

Werken in de Spelenderwijs oefenen en meten

Het toetsen van rekenvaardigheid speelt een belangrijke rol in ons onderwijs. Met de toetsen van leerlingvolgsystemen en rekenmethodes wordt voortdurend geprobeerd een beeld te vormen van de rekenvaardigheid van leerlingen. Uit het rapport van de 'Expertgroep Doorlopende Leerlijnen taal en rekenen' kwam naar voren dat er op een effectieve en systematische manier getoetst moet worden in het onderwijs. Bovendien moet er meer gedaan worden met deze toetsgegevens om het niveau van de leerling, de klas en het onderwijs in zijn geheel te verhogen.

Aan de Universiteit van Amsterdam (UvA) is De Rekentuin ontwikkeld en dit project heeft de afgelopen twee schooljaren proefgedraaid op verschillende basisscholen in Nederland. In dit artikel zal een beschrijving worden gegeven van de Rekentuin en de achterliggende doelstellingen van het programma.

Toetsen neemt veel onderwijstijd in beslag, terwijl kinderen dagelijks in de klas al 'toetsjes' maken, namelijk de sommen en oefeningen die zij in hun schrift of werkboek maken. Deze gegevens gaan grotendeels verloren. Leerkrachten besteden veel tijd aan het nakijken van de schriften en werkboeken, maar ze hebben te weinig tijd om van elke individuele leerling een gedetailleerde analyse te maken van zijn of haar vaardigheden. Als we deze dagelijkse oefeningen van leerlingen digitaal opslaan, analyseren en terugrapporteren aan de leerkrachten slaan we een grote slag. Dit is het uitgangspunt van de Rekentuin: een nieuw webbased oefen-volgsysteem dat de rekenontwikkeling van kinderen gedetailleerd in kaart brengt.

De Rekentuin: een aantrekkelijke oefen-omgeving

Waarom zou het oefenen en automatiseren van rekensommen niet leuk kunnen zijn? Kinderen oefenen rekensommen vaak nog door het oplossen van rijtjes met sommen. De Rekentuin probeert de kinderen een leuke en motiverende webomgeving te bieden waarin zij de verschillende domeinen van het rekenen kunnen oefenen en automatiseren door het spelen van rekenspelletjes. De Rekentuin is een website waarop kinderen moeten inloggen om in hun eigen tuin te komen. De plantjes in de tuin corresponderen met de verschillende domeinen van het rekenen. Op dit moment richt de Rekentuin zich op het hoofdrekenen en bevat de domeinen optellen, aftrekken, vermenigvuldigen, delen, breuken en een snelheidsmix (mix van de vier hoofdbewerkingen met korte antwoordtijd).

De tuin van een beginnende rekenaar ziet er nog onontgonnen uit en bevat waarschijnlijk alleen het optelstekje. Door op een stekje te klikken gaat het kind een rekendomein binnen

en wordt het bijbehorende rekenspelletje aangeboden. Na het verlaten van het spelletje groeit het stekje afhankelijk van het succes bij het spelletje. Naarmate het kind vooruitgaat zal het optelstekje groeien en komen er ook nieuwe planten op. Stekjes van moeilijkere domeinen komen alleen op als een kind de lagere domeinen voldoende beheerst. De kinderen moeten hun tuin ook onderhouden. Als een domein lang niet gespeeld wordt, verschijnt er een gieter en zal de plant langzaam verdorren. Kinderen kunnen de plant weer laten bloeien door het bijbehorende rekenspelletje te spelen.



De Rekentuin

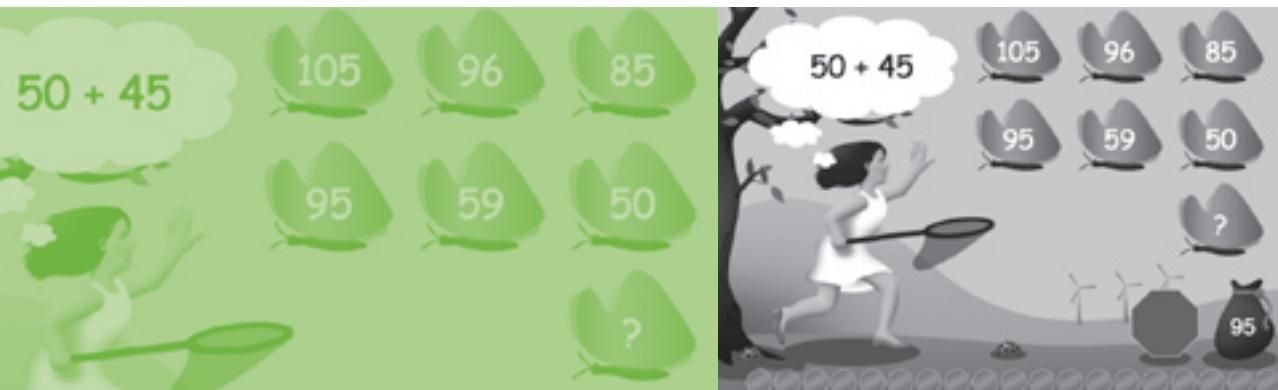
Een adaptief meetsysteem

De spelletjes in de Rekentuin zijn adaptief. Dat wil zeggen dat de moeilijkheid van de sommen wordt aangepast aan de vaardigheid van het kind. De Rekentuin maakt gebruik van een nieuwe methode voor adaptief toetsen, die ontwikkeld is aan de vakgroep Psychologische Methodenleer van de UvA. De nieuwe methode is gebaseerd op een systeem dat door de schaakbond wordt gebruikt om de sterkte van schaakspelers te meten: het Elo rating-systeem dat bedacht is door de Amerikaanse natuurkundige en schaker Arpad Elo. In het elosysteem heeft elke schaker een rating, die een indicatie is van de sterkte van de schaakspeler. Na elke schaakpartij kan een speler in rating stijgen of dalen. Het hangt van de sterkte van de tegenstander af hoeveel ratingpunten je kunt winnen of verliezen. Als bijvoorbeeld een zwakke schaker van een goede schaker wint, dan levert hem dat veel ratingpunten op. Als hij de partij verliest, zal hij slechts een paar ratingpunten verliezen, want het verlies was te verwachten. Het ratingsysteem maakt het ook mogelijk om tijdens toernooien schakers van gelijke sterkte tegen elkaar te laten spelen door ze in te delen op basis van hun rating. Hetzelfde ratingsysteem wordt ook in de Rekentuin gebruikt, alleen spelen kinderen nu tegen sommen. Zowel kinderen als

rekeningtuin

sommen hebben een rating in de Rekeningtuin. Voor kinderen is de rating een maat voor hun rekenvaardigheid en voor de rekensommen is de rating een maat voor de moeilijkheid van de som. Zowel kinderen als sommen kunnen ratingpunten winnen en verliezen. Als een beginnende rekenaar een hele moeilijke som goed oplost dan zal hij veel ratingpunten winnen, want hij scoort boven verwachting goed. De som zal daarentegen veel ratingpunten verliezen, want de som bleek toch makkelijker dan zijn rating deed vermoeden. Op deze manier kunnen zowel de vaardigheid van de kinderen als de moeilijkheden van de sommen gemeten en steeds aangepast worden. Zo is het mogelijk kinderen op de verschillende domeinen makkelijk te volgen. Aan de ratingontwikkeling

is echter niet motiverend voor kinderen als ze 50% van de sommen fout maken, zeker niet voor zwakke of onzekere rekenaars. Daarnaast zijn de meeste kinderen gewend om bij de lesjes van hun rekenmethode de meeste sommen goed te doen. In de Rekeningtuin worden, op basis van de rating van het kind, sommen aangeboden waarop het kind gemiddeld 75% kans heeft om de som goed te maken. Ze zullen dus over het algemeen 75% van de sommen van de rekenspelletjes goed maken. Dit geldt voor zowel zwakke als goede rekenaars. Zo kan een zwakke rekenaar in groep 3 in de Rekeningtuin vooral sommen onder de 10 krijgen aangeboden, terwijl bij een goede rekenaar deze sommen ook afgewisseld worden met sommen boven de 20 of misschien wel boven de 100. Op



kan een leerkracht zien wanneer een kind vooruit is gegaan of misschien wel achteruit.

Snelheid

Een ander nieuw aspect van de computer adaptieve methode van de Rekeningtuin is dat niet alleen accuratesse een rol speelt bij het meten van de rekenvaardigheid van een kind maar ook de reactietijd. Oftewel, er wordt niet alleen meegenomen of een som goed beantwoord wordt, maar ook hoe snel een kind de som beantwoordt. De snelheid waarmee een kind een som oplost is immers een indicatie van de efficiëntie van zijn of haar gekozen rekenstrategie en dus ook een indicatie van de rekenvaardigheid. Een kind dat $6 + 7$ al uit zijn hoofd weet of handig oplost met behulp van de dubbelsom $6 + 6$ zal de som sneller oplossen dan een kind dat de som nog tellend op zijn vingers uitrekent. Een kind dat in de Rekeningtuin een som snel correct oplost zal meer stijgen in rating dan een ander kind met dezelfde rating dat er lang over doet om deze som op te lossen.

Een groot bijkomend voordeel van het gebruik van reactiesnelheden bij computer adaptief toetsen is dat we makkelijker sommen aan kunnen bieden. Bij de meeste adaptieve toetsen die in het onderwijs worden gebruikt maken kinderen ongeveer 50% van de sommen goed, omdat dit de meest optimale sommen zijn voor deze meetmethode. Het

Game erbij-sommen

deze manier biedt de Rekeningtuin gedifferentieerde oefenstof aan voor ieder kind zonder dat hiervoor instellingen van de leerkracht nodig zijn. Hierdoor is de Rekeningtuin uitdagend voor kinderen van alle niveaus en is het programma ook zeer geschikt voor heel zwakke en heel goede rekenaars.

De rekenspelletjes

De Rekeningtuin bevat op dit moment twee type rekenspelletjes: spelletjes waarbij kinderen uit zes antwoordopties het juiste antwoord moeten kiezen (optellen, aftrekken, breuken en snelheidsmix) en spelletjes waarbij de kinderen het antwoord zelf moeten invullen met behulp van een numeriek toetsenbord op het scherm (vermenigvuldigen en delen). Behalve bij de snelheidsmix, waarbij de tijdslimiet vier seconden is, heeft een kind steeds twintig seconden om de som op te lossen en het juiste antwoord aan te klikken of in te vullen.

Kinderen worden gemotiveerd om dit snel maar ook goed te doen doordat ze bij de spelletjes muntjes kunnen verdienen voor in hun geldzak. Bij het scoren van de sommen wordt een scoringsregel gebruikt die accuratesse en reactietijd integreert en deze wordt expliciet in beeld gebracht met behulp van de muntjes. Bij elke som verschijnt onderaan het scherm een rij met een twintigtal muntjes, waarvan er elke seconde

één verdwijnt. Als de kinderen een goed antwoord geven, verdienen ze alle muntjes die nog zichtbaar zijn op het scherm, oftewel het aantal seconden dat ze nog over hebben van de tijdslimiet van twintig seconden. Gokken heeft geen zin, want ze verliezen de overgebleven muntjes als ze een fout antwoord geven. Indien een kind geen antwoord geeft binnen de tijd, worden er geen muntjes gewonnen of verloren. Deze scoringsregel is eenvoudig en makkelijk te begrijpen voor kinderen. Ze wennen er snel aan. Ze snappen dat gokken risikant is, maar weten ook dat ze snel moeten antwoorden als ze voldoende zeker zijn. Door de spelletjes worden de kinderen gestimuleerd om een rekenstrategie te kiezen waarmee ze de sommen snel maar ook goed kunnen oplossen. Een leerling die veel sommen nog op zijn of haar vingers uitrekent, wordt op deze manier gestimuleerd om efficiëntere strategieën te ontdekken en te gebruiken. De spelletjes bevatten ook een vraagtekenknop die kinderen kunnen aanklikken als ze echt niet weten hoe ze een som moeten uitrekenen. Dan kunnen ze weliswaar geen muntjes winnen, maar ook niet verliezen. Bij elke som krijgen de kinderen feedback wat het juiste antwoord had moeten zijn.

Doelstellingen op leerling-niveau

De Rekeningtuin heeft doelen op drie niveaus, namelijk het niveau van de leerling, de leerkracht en de onderzoeker. De Rekeningtuin wil kinderen een uitdagende webomgeving bieden waarin zij op een leuke manier het rekenen kunnen oefenen en automatiseren. Door het adaptieve meetsysteem is de Rekeningtuin uitdagend voor rekenaars van alle niveaus, omdat ieder kind op zijn eigen niveau werkt. De Rekeningtuin laat kinderen tevens hun eigen vorderingen zien en stimuleert ze door middel van de tuinmetafoor om regelmatig te oefenen. Onze gebruikersstatistieken laten zien dat kinderen inderdaad gemotiveerd zijn om in de Rekeningtuin te werken. De kinderen op de proefscholen waren zo enthousiast dat ongeveer 25% van de geregistreerde sommen buiten schooltijd werden gemaakt. Sterke en zwakke rekenaars maakten evenveel gebruik van de Rekeningtuin. Het idee achter de Rekeningtuin, ontleent aan de theorie over de ontwikkeling van expertise, is dat kinderen veel kunnen leren van korte, gerichte, op hun niveau afgestemde oefeningen. Door kinderen wekelijks 20-30 minuten te laten spelen in de rekeningtuin worden belangrijke basisvaardigheden, zoals het



Game deel-sommen

De muntjes die kinderen verdienen kunnen ze gebruiken om prijzen te kopen voor in hun 'prijzenkast'. Omdat ieder kind op zijn eigen niveau werkt en dus evenveel kans heeft om de sommen goed te maken, kan ieder kind evenveel muntjes verdienen voor zijn prijzenkast. De Rekeningtuin bevat dus twee soorten beloningen: de groei en bloei van de plantjes als ze vooruitgaan in het rekenen en de muntjes voor de prijzenkast als ze veel oefenen.

Webbased is gebruiksgemak

De Rekeningtuin werkt volledig via internet. Dit heeft een aantal grote voordelen. Ten eerste is er geen installatie en onderhoud op scholen nodig. Na het invoeren van de leerlingen kunnen leerkrachten en leerlingen direct met het programma aan de slag. Daarnaast is het voor leerkrachten ook mogelijk om thuis in te loggen op de Rekeningtuin en de resultaten van zijn of haar leerlingen te bekijken. Ook kunnen de kinderen thuis inloggen op de Rekeningtuin. Hierdoor kunnen leerkrachten kinderen, die extra oefening nodig hebben, motiveren om thuis ook te oefenen. Al deze oefeningen worden opgeslagen en op verschillende manieren teruggekoppeld aan de leerkracht.

automatiseren en memoriseren van de hoofdbewerkingen, geoefend. Hierdoor komt er voor de leerkracht meer onderwijstijd vrij voor verdiepend rekenonderwijs, waarbij deze basisvaardigheden moeten worden toegepast.

Doelstellingen op leerkracht-niveau

De Rekeningtuin neemt leerkrachten nakijkwerk uit handen en geeft hen gedifferentieerde feedback over de rekenontwikkeling van zijn of haar leerlingen. Individuele ontwikkelingspatronen zijn erg verschillend en de diagnostiek van rekenproblemen is vaak tijdrovend. Doordat alle gemaakte sommen van de kinderen worden geregistreerd en kinderen vaak oefenen is het mogelijk om leerkrachten gedetailleerde feedback te geven over de individuele ontwikkelingsverlopen van hun leerlingen. Hierbij worden de prestaties van de leerlingen afgezet tegen andere kinderen in dezelfde leeftijdsgroep. De Rekeningtuin biedt leerkrachten dus meer dan een momentopname: het biedt leerkrachten een genormeerd beeld van de ontwikkeling met alle ups en downs die daarbij horen. Leerlingen die een 'slechte' dag hebben kunnen de volgende dag of week hun plantje alweer omhoog gespeeld hebben.

Daarnaast biedt de Rekeningtuin handvaten voor individuele instructie aan de hand van de sterke en zwakke punten van individuele leerlingen. Voor elke leerling kan een leerkracht

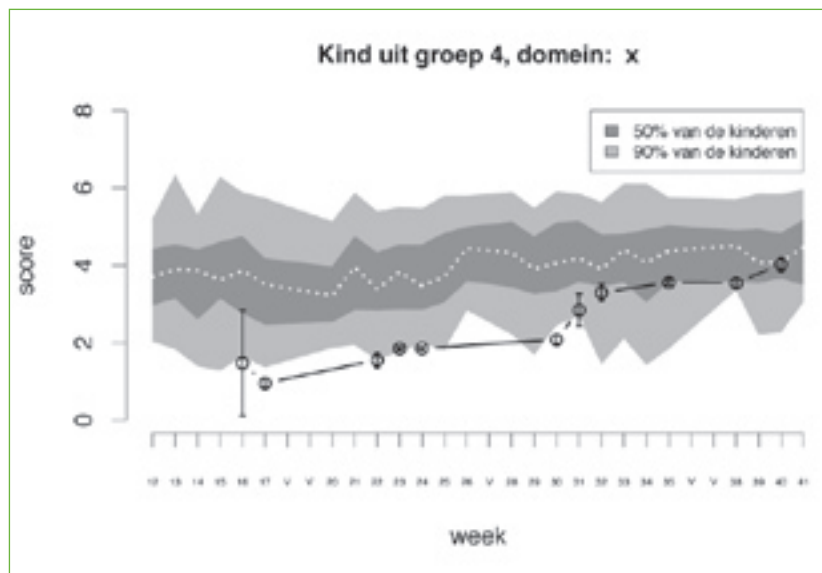
zien wat de 'nachtmerries' en de 'droomsommen' zijn, oftewel de slechtste en best gemaakte sommen, gezien de rating van de leerling. Tevens worden er foutenanalyses aangeboden voor de domeinen optellen en aftrekken en zijn deze in ontwikkeling voor de andere domeinen. Bij de foutenanalyses kunnen leerkrachten zien hoeveel fouten een leerling maakt die het gevolg zijn van een foutieve strategie. Op deze manier kan een leerkracht erachter komen dat een leerling bijvoorbeeld nog veel omdraaifouten maakt, waarbij de cijfers omgedraaid worden en een leerling 21 in plaats van 12 antwoordt. Of dat een andere leerling veel moeite heeft met de posities van de cijfers in de getallen en bijvoorbeeld op sommen als $21 + 3$ het antwoord 51 geeft. Op basis van de foutenanalyses kan een leerkracht concreet aan de slag met een leerling. Vervolgens kan hij of zij aan de ratingontwikkeling van deze leerling zien of de instructie effectief is geweest. Naast resultatenanalyses op het niveau van de leerling biedt de Rekentuin ook feedback op klassenniveau en op deze manier kan een leerkracht ook inspelen op de zwakke en sterke kanten van zijn of haar eigen onderwijs.

beheersen. De ratings van de sommen geven aan welke sommen kinderen makkelijk en welke sommen kinderen moeilijk vinden. Zo blijken kinderen " $50 + 50$ " en " $99 + 1$ " een stuk makkelijker te vinden dan " $8 + 9$ ", terwijl ze deze sommen pas veel later in hun rekenboek krijgen aangeboden. De UvA verwacht hier op korte termijn een aantal wetenschappelijke artikelen over te kunnen publiceren.

De Toekomst

Oefenweb.nl wil de Rekentuin in de komende periode uitbreiden met nieuwe domeinen. Op langere termijn wil Oefenweb.nl de Rekentuin ook beschikbaar maken op *handheld* computers. Als ieder kind zijn eigen computer in zijn laasje heeft, is de Rekentuin makkelijker te integreren in de dagelijkse onderwijspraktijk.

De auteurs zijn allen werkzaam bij de Programmagroep Psychologische Methodenleer van de Universiteit van Amsterdam



U kunt een kijkje nemen in de Rekentuin door een demo-tuin aan te maken op onze website: <http://www.rekentu.nl/demo>. Voor meer informatie kunt u mailen naar info@rekentu.nl.

Voorbeeld van het leerlingvolgsysteem: weektrend

Doelstelling op onderzoeksniveau

Voor onderzoekers is de grote hoeveelheid aan gemaakte sommen van de kinderen en de regelmatigheid (= hoge frequentie) waarmee ze zijn verzameld zeer interessant. Allerlei vraagstellingen uit de ontwikkelingspsychologie en de onderwijskunde zijn met deze unieke "hoogfrequente" dataset te beantwoorden. Wetenschappelijk onderzoek naar de dynamiek van individuele ontwikkelingsverlopen is nog grotendeels onontgonnen terrein. De UvA gebruikt de geanonimiseerde data daarom ook voor wetenschappelijk onderzoek met als doel nieuwe wetenschappelijke inzichten te verwerven en op deze manier de Rekentuin en het onderwijs te kunnen verbeteren. Zo proberen Oefenweb.nl en de UvA een brug te slaan tussen onderwijs en onderzoek. Het adaptieve meetsysteem leidt tevens tot interessante inzichten wat betreft de informele leerlijnen van kinderen met betrekking tot de volgorde waarin zij rekensommen

