



HET
Galois
PROJECT

NAAR EEN WISKUNDIGE LEEROMGEVING

Inhouds OPGAVE

INLEIDING	3
EXECUTIVE SUMMARY	4
FEEDBACK	10
REGISTRATIE VAN LEERLINGENWERK	12
ORGANISATIE EN CONFIGURATIE	14
SAMENWERKING	16
RESULTATEN EN TOEKOMST	18
PRAKTIJKVOORBEELDEN	
FEEDBACK	20
REGISTRATIE	22
ELEKTRONISCHE LEEROMGEVING	24
BRONVERMELDINGEN	26
BEGRIPPENLIJST EN COLOFON	27



HET Galois PROJECT

“IK BEN UITGEDAAGD DOOR TWEE PATRIOTTEN,” SCHREEF DE FRANSE WISKUNDIGE ÉVARISTE GALOIS GEDURENDE DE NACHT VAN 29 OP 30 MEI 1832 AAN TWEE VAN ZIJN VRIENDEN. “HET IS ONMOGELIJK TE WEIGEREN. VERGEEF MIJ DAT IK JULLIE NIET EERDER OP DE HOOGTE HEB GEBRACHT. MIJN TEGENSTANDERS HEBBEN MIJN WOORD VAN EER GEËIST DAT IK NIEMAND IETS ZOU VERTELLEN. JULLIE TAAK IS EENVOUDIG: BEWIJS DAT IK TEGEN MIJN WIL HEB GEVOCHTEN, NADAT IK ALLE MOGELIJKE MANIEREN VAN VERZOENING HAD GEPROBEERD. ZEG OF IK SOMS EEN LEUGENAAR BEN GEWEEST IN DE MEEST ONBE-
DUIDENDE ZAKEN. HERINNER MIJ. HET NOODLOT HEEFT VERHINDERD DAT IK LANG GENOEG ZOU LEVEN OM DOOR MIJN LAND TE WORDEN HERDACHT. IK STERF ALS JULLIE VRIEND.” [1]

In 2004 wist het St. Michaël College in Zaandam voor het GALOIS project een Vooruit!^[2] subsidie in de wacht te slepen. GALOIS staat – naast voor de bekende wiskundige – voor:

Geïntegreerde Algebraïsche Leer Omgeving In School en die afkorting zegt precies wat het doel van het project was: het integreren van diverse wiskundige technologieën in één leeromgeving.

In de afgelopen jaren hebben we op het St. Michael College (SMC) gemerkt dat het gebruik van Informatie en Communicatie Technologie (ICT) bij wiskunde een positieve bijdrage aan het onderwijs kan leveren. Een voorwaarde is dan wel dat er mogelijkheden zijn om de voortgang van een leerling te bewaken. Dit kan onder andere door een Elektronische Leer Omgeving (ELO) te gebruiken. Helaas blijkt dat een ELO in veel gevallen (nog) niet voldoet omdat

- Resultaten slechts summier worden opgeslagen
- ELO's nog weinig ondersteuning kennen van Computer Algebra Systemen (CAS).

Daardoor is 'intelligente' feedback niet goed realiseerbaar.

Ons project heeft zich ten doel gesteld om een raamwerk te ontwikkelen waarbij:

1. leerlingen zichzelf te allen tijde kunnen toetsen
2. opdrachten voor een deel 'willekeurig' gegenereerd worden, zodat de hoeveelheid oefenstof schier onuitputtelijk is.
3. de activiteiten en antwoorden plus het proces er naar toe worden opgeslagen.
4. de leerling 'intelligent' van commentaar wordt voorzien. Dus niet: "dat is fout", maar relevante informatie over de gemaakte fout en over hoe het wel hoort.

De vraagstelling van het project luidt dan ook: "Op welke wijze kunnen we de voortgang van leerlingen in een ELO intelligent toetsen, registreren en evalueren?"

[1] <http://www.kennislink.nl/web/show?id=100941>

[2] [De Vooruit! subsidieregeling heeft tot doel om innovaties op scholen te stimuleren.](#)

EXECUTIVE Summary



TOWARDS AN INTEGRATED LEARNING ENVIRONMENT FOR mathematics

A slightly modified version of the full paper, available at www.galoisproject.eu

IN RECENT YEARS THE MATHEMATICAL COMMUNITY HAS BEEN ENRICHED WITH VARIOUS COMPUTER PROGRAMS THAT FACILITATE AND IMPROVE THE LEARNING OF MATHEMATICS. ALTHOUGH MANY PRACTICAL AND DIDACTICAL PROBLEMS STILL EXIST, COMPUTER AIDED LEARNING HAS BECOME A VALUABLE ADDITION TO EDUCATION. HOWEVER, THESE SUCCESSES ALSO LEAD TO HIGH EXPECTATIONS OF TEACHERS AND LEARNERS. FOR A TEACHER IT WOULD BE NICE IF HE OR SHE COULD REVIEW AFTER A COMPUTER AIDED LESSON WHAT THE STUDENTS ACTUALLY DID, HOW MUCH PROGRESS THEY MADE, WHICH PROBLEMS AROSE DURING LEARNING AND TO WHICH MATHEMATICAL SUBJECTS ATTENTION MUST BE PAID IN THE NEXT LESSONS.

A teacher also wants to reuse ICT-components and to exchange learning materials with colleagues without many conversion problems. Learners expect that they can consult their earlier work and intelligent feedback on this work.

In this booklet we will present work realized in the GALOIS Project. This project aimed to realize an integrated learning environment for mathematics at secondary school level in which

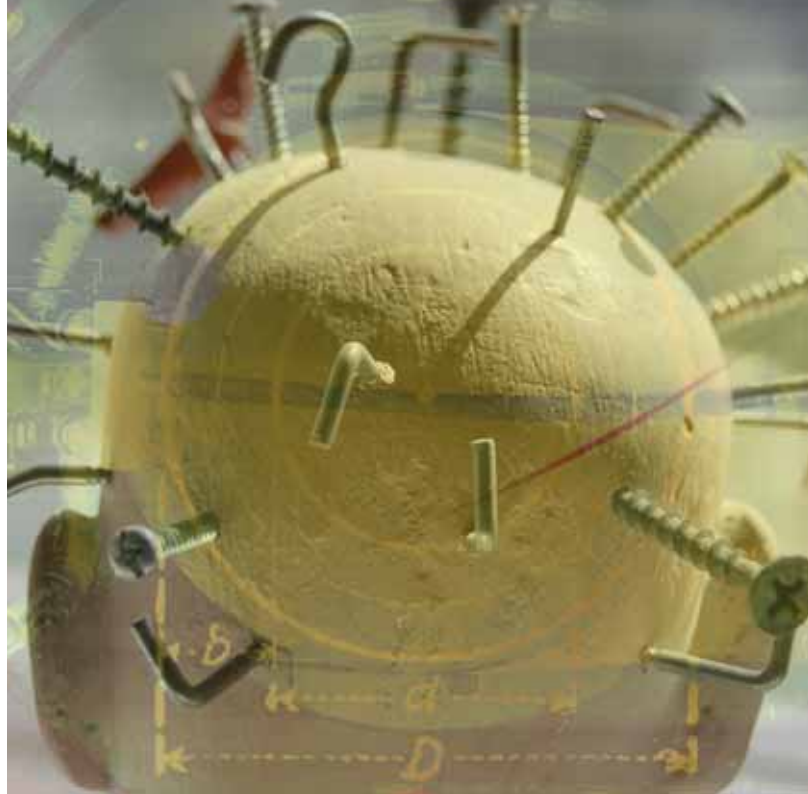
- students can practise mathematics anytime and anywhere;
- mathematical assignments can be generated 'at random', so that the amount of exercise material becomes unlimited;
- activities and answers of students are stored;
- intelligent feedback on students' work is given automatically.

These goals have been reached by using open source technologies and open standards. Existing technologies have been translated and extended into concepts that work in the practice of school mathematics. We have developed ICT-rich learning materials, such as SCORM compliant exercise material that can be used in any virtual learning environment (VLE) and applets for learning algebra that can be customized by the teacher, and we have tried them out in classroom. We will discuss our work and our experiences.

ICT TOOLS THAT HELP TO DEVELOP MATHEMATICAL understanding AND MATHEMATICAL skills

Several computer programs have facilitated in improving the learning of mathematics. New programs include digital chapters for existing schoolbooks, many Java applets, dynamic software for geometry and statistics, and many more. Some software is incorporated into a full curriculum. In the GALOIS project we paid a lot of attention to the use of

- the 'Digitale Wiskunde Oefenomgeving', DWO [Digital Mathematical Exercise Environment], developed at the Freudenthal Institute;
- mathematical Java applets developed at the Freudenthal Institute, called WisWeb applets;



- the custom-made JavaScript-based testing and assignment environment DITwis;
- an existing VLE, in our case the open source system Moodle, in which our ICT tools were fully integrated by using standards;

In this section we will only briefly discuss the WisWeb-applets; DITwis will be exemplified in the section where we discuss the role of feedback. In this booklet we will not pay attention to the DWO, but we refer the interested reader to the website.

The Java applets from the Freudenthal Institute can be divided into two classes: model applets, which help to develop mathematical understanding (concepts), and exercise applets, which support the development of mathematical skills. Model applets have an open structure in order to allow students to work on the basis of their own ideas and to experiment freely. Exercise applets, on the other hand, have a more closed structure. In exercise applets, a number of tasks of certain type are given to the students, their work is checked and feedback is provided. Figure 1 illustrates the 'Area Algebra' applet, in which a geometric model is used to

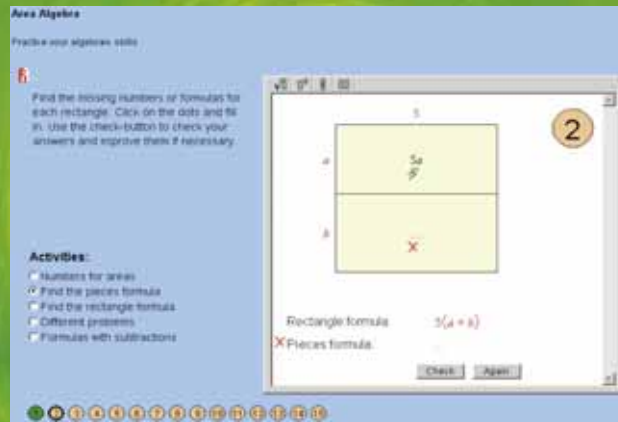


FIG. 1 'AREA ALGEBRA' APPLET
WITH IMMEDIATE FEEDBACK

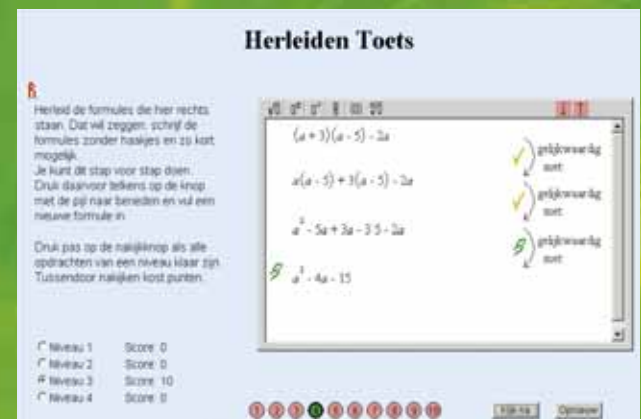
verify equivalence of algebraic expressions. The task is mainly to find the correct expressions for areas and edges of rectangles. Feedback in this applet is direct: green marks and red crosses indicate which part of the answer is correct and incorrect, respectively. Red, orange and green circles around the assignment numbers indicate wrong, incomplete and correct answers. This stimulates the students to go on and try another exercise, and to get as many correct answers as possible. In the GALOIS project we mainly focussed on the use of exercise applets; at the project website www.galoisproject.nl you can play with some of them.

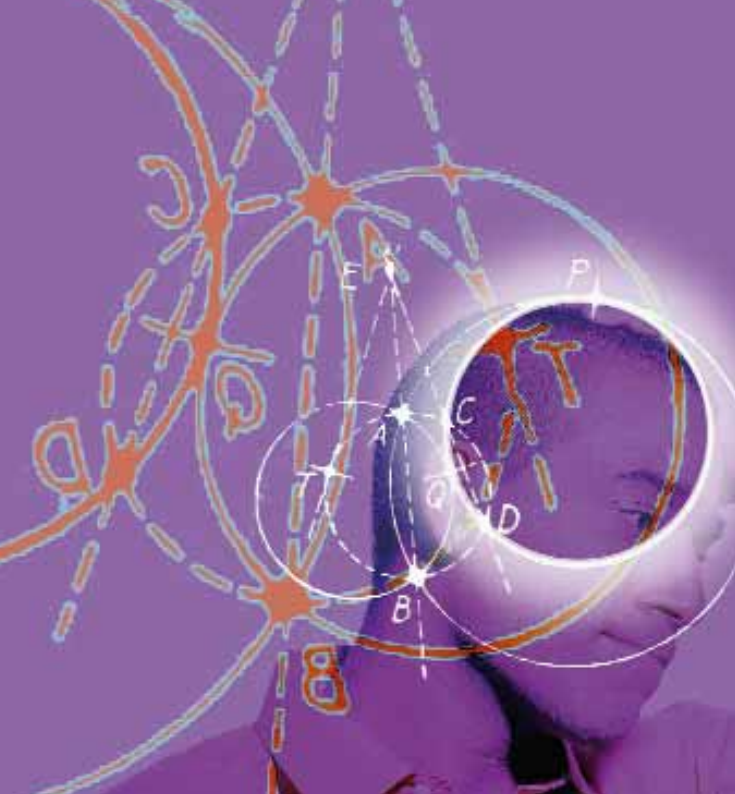
Another exercise applet is shown below in Figure 2. It is embedded in MichelangElo, the name St. Michaël College gave to their incarnation of Moodle. This applet presents a mathematical expression that is to be simplified step by step. In the version shown, a student has to do the calculation himself at each step and the program

only verifies whether intermediate expressions are still equivalent and gives the user immediate feedback. In another version, the computer could perform the calculation at each step, thus allowing the student to concentrate on the solution strategy. In the first version, a 'gaming' feature could be added by letting students earn points for entering correct intermediate results. Using help or letting the computer perform an intermediate step would cost points. The idea is that changing a set of mathematical exercises into a game with various levels motivates students to work hard.

The Java applets from the Freudenthal Institute have been published on the WisWeb-site (www.wisweb.nl) and they have been field tested extensively at secondary schools in collaboration with teachers and educational researchers. We quote some findings on the use of school algebra applets: "It was found that the use of applets has added value: they are fun and motivate students; they allow students to work at their own level of thin-

FIG. 2. USE OF THE WISWEB-APPLET
'HERLEIDEN' IN MOODLE





king and thus better address individual difference between students; the visual, interactive and dynamic features of applets makes the mathematics more easy to understand; thanks to the calculation power of the applets one can focus on the mathematical concepts and models; students are more creative and get more self esteem; the applets form a model students can fall back on; the practice and feedback features are much more powerful than pencil-and-paper exercises. However, to take fully advantage of these opportunities of applets, applets should be integrated in the daily mathematics class routine. Using the computer should not be a voluntary thing that is extra beyond regular math class”.

INTEGRATION OF mathematical applets IN A VLE

The last finding listed in the previous section, which means in fact a change in the ‘didactic contract’, played an important role in the GALOIS project. The successes with mathematical applets

and other ICT tools lead to high expectations of students and teachers. For a teacher it would be nice if he or she could review after a computer aided lesson what the students actually did, what progress they made, which problems arose during learning and to which mathematical subjects attention must be paid in the next lessons. Also, if assignments were given outside of class, this mechanism of ‘student tracking’ would aid a teacher in determining student ability. An even more basic advantage would be the possibility of seeing whether a student has actually done his or her homework. This added bonus is often overlooked.

There are a couple of requirements when aiming to integrate applets into an existing learning environment:

- An applet and the VLE have to be able to communicate with each other.
- It should be possible to share the content in various VLEs, for it could very well be that existing programs and learning environments change over the years.
- It should be possible to use this mechanism for other applets or programs.

For this we used a standard called SCORM. One of the applets we made SCORM compliant is the applet called ‘Herleiden’, shown in Figure 2. This applet was actually used in a fourth grade class to practise rewriting of given expressions and to reinforce symbol sense. Examples of given assignments concern expanding and rewriting expressions like $(a + b)(b + c) = 2ac$ and $(2x + y)^2 = (2x - y)^2$. Many students had problems with this type of assignments, despite the attention given to formula manipulation in the years before and the successes at that time. A common mistake in teaching and learning: not only does one have to teach a certain mathematical skill or ability, it also has to be maintained. Practice makes perfect, but in this case it would be helpful if students can practise a lot without giving the teacher an unnecessary extra workload. A web-based exercise program makes this possible. In a school situation, students could practise rewriting formulas during computer workshops at school as well as at home. Student scores and results were stored in the system, which enabled the teacher to see whether

ENVISIONED REPLIES AND appropriate feedback

REPLY	FEEDBACK	EXPLANATION
0.19358	Correct!	The probability was correctly calculated.
0.00239	Have you read the question correctly? Note that 25% of all products do not function.	Apparently the student used 75% instead of 25%.
0.00039	You have forgotten that several combinations are possible.	Students often forget to multiply a probability with the possible combinations.
0.00124	4 out of 12 not functioning means 8 out of 12 products do function.	The student has used 0.75^4 (but did remember to use combinations).
0.19357	Close to the correct answer. A round-off error?	Round-off error.
other	Wrong answer; review the section on probabilities.	God knows what went wrong.

FIG. 3. EXAMPLE OF A DITWIS QUESTION AND THE SCHEME FOR GIVING FEEDBACK TO RESPONSES

students have a good command of this skill. Within the VLE called MichelangElo, it is also possible to export results to text and spreadsheet format. With slight modifications they can even be imported into existing school administration systems. When giving assignments, there naturally are students who do not do their homework. Low scores easily reveal this. Moodle's internal messenger can be used to address these students. Problems are also discovered easily, especially because 'the road to an answer' is also stored in the VLE. For example, some students still made the common mistake to rewrite $(2a + b)^2$ as $4a^2 + b^2$. This misconception was addressed in the next lesson by using the area model to explain why this equivalence doesn't hold.

We noticed in practice that students at all age levels were highly motivated by this novel way of practising an otherwise difficult and boring subject. The short-term effect of using the applets in the VLE was that students seemed to get a better understanding of the structure of formulas and that the teachers could monitor student performances and address common mistakes more easily. All this happened within a VLE that was already in use at our school and that both teachers and students were familiar with. It would be even better if an applet could be configured within the learning environment in such a way that custom assignments could be made. This possibility has been successfully explored in the last phase of the GALOIS project in 2006-2007.

INTELLIGENT FEEDBACK WITH DITwis

Another focal point of the GALOIS project was the use intelligent feedback. For this a custom-made JavaScript-based testing and assignment environment was used. An example says more than a thousand words.

Question. With a certain product there is a chance of 25% that it doesn't function. A random sample of 12 products is drawn. Calculate the probability that exactly 4 products do not function. Round your answer to five decimal places.

Feedback. This system responds to student answers by providing a (limited) form of intelligent feedback; Figure 3 shows a typical example. The numbers used in the question text are randomly

chosen and this is taken into account in the marking and the feedback. At first, DITwis was developed as an independent means to practise and test certain concepts without teacher's intervention. However, it was expected that integration of DITwis into a VLE would be beneficial. Again this program was made SCORM compliant and the system was used in field studies. The advantages of integration soon became apparent, as well as (hopefully temporarily) some disadvantages: better insight in student work and problems that students face; technical difficulties sometimes resulting in information not being stored; the possibility of practising anytime, anywhere; the added bonus in the communication facilities of a standard VLE.

CONCLUSION

Existing mathematical tools become even more powerful and useful when results and performance of students can be tracked online in a virtual learning environment with which teachers and students



MORE ARTICLES

- BOKHOVE, C., KOOLSTRA, G., HECK, A. & BOON, P. (2006). USING SCORM TO MONITOR STUDENT PERFORMANCE: EXPERIENCES FROM SECONDARY SCHOOL PRACTICE. IN LTSN MSORCAA SERIES, APRIL 2006. [HTTP://MATHSTORE.AC.UK/ARTICLES/MATHS-CAA-SERIES/APR2006/](http://mathstore.ac.uk/articles/maths-CAA-series/apr2006/)
- BOON, P.B.J. & DRIJVERS, P.H.M. (2005). ALGEBRA EN APPLETS, LEREN EN ONDERWIJZEN [ALGEBRA AND APPLETS, LEARNING AND TEACHING], FI/ISOR, [WWW.FI.UU.NL/PUBLICATIES/LITERA-TUUR/6571.PDF](http://www.fi.uu.nl/publicaties/literatuur/6571.pdf)
- REEUWIJK, M. VAN (2004). SCHOOL ALGEBRA STRUGGLE, WHAT ABOUT ALGEBRA COMPUTER GAMES?. ICME 10 PROCEEDINGS, TOPIC STUDY GROUP 9, COPENHAGEN, DENMARK, 4-11 JULY 2004. [WWW.FI.UU.NL/PUBLICATIES/LITERA-TUUR/6341.PDF](http://www.fi.uu.nl/publicaties/literatuur/6341.pdf)

are familiar. Use of a common standard, in this case SCORM, enables not only the sharing of content, but also of storing student performance. Students know that they can be and are monitored by their teacher. They also seem to find that computer practice prepares them better for written exams than making assignments from a book. Computer aided learning is also seen as a more 'fun' way of practising otherwise 'boring' subjects. Using direct feedback, giving students hints and enabling a 'trial and error' approach makes it possible for students to explore different strategies for solving a given problem. But exercise applets without these facilities have also been developed.

In our opinion, digital assignments and diagnostic testing add to the motivation and performance of students in mathematics education. By making use of computers, the extra time involved for teachers is acceptable. Contact time can effectively be reorganised because students that need extra attention are signalled earlier.

FEED back

LEREN VAN FOUTEN EN GESTEUND WORDEN DOOR WAT GOED GAAT IS BIJ HET LEREN VAN WISKUNDE ERG BELANGRIJK.

DE MEDEDELING DAT HET GEGEVEN ANTWOORD 'GOED' OF 'FOUT' IS EEN VRIJ PRIMITIEVE VORM VAN FEEDBACK. GELUKKIG IS VEEL MEER MOGELIJK.

EEN PAAR VOORBEELDEN.

STAPSGEWIJZE controle

Wisweb applets hebben de mogelijkheid om een opgave (bijv. het oplossen van een vergelijking, of het omwerken van een formule) stap voor stap uit te voeren, waarbij elke stap meteen wordt gecontroleerd. Een paar jaar geleden kon dit al bij het oplossen van eenvoudige vergelijkingen, nu zijn de mogelijkheden bijna onbeperkt: Zo'n beetje alle denkbare vergelijkingen oplossen, differentiëren van ingewikkelde functies, het herleiden van ingewikkelde formules kan allemaal stap voor stap gecontroleerd worden.

De vorm van feedback is (nog) vrij sober: goed, fout, of "niet helemaal goed" (bijv. een van de twee antwoorden) maar het blijkt een zeer krachtig hulpmiddel te zijn, zowel in de onderbouw als de bovenbouw. Met name bij het oplossen van lineaire vergelijkingen is gebleken hoe krachtig deze aanpak is, en de



met gegeven kans p), dan zijn veel gemaakt fouten dat berekend wordt de kans op precies 3 successen, hoogstens 3, of minstens 4. Aan de hand van het gegeven antwoord kan (vaak) bepaald worden welke fout er vermoedelijk is gemaakt, en op basis daarvan een gerichte opmerking of vraag gesteld worden. In de meest recente versie (DIT5) wordt ook bijgehouden hoeveel pogingen er al gedaan zijn, en kunnen na een aantal pogingen die “nergens op lijken” gerichte aanwijzingen worden gegeven. DITwis kan (voorlopig) alleen gebruikt worden voor vragen met een getal als antwoord.

Ontwikkelingen

We hebben uitgebreid geëxperimenteerd met vrij beschikbare ‘systemen’ die het mogelijk maken om ook bij ingetypte expressies (zoals x^x \sqrt{x}) concrete aanwijzingen te geven. De stabiliteit en betrouwbaarheid daarvan valt echter tegen. Op dat gebied is dus nog veel te doen

eerste resultaten bij onderwerpen als differentiëren (en herleiden van de antwoorden) zijn zeer bemoedigend.

Een voordeel kan ook omslaan in een nadeel, daarom is de mogelijkheid ingebouwd om de feedback uit te stellen. De oefening wordt dan omgebouwd tot (zelf)toets, waarbij de feedback is uitgesteld.

Concrete AANWIJZINGEN

Bij de oefeningen in de serie DITwis wordt een (onjuist) antwoord gebruikt om na te gaan wat voor fout er (vermoedelijk) is gemaakt, en daar adequaat op te reageren. Dat kan doordat op basis van de expertise van wiskundeleraars ‘voor de hand liggende’ fouten worden doorgerekend. Een voorbeeld ter verduidelijking: Wanneer iemand (met behulp van een GR) de kans moet bepalen op minstens 3 successen (binomiaal verdeeld



Registratie VAN LEERLINGENWERK

BIJ HET WERKEN EN LEREN IN EEN WEB-OMGEVING IS HET BELANGRIJK DAT HET UITGEVOERDE WERK EN RESULTATEN KUNNEN WORDEN BEWAARD. VOOR DE LEERLING IS HET VERVELEND ALS HET WERK NA HET AFSLUITEN VAN DE BROWSER VERDWIJNT ZONDER EEN SPOOR NA TE LATEN. BIJ HET GEBRUIK VAN APPLETS WAS DIT VOORHEEN HELAAS VAAK HET GEVAL. INTUSSEN BIEDEN APPLETS, INGEDBED IN EEN LEEROMGEVING WEL DEZE MOGELIJKHEID. DE LEERLING KAN THUIS VERDER WERKEN AAN EEN OPDRACHT DIE HIJ OP SCHOOL GESTART IS DOORDAT HET WERK OP DE WEB-SERVER WORDT OPGESLAGEN. OOK KAN HIJ TERUGKIJKEN IN EERDER GEMAAKT WERK.



Daarnaast heeft de docent deze mogelijkheid voor zijn klas als geheel. Hij/zij kan score-overzichten opvragen van zijn/haar klas, maar ook gedetailleerd het werk van een individuele leerling bekijken. Hierdoor wordt het mogelijk om snel weten waar de schoen wringt en voor welke onderdelen extra aandacht nodig is tijdens de volgende les.

Naast de directe feedback van de digitale activiteiten, bieden de opgeslagen resultaten de mogelijkheid tot feedback op een globaler niveau.

DE digitale WISKUNDE OEFENOMGEVING (DWO)

Een web-omgeving die bovenstaande faciliteiten biedt is de DWO die het Freudenthal Instituut heeft ontwikkeld als dienst voor scholen. Iedereen kan gratis een account maken binnen deze omgeving en gebruik maken van een grote verzameling

Organisatie EN CONFIGURATIE

HET AANBIEDEN VAN DIGITAAL (LES)MATERIAAL VRAAGT OM EEN ZEKERE ORGANISATIE. EEN DOCENT WIL DE DIGITALE ACTIVITEITEN OP EENVOUDIGE WIJZE KLAARZETTEN VOOR ZIJN KLAS, MAAR OOK WEER WEGHALEN OF ONZICHTBAAR MAKEN. DAT LAATSTE IS BIJVOORBEELD AAN DE ORDE ALS HET GAAT OM TOETSEN DIE BINNEN EEN VASTE TIJD MOETEN WORDEN AFGEROND.

Dit geldt ook voor leerstof die op dit moment niet meer, of nog aan de orde is. De applets, maar ook de DITwis-toetsen zijn afgebakende activiteiten die binnen de wiskundeles op verschillende manieren kunnen worden ingezet.

Enkele, elkaar niet uitsluitende, mogelijkheden zijn:

- Demonstratie in de klas (m.b.v. een beamer)
- Computerpracticum met de hele groep
- Zelfstandig oefenen op school of thuis
- Toetsen (al dan niet diagnostisch)

Voor de leerlingen moet vooral in het laatste twee gevallen duidelijk zijn in hoeverre deze activiteiten verplicht zijn, wanneer ze moeten zijn afgerond etc. Verder moet uiteraard de relatie met de leerstof en andere activiteiten (zoals bijv. handmatig opgaven maken uit een boek) helder zijn. Ook is het handig wanneer er niet allerlei verschillende webadressen moeten worden onthouden of genoteerd.

Het ligt voor de hand in dit verband te denken aan een Elektronische Leeromgeving.

Een ELO die SCORM (Sharable Content Object Reference Model) ondersteunt, zoals Moodle, biedt een zeer gebruiksvriendelijk mogelijkheid om digitale activiteiten in de vorm van SCORM-pakketjes te importeren. Ze kunnen dan worden bijv. aangeboden als link binnen een studiewijzer, en gecombineerd met aanwijzingen. Een dergelijk ELO maakt het niet alleen mogelijk om snel na te gaan welke leerlingen een bepaalde activiteit (niet) gedaan hebben, maar ook wat de resultaten zijn, ook in detail [zie het tabblad over registratie]. Daarnaast biedt een ELO communicatiemogelijkheden tussen leerlingen onderling en de mogelijkheid om vragen te stellen aan de docent. De ervaring leert dat juist de combinatie van digitaal materiaal en communicatie daarover erg stimulerend kan werken. Een niet onbelangrijk aspect daarbij is dat (in ons project) de precieze getallen, formules en ook bewoordingen steeds veranderen, wat de leerlingen dwingt hun uitleg (en soms hun vraagstelling) op een wat algemener niveau te formuleren. Het 'vertellen van het ant-

woord' is een stuk lastiger dan bij een vraag die (zoals in boeken) een vaste vorm en inhoud heeft.

Ook de Digitale Wiskunde Omgeving (DWO) geeft de docent de mogelijkheid om een selectie van activiteiten, gebundeld in modules, voor zijn klas neer te zetten. Hoewel de uitgebreidere faciliteiten van een ELO zoals het samenstellen van studiewijzers en communicatiemogelijkheden (nog) ontbreken, biedt de DWO wel de mogelijkheid om de activiteiten op een gebruiksvriendelijke manier aan te passen en te voorzien van andere of extra opdrachten. Deze laatste mogelijkheid is weer lastiger te realiseren in een ELO.

Ontwikkelingen

“Mooi, maar ik zou een paar dingen net iets anders willen”, vaak een reactie op digitaal materiaal. Soms is het aanpassen vrij eenvoudig en toegestaan (zoals bij DITwis), vaak zijn er praktische en/of juridische bezwaren.

Binnen de DWO is het met een wisweb+ abonnement nu al mogelijk om allerlei applets aan te passen aan de eigen wensen. Nog mooier zou het zijn om over een auteursstool te beschikken waarmee eenvoudig nieuwe applets kunnen worden gemaakt die als SCORM-pakketje kunnen worden geëxporteerd, en dus ook eenvoudig in de eigen ELO (mits deze SCORM ondersteunt) kunnen worden gezet. Met de SCORM-Applet Generator (SAGe), waarvan tijdens het Galoisproject een prototype werd ontwikkeld, wordt dit mogelijk voor algebra-applets. Deze generator maakt het tamelijk eenvoudig om series opgaven met opklimmende moeilijkheidsgraad te maken, oefen- en toetsversies te maken, en de eisen aan het (eind)antwoord bij te stellen.

Hiermee worden de mogelijkheden voor wiskunde binnen de ELO in één keer flink uitgebreid. In het nieuwe project SAGe, dat in september 2007 van start gaat wordt dit product verder ontwikkeld door het Freudenthal Instituut, in samenwerking met de St-Michaël College. Daarbij wordt een ontwikkelcommunity gevormd van een tiental scholen die met dit nieuwe gereedschap gaan werken.



Samenwerking

IN HET GALOIS PROJECT IS SPRAKE GEWEEST VAN VELE CONTACTEN, ZOWEL NATIONAAL ALS INTERNATIONAAL. IN HET EERSTE JAAR BLEEK AL SNEL DAT VEEL KENNIS OP HET GEBIED VAN ONS PROJECT OVER DE GRENZEN TE VINDEN WAS. ZO WAREN ER NAUWE CONTACTEN MET CHRIS SANGWIN, UNIVERSITY OF YORK, EN MAKER VAN STACK, EEN OPEN SOURCE TOETSPROGRAMMA VOOR WISKUNDE. HET GALOIS PROJECT HEEFT MET HAAR BESCHEIDEN MIDDELEN EEN PIONIERSROL VERVULD, OOK OP INTERNATIONAAL VLAK.

Wat vooral bijzonder is aan dit project is dat onderwijs de techniek bepaalt en niet –zoals wel vaak gebeurt– andersom. Op deze basis is samenwerking gezocht en gevonden met anderen. Elke opgave kent een antwoordboom waarin niet alleen het goede antwoord staat, maar ook mogelijke foute antwoorden, plus de bijbehorende feedback. Meer over dergelijke bomen is te vinden in ons artikel in *Euclides* 81/2.

Een Nederlandstalige versie van STACK is gemaakt en ook is een praktijktest met enkele opdrachten uitgevoerd, met name op het gebied van differentiëren. Een variant hierop (RQP) die het mogelijk maakte de functionaliteit van STACK te integreren binnen Moodle zag er in eerste instantie veelbelovend uit, maar bleek uiteindelijk niet (meer) goed te werken.

Activemath

Een ander project met aandacht voor oefeningen met feedback, en het gebruik van wiskunde standaarden, is het Activemath project. Contacten met Paul Libbrecht van de DFKI in Saarbrücken, Duitsland brachten inzicht in interactieve oefeningen. Daarnaast werd de interface en wat wiskundig materiaal vertaald naar het Nederlands. Het project kent nog andere, interessante kanten, waaronder het opslaan en gebruiken van voorkennis bij het aanbieden van lesmateriaal. Zo wordt een bepaald begrip dat bekend verondersteld mag worden, niet meer getoond. Indien later blijkt dat opgaven ter toetsing van die kennis niet goed worden gemaakt, verschijnt het begrip weer. Op die manier is het dus een adaptief systeem geworden. Ook zit achter het systeem een grote databank met allerlei wiskundige begrippen. Een keerzijde van deze “allesomvattendheid” is overigens dat sommige onderdelen nog erg experimenteel zijn. Onze activiteiten met deze software krijgen een vervolg in het ACTIVEMATH-EU project (zie “Resultaten en toekomst”).

WebALT

Begin 2006 hebben projectleden actief deelgenomen aan de WebALT (Web Advanced Learning Technologies) conferentie in Eindhoven, waar diverse organisaties die zich bezig houden met



Elearning op het gebied van wiskunde, voornamelijk gelieerd aan Universiteiten, lieten zien waar ze mee bezig waren.

Moodle

Veel tijd en energie is besteed aan contacten binnen de internationale MOODLE-gemeenschap (www.moodle.org), o.a. in het kader van verbeteringen van de SCORM-module. Een complicerende factor hierbij was dat ons gebruik van SCORM ook wereldwijd gezien zeer geavanceerd is. Dat is leuk om te weten, maar maakt het ook lastiger om in de gemeenschap ondersteuning te vinden. Ook in de Verenigde Staten hebben enkele personen de SCORM applets van dit project uitgetoetst.

Mathadore

Ook dichterbij huis zijn contacten gelegd met onder andere: Mathadore (<http://www.mathadore.nl/>). Dit project is bezig met een online methode voor de vernieuwde Tweede Fase. Het



idee was om vanuit ons project ondersteuning te bieden bij sommen met “slimmere” feedback. Tot concrete uitwisseling is het echter nooit gekomen.

Wiris

Wiris is een webbased java-applicatie die het mogelijk maakt om via het Internet numerieke en symbolische berekeningen te maken, grafieken en meetkundige constructies in 2D en 3D te tekenen, te programmeren en e-learning lesmateriaal te ontwikkelen. Ons sprak vooral de fraaie algebra-interface aan Voor dit programma zijn enkele interactieve werkbladen gemaakt op het gebied van differentiëren.

Tenslotte is contact geweest met allerlei organisaties in Nederland die zich met SCORM bezig houden, maar bijna alle instanties richten zich op het hergebruik van materiaal, met bijbehorende problemen rond metadatering, en hebben (nog) weinig oog voor de mogelijkheden tot registratie van resultaten. Om een lans te breken voor het hergebruik van materiaal pre-



Resultaten EN Toekomst

open systeem is, dat ontwikkeld en ondersteund wordt door een groot aantal vrijwilligers, maar het werkt in feite in elke ELO, die SCORM ondersteunt, bijvoorbeeld ook in Blackboard. Wel hebben we binnen Moodle een aanpassing gemaakt die het mogelijk maakt om ook gedetailleerd te kijken naar het werk van leerlingen. Die aanpassingen zullen ook in de nieuwe en toekomstige versies moeten worden aangebracht, of – liever – structureel binnen Moodle, en andere ELO's worden ingebouwd.

Modules / pakketjes

Naast bovengenoemde techniek, kunnen we de scholen een aantal kant-en-klare SCORM-pakketjes aanbieden (onder de zg creative commons licentie), die meteen binnen een ELO gebruikt kunnen worden. Zie hiervoor www.galoisproject.nl.

RESULTATEN

Technologie van SCORM applets en pakketjes

Belangrijkste resultaat van het project is – naast een schat aan ervaringen – dat we de scholen een op internationale standaarden gebaseerde techniek kunnen aanbieden om interactieve toepassingen echt binnen hun ELO te integreren, en zo 'het beste van twee werelden' te combineren. We hebben in de afgelopen jaren ervaringen opgedaan met een groot aantal applets (en andere programma's, uit de DITwis serie) in diverse leerjaren. Hoewel problemen met een technische achtergrond nooit helemaal uit te sluiten zijn, zeker als er gewerkt wordt met diverse besturingssystemen, diverse browsers en diverse plug-ins, is de gebruikte techniek redelijk betrouwbaar gebleken.

Wij hebben gebruik gemaakt van Moodle, vooral ook omdat dit een



TOETSEN genereren

Een (mogelijk bruikbaar) bijproduct is een eenvoudige toetsengenerator, waarmee bijv. zeer snel een (nieuwe) reeks differentieeropdrachten – met opklimmende moeilijkheidsgraad – gegenereerd kan worden.

Verspreiding en projectaanvragen

Afgelopen jaar hebben we met ons appletgebruik een “Durven Delen Doen” prijs. Het project wist het ook te schoppen tot referentieproject van het project “Open Source Software in het Onderwijs”. Ook was er aandacht voor het project bij Eduexchange, een evenement dat zich richt op het gebruik van standaarden binnen het onderwijs. De motor achter dit project, Kennisnet ICT op school, kent ook contentstimuleringsprojecten. Helaas haalde een projectaanvraag op dit gebied – een voortzetting van de Galois activiteiten – het niet.

Artikelen en aanzet tot ONDERZOEK

Gedurende het project zijn diverse artikelen geschreven, voor vaktijdschriften (o.a. voor de Nederlandse Vereniging voor Wiskundeleraren) en conferenties, in het Engels en Nederlands. Daarnaast hebben we ook meerdere presentaties gegeven. Een overzicht van deze bronnen is te vinden in de bronvermelding en op de projectwebsite. Het geheel kan worden gezien als een voorzichtige stap in de richting van nader onderzoek.

TOEKOMST

De techniek

In de nabije toekomst willen vooral aandacht besteden aan de (verdere) ontwikkeling en het uittesten van een (super)tool die het mogelijk maakt om allerlei applets te genereren die meteen wordt ‘ingepakt’ als scormpakketje, en zo direct bruikbaar zijn in een ELO. Met het oog daarop gaat in het schooljaar 2007/2008 binnenkort het SAGE-project van start, waarin een tiental scholen samenwerken.

Samenwerking

Daarnaast gaan we (opnieuw) bekijken wat de mogelijkheden zijn van diverse technieken die internationaal in diverse samenwerkingsverbanden werden en worden ontwikkeld. We gaan met name een aantal zaken uitproberen binnen het Europese Activemath project (zie <http://www.activemath.org/eu>).

Bovendien proberen we zoveel mogelijk interessante ontwikkelingen te volgen, met steeds in het achterhoofd hoe deze kunnen bijdragen tot een beter wiskundeonderwijs, en een interessanter beroepspraktijk voor de wiskundeleraren.

Onderzoek

Ook is het onze wens om nader onderzoek te doen naar de nut, noodzaak en effecten van ICT gebruik op wiskundige vaardigheden. Zo hopen we ons de komende jaren ook op ontwerpgericht onderzoek te kunnen storten.

praktijk voorbeeld 1

FEEDBACK

DIT IS EEN FRAGMENT VAN EEN ARTIKEL OVER INTELLIGENTE FEEDBACK.

HET VOLLEDIGE ARTIKEL IS TE VINDEN OP WWW.GALOISPROJECT.NL

VOORBEEDEN 1 EN 2 GEVEN INTELLIGENTE FEEDBACK BIJ OPGAVEN MET

EEN NUMERIEK ANTWOORD.

VOORBEELD 1

In een fietsband zit een lek. Elke minuut verdwijnt 6% van de lucht.
Hoeveel procent is er na 9 minuten verdwenen? Rond af op een heel getal.

ANTWOORD	FEEDBACK	VERKLARING
43	Uitstekend.	Correct antwoord
42	Dicht bij het goede antwoord: een afrondfout?	Afrondingsfout?
57	Nee: dit percentage is er nog over!	Halverwege gestopt.
69	Nee: misschien in de war met 6% erbij?	Leesfout?
54	Zo werkt dat niet: gebruik de groeifactor!	Conceptuele fout: 6 maal 9.
Anders	Nee, dat klopt niet	?

Deze vorm van feedback is geen toekomstmuziek, maar een programma (of liever een programmaconcept ¹) dat al geruime tijd gebruikt wordt. De precieze bewoordingen zijn misschien anders dan de lezer zelf zou gebruiken, maar nadere bestudering van de antwoorden (en een beetje rekenen) leert dat de getoonde reacties heel goed kunnen passen bij de gegeven antwoorden. Zo is 0,949 ongeveer gelijk aan 0,57 en levert 1,069 ongeveer 1,69 op – een stijging met 69%. Daarbij is het van belang te beseffen dat de getallen 6 (%) en 9 (minuten) geen vaste getallen zijn, maar semi-willekeurig worden gegenereerd. De volgende keer gaat het bijvoorbeeld over 12% en 15 minuten, zodat het zin heeft de vraag meer-malen te maken.

VOORBEELD 2

Op een fruitschaal liggen 17 mandarijnen. 5 daarvan zijn rot, maar dat is slecht te zien. Iemand pakt op goed geluk 2 mandarijnen van de schaal. Bereken de kans dat daar minstens een rotte bij zit. Rond af op 3 decimalen.

ANTWOORD	FEEDBACK	VERKLARING
0,515	Uitstekend.	Correct antwoord.
51,471	Een getal tussen 0 tot 1.	Eigenlijk goed, maar in procenten.
0,514	In de buurt! Goed afgerond?	Afrondingsfout.
0,502	Geen vaste kans, dus niet binomiaal.	Verkeerde rekenmethode.
0,485	Dit is de kans op geen enkele rotte mandarijn!	Complementaire kans berekend.
0,441	Dit is de kans op precies één rotte!	Leesfout?
anders	Nee, dit klopt niet.	?

[1] DITwis een reeks computertoetsen die gebruikmakend van Javascript eenvoudig kunnen worden aangepast. Een overzicht is te bekijken via <http://wiskunde.stmichaelcollege.nl/DITwis/> Meer informatie via ditwis@chello.nl.

Het vierde antwoord hoort bij een binomiaal kansexperiment. In hoeverre de reactie geen vaste kans, dus niet binomiaal adequaat is hangt sterk af van de situatie. Worden dergelijke uitdrukkingen in de klas ook gebruikt in dit geval? Zo zullen veel leerlingen en docenten gewend zijn aan uitdrukkingen als 'zonder terugleggen'. In feite is dit een didactische keuze die zoveel mogelijk door de betrokken docent(en) genomen zou moeten worden.

VOORBEELD 3

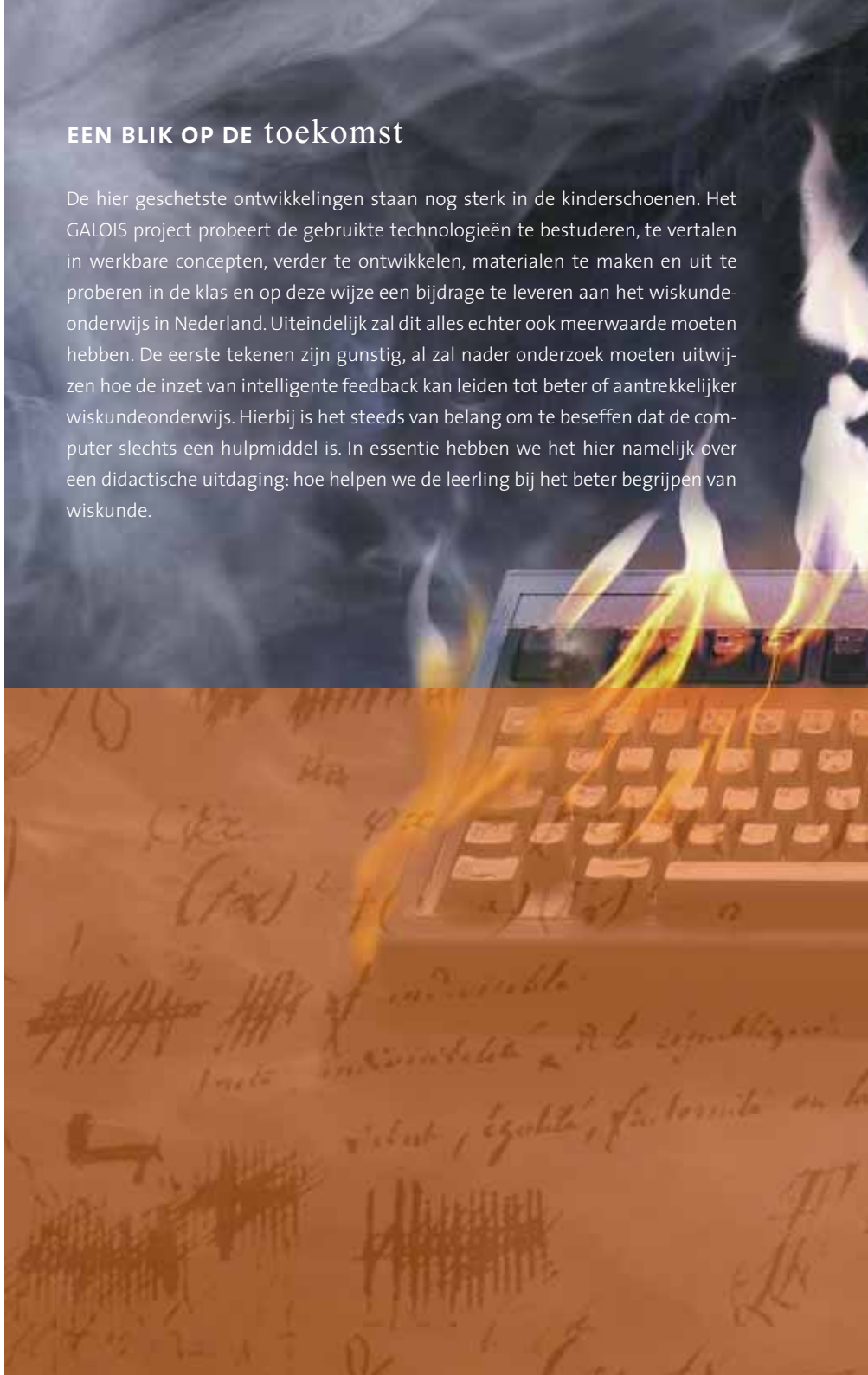
Integreer de volgende functie: $f(x) = 2x^2$

ANTWOORD	FEEDBACK	VERKLARING
$\frac{2}{3}x^3 + C$	Helemaal goed!	Correct antwoord
$2(\frac{2}{3}x^3 + C)$	Een goed antwoord, maar niet op de eenvoudigste manier opgeschreven.	Ongebruikelijke, maar correcte formule.
$\frac{2}{3}x^3 + 3$	Je hebt de vraag goed, maar er zijn veel meer waarden als constante mogelijk. Dit kun je aangeven door $\frac{2}{3}x^3 + C$ te schrijven.	Geen algemene constante.
$\frac{2}{3}x^3$	De primitieve klopt, maar je bent de integratieconstante vergeten	Geen integratieconstante
x	Nee. Bedenk dat de primitieve van een machtsfunctie x^n gelijk is aan $\frac{1}{n+1}x^{n+1} + C$?
$12x^2$	Je hebt nu gedifferentieerd i.p.v. geïntegreerd!	Leesfout?

Uiteraard zijn andere formuleringen en reacties mogelijk. Ook hier geldt dat dit aangepast kan (en moet) worden aan wensen van gebruikers (leerlingen en docenten). Cruciaal is dat dergelijke vragen duidelijk een stap verder gaan dan de welbekende meerkeuzevragen: de computer reageert 'intelligent' op een ingetoetst antwoord.

EEN BLIK OP DE toekomst

De hier geschetste ontwikkelingen staan nog sterk in de kinderschoenen. Het GALOIS project probeert de gebruikte technologieën te bestuderen, te vertalen in werkbare concepten, verder te ontwikkelen, materialen te maken en uit te proberen in de klas en op deze wijze een bijdrage te leveren aan het wiskunde-onderwijs in Nederland. Uiteindelijk zal dit alles echter ook meerwaarde moeten hebben. De eerste tekenen zijn gunstig, al zal nader onderzoek moeten uitwijzen hoe de inzet van intelligente feedback kan leiden tot beter of aantrekkelijker wiskundeonderwijs. Hierbij is het steeds van belang om te beseffen dat de computer slechts een hulpmiddel is. In essentie hebben we het hier namelijk over een didactische uitdaging: hoe helpen we de leerling bij het beter begrijpen van wiskunde.



praktijk voorbeeld 2

REGISTRATIE

DIT IS EEN FRAGMENT VAN EEN ARTIKEL OVER REGISTRATIE.

HET VOLLEDIGE ARTIKEL IS TE VINDEN OP WWW.GALOISPROJECT.NL

FIG. 1. OPPERVLAKTE APPLLET MET ONMIDDELLIJKE FEEDBACK

Geef bij elke opdracht de ontbrekende getallen of formules op de stippeletjes. (Voor kwadraten kun je ook de pijltoets omhoog gebruiken of je typt *) Kijk op OK als alles is ingevuld.

Zijn alle opdrachten gedaan, dan kun je een andere activiteit kiezen.

Activiteiten:

- Getallen voor oppervlakten
- Maak een stukjesformule
- Naar de rechthoekformule
- Extra puzzelopdrachten
- Formules met min

4 Rechthoekformule: $4(2+x)$

X Stukjesformule: $4x+42$

OK Opnieuw

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

digitale WISKUNDE OEFENOMGEVING

Om het werken met wisweb-applets minder vluchtig te maken is het Freudenthal Instituut gestart met het opzetten van de 'Digitale Wiskunde Oefenomgeving' (DWO). In deze omgeving logt een leerling in op een centrale server bij het FI, gaat aan de slag met een applet en krijgt automatische feedback van het applet. Het werk van de leerling wordt opgeslagen zodat hij of zij bij een volgend bezoek aan de DWO verder kan werken in plaats van opnieuw te beginnen. Docenten kunnen zowel vorderingen van iedere individuele leerling in de gaten houden als klassenoverzichten opvragen (zie figuren 2 en 3).

Op het St. Michaël College te Zaandam is de DWO ingezet bij hoofdstukvervangend materiaal voor een aantal algebrahoofdstukken in de tweede klas. Bij het eerste 'blok' gaat het om een eerste kennismaking met wiskundige expressies en dus vooral over het begrip variabele, het krijgen van enig gevoel voor formules en het uitwerken van haakjes in wiskundige uitdrukkingen. Hierbij wordt het applet 'Oppervlakte Algebra' (zie figuur 1) gebruikt. Dit applet geeft via het oppervlaktemodel leerlingen inzicht in de wijze waarop formules kunnen worden uitgewerkt. De feedback in dit applet is direct: groene krulletjes geven aan welke onderdelen van het antwoord goed zijn en rode, oranje en groene bolletjes om de opdrachtcijfers wijzen respectievelijk op een foutief, onvolledig en correct antwoord.

De docent kan niet alleen snel zien welke opdrachten een leerling fout gemaakt heeft, maar ook heel gedetailleerd welke fouten. Figuur 1 geeft daarvan een voorbeeld. Wellicht is de leerling onoplettend geweest en vergeten om het betreffende hokje in de rechthoek in te vullen. Misschien is hij of zij op formele wijze te werk gegaan en, net als je $4x$ opschrijft als het om een product gaat, 42 opgeschreven met in gedachte $4 \cdot 2$.

Het is aan de docent om te beslissen dit met de leerling in kwestie door te nemen of hier een klassikale bespreking over te houden wanneer blijkt dat meer leerlingen met hetzelfde probleem kampen. Ook de wetenschap dat de meeste leerlingen geen moeite hebben met bepaalde onderdelen is nuttige informatie: dan hoeft later in de les niet meer

praktijk voorbeeld 3

ELEKTRONISCHE LEEROMGEVING

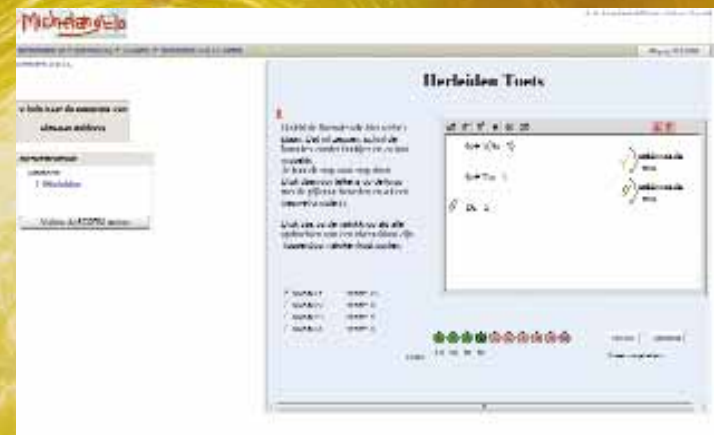
DIT IS EEN FRAGMENT VAN EEN ARTIKEL OVER REGISTRATIE.

HET VOLLEDIGE ARTIKEL IS TE VINDEN OP WWW.GALOISPROJECT.NL.

wisweb-applets IN EIGEN ELO

Een van de applets die aan de SCORM-norm is aangepast heet 'Herleiden'. Dit applet is ingezet bij 4havo wiskunde b1 om nog eens te oefenen met het herschrijven van formules. U moet dan denken aan het vereenvoudigen van uitdrukkingen als, en (zie figuur 4). Het was namelijk opgevallen dat leerlingen hiermee moeite hebben, ondanks alle aandacht en (ogenschijnlijke) successen in de tweede en derde klas. Een wijze les, die we eigenlijk ook wel kennen: vaardigheden moet je niet alleen aanleren, maar ook onderhouden. Ter voorbereiding op het onderwerp differentiëren, waarin deze algebraïsche vaardigheden onontbeerlijk zijn, moet dit door sommige leerlingen weer even getraind worden en het liefst zonder dat dit veel onnodig extra werk voor de docent met zich meebrengt. Digitaal oefenen is hier heel geschikt voor. Leerlingen kunnen zowel in computerpractica als thuis oefenen met het herschrijven van formules. Ook hier worden scores en resultaten bijgehouden, waardoor het mogelijk wordt om te zien hoe goed leerlingen deze vaardigheid beheersen.

FIG. 4. GEBRUIK VAN HET WISWEB-APPLET 'HERLEIDEN' IN MOODLE



Binnen MichelangElo (onze op Moodle gebaseerde ELO) is het nu mogelijk om de resultaten van de leerlingen te bekijken. Natuurlijk zijn er leerlingen die het werk in eerste instantie niet doen. Dat zie je dan zo aan hun lage scores. Deze leerlingen kun je als docent meteen ferm aanschrijven via de in Moodle ingebouwde berichtmogelijkheid.

Ook zwakke leerlingen zijn snel te signaleren, zéker omdat ook nog eens in detail kan worden gekeken naar de ingevoerde antwoorden, of in dit geval zelfs 'de weg naar het antwoord' toe. Zo waren er diverse leerlingen die last bleken te hebben van de hardnekkige misconceptie van lineair redeneren en een uitdrukking als uitwerken tot. De volgende les zijn deze leerlingen even apart genomen om nog wat extra uitleg te krijgen over het oppervlaktemodel en over de reden waarom hun antwoord fout was.

De resultaten kunnen geëxporteerd worden naar tekst- en excel-formaat. (zie figuur 5). Hierdoor bestaat ook de mogelijkheid om deze met wat kunst- en vliegwerk in cijferprogramma's toe te voegen.

GEMOTIVEERD

Of de 4 havo leerlingen het herleiden van wiskundige formules nu structureel goed genoeg beheersen om met vertrouwen 5 havo in te gaan en met differentiëren aan de slag te gaan, zal de tijd moeten leren. Wél is duidelijk dat ook leerlingen in deze categorie erg gemotiveerd zijn of kunnen worden om op deze manier aan de slag te gaan. Applets zijn niet alleen speeltjes voor de onderbouw, maar kunnen op elk niveau ingezet worden.

Het is ook evident dat leerlingen met de algebra-applets op de korte termijn formules beter lijken te begrijpen, dat de docent hun vorderingen prima in de gaten kan houden en dat hij of zij kan inspelen op gemaakte fouten. En dat alles in een ELO waarmee docent en leerling vertrouwd zijn.

Het wordt natuurlijk nog mooier wanneer de docent binnen de ELO op gemakkelijke wijze het applet kan configureren door opgaven weg te halen of te vervangen door eigen opdrachten.

FIG. 5. EXPORTEREN NAAR TEKST- EN EXCEL-FORMAAT

The screenshot shows a Moodle gradebook interface. At the top, there are two buttons: "Download in Excellformaat" and "Download in tekstformaat". Below these is a table titled "SE1 Cijfers" with a help icon. The table has columns for "Leering" (Student), "Herleiden" (Derivation), "Totaal" (Total), "Statistieken" (Statistics), and another "Leering" column. The "Herleiden" column is further divided into "100" and "Ruw %" (Raw %). The "Totaal" column is divided into "100" and "Procent". The "Statistieken" column is divided into "100" and "Procent". The table lists 12 students with their scores and percentages. The "Leering" columns are labeled "Sorteer op achternaam" and "Sorteer op voornaam".

Leering	Herleiden	Totaal	Statistieken	Leering	
Sorteer op achternaam	100	Ruw %	100	Procent	Sorteer op achternaam
Sorteer op voornaam					Sorteer op voornaam
...	91.7	91.7%	91.7	91.7%	...
...	50	50%	50	50%	...
...	21.7	21.7%	21.7	21.7%	...
...	53.3	53.3%	53.3	53.3%	...
...	96.7	96.7%	96.7	96.7%	...
...	-	0%	-	0%	...
...	41.7	41.7%	41.7	41.7%	...
...	90	90%	90	90%	...
...	96.7	96.7%	96.7	96.7%	...
...	96.7	96.7%	96.7	96.7%	...
...	91.7	91.7%	91.7	91.7%	...

BRON- VERMELDINGEN

Bokhove, C., Koolstra, G., Heck, A. & Boon, P. (2006). Using SCORM to Monitor Student Performance: Experiences from Secondary School Practice. In LTSN MSOR CAA Series, April 2006.
<http://mathstore.ac.uk/articles/maths-caa-series/apr2006/>

Towards an integrated learning environment for mathematics
Christian Bokhove¹, Gerard Koolstra¹, Peter Boon², and André Heck
ICTMT8 Conference, July 2007

"Intelligente feedback bij digitale toetsen en oefeningen"
Christian Bokhove, André Heck, Gerard Koolstra
Euclides Nummer 2, oktober 2005

Digitale wiskunde oefenomgeving
Christian Bokhove, André Heck, Gerard Koolstra, Peter Boon
Euclides Nummer 6, april 2006

Een wiskunde-oefenomgeving in de eigen ELO
Christian Bokhove, André Heck, Gerard Koolstra, Peter Boon
Euclides Nummer 8, juni 2006

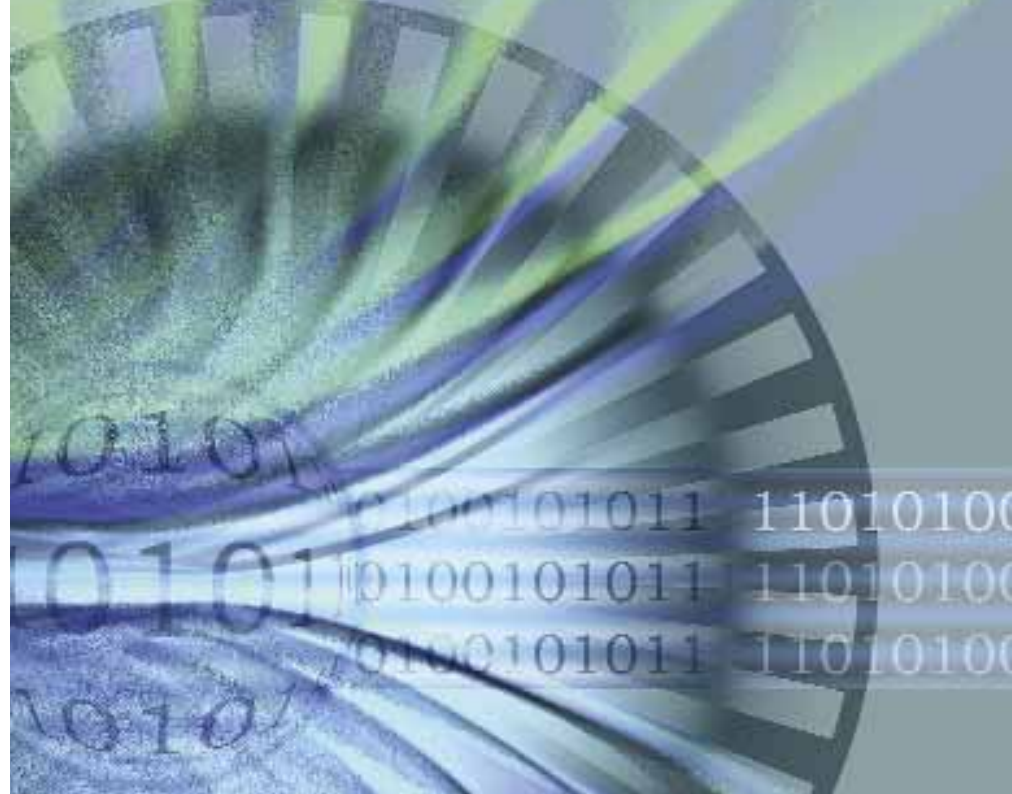
projectresultaten in het kort

- Doorontwikkeling van applets, digitale wiskunde omgevingen en applicaties met functionele feedback
- Opbouw van kennis over feedback, open standaarden en het gebruik van ICT hulpmiddelen voor wiskunde
- Diverse wiskunde (SCORM) pakketje met hierin applets en DITwis
- Aangepaste module voor Moodle zodat meer details van de applets te bekijken zijn.
- Diverse artikelen, zowel nationaal als internationaal
- Deelname en bijdragen aan congressen en conferenties, o.a. JEM, Webalt, ICTMT8

Begrippenlijst

Dit overzicht bevat slechts een deel van de gebruikte begrippen en afkortingen. Voor meer informatie verwijzen we u naar de projectsite.

ACTIVEMATH	EU Europees project om software Activemath breder uit te zetten, http://www.activemath.org/eu
APPLET	Kleine, webgebaseerde applicatie
DFKI	Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz
DITWIS	Digitale Interactieve Toets voor wiskunde, http://wiskunde.stmichaelcollege.nl/DITwis/
DME	Digital Math Environment, Engelse versie van DWO, http://www.fi.uu.nl/dwo/en
DWO	Digitale Wiskunde Omgeving, http://www.fi.uu.nl/dwo
ELO	Elektronische Leer Omgeving
GALOIS	Geïntegreerde Algebraïsche Leer Omgeving In School, http://www.galoisproject.nl
ICT	Informatie- en Communicatie Technologie
ICTMT8	8th International Congress on Technology in Mathematics Teaching, http://www.ictmt8.org
JEM	Joining Educational Mathematics, http://www.jem-thematic.net/
MOODLE	Open source, op sociaal-constructivisme gebaseerde ELO, http://www.moodle.org
RQP	Remote Question Protocol
SAGE	Scorm Applet Generator, http://www.sageproject.nl
SCORM	Sharable Content Object Reference Model, http://www.adlnet.org
SMC	St. Michaël College, VO-school in Zaandam, http://www.stmichaelcollege.nl
STACK	System for Teaching and Assessment using a Computer algebra Kernel, zie bijvoorbeeld http://stack.stmichaelcollege.nl/
VLE	Virtual Learning Environment, Engelse equivalent van een ELO
WISWEB	Project waarin de basis voor de gebruikte applets werd gelegd, werd later WELP, http://www.wisweb.nl



Colofon

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/nl/>

September 2007

Eindredacteur: Christian Bokhove

AUTEURS:

Christian Bokhove, St. Michaël College, Zaandam

Gerard Koolstra, St. Michaël College, Zaandam

Peter Boon, FISME, Universiteit Utrecht

André Heck, Amstel Instituut, Universiteit van Amsterdam

Vormgeving: www.minkowsky.com

Ontwerper van de applets: Peter Boon

Website: www.galoisproject.nl of www.galoisproject.eu

Contact: cbokhove@gmail.com



$(f'') = (f' - \dots) (f' - \dots)$
 $a) (f'') = \dots$
rrible:
de la République:
égalité, fraternité ou la mort

$\frac{d}{dx} \sqrt{x} = \frac{1}{2\sqrt{x}}$
 $\frac{d}{dx} \frac{1}{\sqrt{x}} = -\frac{1}{2x\sqrt{x}}$

$\frac{d}{dx} \frac{1}{\sqrt{x}} = -\frac{1}{2x\sqrt{x}}$

$\frac{d}{dx} \frac{1}{\sqrt{x}} = -\frac{1}{2x\sqrt{x}}$

St. Michael College
Scholengemeenschap voor HAVO & VWO
Leeghwaterweg 7
1509 BS Zaandam
contactpersoon: C. Bokhove
cbokhove@gmail.com

WWW.GALOISPROJECT.NL