

# Doceren met interactief SMARTboard en vier kwadranten

(herziene versie)

**Dr. ing. A.H.W. (Piet) van der Zanden**

*Universiteitsdienst Informatie en Communicatie Technologie  
Afdeling Education Technology  
Technische Universiteit Delft  
[a.h.w.vanderzanden@tudelft.nl](mailto:a.h.w.vanderzanden@tudelft.nl)*

## Synopsis

Sinds het uitbrengen van de eerste versie van “Doceren met interactief SMARTboard en vier kwadranten” in februari 2013 zijn veel positieve reacties ontvangen. Het pilotproject is nog gaande en sindsdien zijn nog eens vier enquêtes afgenomen.

In deze herziene versie zijn de resultaten van tot nu toe 383 ingevulde enquêteformulieren opgenomen. Tevens zijn 193 door studenten gemaakte opmerkingen verwerkt en opgenomen. DisplayControl, het programma voor het navigeren van de schermen, is met functionaliteit uitgebreid en wordt nader beschreven. Ook is het waard om te vermelden dat tussentijds een tweede zaal met SMARTboard en vier kwadranten operationeel is, dat mogelijk vijf bestaande zalen in aanmerking komen, dat organisatorische discussies gevoerd worden over innovatie, training, beheer en ondersteuning en dat bij nieuwbouw in 2016 vier moderne onderwijszalen worden voorzien van een soortgelijke installatie.

=====

Bij het doceren van technisch-wetenschappelijke vakken wordt sinds jaar en dag veel gebruik gemaakt van het krijtbord. Anderzijds maken onze docenten in toenemende mate gebruik van Informatie en Communicatie Technologie (ICT) en computerapplicaties bij het geven van hun colleges. Bij het outilleren van collegezalen (nieuw of gerenoveerd) is het van belang dat, gelet op genoemde didactische gegevens, gezocht wordt naar een opstelling waarbij de docent op overzichtelijke wijze parallel gebruik kan maken van een schrijfbord enerzijds en ICT anderzijds.

In het voorjaar van 2012 is onderhavig pilotproject gestart aan de TU Delft waarbij een digitale versie van het krijtbord wordt gecombineerd met een geïntegreerde Audio Visuele - Informatie en Communicatie Technologie (AV-ICT) voorziening. Het werd mogelijk om verschillende computerapplicaties, tegelijkertijd te projecteren op een groot scherm verdeeld in vier kwadranten.

Voor deze pilot is het interactieve SMARTboard 8070i met bijgeleverde Notebook software ingezet in combinatie met de AV-ICT-voorziening die het mogelijk maakt om vier videosignalen parallel te projecteren op verschillende kwadranten van een groot scherm. De parallelle signalen kunnen bijvoorbeeld één of meer instanties van het SMARTboard zijn, een PowerPoint-presentatie, een

MAPLE-worksheet, een PDF-document of een Internet-pagina. De zaalcomputer is uitgerust met een videokaart met vier uitgangen om de presentatie van verschillende kwadranten mogelijk te maken.

De videosignalen zijn gearrangeerd in vier kwadranten; linksboven, rechtsboven, linksonder en rechtsonder. Het kwadrant rechtsboven komt overeen met de computerdesktop en met het SMARTboardsignaal. Een applicatie wordt zoals gewoonlijk gestart op de zaalcomputer. Daarna kan de docent met behulp van DisplayControl software het betreffende videosignaal linksom of rechtsom roteren naar een aanliggend kwadrant. Op een computer worden normaal meerdere applicaties in eenzelfde scherm opgestart, maar met dit systeem kunnen de applicaties naast elkaar worden getoond, verdeeld over de kwadranten. Op die manier kunnen de studenten meerdere videobeelden gelijktijdig bekijken.

Er zijn verschillende docenten die gebruik hebben gemaakt van de installatie van dit pilotproject. Ter illustratie wordt in paragraaf 3 van dit rapport in detail beschreven hoe twee wiskundedocenten het systeem hebben gebruikt bij het geven van hun colleges voor twee bachelor-vakken bij de faculteit 3mE. Het is niet moeilijk om de basisprincipes van het werken met het SMARTboard onder de knie te krijgen, maar het spreekt vanzelf dat het geen geringe uitdaging is voor de docent om de didactiek aan te passen aan het werken met dit systeem. Het vraagt enerzijds om nieuwe navigatievaardigheden en anderzijds om het redigeren van de cursusinhoud, om zo te komen tot een presentatie van de leerstof die middels diverse applicaties geprojecteerd wordt op de verschillende kwadranten.

Tot nu toe zijn zeven evaluaties uitgevoerd. Een papieren enquête is afgenomen onder de studenten aan het einde van elke onderwijsperiode. De vragen en resultaten staan beschreven in paragraaf 4 van deze notitie. De studenten zijn zeer enthousiast over de inzet van dit geavanceerde systeem bij het onderwijs. Deze positieve respons van de zijde van de studenten moedigt ons aan om te bepleiten dat het systeem op grotere schaal wordt ingevoerd op onze universiteit.

## **1 Digitale AV-ICT installatie in de Collegezaal**

Veel docenten van onze universiteit kiezen nog altijd graag voor het krijtbord als zij college geven waarin wetenschappelijke formules, schetsen, diagrammen of andere grafische elementen voorkomen. Krijtborddidactiek lijkt de juiste manier om moeilijke afleidingen te demonstreren en te verklaren. Het gestructureerde en gestage verschijnen van karakters en variabelen met de bijbehorende uitleg ondersteunt de kennisoverdracht van docent naar student. Het schrijven met krijt is als een tweede natuur voor de docent: het is gemakkelijk, snel en betrouwbaar. Er hoeft niet over nagedacht te worden. Een digitaal alternatief moet na verloop van tijd met dezelfde mate van vanzelfsprekendheid gebruikt kunnen worden door een gemiddelde docent.

### **1.1 Het digitale krijtje van het interactieve SMARTboard**

De ervaring van het schrijven op het door ons gekozen SMARTboard wijkt niet veel af van de ervaring van het schrijven op een krijtbord. Dit speciale board heeft een zeer lage vertragingstijd van 14 ms. Als we deze lage vertragingstijd vergelijken met de 80 tot 150 ms die nodig is voor oog-hand coördinatie [1] of de 350 ms die nodig is om een arm in rust te bewegen naar een schrijfhouding [2] dan is het aannemelijk dat men gauw kan wennen aan dit specifieke SMARTboard. Een praktijktest met meer dan negentig docenten onderschreef deze aanname. Gemiddeld neemt het minder dan een minuut om aan het digitale schrijven en schetsen te wennen.

Om de overgang van gewoon krijt naar digitaal krijt zo gemakkelijk mogelijk te maken, zijn nagenoeg alle snelkoppelingen van aanvullende functies verstopt achter menubalken. De docent hoeft alleen de pen van de houder te pakken om te tekenen of te schrijven in vier standaard kleuren. Daarnaast gebruikt de docent de vinger om te selecteren en te navigeren en de handpalm om te wissen. De drie hoofdfuncties “write”, “select” en “erase” maken het gebruik van dit digitale krijt eenvoudig en laagdrempelig.

Helaas is de schrijffoppervlakte van dit SMARTboard beperkt tot het 70 inch scherm, hetgeen overeen komt met 1,35 m<sup>2</sup>, terwijl een gebruikelijk krijtbord al ruim 4 m<sup>2</sup> bedraagt. Docenten willen uiteraard een overeenkomstig schrijffoppervlak. Een pagina van de Notebook applicatie waarin geschreven wordt kan via het SMARTboard wel worden verlengd, maar dan verdwijnt geschreven tekst uit zicht. Alleen objecten binnen het SMARTboard-window blijven zichtbaar. Een oplossing is gevonden door te werken met meerdere schermen parallel, de vier kwadranten.

## 1.2 Vier kwadranten om het digitale schrijffoppervlak te vergroten

Geschreven teksten en getekende diagrammen moeten zichtbaar blijven, tenminste voor een tijdje. Studenten willen de gelegenheid hebben om de formules over te nemen in hun bloknoot terwijl de docent voortgaat met de afleiding in een volgend kwadrant. Het eerdere kwadrant toont dan de geschreven geschiedenis van het eerste SMARTboard-window.

In overleg met docenten is gekozen voor een mogelijke verdeling van het grote scherm in vier kwadranten. Twee kwadranten kunnen bijvoorbeeld worden gereserveerd voor het SMARTboard, een derde kwadrant voor bijvoorbeeld een PowerPoint- of PDF-presentatie en het vierde kwadrant voor weer een andere applicatie naar eigen keuze (Maple, Internet, ...).

Het pilotproject is gestart met het aanbrengen van een mobiel SMARTboard in de James Watt collegezaal van de faculteit Werktuigbouwkunde, Maritieme Techniek en Technische Materiaal



wetenschappen (3mE). In de bestaande audiovisuele installatie zijn aanpassingen verricht om de vier outputsignalen van de zaalcomputer te schakelen. De projectoppervlakte van het presentatiescherm bedraagt 10 m<sup>2</sup>, elektronisch verdeeld in vier kwadranten van elk 2 m bij 1,25 m. Het kwadrant “A” rechtsboven toont hetzelfde beeld als dat van het SMARTboard en ook hetzelfde als dat van de zaalcomputer. Figuur 1 toont een impressie van de opstelling.

Figuur 1: Impressie van het mobiele SMARTboard in combinatie met vier kwadranten

### 1.3 Manipulatie van videosignalen

Applicaties worden gestart op de zaalcomputer via katherder of SMARTboard. DisplayControl software om videosignalen linksom of rechtsom te roteren is door de TU Delft ontwikkeld. Na het doorschuiven van signaal "A" naar een ander kwadrant is het eerste weer vrijgekomen. Zo kan een volgende applicatie worden opgestart, dat eveneens kan worden doorgeschoven. Op die wijze kan de docent meerdere schermen tegelijkertijd tonen en is het mogelijk om de virtuele oppervlakte van het SMARTboard te vergroten.



Figuur 2: DisplayControl: blauwe pijltjes roteren de vier kwadranten, blauwe knop wisselt kwadranten 1 en 3, rode pijltjes navigeren PowerPoint slides en groene pijltjes navigeren PDF pages

Sinds januari 2014 is een nieuwe versie van DisplayControl beschikbaar. Afhankelijk van de toegepaste applicaties past de verschijningsvorm van DisplayControl zich aan, zoals in figuur 2 wordt getoond. Met de blauwe "linksom - rechtsom" pijltjesknoppen van DisplayControl kunnen de vier kwadranten gelijktijdig linksom of rechtsom worden geroteerd. Deze knoppen worden gebruikt bij aanvang van het college om de applicaties in verschillende kwadranten op te starten. Met de blauwe wisselknop kunnen het kwadrant rechtsboven en het kwadrant linksonder worden verwisseld. Deze mogelijkheid wordt tijdens het college gebruikt als het SMARTboard-window is volgeschreven. De inhoud van kwadrant 1 wordt dan naar kwadrant 3 verplaatst zodat het voor studenten zichtbaar blijft als de docent in het SMARTboard-window doorgaat met het schrijven van opvolgende informatie. Het grote voordeel van de wisselknop is dat de kwadranten 2 en 4 niet veranderen. Deze functionaliteit is toegevoegd in reactie op de opmerking van studenten dat het roteren van alle kwadranten tegelijk als onrustig werd ervaren.

De rode "vorige slide - volgende slide" knoppen verschijnen in het geval een PowerPoint presentatie wordt gestart. Zo kan tussen slides worden genavigeerd terwijl de docent op het SMARTboard een formule uitwerkt ondanks dat PowerPoint in bijvoorbeeld het kwadrant linksboven staat. Groene "vorige pagina - volgende pagina" knoppen verschijnen als een PDF document wordt geopend, zodat ook daarin kan worden genavigeerd.

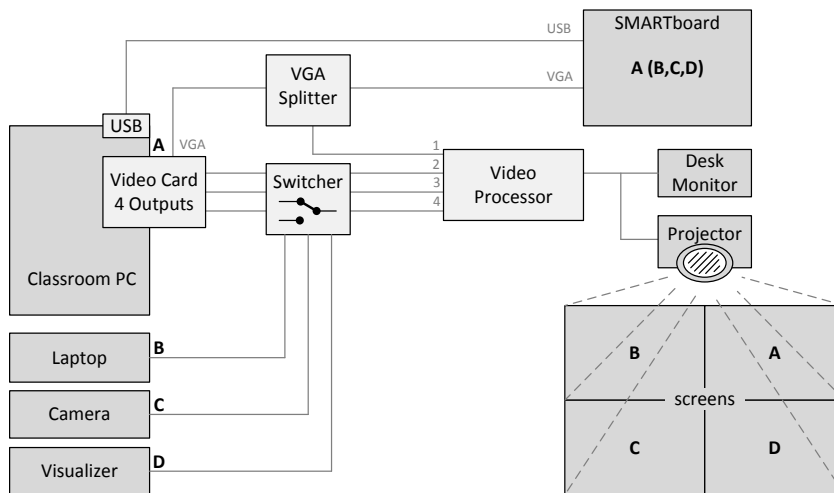
NB: Er kan maar één PowerPoint presentatie tegelijkertijd in full screen modus worden afgespeeld, maar met behulp van Adobe Reader kan gelijktijdig toch een tweede presentatie worden getoond.

### 1.4 Audiovisuele Functies in de Collegezaal

De AV-installatie van een collegezaal moet meerdere onderwijspraktijken kunnen ondersteunen. Op het bedieningspaneel wil een docent bijvoorbeeld een laptopscenario kunnen kiezen als college wordt gegeven vanaf de laptop. Als een docent met meerdere kwadranten wil werken, dan moet dat scenario eveneens via dat bedienpaneel beschikbaar zijn.

Voor interactie met het SMARTboard moest de analoge VGA connector (videobeeld) in combinatie met de USB1 connector worden gebruikt. Dit vanwege de intern aangebrachte schakelingen. Vandaar dat signaal A in het diagram van figuur 3 permanent aan de videoprocessor wordt aangesloten met de VGA splitter. Tussentijds kan ook de HDMI connector van het SMARTboard worden gebruikt met behoud van interactie. Als docenten de videosignalen aan ingangen 2, 3 en 4 van de videoprocessor willen mixen, dan kunnen diverse signalen met behulp van het bedieningspaneel worden gekozen. Zo

kan de docent bijvoorbeeld de resterende uitgangen van de zaalcomputer kiezen, of de laptop, of de opnamecamera, of de documentcamera. Meerdere scenario's kunnen worden geconfigureerd en ingebracht om meerdere onderwijspraktijken te bedienen.



De tijdelijke installatie in de James Watt zaal biedt de docent onderwijsvormen die met een gewoon krijtbord niet te realiseren zijn. Ook is de mogelijkheid ingebouwd om één van de kwadranten full-screen te tonen in het geval een applicatie erg kleine karakters weergeeft en deze achterin de zaal niet te lezen zijn.

Figuur 3: Functioneel Diagram van de Zaalinstallatie

## 2 Krijtbordschrijven versus SMARTboardschrijven

Krijtschrijvers geven over het algemeen les in collegezalen met meer dan honderd zitplaatsen. De leesafstand van het krijtbord tot de achterste rij varieert daarbij tussen de 12 en 20 meter afhankelijk van de zaal. Maar hoe groot moeten de geschreven karakters zijn om deze op de achterste rij nog te kunnen lezen?

### 2.1 Hoogte van geschreven karakters op het krijtbord

Diverse richtlijnen geven een indicatie voor de hoogte van geschreven karakters op een krijtbord. Zo wordt een verhouding van 1 tot 200 voor de hoogte ten opzichte van de afstand aanbevolen, of mogen de karakters niet kleiner zijn dan 3 centimeter voor elke 10 meter in afstand, of moet de karakterhoogte ongeveer 1 procent bedragen van de leesafstand.

De lettergrootte voor presentaties en geschreven teksten met een goede leesbaarheid wordt door de Human Factor Research & Engineering Group van de Federal Aviation Administration (FAA) geadviseerd op tenminste 20 boogminuten [3]. Observaties op de eigen campus van de TU Delft leren dat docenten karakterhoogten gebruikten variërend in hoogten van 7 tot 10 cm. Afhankelijk van de onderwijszaal varieerde de karakterhoogte van 17 tot 23 boogminuten.

Geschreven karakters hebben eerder een hoogte-breedte verhouding van 1 staat tot 1 terwijl elektronisch gegenereerde karakters eerder een verhouding hebben van 1 staat tot 0,6 [3].

### 2.2 Hoogte van geschreven karakters op het SMARTboard

Als docenten het SMARTboard voor het eerst gebruiken dan beginnen ze met een karakterhoogte van ongeveer 6 cm, maar al gauw wordt dat verkleind naar 4 cm of zelfs 3 cm. Door middel van de projectie van het SMARTboard op de presentatiewand zijn alle karakters prima te lezen. Het kleinere schrijven heeft bovendien als voordeel dat er meer karakters op eenzelfde oppervlak kunnen worden aangebracht.

## 2.3 Witte karakters op een zwarte achtergrond

De leesbaarheid van witte krijtletters op het zwarte krijtbord is uitstekend vanwege het hoge contrast. Dat contrast lijkt op de eerste rij hetzelfde als op de achterste rij van een collegezaal: het boet niet in aan leesbaarheid. Computerbestanden hebben daarentegen zwarte karakters op een witte achtergrond. Voor dit pilotproject hebben we met het gebruik van Notebook gekozen voor witte karakters op een zwarte achtergrond vanwege het geweldige contrast. Bovendien toonde het SMARTboard een zeer rustig beeld met wit op zwart. Zwarte karakters op een witte achtergrond genereerden daarentegen een dusdanig overbelicht beeld dat direct met geknepen ogen moest worden gekeken, hetgeen resulteerde in hoofdpijn na een kwartier werken.

## 2.4 Leesafstand van het SMARTboard

Wat zou de leesafstand van het SMARTboard zijn nu we voor witte karakters op een zwarte achtergrond hebben gekozen? Zodoende is een kleinschalig onderzoekje met twaalf docenten uitgevoerd. De lettertypen Arial en Calibri werden in afgemeten hoogten getoond op het SMARTboard. Daarna is de leesafstand empirisch en in overleg met de groep bepaald. In tabel 1 staan de resultaten.

Het contrast tussen de witte letters en de zwarte ondergrond van het SMARTboard laat geen beperking zien voor de leesafstand. Maar het is natuurlijk wel zo dat het getoonde scherm te klein kan zijn voor de ruimte waarin het staat. Het is voor kijkers onplezierig om naar een relatief klein scherm te turen. Projectie op de muur of een groot scherm wordt in dat geval aanbevolen.

Tabel 1: karakterhoogte versus leesafstand

Karakterhoogte (cm)	Leesafstand (m)
1,5	7
2	10
2,5	13
3	15
3,5	20
4	25
5	30
6	40

De James Watt zaal van 3mE heeft een presentatiescherm van 10 m<sup>2</sup> en een maximale leesafstand van 12 meter. De geschreven karakters met een hoogte van 3 tot 4 cm zouden zondermeer te lezen moeten zijn als we de waarden van tabel 1 in ogenschouw nemen. Daarenboven wordt de leesbaarheid nog verbeterd als de SMARTboard karakters in een kwadrant worden getoond. De vergrotingsfactor bedraagt 1,85 (verhouding van kwadrantoppervlakte van 2,5 m<sup>2</sup> ten opzichte van SMARTboard oppervlakte van 1,35 m<sup>2</sup>).

## 3 Casusbeschrijving

De beschreven installatie is sinds april 2012 operationeel in de James Watt zaal van de faculteit 3mE. Twee wiskundedocenten die benieuwd waren naar de mogelijkheden hebben het systeem gebruikt bij hun colleges voor een aantal vakken en zijn actief gevolgd; J.G. Maks<sup>1</sup> bij de vakken Lineaire Algebra 1 en 2 en I.A.M. Goddijn<sup>2</sup> bij het vak Analyse 1.

Wiskundedocenten staan in het algemeen bekend om hun voorkeur voor het doceren met behulp van krijtborden. Krijtborddidactiek is sinds jaar en dag een evident uitgangspunt bij het geven van wiskundige verhandelingen. Anderzijds zijn wiskundedocenten fervente gebruikers van ICT en relevante softwareapplicaties. Dit systeem, waarbij de gewenste krijtborddidactiek direct gecombineerd wordt met het gebruik van computerapplicaties, lijkt zodoende een ideaal doceerinstrument voor de wiskundedocent. Hieronder wordt beschreven op welke wijze de genoemde wiskundedocenten het systeem hebben ingezet.



### 3.1 J. Maks, Lineaire Algebra, laatste onderwijsperiode van 2011-2012, 2<sup>e</sup> en 4<sup>e</sup> periode in 2012-2013, 1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> periode van 2013-2014

De docent gebruikt één kwadrant voor PowerPoint, twee diagonaal tegenover elkaar geplaatste kwadranten voor het SMARTboard en het laatste kwadrant voor het softwarepakket Maple. De vooraf gemaakte PowerPoint-presentatie wordt ingezet om definities, concepten en stellingen van



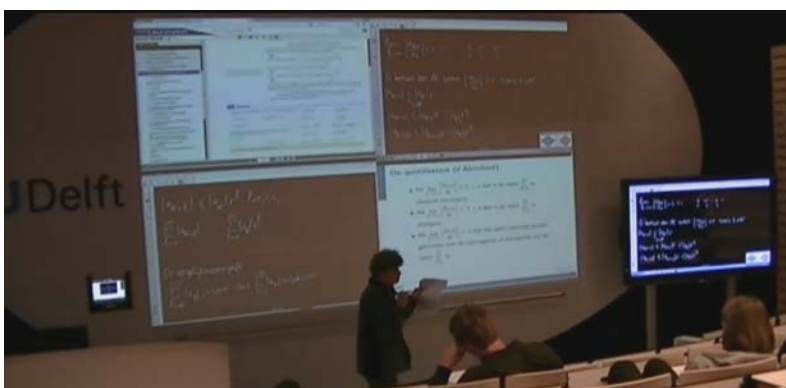
Figuur 4: Docent Maks: wiskundige verhandeling met vier kwadranten

het vak te presenteren. Voor de uitwerking en afleiding van formules wordt het SMARTboard met Notebook applicatie ingezet, net zoals een niet-digitaal krijtbord zou worden ingezet. De docent verwisselt met behulp van DisplayControl de twee SMARTboard-kwadranten, en opent een nieuwe pagina, zodra het kwadrant rechtsboven vol is of als er een nieuw onderwerp wordt aangesneden.

Rechtsboven staat altijd het interactieve kwadrant terwijl linksonder de meest recente

geschiedenis wordt gepresenteerd. De Maple software in het laatste kwadrant wordt ingezet om een methode of resultaat te demonstreren aan de hand van een voorbeeld. Het grote voordeel van de directe beschikbaarheid van Maple op één van de kwadranten is dat realistische voorbeelden, die te bewerkelijk zijn om met de hand uit te rekenen, gemakkelijk op elk moment tijdens het college kunnen worden meegenomen in de verhandeling. Figuur 4 toont de praktijksituatie (Maple-berekening linksboven, PowerPoint-presentatie rechtsonder, SMARTboard-kwadrant rechtsboven en linksonder).

### 3.2 I. Goddijn, Analyse, 1<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> onderwijsperiode 2012-2013



Figuur 5: Docent Goddijn: wiskundige verhandeling met vier kwadranten

ondersteunde toentertijd nog niet het navigeren binnen een PDF document, zodat een dergelijk document altijd in het kwadrant rechtsboven geplaatst diende te worden om navigatie mogelijk te maken.

De docent gebruikt een kwadrant voor de presentatie, twee kwadranten voor het SMARTboard en het laatste kwadrant voor zowel een Internet browser als Maple. Met dit college gebruikt de docent een interactief PDF document (in plaats van PowerPoint) om de voorbereide presentatie te tonen. DisplayControl

De twee SMARTboard-kwadranten worden op een vergelijkbare wijze ingezet als in het eerste voorbeeld is beschreven. Het resterende kwadrant wordt niet voor slechts één applicatie gereserveerd, maar voor verschillende; afhankelijk van het doceermoment wordt een Internetpagina getoond (bijvoorbeeld de uitgeverwebsite om delen uit het Calculus tekstboek te tonen) of wordt een voorbeeld gedemonstreerd met Maple, zie figuur 5.

## 4 Resultaten van de evaluatie

De wiskundedocenten J. Maks en I. Goddijn zijn enthousiast over de geavanceerde opstelling voor hun universitaire onderwijs. Helaas zijn in de 6<sup>e</sup> en 7<sup>e</sup> periode complexe technische problemen ontstaan. Uiteindelijk bleek de interactie van Adobe Reader in combinatie met de videodriver van Matrox Technologies een intermitterende storing te veroorzaken.

Beide docenten zien belangrijke voordelen bij het gebruik van dit systeem in vergelijking met traditionele krijtborden. Kwaliteitsverbetering in de didactiek ontstaat bijvoorbeeld in het geval studenten met opgaven aan de slag gaan. Op dat moment worden eerdere afleidingen en cruciale formules teruggehaald en weer op de kwadranten getoond. Studenten maken daar massaal gebruik van. Maks en Goddijn hopen dat meer collegezalen worden uitgerust met deze apparatuur.

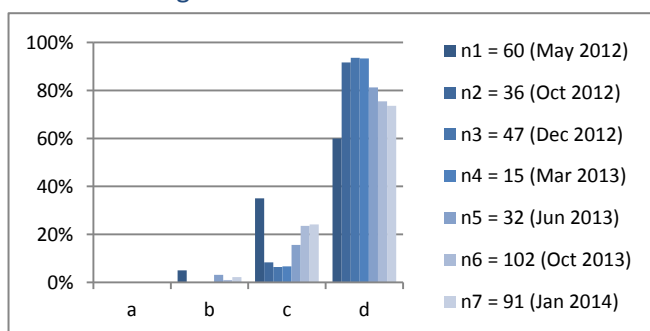
Het SMARTboard in combinatie met de vier kwadranten is nu zeven onderwijsperioden in gebruik. Het heeft potentie, maar wat vinden de studenten ervan?

### 4.1 Studentenenquête

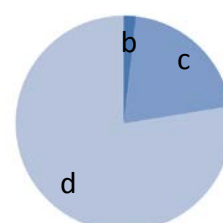
Zeven studentgroepen, die de betreffende wiskundecolleges hebben gevolgd, hebben deelgenomen aan een evaluatie: Een eerste cohort van 60 studenten in mei 2012, een tweede van 36 studenten in oktober 2012, een derde van 47 in december 2012, een vierde van 15 in maart 2013, een vijfde van 32 in juni 2013, een zesde van 102 in oktober 2013 en een zevende van 91 studenten in januari 2014. Elk cohort kreeg dezelfde zeven meerkeuzevragen op papier aangereikt.

#### 4.1.1 Vraag 1: Wat is jouw mening over de leesbaarheid van witte of gekleurde teksten/schetsen op het SMARTboard ? (niet het geprojecteerde beeld).

In de eerste periode zijn voor de kleuren rood, groen en blauw de standaard SMARTboard instellingen gebruikt. Deze standaardkleuren zijn goed zichtbaar als de achtergrond wit is maar bleken dit niet te zijn met een zwarte achtergrond, hetgeen de scores voor “b” en “c” van het eerste studentencohort n1 verklaart. Na de eerste evaluatie zijn de kleuren aangepast; rood werd oranje, donkergroen werd felgroen en blauw werd cyaan. De latere resultaten tonen aan dat de nieuwe kleuren prima voldoen. Links staan de afzonderlijke cohorten in een staafdiagram, rechts de totalen in een taartdiagram.



- a. Zowel wit als gekleurd slecht leesbaar (0% van 383)
- b. Wit voldoende, gekleurd onvoldoende leesbaar (2%)
- c. Wit uitstekend, gekleurd voldoende leesbaar (20%)
- d. Zowel wit als gekleurd uitstekend leesbaar (78%)

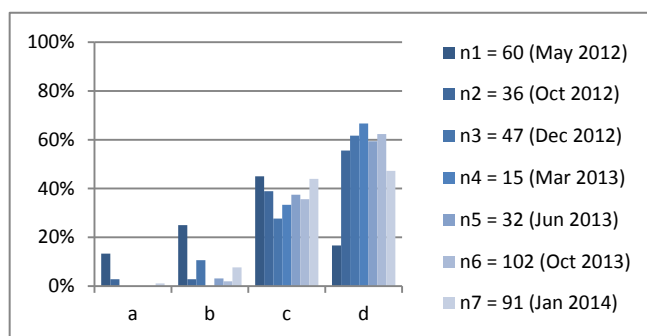


Figuur 6: Leesbaarheid van SMARTboard (N = 383)

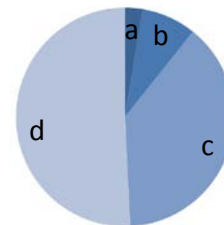


#### 4.1.2 Vraag 2: Wat vind je van de leesbaarheid van het geprojecteerde beeld van een witte of gekleurde SMARTboard-tekst (geprojecteerd op één van de vier kwadranten van het grote scherm)?

Tijdens de eerste evaluatieperiode had de onderwijszaal nog een slecht functionerend projectiesysteem. Elk van de vier kwadranten had een eigen short throw projector met een High Definition resolutie (1280\*800 pixels). De projectors in combinatie met verkeerd voorzetglas toonde onregelmatige lichtintensiteiten in elk kwadrant naast een onnauwkeurige aansluiting tussen de beelden, hetgeen kritische antwoorden van het eerste cohort verklaart. In de zomer van 2012 is een hoogwaardige opzichtprojector geplaatst met een WQXGA resolutie van 2560\*1600 pixels, waarmee een scherp en redelijk lichter beeld beschikbaar kwam. De resultaten van de volgende cohorten onderschrijven die verbetering. In de zaal is zeer dichte zonwering gebruikt in plaats van verduistering. Direct invallend zonlicht heeft zodoende toch nog veel invloed op de leesbaarheid.



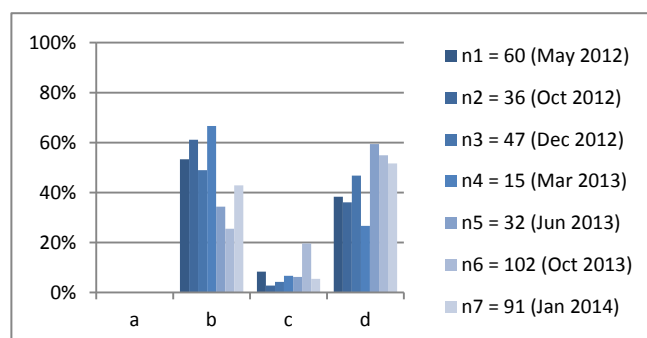
- a. Zowel wit als gekleurd slecht leesbaar (3% van 382)
- b. Wit voldoende, gekleurd onvoldoende leesbaar (8%)
- c. Wit uitstekend, gekleurd voldoende leesbaar (38%)
- d. Zowel wit als gekleurd uitstekend leesbaar (51%)



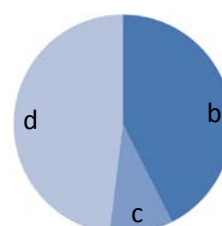
Figuur 7: Leesbaarheid van geprojecteerd beeld (N = 382)

#### 4.1.3 Vraag 3: Geschreven tekst kan direct van het SMARTboard worden gelezen of van het grote scherm. Lees jij vaker van het SMARTboard, vaker van het grote scherm of ongeveer fiftyfifty?

Docenten vinden het fijn als studenten hun bewegingen volgen op het bord. Voor de start van het project spraken zij hun bezorgdheid uit over de eventuele afleiding van het grote presentatiescherm. De resultaten geven aan dat docenten niet ongerust hoeven te zijn. Studenten volgen de geschreven instructies graag van het SMARTboard, maar als de docent voor de tekst staat, dan kijken zij naar het betreffende kwadrant op het presentatiescherm. Ze willen vooral geen tijd verliezen bij het overnemen van notities. Opvallend is dat studenten het (digitale) krijtje willen volgen. Dat beschouwen ze als het item van waaruit de kennis voortkomt inclusief de vocale uitleg. Dat de docent daarbij met de rug naar hen toe staat, wordt niet relevant gevonden.



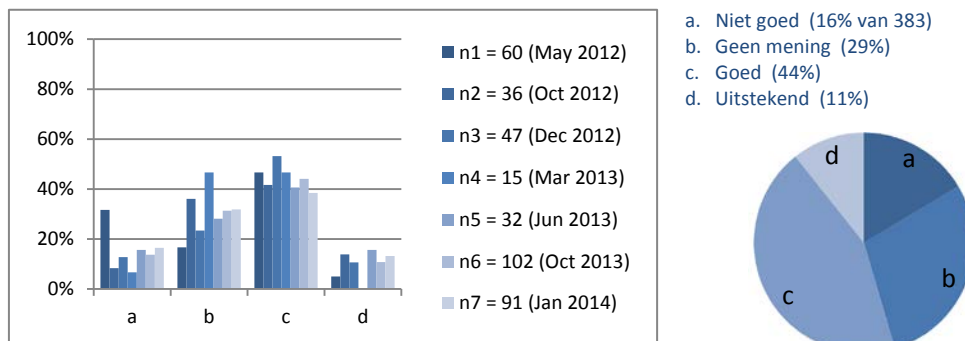
- a. Ik weet het niet (0% van 383)
- b. Vaker van het SMARTboard (43%)
- c. Vaker van het grote scherm (9%)
- d. Ongeveer fiftyfifty (48%)



Figuur 8: Lezen van SMARTboard of geprojecteerd beeld (N = 383)

#### 4.1.4 Vraag 4: In de huidige opstelling worden tijdens het college de vier kwadranten gelijktijdig linksom of rechtsom geroteerd. Wat vind jij van het gebruik van de gelijktijdige rotatie van de vier kwadranten?

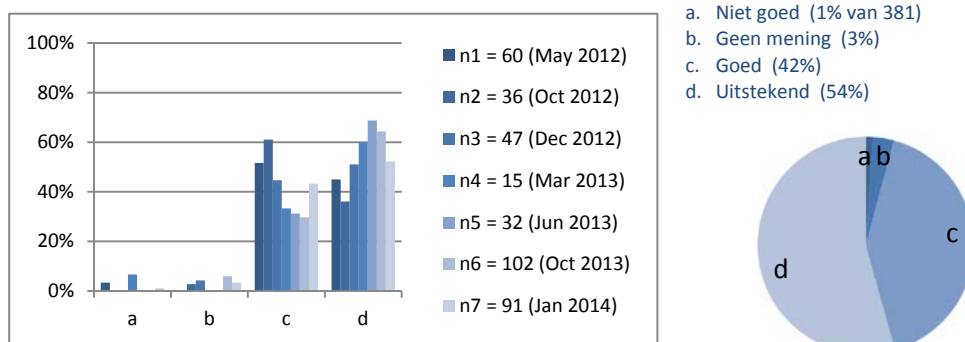
Het linksom of rechtsom roteren van de kwadranten is enigszins verwarrend, vooral in het begin. Dat is niet alleen zo voor studenten maar zeker ook voor de docent. Het werken met vier parallelle videosignalen vraagt om een nieuwe vaardigheid van de docent. Het navigeren en het onderling afstemmen van de parallel getoonde videobeelden vergt een behoorlijke inspanning. Misschien speelde het wennen aan de nieuwe situatie een rol bij de resultaten. Toch mag worden geconcludeerd, met een gemiddeld percentage van 16 % voor “niet goed” tegen een ruim drie maal hogere score van 44 % voor “goed” met 11 % voor “uitstekend”, dat studenten het roteren van de kwadranten positief ervaren hebben. Om de kritische studenten tegemoet te komen, is sinds januari 2014 een wisselknop in DisplayControl opgenomen (zie figuur 2), zodat kwadrant 1 en 3 onderling kunnen worden verwisseld. Daarmee wordt het negatieve effect van tussentijds roteren opgeheven.



Figuur 9: Roteren van kwadranten (N = 383)

#### 4.1.5 Vraag 5: In de vier kwadranten kunnen verschillende applicaties parallel worden ingezet, bijv. PowerPoint, SMARTboard en Maple. Wat vind jij van het parallel gebruik van verschillende applicaties in de vier kwadranten?

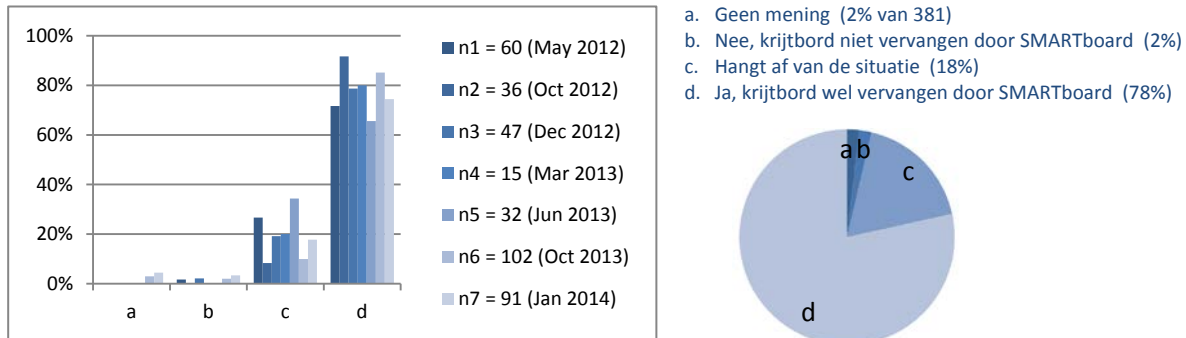
De wiskunde colleges werden coherent en begrijpelijker voor de studenten met deze nieuwe doceeromgeving. We nemen aan dat de parallelle presentatie van een stelling naast de volledige uitwerking en demonstratie met behulp van Maple helpen voor het totale begrip. In ieder geval zijn de studenten zeer positief. De vier kwadranten met evenzovele videosignalen scoren 96 procent positief met een afnemend “goed” ten gunste van een toenemend “uitstekend”. De vier parallelle kwadranten brengen de wiskundecolleges daarmee naar een hoger didactisch niveau.



Figuur 10: Parallel geprojecteerde videosignalen (N = 381)

#### 4.1.6 Vraag 6: Wat is jouw mening over een mogelijke vervanging van het krijtbord door het SMARTboard?

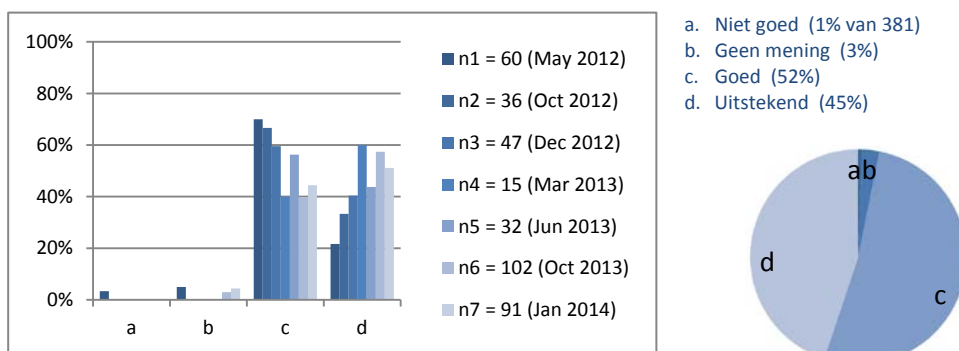
Een reeds jarenlange discussie is gaande over de vervanging van krijtborden. Vanuit facilitair oogpunt en gezondheid zijn vele krijtborden vervangen door whiteboards, maar wetenschappelijke docenten zijn aanhoudende gebruikers. Er is gewoonweg nog geen serieus alternatief ten behoeve van krijtborddidactiek. De bedoeling van deze vraag was om een gevoel te krijgen hoe studenten denken over de vervanging van krijtbord of whiteboard door het SMARTboard met de vier parallelle videosignalen. Uit de resultaten blijkt dat studenten de nieuwe installatie hogelijk waarderen.



Figuur 11: Krijtbord of SMARTboard (N = 381)

#### 4.1.7 Vraag 7: Wat vind jij op dit moment van de kwaliteit van het onderwijs als dit wordt gegeven met een opstelling zoals in deze zaal (SMARTboard in combinatie met vier kwadranten)?

Onderwijskwaliteit is lastig te vatten in een eenduidige definitie. Toch werd de persoonlijke mening van de deelnemende studenten gevraagd over de continue presentatie van de naast elkaar gepresenteerde videosignalen in combinatie met het SMARTboard. Opvallend is de uitermate positieve response van afgerond 97 %. Bovendien is in de response een trend waarneembaar van “goed” naar “uitstekend”.

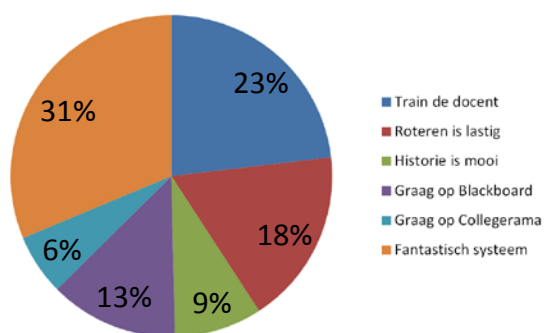


Figuur 12: Kwaliteit van Onderwijs (N = 381)

#### 4.1.8 Wil je nog iets opmerken dat hierboven niet aan de orde is gesteld? Voel je vrij (maar niet verplicht) om dit in de resterende ruimte hieronder te doen.

Na de laatste vraag hadden de studenten de mogelijkheid om een aanvullend eopmerking te plaatsen. Opgemerkt dient te worden dat de enquêtes zijn uitgedeeld tijdens de wiskundecolleges, maar de studentresponses hebben tevens betrekking op docenten die in de James Watt zaal gebruik hebben gemaakt van de installatie.

Ruim 170 studenten van de 383 maakten gebruik van de mogelijkheid om 193 schriftelijke reacties te geven. Na verwerking zijn deze reacties ingedeeld en toegekend aan een zestal categorieën, namelijk: 1) “Train de docent”, 2) “Roteren is verwarrend”, 3) “Historie is mooi”, 4) “Graag op Blackboard”, 5) “Graag op Collegerama” en 6) “Fantastisch systeem”. Een zevende categorie “overige” is gebruikt voor 46 resterende opmerkingen met betrekking tot de onvoldoende zonwering naar aanleiding van directe zonneschijn op het presentatiescherm, met de wens of twee PowerPoint presentaties met actuele en vorige slide kunnen worden ingezet, met opmerkingen dat het krijtbord moet blijven in het geval het systeem crasht, naast voorstellen voor een andere volgorde van de afzonderlijke kwadrantsignalen.



Totaal aantal studenten	=	383	100%
Aantal studenten gereageerd	=	170	44%
Totaal aantal opmerkingen	=	193	50%
Totaal getoonde reacties	=	147	38%

- “Een uitstekende methode die meer docenten zouden moeten toepassen. Het is niet voor niets dat meer studenten naar zaal D gaan”
- “Door deze opstelling en docent Maks heb ik bewust alle colleges bijgewoond”
- “Mooi staaltje techniek”
- “SMARTboard is geniaal, complimenten daarvoor”
- “Ideaal dat schermen zichtbaar blijven”
- “Het werkt geweldig, dit systeem in iedere collegezaal”
- “Een verademing”
- “I love SMARTboard”
- “Prettig om ppt en schrijven tegelijkertijd te zien”
- “Prima vervanging van het krijtbord”
- “Het is een heel fijn systeem”
- “Meerdere schermen groot voordeel”
- “Zeer goed als de docent er mee om kan gaan”
- “Opstelling erg prettig, absoluut toegevoegde waarde”
- “Lessen zijn duidelijker m.b.v. SMARTboard”

**Figuur 13: Open reacties van studenten (N = 147)**

Figuur 13 toont een grafische weergave van de zes categorieën en hun onderlinge verhouding. Ter indicatie worden een aantal aansprekende opmerkingen getoond van de 46 gemaakte opmerkingen uit de categorie “Fantastisch systeem”. De tientallen positieve opmerkingen die studenten mondeling gaven, zijn niet opgenomen in deze rapportage.

## 5 Conclusie

Een mobiel interactief SMARTboard en een vier-kwadranten presentatiescherm met aanvullende software is in de James Watt collegezaal van de TU Delft in gebruik sinds april 2012. Met behulp van de vier parallelle videosignalen kan het schrijfooppervlak van bestaande virtuele krijtborden worden vergroot en is de fysieke afmeting van het SMARTboard niet langer een beperking. De elektronische representatie van witte karakters op een zwarte achtergrond levert zeer leesbare beelden op onafhankelijk van de grootte van een collegezaal. Twee wiskundigen hebben intensief gebruik gemaakt van de nieuwe installatie voor hun colleges voor grotere groepen studenten van de faculteit Werktuigbouwkunde, Maritieme Techniek en Technische Materiaalwetenschappen.

Over het algemeen is niet meer dan een half uur nodig om wegwijs te geraken op het systeem. Het moeilijke werk zit in de afweging welk cursusmateriaal op welk moment wordt getoond. De nieuwe didactiek kost de docent veel denkwerk vooraf en energie tijdens het college. Met vier signalen parallel moet het getoonde materiaal in de kwadranten een juiste relatie met elkaar hebben en houden. Zonder twijfel is dat de grootste uitdaging voor docenten die dit systeem in de nabije toekomst willen inzetten. Deze gewenningsperiode lijkt een week of drie te duren. Nu de wiskundedocenten J.G. Maks en I.A.M. Goddijn gewend zijn aan de nieuwe situatie willen ze niet meer terug naar een situatie zonder de mogelijkheden van SMARTboard en parallelle presentatie.

Zeven onderwijsperioden hebben tot een uitermate positieve response geleid. De beeldkwaliteit van de doceeromgeving was direct na de eerste periode op orde gebracht door het veranderen van de kleuren en het aanbrengen van een andere projectie. Sinds die tijd is het algemene gevoel positief geworden en hebben docenten gevraagd of in andere onderwijszalen ook een dergelijke installatie kan worden aangebracht. Wellicht gaan drie tot vijf andere zalen op eenzelfde wijze geconfigureerd worden. Maar eerst moeten de technische specificaties van die collegezalen bestudeerd worden voor een optimale implementatie. Tussentijds zijn vier van de zes betreffende zalen op orde en zal de discussie voor uitbreiding weer actief worden opgepakt. Er kan worden gemeld dat een tweede zaal volledig operationeel is met vier kwadranten naast drie kleinere instructieruimten van 30 werkplekken met twee parallelle signalen. Het experiment gaat voort.

## 6 Discussie

We geloven dat de introductie van nieuwe technologie met kleine maar gestructureerde stapjes moet gebeuren. Als eerste worden “innovators” en “early adopters” aangezocht om het systeem te verkennen in een pilotproject [4]. Op die wijze kunnen tekortkomingen van het systeem worden geïnventariseerd, storingen worden verholpen en wensen van de gebruikers in kaart gebracht, voordat verdere implementatie wordt overwogen.

Als tweede moet het betreffende systeem zo laagdrempelig mogelijk worden geïntroduceerd [5]. Zodoende zijn de meeste functies van Notebook verstopt achter de menubalk. De bediening van het SMARTboard richt zich nu nog op “write”, “select” en “erase”. Onze casestudies hebben laten zien dat docenten alleen functionaliteiten inzetten als zij die nodig denken te hebben. Eén docent ging bijvoorbeeld meerdere kleuren gebruiken om belangrijke onderdelen te accentueren. Ook werden wiskundige objecten zoals matrices met behulp van copy-paste van het ene in het andere kwadrant overgenomen als deze opnieuw moesten worden gebruikt. In de toekomst zouden docenten van meer geavanceerde functies gebruik kunnen gaan maken, zoals het exporteren van de notities naar PDF om op Blackboard gedistribueerd te worden, of het delen van bestanden met symbolen, diagrammen, tekeningen, ontwerpen, collecties of het opnemen (lecture capture) van de vier parallelle videosignalen zodat die onafhankelijk afgespeeld kunnen worden.

Ten derde is het interessant om ook krijtschrijvers van andere domeinen aan te spreken. Het gelijktijdig presenteren van meerdere applicaties biedt didactisch nieuwe mogelijkheden. Hoe zouden natuurkundigen, mechanici of hydrodynamici deze installatie gebruiken voor hun vak. Een continue evaluatie is daarvoor op zijn plaats. Tussentijds blijken natuurkundigen zo enthousiast dat zij bij hun facultaire nieuwbouw in 2016 een viertal zalen willen voorzien met deze installatie van SMARTboard en vier kwadranten.

Ten vierde wordt het creëren van virtueel remediërend materiaal gemakkelijker als een dergelijke doceeromgeving gemeengoed wordt. Online materiaal fabriceren voor bijvoorbeeld Open Course Ware wordt dan steeds gemakkelijker. Tussentijds wordt hetzelfde SMARTboard ingezet voor het maken van leermaterialen ten behoeve van diverse online onderwijs varianten.

Ten vijfde, als dit soort gecombineerde AV-ICT installaties op een grotere schaal worden toegepast in een organisatie als de TU Delft, dan is een gepaste ondersteuning noodzakelijk. De combinatie van AV en ICT, die in dit soort installaties cruciaal is, vraagt om een ondersteunende dienst waarbinnen parate kennis van beide domeinen aanwezig is. Tussentijds is een multidisciplinaire Taskforce



Onderwijszalen opgericht. Er is een discussie gestart om de ondersteuning en beheer in een specifieke AV-IT groep onder te brengen, om de training van docenten in de Basis Kwalificatie Onderwijs (BKO) op te nemen en een centraal innovatiebeleid te voeren voor de Delftse onderwijszalen. Deze ingrijpende maatregelen zullen nog enige tijd nemen. Softwarebeheer van Notebook en DisplayControl is al wel ingevuld.

## Referenties

- [1] Fischer & Rogal (1986). Eye-hand-coordination. A reaction time study. Biological Cybernetics.
- [2] Biguer, Jeannerod & Prablanc (1982). Coordination of eye, head and arm movements. Experimental Brain Research.
- [3] Written Character height on the Chalkboard versus Distance. Retrieved from (<http://www2.edfac.usyd.edu.au/staff/reidd/EDTECH/boards.html>)
- [4] Rogers, E. M. (2003). Diffusion of Innovation. New York, Free Press.
- [5] DeSanctis, G. and M. S. Poole (1994). "Capturing the Complexity in Advanced Technology Use: Adaptive Structuration Theory." Organization Science 5(2): 139 - 145.

## Woord van dank

De auteur wil zijn dank betuigen aan de bereidwillige en enthousiaste wiskundedocenten:

1. Dr. ir. J.G. Maks  
Delft Institute of Applied Mathematics  
Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Mathematics  
Delft University of Technology  
The Netherlands  
Email: [j.g.maks@tudelft.nl](mailto:j.g.maks@tudelft.nl)
  
2. Drs. I.A.M. Goddijn  
Delft Institute of Applied Mathematics  
Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Mathematics  
Delft University of Technology  
The Netherlands  
Email: [i.a.m.goddijn@tudelft.nl](mailto:i.a.m.goddijn@tudelft.nl)