidelijk moet zijn *wat moet* en *wat mag en kan*. Dat kan er mede toe bijdragen het spook der overladenheid (voor zover van toepassing; verderop hierover meer) op afstand te houden. Wat moet is dat alle eindtermen in het betreffende examenprogramma worden gerealiseerd en dat (bij de vakken met een centraal examen en een schoolexamen) de daartoe geoormerkte eindtermen worden getoetst in een centraal examen en de overige als zodanig benoemde eindtermen worden getoetst in een schoolexamen. Wat mag en kan is dat (bij de vakken met een centraal examen en een schoolexamen) het deel dat gereserveerd is voor het centrale examen (deels) ook aan de orde komt in het schoolexamen. Bovendien mag een school eigen onderwerpen aan het schoolexamen toevoegen die per leerling kunnen verschillen, mogen scholen zelf beslissen over de inrichting van het schoolexamen en zijn er, niet in de laatste plaats, wat didactiek betreft verschillende wegen die naar Rome (in dit geval: het eindexamen) leiden.

Hoopgevend is dat de meeste pilotdocenten aangeven voldoende duidelijk voor ogen te heb-

ben wat leerlingen op basis van het globaal geformuleerde examenprogramma (plus, voor zover van toepassing, bijbehorende syllabus) dienen te kennen en te kunnen voor het centraal examen en/of het schoolexamen. Uitzonderingen hierop zijn wiskunde C voor 6vwo en wiskunde B voor vwo in de perceptie van een tweetal docenten van één pilotschool. Duidelijkheid is er ook over wat en hoe er geëxamineerd gaat worden, ook al is men het met dat 'wat' niet in alle gevallen eens (met als markantste punt van dispuut de positie van kansrekening en statistiek bij wiskunde A voor zowel havo als vwo). Nadrukkelijk punt van aandacht bij opschalen is het creëren van duidelijkheid over waar de vernieuwing precies voor staat en hoe die in de praktijk kan worden gebracht. Door pilotdocenten wiskunde B vwo is dit punt expliciet als invoeringsconditie op tafel gelegd.

Ankerpunten voor vernieuwing

Aan de vernieuwing van de examenprogramma's hebben enkele algemene overwegingen en uitgangspunten ten grondslag gelegen, namelijk een betere beheersing van algebraïsche vaardigheden; zinvolle integratie van ICT; inhoudelijke vernieuwingen, met inbegrip van veel aandacht voor wiskundige kernconcepten en wiskundige denkactiviteiten; en waken voor overladenheid (zie hoofdstuk 1 van dit rapport). De overweging dat gestreefd wordt naar een betere aansluiting tussen onderbouw voortgezet onderwijs, de tweede fase en het hoger onderwijs is door cTWO pas in een later stadium als speerpunt benoemd. Om die reden is dit punt niet onderzocht. Wel is gekeken naar de mate van relevantie van de programma's voor leerlingen. Wanneer de vier genoemde 'ankerpunten' alsmede het punt van de relevantie worden gezien in het licht van evaluatiebevindingen, dan komen we tot de volgende conclusies.

Betere beheersing van algebraïsche vaardigheden

Op de vraag of de uitvoering van de examenpilots heeft geresulteerd in een betere beheersing van algebraïsche vaardigheden door pilotleerlingen kan op basis van de evaluatie geen antwoord worden gegeven. Een analyse van de prestaties van de pilotleerlingen op de centrale examens (havo in 2011 en 2012, vwo in 2012) zou daar enig inzicht in hebben kunnen bieden, maar die viel buiten de evaluatieopdracht. In het kader van de evaluatie van de examenpilots voor de natuurwetenschappelijke vakken is een dergelijke examenanalyse wel uitgevoerd (Kuiper *et al.*, 2011). Als onderdeel van de evaluatie van de examenpilots wiskunde is wel gekeken naar de percepties en acties van pilotdocenten omtrent de door cTWO beoogde, grotere nadruk op algebraïsche vaardigheden. Daaruit kan worden geconcludeerd dat dit aspect binnen de meeste programma's (wiskunde A havo, wiskunde B havo, wiskunde B vwo, wiskunde D havo) als belangrijk wordt gezien, positief wordt beoordeeld en ook in de

praktijk lijkt te worden gebracht. Maar er is ook kritiek, in de zin dat er in sommige programma's een te zwaar accent op ligt (wiskunde B vwo, wiskunde A havo), dat een rode draad ontbreekt (wiskunde A havo), dat pilotmodules het aanleren en oefenen van algebraïsche vaardigheden te weinig ondersteunen (wiskunde A havo) en dat het programma te weinig ruimte biedt voor het herhalen van vaardigheden (wiskunde B vwo). Bij één programma (wiskunde D vwo) lijkt van een grotere nadruk op algebraïsche vaardigheden geen sprake, met een dikke streep onder 'lijkt' gegeven het geringe aantal responderende pilotdocenten. Bij wiskunde A vwo en wiskunde C vwo wordt de nadruk op algebraïsche vaardigheden door pilotdocenten niet als een nieuwe loot aan het programma gezien.

Zinnige integratie van ICT - met functie 'use-to-learn' - in het wiskundeonderwijs

Ten aanzien van dit punt kunnen we kort zijn. Bij de uitvoering van alle zeven programma's ligt volgens de meeste pilotdocenten bij het gebruik van de ICT en de grafische rekenmachine het accent op *use-to-learn*. Dit is conform hetgeen door cTWO wordt gepropageerd. Volgens de pilotleerlingen is de grafische rekenmachine een vast attribuut in de les bij alle zeven vakken. Dat geldt niet voor de computer. Die wordt bij wiskunde A havo gebruikt door een deel van de havo5-leerlingen en bij wiskunde D vwo door ongeveer twee derde van de leerlingen in het zesde leerjaar bij het maken van wiskundige opdrachten. Bij de andere vakken en leerjaren speelt de computer geen of een ondergeschikte rol.

Inhoudelijke vernieuwingen, kernconcepten en wiskundige denkactiviteiten

Wanneer we de evaluatiebevindingen over de inhoudelijke vernieuwingen samen nemen met gegevens over de aandacht voor kernconcepten, beide zoals gepercipieerd door pilotdocenten, dan leidt dat tot de volgende conclusies. Bij de zeven programma's worden allerlei punten aangestipt die te maken hebben met andere accenten in doelen en inhouden (en daarmee deels ook de didactiek). Sommige van die punten stemmen tot tevredenheid en worden als sterk aangeduid, andere geven aanleiding tot kritische opmerkingen of zorgen. Als sterke punten worden genoemd:

- de nieuwe, realistische invulling van kansrekening en statistiek (wiskunde A havo, wiskunde A vwo);
- de aandacht voor nieuwe onderwerpen, zoals analytische meetkunde en de toepassing daarvan (wiskunde B havo, wiskunde B vwo), logica en perspectief (wiskunde C vwo), bewijzen (wiskunde D vwo) en keuzeonderwerpen (wiskunde D vwo);
- de goede opbouw van een samenhangend netwerk van wiskundige concepten (wiskunde B havo, wiskunde B vwo), van en binnen onderwerpen (wiskunde C vwo) en van wiskun-

dige concepten vanuit toepassingen (wiskunde A vwo) of gekoppeld aan toepassingen (wiskunde C vwo, wiskunde D havo);

- de samenhang tussen onderwerpen (wiskunde B vwo).

Minder enthousiast is men over de examinering van kansrekening en statistiek louter en alleen via het schoolexamen (wiskunde A havo, wiskunde A vwo), het ontbreken van het onderdeel kansrekening in het examenprogramma (wiskunde B vwo) of juist te ruime aandacht hiervoor (wiskunde D vwo) en het gebrek aan samenhang binnen het programma als gevolg van de keuze voor een modulaire opbouw (wiskunde C vwo).

Wiskundige denkactiviteiten vormen ook in de ogen van de pilotdocenten een belangrijk en gewaardeerd vernieuwingsaspect. De evaluatie laat echter tevens zien dat dit vernieuwingsonderdeel vooralsnog een (te) ondergeschikte rol speelt en onvoldoende uit de verf komt.

Een forse investering in verdere doordenking, uitwerking (in lesmateriaal) en scholing/nascholing lijkt geboden. Dat geldt meer of minder voor alle zeven programma's, al steken wiskunde B havo, wiskunde B vwo en wiskunde C vwo op dit punt relatief gunstig af bij de andere vakken.

Waken voor overladenheid

De evaluatie laat zien dat op het niveau van het examenprogramma en de syllabus deze ambitie bij twee programma's is waargemaakt: wiskunde A havo en wiskunde A vwo. Ook het examenprogramma voor wiskunde D havo wordt (door de weinige pilotdocenten die bij de evaluatie waren betrokken) als niet overladen aangemerkt. Bij wiskunde B havo is het duidelijk niet gelukt een examenprogramma en syllabus te ontwikkelen die doenlijk zijn binnen de tijd die er voor staat. Daar is er dus nog werk aan de winkel. Waar en wat er geschrapt moet worden, blijkt - zoals zo vaak - een lastig te beantwoorden vraag. Wat meer divers is het beeld bij:

- wiskunde B vwo: het examenprogramma en de syllabus resulteren in overladenheid in (alleen) het vijfde leerjaar;
- wiskunde C vwo: het examenprogramma en de syllabus geven geen problemen in het vierde leerjaar, maar wel in het vijfde en vooral in het examenjaar;
- wiskunde D vwo: het examenprogramma is goed te doen in leerjaar 4 en 6, maar geeft enige problemen in leerjaar 5.

Overladenheid manifesteert zich ook op het niveau van de pilotmodules, in het bijzonder bij wiskunde A vwo, wiskunde B havo en wiskunde C vwo. De consequentie van het gevoel van overladenheid is dat er gesneden wordt in onder meer herhalen/oefenen, groepswork en andere wat meer tijdrovende werkvormen en activiteiten. Dit lijkt een typisch voorbeeld van *mutual adaptation* waarbij docenten nieuwe programma's vrijelijk aanpassen aan eigen inzichten en lokale omstandigheden (Fullan, 2007). Dat klinkt goed, en dat is het feitelijk ook. Een nadeel is echter dat daarmee de vernieuwing mogelijk minder duidelijk gestalte krijgt

en dingen juist bij het oude blijven. Een analyse van overladenheid op moduleniveau bij de examenpilots voor de natuurwetenschappelijke vakken liet zien (Kuiper *et al.*, 2011) dat het veroorzaakt wordt door een samenstel van factoren. In dit geval is dat niet veel anders:

- Sommige auteurs van pilotmodules hebben onderschat wat redelijkerwijs gedaan kan worden binnen de tijd die er voor staat.
- Pilotdocenten gebruikten de materialen - van soms matige kwaliteit en onvoldoende/niet beproefd - voor de eerste maal, met nadelige gevolgen voor de benodigde hoeveelheid voorbereidings- en uitvoeringstijd (piloteffect).
- Het globale karakter van de examenprogramma's verschaft docenten de nodige ruimte voor allerlei persoonlijke interpretaties en keuzes (bijvoorbeeld een meer diepgaande behandeling van onderwerpen dan nodig en bewust of onbewust vasthouden aan bestaande routines). De geboden vrijheidsgraden kunnen ook onzekerheid in de hand werken over wat wel of niet te doen, zeker als de kwaliteit van materialen te wensen overlaat.

Een belangrijke parameter van overladenheid is de hoeveel tijd die voor een programma beschikbaar is, uitgedrukt in studielasturen. Voor enkele programma's (wiskunde A havo, wiskunde B havo) geven pilotdocenten expliciet aan het aantal studielasturen niet toereikend te vinden. De roep om meer uren is eigen aan vakvernieuwing en is veelgehoord. Echter, de vraag of dat in dit geval gerechtvaardigd is en of toewijzing van het aantal uren aanpassing behoeft, kan - indien *überhaupt im Frage* - simpelweg niet op basis van wensen vanuit één vak worden beantwoord.

Meer relevantie voor leerlingen

Ook over dit punt kunnen we tamelijk kort zijn. Uit de evaluatiegegevens blijkt dat de relevantie van de verschillende programma's voor leerlingen door pilotdocenten over het algemeen gematigd positief beoordeeld wordt. Enige uitzondering is wiskunde A vwo. Daarvan geven pilotdocenten aan dat de vernieuwing de relevantie van het vak niet heeft versterkt. Onduidelijk is echter of dit gegeven positief of negatief moet worden geduid: vond men het oude programma voldoende relevant of juist niet en heeft de vernieuwing daar niets aan veranderd? Opvallend is dat de pilotdocenten in de aanvullende interviewronde 5havo zich veel positiever uitlaten over de relevantie van het vak dan bij de eerdere meting het geval was. Daar waar bij de eerste meting in 5havo werd aangegeven dat het vak in een spagaat zit tussen de profielen EM en NG (waarbij er met name een probleem is voor de NG-leerlingen), lijkt dit kritische geluid bij de aanvullende meting ruim een jaar later nagenoeg verstomd. Het positievere beeld kan zijn ontstaan doordat docenten een extra jaar hebben gehad om aan het nieuwe programma te wennen en daarmee ook in staat waren het beter te doorgronden.

Havo-eigenheid

Drie van de zeven concept-examenprogramma's zijn gericht op havoleerlingen: wiskunde A havo, wiskunde B havo en wiskunde D havo. Uit het feit dat de pilotdocenten voor wiskunde B geen opmerkingen maken over het havo-eigen karakter van dat programma, maken we op dat havo-eigenheid van dit programma geen punt van zorg is. De pilotdocenten voor wiskunde A havo en wiskunde D havo laten zich daar wel over uit. Uit die reacties komt naar voren dat het concept-examenprogramma voor wiskunde A havo zich niet naar inhoud maar wel naar (abstractie)niveau en diepgang goed onderscheidt van het concept-examenprogramma voor wiskunde A voor vwo. Voor wat betreft wiskunde D zit het verschil juist wel in de inhoud.

Pilotmodules als operationele dragers van de vernieuwing

Ter beproeving van de concept-examenprogramma's is door cTWO lesmateriaal ontwikkeld aan de hand waarvan leerlingen en docenten van de pilotscholen zich vanaf augustus 2009 hebben voorbereid op de examens voor havo in 2011 en 2012 en voor vwo in 2012. Daarbij is gekozen voor de ontwikkeling van pilotmodules op *onderdelen* van het programma, te gebruiken naast bestaande wiskundemethoden. Dat is een duidelijk andere aanpak dan de werkwijze die gevolgd is door de vernieuwingscommissies voor de natuurwetenschappelijke vakken. Die commissies kozen voor de *programmabrede* ontwikkeling van pilotmateriaal. Dat neemt niet weg dat ondanks de meer gefocuste aanpak bij wiskunde pilotdocenten niet mis te verstane zorgen en ergernissen ventileren over de kwaliteit en beschikbaarheid van de hen aangereikte pilotmodules (het punt van overladenheid kwam al eerder aan de orde). De kritiek richt zich vooral op het pilotmateriaal horend bij de wiskunde A- en wiskunde B-programma's, met als kernpunten (zie vooral details de betreffende deelrapporten en de samenvattingen in het voorgaande hoofdstuk): wel heel erg 'concept van concept'; gebrek aan structuur, samenhang en uitleg; onvoldoende zichtbaarheid van vernieuwingskenmerken en -ambities (onder andere in toetsing); en, daarmee samenhangend, onvoldoende steun bij het vormgeven van wiskundige denkactiviteiten. De verzoeking van leerlingen dat zij één boek verkiezen boven losse modules valt te begrijpen, maar daarbij dient wel te worden bedacht dat een dergelijke voorziening een onvermijdelijk kenmerk is van menig pilot. Vanuit vernieuwingsoogpunt kan de vraag worden opgeworpen of het niet raadzaam zou zijn geweest meer gericht te investeren in de tijdige ontwikkeling en zorgvuldige beproeving en bijstelling van modules waarin op exemplarische wijze en ter aanvulling op bestaande wiskundemethoden onderdelen van de beoogde vernieuwing (waaronder wiskundige denkactiviteiten) zichtbaar zijn gemaakt. Een van de pilotdocenten voor wiskunde B verwoordde dat zeer treffend door te pleiten voor 'pareltjes'. De vraag stellen is hem eigenlijk beantwoorden. Immers, dat zou de nodige zorgen en frustraties bij pilotdocenten hebben kunnen voorkomen. Tevens zou dat hebben kunnen bijdragen aan het

bieden van duidelijkheid bij uitgevers, toets/examenmakers, syllabuscommissies en ontwikkelaars van handreikingen omtrent essentiële inhoudelijke vernieuwingskenmerken. Voor (de voorbereiding van) landelijke opschaling is dat een noodzakelijke voorwaarde.

Doorontwikkeling

Elk voordeel heeft zijn nadeel. Die vlieger gaat ook op voor het globale karakter van de examenprogramma's-nieuwe-stijl voor wiskunde. De meer globale formulering van de eindtermen heeft tot doel scholen en docenten meer ruimte te bieden bij het maken van inhoudelijke en didactische keuzes. De evaluatie van de examenpilots voor de natuurwetenschappelijke vakken (Kuiper *et al.*, 2011) heeft laten zien dat vernieuwde examenprogramma's pas gaan leven en pas goed op hun merites zijn te beoordelen wanneer ze door docenten, uitgevers, toets/examenontwikkelaars, lerarenopleiders en nascholers gerelateerd kunnen worden aan nadere specificaties (syllabi en handreikingen) en concretisering (centrale examens en schoolexamens) van het door leerlingen te bereiken eindstation en aan mogelijke wegen daar naar toe (modules, handreikingen, lesuitvoering). Een evaluatie van de examens maakte, zoals gemeld, geen deel uit van de evaluatie van de examenpilots voor wiskunde, maar de pilotervaringen met de zeven wiskundeprogramma's die wel in kaart zijn gebracht en zijn geëvalueerd, laten zien dat het voor het welslagen van landelijke invoering van de programma's noodzakelijk is tijd en middelen te reserveren voor de aanpassing c.q. doorontwikkeling van de concept-examenprogramma's, concept-syllabi en pilotmodules (met een aanpassing van syllabi nadat examenprogramma's zijn vastgesteld). Doorontwikkeling zou zich niet alleen moeten richten op de verschillende onderdelen sec (met inbegrip van handreikingen voor de inrichting van schoolexamens), maar ook en zelfs vooral op de onderlinge afstemming en consistentie.

Haalbaarheid en uitvoerbaarheid

De realisering van curriculumvernieuwingen is een weerbarstige aangelegenheid (Cuban, 1992). Het aandragen van een vernieuwingsidee is relatief eenvoudig. Beduidend lastiger is het dat idee ten uitvoer te brengen in de school-en klassenpraktijk van alledag, om over beklijving en verankering nog maar te zwijgen (Kuiper, 2009). Een en ander is treffend verwoord in het volgende citaat: *"If the first challenge of change is to ensure that it's desirable and the second challenge to make it doable, then the biggest challenge of all is to make it durable and sustainable"* (Hargreaves & Fink, 2006, p.2). In de examenpilots voor wiskunde is behoorlijk geïnvesteerd in het beargumenteren én bediscussiëren van het nut en de noodzaak van de beoogde vernieuwingen (*desirable*) en in de concretisering en beproeving

van die vernieuwing op het niveau van - voor zover van toepassing - examenprogramma's, syllabi en lesmaterialen (*doable*). Dat alles heeft, zo laat de evaluatie zien, bij pilotdocenten geresulteerd in enthousiasme en draagvlak. In de terminologie van Black en Atkin (1996) en Van den Akker (1996) is enig 'existentiebewijs' geleverd van de nieuwe programma's in de klassenpraktijk, al ging dat op onderdelen ook gepaard met geworstel en frustraties. Dat alles voedt het vertrouwen in een goede afloop van (eventuele) brede invoering van de nieuwe examenprogramma's.

De evaluatie van de examenpilots wiskunde maakt echter duidelijk dat er na drie jaar examenpilots zeker ook onvolkomenheden zijn aan te wijzen in de ontwikkelde en beproefde programma's. Dat doet vermoeden dat de nodige invoeringsproblemen zijn te verwachten, te meer daar de groep pilotdocenten qua vernieuwingsbereidheid en -expertise behoorlijk verschilt van de grote groep niet-pilotdocenten. Anders gezegd, enige reserve ten aanzien van de haalbaarheid en uitvoerbaarheid van die programma's (*doability*) in het perspectief van opschaling is op zijn plaats. Een belangrijk punt van discussie is echter of die onvolkomenheden allemaal moeten zijn opgelost alvorens besloten kan worden tot verantwoorde invoering. Dat is niet realistisch en lijkt - zo leert de ervaring met opschaling van de in pilots beproefde vernieuwing van de examenprogramma's voor natuurkunde, scheikunde en biologie - ook niet nodig. Cruciaal is dat er bij (de voorbereiding van) brede invoering noodzakelijke vervolgstappen worden gezet, niet alleen op het eerder genoemde punt van doorontwikkeling met het oog op curriculumuitlijning, maar ook op de taakgebieden die worden benoemd en uitgewerkt in het invoeringsplan (Tolboom, in voorbereiding): vakontwikkeling, docentontwikkeling en schoolontwikkeling vanuit een zo breed mogelijke gezamenlijkheid van belanghebbenden. Communicatie is daarbij letterlijk het halve verhaal. Als van die vervolgstappen serieus werk wordt gemaakt, worden noodzakelijke condities gecreëerd voor succesvolle verankering van de vernieuwde examenprogramma's (*durable and sustainable*).

Referenties

Akker, J. van den (1996). *Het studiehuis: een leeromgeving voor docenten?* Oratie. Amsterdam: VU, Instituut voor Didactiek en Onderwijspraktijk.

Akker, J. van den (2003). Curriculum perspectives: An introduction. In J. van den Akker, W. Kuiper & U. Hameyer (eds.), *Curriculum landscapes and trends* (pp. 1-10). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Black, P., & Atkin, J.M. (1996). *Changing the subject. Innovations in science, mathematics and technology education*. London: Routledge.

Bruning, L., Folmer, E., Ottevanger, W., & Kuiper, W. (2011). *Curriculumevaluatie bètaonderwijs tweede fase: Examenpilot nieuwe natuurkunde havo/vwo 2007-2010*. Enschede: SLO.

College voor Examens (2010a). *Werkversie syllabus wiskunde A havo 2011 bij het concept-examenprogramma van cTWO (oktober 2010)*. Utrecht: CvE.

College voor Examens (2010b). *Werkversie syllabus wiskunde A vwo 2011 bij het concept-examenprogramma van cTWO (oktober 2010)*. Utrecht: CvE.

College voor Examens (2010c). *Werkversie syllabus wiskunde B havo 2011 bij het concept-examenprogramma van cTWO (oktober 2010)*. Utrecht: CvE.

College voor Examens (2010d). *Werkversie syllabus wiskunde B vwo 2011 bij het concept-examenprogramma van cTWO (oktober 2010)*. Utrecht: CvE.

College voor Examens (2010e). *Werkversie syllabus wiskunde C vwo 2011 bij het concept-examenprogramma van cTWO (oktober 2011)*. Utrecht: CvE.

College voor Examens (2012a). *Wiskunde A havo. Syllabus bij het concept-examenprogramma 2013 - Werkversie 2 (maart 2012)*. Utrecht: CvE.

College voor Examens (2012b). *Wiskunde B havo. Syllabus bij het concept-examenprogramma 2013 - Werkversie 2 (augustus 2012)*. Utrecht: CvE.

College voor Examens (2012c). *Wiskunde B vwo. Syllabus bij het concept-examenprogramma 2013 - Werkversie 2 (september 2010)*. Utrecht: CvE.

Commissie Toekomst Wiskunde Onderwijs (2007). *Rijk aan betekenis. Visie op vernieuwd wiskundeonderwijs*. Utrecht: cTWO.

Commissie Toekomst Wiskunde Onderwijs (2009a). *Experimentele examenprogramma's 2014. Definitieve versie 20 februari 2009*. Utrecht: cTWO.

Commissie Toekomst Wiskunde Onderwijs (2009b). *Concept-examenprogramma's wiskunde 2014: Toelichting van de vernieuwingscommissie cTWO. 20 februari 2009*. Utrecht: cTWO.

Commissie Toekomst Wiskunde Onderwijs (2009c). *Verschildocument betreffende de experimentele examenprogramma's wiskunde voor 2014. Mei 2009*. Utrecht: cTWO.

Commissie Vernieuwing Biologieonderwijs (2005). *Basisdocument 'Vernieuwd biologie-onderwijs van 4 tot 18 jaar'*. Utrecht: CVBO.

Commissie Vernieuwing Biologieonderwijs (2007). *Leerlijn biologie van 4 tot 18 jaar. Uitwerking van de concept-contextbenadering tot doelstellingen voor het biologieonderwijs*. Utrecht: CVBO.

Commissie Vernieuwing Natuurkundeonderwijs (2006). *Natuurkunde leeft. Visie op het vak natuurkunde in havo en vwo*. Amsterdam: NNV.

Commissie Vernieuwing Scheikunde Havo en Vwo (2003). *Chemie tussen context en concept. Ontwerpen voor vernieuwing*. Enschede: SLO.

Craats, J. van de (2009). Twee bewogen jaren. *Euclides*, 84(5), 180-184.

Cuban, L. (1992). Curriculum stability and change. In P.W. Jackson (ed.), *Handbook of research on curriculum* (pp. 216-247). New York: Macmillan.

Drijvers, P. (2009). Op weg naar 2014. Stand van zaken rond de nieuwe examenprogramma's havo/vwo. *Euclides*, 84(7), 261-264.

Folmer, E., Ottevanger, W., Bruning, L., & Kuiper, W. (2011). *Curriculumevaluatie bètaonderwijs tweede fase: ontwikkeling en invoering NLT 2007-2010*. Enschede: SLO.

Fullan, M. (2007). *The new meaning of educational change*. Fourth edition. New York: Teachers College Press.

- Hargreaves, A., & Fink, D. (2006). *Sustainable leadership*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Kemme, S. (2008). Waarom het ministerie van OCW ongelijk heeft. *Euclides*, 84(1), 26-29.
- Krüger, J. (2008a). Wiskundeprogramma's veranderen. *Euclides*, 83(6), 291-293.
- Krüger, J. (2008b). Wiskundeprogramma's veranderen: wiskunde A voor havo en vwo. *Euclides*, 83(7), 332-335.
- Krüger, J. (2008c). Wiskundeprogramma's veranderen: wiskunde B voor havo en vwo. *Euclides*, 83(8), 372-376.
- Kuiper, W. (2009). *Curriculumevaluatie en verantwoorde vernieuwing van bètaonderwijs*. Oratie. Enschede/Utrecht: SLO/FISME.
- Kuiper, W., Folmer, E., Ottevanger, W., & Bruning, L. (2011). *Curriculumevaluatie bètaonderwijs tweede fase: Examenpilot experimentele biologieprogramma havo/vwo 2007-2010*. Enschede: SLO.
- Ottevanger, W., Folmer, E., Bruning, L., & Kuiper, W. (2011). *Curriculumevaluatie bètaonderwijs tweede fase: Examenpilot nieuwe scheikunde havo/vwo 2007-2010*. Enschede: SLO.
- Siersma, D., & Drijvers, P. (2007). Rijk aan betekenis, het visiedocument van cTWO in vogelvlucht. *Euclides*, 82(5), 169-172.
- Stuurgroep NLT (2007). *Contouren van een nieuw bètavak. Visie op een interdisciplinair vak: Natuur, Leven en Technologie*. Utrecht: Stuurgroep NLT.
- Tolboom, J. (in voorbereiding). *Invoeringsplan examenprogramma's wiskunde*. Enschede: SLO.
- Verkenningcommissie Scheikunde (2002). *Bouwen aan Scheikunde. Blauwdruk voor een aanzet tot vernieuwing van het vak scheikunde in de Tweede Fase van HAVO en VWO*. 42/Enschede: SLO.

SLO heeft als nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling een publieke taakstelling in de driehoek beleid, praktijk en wetenschap. SLO heeft een onafhankelijke, niet-commerciële positie als landelijke kennisinstelling en is dienstbaar aan vele partijen in beleid en praktijk.

Het werk van SLO kenmerkt zich door een wisselwerking tussen diverse niveaus van leerplanontwikkeling (stelsel, school, klas, leerling). SLO streeft naar (zowel longitudinale als horizontale) inhoudelijke samenhang in het onderwijs en richt zich daarbij op de sectoren primair onderwijs, speciaal onderwijs, voortgezet onderwijs en beroepsonderwijs. De activiteiten van SLO bestrijken in principe alle vakgebieden.

SLO

Piet Heinstraat 12
7511 JE Enschede

Postbus 2041
7500 CA Enschede

T 053 484 08 40
F 053 430 76 92
E info@slo.nl

www.slo.nl

slo