

Een educatief computerspel voor rekenen bij kleuters

Dankzij verschillen in informeel leren in de thuis- en (voor)schoolsituatie zijn er grote individuele verschillen in niveau van getalbegrip onder kleuters. Kleuters met een achterstand lopen een risico op ernstige rekenproblemen gedurende hun schoolloopbaan. Vroege signalering en remediëring is daarom noodzakelijk, maar dit kost leerkrachten tijd die al schaars is. En hoewel er in de afgelopen jaren methoden zijn ontwikkeld om getalbegrip te trainen, zijn deze vaak docentintensief. Het educatieve computerspel dat centraal staat in dit artikel 1) richt zich daarom inhoudelijk op een belangrijke component van getalbegrip - het koppelen van cijfers aan hoeveelheden (mapping), 2) heeft een visualisatie tool die docenten zou moeten ondersteunen bij het vaststellen van het niveau van getalbegrip bij elk kind, en 3) is adaptief waardoor het een gepersonaliseerde training - differentiatie - voor kleuters kan verzorgen. Deze componenten zouden ervoor moeten zorgen dat kleuters - met en zonder achterstand - uiteindelijk met een vergelijkbaar niveau starten in groep 3, en dat kleuters met ernstige rekenproblemen of rekenbegaafdheid vroegtijdig geïdentificeerd kunnen worden. In totaal hebben 275 leerlingen verdeeld over groep 1 en 2 het spel gemiddeld 15 weken gespeeld. Uit de resultaten kan voorzichtig geconcludeerd worden dat dit heeft geleid tot positieve leereffecten bij zwakke en gemiddelde rekenaars, en dat de visualisatietool een goede eerste poging is om het niveau van getalbegrip weer te geven. Echter de resultaten en beperkingen van het onderzoek laten ook zien dat er meer onderzoek op dit gebied moeten worden gedaan.

INLEIDING

In groep 1 en 2 van de basisschool wordt - veelal spelenderwijs - aandacht besteed aan het leren tellen, groeperen, schatten en ordenen. Hiermee worden voorbereidende rekenvaardigheden aangeleerd die een belangrijke voorwaarde zijn voor het maken van een goede rekenstart in groep 3 (Van Luit & Toll, 2013). Echter, getalbegrip ('number sense'), dat ten grondslag ligt aan deze voorbereidende rekenvaardigheden, begint zich bij kinderen te ontwikkelen voordat ze naar school gaan (zie Ginsburg, Lee, & Boyd, 2008). Dankzij informeel leren in de thuis- en (voor)schoolsituatie kunnen veel kinderen bijvoorbeeld al tot 10 tellen als zij in groep 1 beginnen. Dat dit voorschoolse getalbegrip niet voor alle kinderen op dezelfde manier ontwikkelt, merken leerkrachten in de kleutergroepen (groep 1 en 2). Zij zien gedurende het jaar steeds grotere individuele niveauverschillen ontstaan, die er uiteindelijk toe leiden dat sommige kinderen met een achterstand in getalbegrip de overstap naar groep 3 maken. Vroege signalering en een geïndividualiseerde stimulering van getalbegrip zou dit kunnen voorkomen. Echter, het kost tijd om gedurende het schooljaar leerlingen meerdere malen individueel te testen en daarbij hun niveau van getalbegrip als ook hun ontwikkeling vast te stellen en inzichtelijk te maken. Daarnaast zijn er op het gebied van getalbegrip meestal geen officiële methoden voorhanden waarmee ze dit op een weinig docentintensieve manier op individueel niveau kunnen doen.

Een educatief computerspel dat is ontwikkeld volgens de nieuwste wetenschappelijke inzichten op het gebied van getalbegrip, zou leerkrachten kunnen ondersteunen bij 1) het aanbieden van gepersonaliseerde leerinhoud - differentiatie - om getalbegrip 'op maat' te stimuleren en 2) vroegtijdige signalering van een achterstand of voorsprong in getalbegrip.

Hoewel de meesten het erover eens zijn dat computerspellen een motiverende werking (engaging) hebben en dat ze leerzaam kunnen zijn, is er weinig consensus over de kenmerken die essentieel zijn voor goede educatieve computerspellen (Wouters, Van Nimwegen, Van Oostendorp, & Van der Spek, 2013). In de onderzoeksliteratuur wordt impliciet aangenomen dat als educatieve inhoud samengevoegd wordt met belangrijke spelkenmerken, de kracht van computerspellen benut kan worden om kinderen te motiveren aan de slag te gaan en daarmee gewenste educatieve doelen te bereiken. Het is dan ook de vraag of een adaptief educatief computerspel gericht op het rekenonderwijs in groep 1 en 2 inderdaad leidt tot positieve leereffecten bij de leerlingen, en of het mogelijk is om middels de inzichten die een dergelijk computerspel geeft over de ontwikkeling van een kleuter, onderscheid gemaakt kan worden tussen sterke en zwakke rekenaars.

Femke Kirschner
Educatie, Faculteit
Sociale Wetenschappen,
Universiteit Utrecht

Evelyn Kroesbergen
Orthopedagogiek, Faculteit
Sociale Wetenschappen,
Universiteit Utrecht

Kirschner, F. &
Kroesbergen E. (2016). Een
educatief computerspel
voor rekenen bij kleuters.
Volgens Bartjens -
ontwikkeling en onderzoek,
25(2), 41-49.

EEN EDUCATIEVE COMPUTERSPEL OM GETALBEGRIIP TE STIMULEREN

Een educatief computerspel bestaat uit inhoud en ontwerp. Om getalbegrip bij kleuters te signaleren en stimuleren zijn recente inzichten in de ontwikkeling van getalbegrip daarom onontbeerlijk. Echter, door de kloof tussen wetenschappelijk onderzoek en de onderwijspraktijk blijven veel belangrijke inzichten onbenut (Commissie National Plan Toekomst Onderwijswetenschappen, 2011). Dit geldt ook voor het gebruik van de laatste state-of-the-art inzichten op het gebied van getalbegrip. Hoewel de ontwikkeling van getalbegrip al eerder begint, vindt een hele belangrijke ontwikkeling plaats in het begin van de basisschool wanneer kinderen een koppeling leren maken tussen cijfersymbolen en hoeveelheden ('mapping': Geary, 2013; Holloway & Ansari, 2009). Om een goede rekenstart te kunnen maken in groep 3, is weten dat geschreven cijfersymbolen ('4') overheem komen met gesproken cijferwoorden ('vier') en dat beide weer overeen komen een hoeveelheid objecten ('....'), een belangrijke voorwaarde. Bovendien blijkt uit recent onderzoek dat *mapping* een bewezen voorspeller is van reken-wiskundeprestaties op latere leeftijd (Geary, Hoard, Nugent, & Byrd-Craven, 2008; De Smedt, Verschaffel, & Ghesquière, 2009). Daarom is *mapping* als uitgangspunt genomen voor een leeromgeving die tot doel heeft getalbegrip te stimuleren en het niveau van elk kind vast te stellen.

Onderwijskundige ontwerp- en leerprincipes

De ene leerling is de andere niet. Zo veel mogelijk aansluiten bij het kennisniveau van de individuele leerling, en daarmee dus differentiëren in het niveau van de lesstof die aangeboden wordt, is een belangrijke indicator voor leereffectiviteit gebleken (Bearne, 1996; Kerry & Kerry, 1997). Namelijk, wanneer de aangeboden lesstof te moeilijk is, dan kan de leerling de lesstof cognitief niet verwerken (Sweller, 1988), en is deze te makkelijk dan raakt een leerling gedemotiveerd en zal er geen verdere tijd en moeite in investeren (Ryan & Deci, 2000). In beide gevallen zal de effectiviteit van de leeromgeving hieronder te lijden hebben evenals het leerrendement. Aansluiten bij het kennisniveau van leerlingen is geen makkelijke opgave, zeker niet als het om een klas van 25-30 leerlingen gaat. Het vraagt om goed inzicht in het kennisniveau van elke leerling, en lesmateriaal dat hieraan aangepast kan worden. Het eerste vraagt tijd van de leerkracht, het tweede om een methode die hierbij aansluit. Helaas zijn beide nog weinig beschikbaar. Elektronische leeromgevingen zouden door de mogelijkheid om leerinhoud en taken automatisch aan de behoeften en mogelijkheden van de individuele leerling aan te passen hierin uitkomst kunnen bieden (Smeets, 2005; Smeets & Mooij, 2001). Daarom is er gekozen voor een educatief computerspel dat zich aanpast aan het veranderende kennisniveau van de individuele leerling. Hoewel iedereen op hetzelfde niveau begint, zal het computerspel zich elke keer dat het gespeeld wordt aanpassen aan het kennisniveau van de leerling (dat wil zeggen op het gebied van *mapping*). Eenmalig aanpassen is niet voldoende aangezien het kennisniveau van de leerling zich gedurende de tijd zal ontwikkelen en het computerspel hierin mee zal moeten groeien. Dit betekent dat elke leerling gedurende het spelen van het spel in een van de vier complexiteitsniveaus het computerspel zit, en dat dit gedurende de tijd kan veranderen; hierbij gaat het respectievelijk om de cijfers 1-5 (complexiteit 1), 1-10 (complexiteit 2), 5-15 (complexiteit 3), en 10-20 (complexiteit 4).

Andere onderwijskundige ontwerp en leerprincipes waar rekening mee is gehouden zijn:

- Feedback. Onmiddellijke feedback geeft leerlingen informatie met betrekking tot de juistheid van hun acties en beslissingen en geeft hen daarmee de mogelijkheid om onjuiste acties en beslissingen te corrigeren.
- De vijfstructuur. Hoeveelheden worden altijd in een vijfstructuur aangeboden, omdat dit ook in het reken-wiskundeonderwijs het geval is.
- Interactiviteit. Leerlingen worden gestimuleerd op het programma te reageren, en het programma reageert vervolgens op de handelingen die de leerling.
- Multimodaliteit. Meerdere modaliteiten worden geactiveerd. Leerlingen moeten hun handen gebruiken (haptisch), zien tekst en plaatjes (visueel) en horen een muziekje (auditief).
- Goal attainment, dat wil zeggen, het bereiken van een doel. Er moet een duidelijk doel nagestreefd worden, namelijk, het vinden van de juiste hoeveelheden bij een gegeven cijfer of het vinden van het juiste cijfer bij een gegeven hoeveelheid.

Entertainende spelelementen: laat je niet afleiden!

Het gebruik van computerspellen ten behoeve van leren en instructie wordt tegenwoordig gezien als een veelbelovende onderwijsmethode. Vergeleken met conventionele leermethoden bevatten computerspellen unieke technologische functies, zoals het kunnen gebruiken van 2D/3D afbeeldingen, gesproken tekst, animaties, alsook de mogelijkheid om vrij te navigeren door de aangeboden informatie. In de literatuur worden verschillende argumenten aangedragen om de kracht van digitale spellen te onderbouwen, namelijk educatieve, bijvoorbeeld het adaptieve vermogen, motivationele, zoals het willen investeren van tijd en moeite en economische, bijvoorbeeld weinig docentintensief. Echter, de keuze voor het gebruik van een educatief spel als onderwijsmethode zou voornamelijk gebaseerd moeten zijn op bewezen leereffecten, en deze laten tot op heden nauwelijks een eenduidig beeld laten zien (Wouters,

Van Nimwegen, Van Oostendorp, & Van der Spek, 2013). Reden hiervoor zou onder andere kunnen zijn dat de unieke technologische eigenschappen die leren zouden moeten bevorderen, er tegelijkertijd voor zorgen dat leren wordt belemmerd. Het bevordert leren wanneer leerlingen door het entertainende karakter van het spel meer gemotiveerd zijn om tijd en moeite in het spel te investeren (Moreno & Mayer, 2007; Rieber, 1991). Maar het benadeelt leren wanneer de entertainende elementen de aandacht afleiden van taakrelevante informatie (Clark & Mayer, 2011). Veel kostbare de tijd, moeite en aandacht die aan het spel wordt besteed zal hierdoor verloren gaan omdat leerlingen beperkt zijn in de hoeveelheid informatie die ze kunnen verwerken (een beperkte werkgeheugencapaciteit; Baddeley, 2010). Dit inzicht is leidend geweest voor het aantal en het soort entertainende elementen die in het computerspel zijn verwerkt. Uit onderzoek blijkt dat een uitdaging motiveert, daarom dat in elk spel een 'bad-guy' in de vorm van een wesp, vallende kokosnoot, of rottende appels, moet worden ontweken. Omdat dit zou kunnen afleiden van de inhoud, is ervoor gekozen de gevolgen van het 'raken' van de *bad-guy* te minimaliseren. Dat wil zeggen dat leerlingen in dit geval geen punten kwijtraken of anderszins worden gestraft. Dit voorkomt dat leerlingen de *bad-guy* constant in de gaten moet houden. Ook in het gebruik van geluiden en beweging is rekening gehouden met motivatie vs. afleiding. Er is geluid, maar wel met een rustig tempo, zonder tekst, en zonder bekende melodie. Er zijn bewegende beelden maar die bewegen in een relatief rustig tempo, zodat het volgen van de beelden niet extra wordt bemoeilijkt.

EEN VISUALISATIETOOL

Om leerkrachten te ondersteunen bij het identificeren van het niveau van getalbegrip bij hun leerlingen is een visualisatietool ontwikkeld, die de data die door het computerspel automatisch wordt gegenereerd zo duidelijk mogelijk weergeeft. Zonder dat er extra testen door de leerkrachten moeten worden uitgevoerd kan er zo inzicht worden verkregen in het niveau waarop de leerlingen de spellen speelt, en hoe deze zich ontwikkelt. Informatie die inzicht verschaft in het kennisniveau van leerlingen aangaande *mapping*, en daarom verwerkt zouden moeten zijn in een visualisatietool, zijn:

- het streefniveau, het niveau waarop de leerlingen het spel moeten spelen om goed mee te komen in groep drie,
- het huidige niveau, het niveau waarop de leerling het spel op het moment van kijken speelt,
- het niveau van de klas, het gemiddelde niveau waarop de leerlingen in de klas het spel spelen, en
- de ontwikkeling van zowel de individuele leerling als de klas; hoe het niveau zich in de tijd heeft ontwikkeld.

Daarnaast is het belangrijk om inzichtelijk te maken dat *mapping* uit twee belangrijke vaardigheden bestaat, namelijk, het koppelen van cijfers aan hoeveelheden en het koppelen van hoeveelheden aan cijfers. Hierin moet een visualisatietool dan ook onderscheid maken. De visualisatietool genereert informatie over een specifiek niveau per spel of over het geheel aan spellen. Dit niveau ligt tussen de een en de vier en komt overeen met de complexiteitsniveaus waarop de spellen gespeeld kunnen worden. Dit betekent dat als een leerling een huidig niveau heeft van 2.3 dat

- hij/zij de cijfers van niveau 1 goed beheerst (dit zijn de cijfers 1 t/m 5),
- hij/zij voornamelijk bezig is met de cijfers 1 t/m 10 (niveau 2) en dus vooral met de cijfers 6 t/m 10,
- er al zo nu en dan een uitstapje wordt maakt naar niveau 3 (cijfers 5 t/m 15),
- de cijfers 10 t/m 20 (niveau 4 en streefniveau) nog niet beheerst worden.

Het is belangrijk te benoemen dat er alleen betekenis kan worden gegeven aan dit niveau in samenwerking met de kundigheid en expertise van de leerkracht. De tool verstrekt immers informatie over een gemiddeld niveau van *mapping* zonder dat inzichtelijk wordt gemaakt wat er precies goed en fout gaat. Het is aan de leerkracht om deze beperkte informatie, bij bijvoorbeeld over onder- of overpresteerders, te gebruiken om meer inzicht te krijgen in de reden hiervoor en vervolgens daar haar onderwijs op af te stemmen.

HET TEL JE ZOO EDUCATIEVE COMPUTERSPEL

Het educatieve computerspel 'Tel je ZOO' bestaat uit een drietal spellen die leerlingen zelfstandig online kunnen spelen.¹ De context waarin de spellen worden gespeeld is een dierenpark, waarin drie verschillende dieren gekoppeld aan drie verschillende spellen, de hoofdrol spelen, namelijk de kikker, de aap, en de olifant. In ieder spel wordt het koppelen van getallen aan hoeveelheden gestimuleerd, zowel van cijfer naar hoeveelheid als andersom.

De spellen

Bij het spel met de kikker ziet de leerling dat de kikker een getal of hoeveelheid in gedachten heeft (afbeelding 1), en is het de bedoeling dat de leerling de bewegende kever met het aantal stippen of cijfer kiest dat hiermee overeenkomt. Door op de kever te klikken, kan de leerling de kever op laten eten. Bij een juiste keuze wordt de kever opgegeten en krijgt de leerling een groene munt te zien. Vervolgens verschijnt de kever op de getallenlijn boven in het beeldscherm. Bij een foute keuze krijgt de leerling een

rode munt te zien en spuugt de kikker de kever uit. De leerling mag opnieuw een kever kiezen. Wanneer de gehele getallenlijn is volgemaakt, is het spel afgelopen en verschijnt een munt met daarop de kikker in beeld.



Afbeelding 1.
'Kikkerspel cijfer naar
hoeveelheid' en 'Kikkerspel
hoeveelheid naar cijfer'

Het spel met de apen volgt hetzelfde spelprincipe. De linker aap heeft een aantal bananen in gedachten. Met de rechteraap moet het juiste getal of hoeveelheid worden gevangen: deze vallen uit de bomen naar beneden (afbeelding 2). Door de muis van links naar rechts te bewegen, kan de aap door het beeldscherm lopen. Wanneer de leerling het juiste getal heeft gevangen, moet op dit getal worden geklikt. Het getal wordt dan naar de andere aap 'gegooid'.



Afbeelding 2.
'Apenspel hoeveelheid
naar cijfer' en 'Apenspel
cijfer naar hoeveelheid'

Ook het spel met de olifant werkt volgens hetzelfde spelprincipe: links is een olifant te zien die aan een getal of hoeveelheid denkt (afbeelding 3). De leerling moet dit getal echter samenstellen door op de appels die aan de boom hangen te klikken. De leerling heeft steeds de keuze uit één appel, twee appels of vijf appels. Zodra een of meerdere appels zijn aangeklikt, verschijnen deze in de ton. Als de leerling per ongeluk te veel appels heeft gekozen, kan op de vuilnisbak worden geklikt om appels een voor een uit de ton te verwijderen. Als de leerling het juiste aantal appels bij het getal heeft gekozen, moet op de ton worden geklikt.



Afbeelding 3.
'Olifantenspel
hoeveelheid naar cijfer' en
'Olifantenspel cijfer naar
hoeveelheid'

Bad-guy

In elk van de drie spellen zit een *bad-guy* die ontweken moet worden, namelijk een wesp bij de kikker (afbeelding 1), kokosnoten bij de aap (afbeelding 2), en een vlieg bij de olifant (afbeelding 3). Wanneer er per ongeluk toch op de *bad-guy* wordt geklikt heeft dit minimale gevolgen voor het spel. De wesp wordt onder het horen van een vies geluid weer uitgespuugd, door de kokosnoot laat de aap de mand vallen en verdwijnen de getallen en hoeveelheden even uit beeld, en in het geval van de vlieg, verdwijnen alle appels uit de ton en moet de leerling opnieuw beginnen met verzamelen.

Instructiefilmpjes

De eerste keer dat een leerling een spel speelt, verschijnt een instructiefilmpje in beeld. Wanneer een leerling twee minuten inactief is, wordt het instructiefilmpje opnieuw afgespeeld. Door op het vraagteken in de linkerbovenhoek van het scherm te klikken, kan het instructiefilmpje van het desbetreffende spel opnieuw worden bekeken.

Tijdslimiet

Ieder spel duurt maximaal 6 minuten. Dit om te voorkomen dat leerlingen te lang achter de computer zitten. Een leerling kan per spelsessie dan ook maximaal 18 minuten spelen. De praktijk heeft echter uitgewezen dat de meeste leerlingen korter bezig zijn dan de toegestane tijdslimiet. Wanneer de tijdslimiet bijna is verstreken, verschijnt een zandloper in beeld. Als de tijdslimiet verstreken is, komt het kind automatisch in het hoofdmenu terecht en kan het een volgend spel kiezen.

Complexiteitsniveaus

De drie spellen zijn adaptief, wat wil zeggen dat het niveau van het spel wordt aangepast aan het niveau van de leerling. Er zijn vier complexiteitsniveaus:

Niveau	Cijfers / hoeveelheden
1	1-5
2	1-10
3	5-15
4	10-20

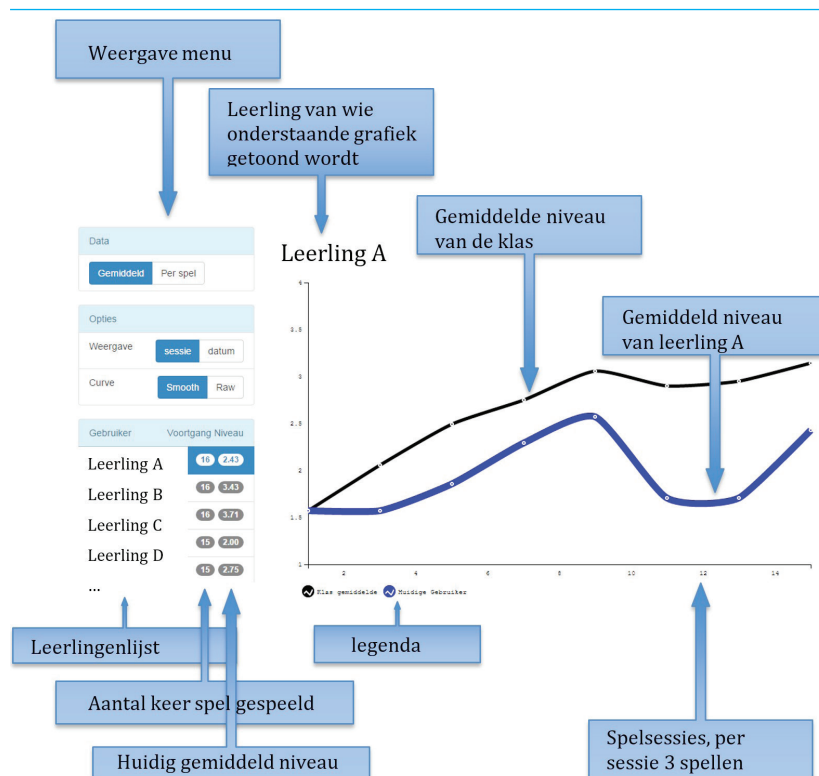
Met uitzondering van niveau 1 heeft elk niveau cijfers/hoeveelheden die uniek zijn voor het niveau, maar ook cijfers of hoeveelheden die overlappen met een vorig niveau. En elk opeenvolgende niveau is complexer dan het vorige.

DE VISUALISATIETOOL

De visualisatietool (afbeelding 4) geeft inzicht in het niveau van getalbegrip en de ontwikkeling per leerling en van de gehele klas. De tool is opgebouwd uit:

- een leerlingenlijst die inzicht geeft in het aantal keren dat een leerling het spel heeft gespeeld en het huidige gemiddelde niveau,
- een grafiek waarin de ontwikkeling van de leerling is te zien, en
- een menu waarin de weergave van de grafiek veranderd kan worden.

Afbeelding 4.
De visualisatietool met functionaliteiten



De leerlingenlijst

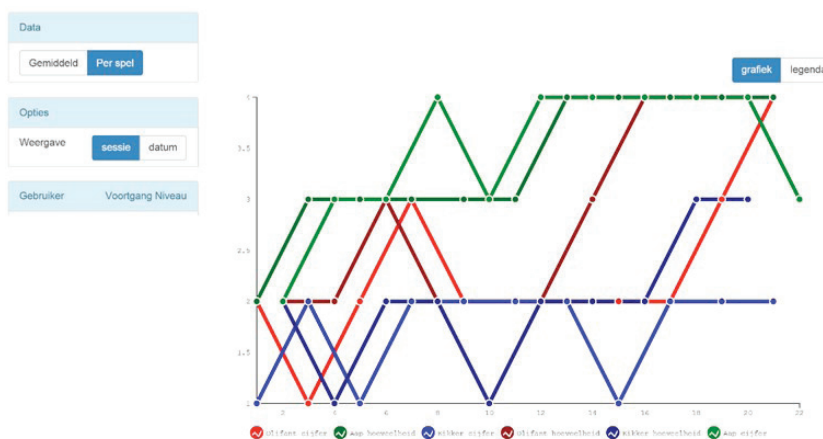
Links onderin het scherm staat de lijst met leerlingen die het spel spelen. Naast de naam van elke leerling is te zien hoe vaak deze het spel tot op heden heeft gespeeld en wat zijn of haar huidige gemiddelde niveau is (afbeelding 4: 'voortgang' en 'niveau'). Door op de naam van een leerling te klikken wordt de grafiek van de betreffende leerling geactiveerd. Het gemiddelde huidige niveau wordt berekend door het niveau waarop de leerling de drie spellen in beiden volgorden speelt (cijfer ↔ hoeveelheid) te middelen. Een gemiddelde van 2.43 (afbeelding 4, leerling A) betekent dat gemiddeld genomen over alle zes spellen (drie spellen maal twee richtingen), de leerling tussen niveau 2 en 3 zit en daarmee de cijfers 0-10 al vrij goed onder de knie heeft (niveau 2) en bezig is de cijfers 10-15 te leren (niveau 3).

De grafiek (b)

De grafiek bestaat uit een y-as waarop de complexiteitsniveaus 1 t/m 4 worden weergegeven, en een x-as die de spelsessies weergeeft (afbeelding 4), of, afhankelijk van de keuzes in het menu, de datum. In de grafiek staan lijnen die de ontwikkeling van de leerling laten zien. Afhankelijk van keuzes in het menu representeert een lijn het klassengemiddelde, het gemiddelde van een specifieke leerling, of de ontwikkeling van een specifieke leerling per spel. Wat welke lijn bekend is te lezen in de legenda. Door op een van de naam van een van de leerlingen te klikken verschijnt automatisch de grafiek die hoort bij deze leerling in beeld.

Het menu

Het is mogelijk om datgene wat de grafiek laat zien te veranderen met behulp van het menu dat links boven in de pagina staat. De data, de weergave, en de curve kunnen veranderen.



Data

Het is mogelijk om te kiezen tussen 'gemiddeld' of 'per spel'. De grafiek laat standaard het gemiddelde van alle spellen zien, echter door op 'het spel' te klikken zal de gemiddelde lijn voor de leerling en gemiddelde lijn voor het klassengemiddelde vervangen worden door de vooruitgang van de leerling per spel. Hierbij wordt per spel onderscheid gemaakt in het spelen van hoeveelheden naar cijfer, of andersom (afbeelding 5).

EEN PRAKTIJKONDERZOEK

Het educatieve computerspel werd op 11 verschillende Nederlandse basisscholen in groep 1 en 2 gespeeld. Onder de scholen bevonden zich zowel openbare scholen als bijzondere onderwijsscholen

Afbeelding 5.
Dataweergave per spel

met een protestant christelijke of katholieke visie. De meeste scholen bevonden zich in dorpen of kleine steden in het oosten van het land. Uit de groep van 275 leerlingen is voor dit onderzoek een doelgerichte steekproef van 137 leerlingen getrokken. Binnen deze steekproef hebben de leerlingen het spel ten minste tien keer gespeeld, hebben ze een voor-test en na-test gemaakt, en ook deelgenomen aan een meting van het werkgeheugen. Daarnaast hebben de ouders schriftelijk toestemming gegeven om deel te nemen aan het onderzoek. De steekproef bestond uit 73 meisjes en 64 jongens, verspreid over negen scholen, en zaten in 27% van de gevallen in groep 1 en 73% van de gevallen in groep 2. De leeftijd varieerde van 56 maanden tot 80 maanden oud ($M = 67.8$, $SD = 5.8$).

Onderzoeksvraag

Centraal staat de vraag of het educatieve computerspel gericht op de ontwikkeling van getalbegrip volgens de laatste wetenschappelijke inzichten ten aanzien van cijfer-naar-hoeveelheid koppeling, leerkrachten in de onderbouw van de basisschool kan ondersteunen bij het op maat stimuleren van getalbegrip en het inzichtelijk maken van het niveau van getalbegrip van leerlingen waarbij tevens leerlingen met een rekentalent of juist een achterstand in de ontwikkeling van getalbegrip geïdentificeerd kunnen worden.

Instrumenten

Om een antwoord te kunnen geven op bovenstaande onderzoeksvragen is de volgende data verzameld.

gemiddeld spelniveau

Het educatieve computerspel berekent een gemiddeld spelniveau per spelsessie gebaseerd op het niveau waarop de drie spellen op dat moment gespeeld worden. Wordt 'de aap' op niveau 2, 'de olifant' op niveau 3 en 'de kikker' op niveau 2 gespeeld, dan is het gemiddelde spelniveau van dat moment 2.33. Met deze gemiddelden kan een niveauverandering per spelsessie of over een aantal spelsessies worden berekend. Gaat het niveau omhoog dan kan je spreken van een niveaustijging, gaat het omlaag dan spreekt je van een niveaudaling. Dit gemiddelde spelniveau kan inzicht geven in de ontwikkeling van getalbegrip gedurende het spelen van het computerspel.

getalbegrip

Om het niveau van getalbegrip te meten is gebruik gemaakt van een verkorte versie van de Utrechtse getalbegrip Toets-Revised (UGT-R; Van Luit & Van de Rijt, 2009). Deze versie bestaat uit 20 items waarin leerlingen worden getest op hun kennis over hoeveelheden, getallen en tellen. De verkorte UGT-R is tweemaal bij de leerlingen afgenomen, eenmaal voordat de leerlingen aan het spelen van het spel zijn begonnen (voormeting) en eenmaal nadat ze het spel 15 keer hebben gespeeld (nameting), en kan daardoor inzicht geven in de ontwikkeling van getalbegrip gedurende het spelen van het computerspel.

RESULTATEN

Met behulp van de verkregen data zal hieronder getracht worden een antwoord te formuleren op de vraag of het educatieve computerspel het niveau van getalbegrip kan stimuleren, en inzicht kan geven in het niveau van getalbegrip van de leerlingen.

Stimuleren van getalbegrip

Om inzicht te krijgen in de vraag of het computerspel getalbegrip bij de leerlingen stimuleert zijn de verkorte UGT-R voormeting en nameting, als ook de ontwikkeling van het gemiddelde spelniveau van het begin naar het eind van het spel, onder de loep genomen. Beide kunnen een indicatie geven van het al dan niet toenemen van het niveau van getalbegrip.

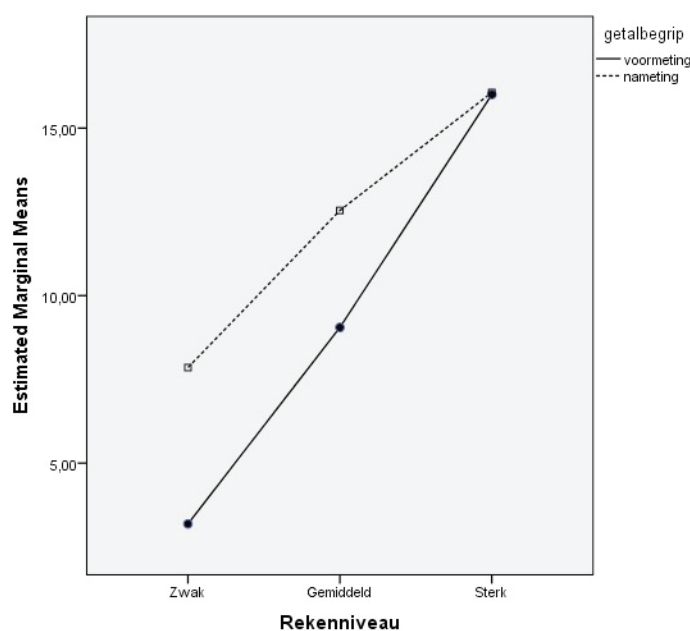
Een paired-samples *t*-test met de verkorte UGT-R data als afhankelijke variabele suggereert dat het niveau van getalbegrip significant toeneemt, $t(103) = -9.74, p < 0.01$ (tweezijdig). Bij de voormeting hebben de leerlingen gemiddeld een score van 8.60 ($SD = 4.59$), bij de nameting is deze score gemiddeld 11.90 ($SD = 4.12$). Op basis van de normeringsgroep van de UGT blijkt dat de leerlingen meer vooruitgaan dan verwacht. Gemiddeld stijgen ze meer dan twee keer de normale groei.

Een paired-samples *t*-test met het gemiddelde spelniveau als afhankelijke variabele suggereert dat het niveau van getalbegrip van de leerlingen significant is gestegen, $t(136) = -27.01, p < 0.01$ (tweezijdig). Beginnend bij niveau 1 (cijfers 0 t/m 5) is het gemiddelde niveau na gemiddeld 15 spelsessies 2.4 ($SD = 0.62$) wat overeen zou komen met een niveau tussen de 2 (cijfers 1 t/m 10) en 3 (cijfers 6 t/m 15).

De invloed van rekenniveau

De mate waarop het computerspel de ontwikkeling van getalbegrip stimuleert kan afhankelijk zijn van het rekenniveau van de leerling; respectievelijk het zijn van een zwakke, gemiddelde of sterke rekenaar (bepaald aan de hand van verkorte UGT-R voormeting; score 0-5 zwak, score 6-14 gemiddeld, score 15-20 sterk). Om hier meer inzicht in te verkrijgen is een *analysis of variance* (ANOVA) uitgevoerd met rekenniveau als onafhankelijke variabele en het verschil tussen de verkorte UGT-R voormeting en nameting (mate van toegenomen getalbegrip) als afhankelijke variabele. Deze analyse suggereert dat er een significant verschil is tussen zwakke, gemiddelde en sterke rekenaars als het gaat om de mate waarin het getalbegrip is toegenomen, $F(2, 103) = 11.28, MSE = 110.14, p < .01$. Post Hoc analyses laten in meer detail zien dat de toename in getalbegrip van zwakke ($M = 4.67, SD = 2.75$) en gemiddelde ($M = 3.50, SD = 3.36$) rekenaars significant groter is dan dat voor sterke rekenaars ($M = 0.06, SD = 2.75$). Dit suggereert dat zwakke en gemiddelde rekenaars het grootste voordeel hebben bij het spelen van het computerspel. Zij gaan het meeste vooruit. De goede rekenaars hebben bij de beginmeting al een adequaat niveau van getalbegrip, hier is dus sprake van een plafondeffect. Afbeelding 6 geeft een visuele weergave van dit effect.

Afbeelding 6.
UGT-R getalbegrip
voormeting en nameting
x rekenniveau van de
leerlingen



Samenvattend kan op basis van bovenstaande resultaten voorzichtig geconcludeerd worden dat het spelen van het educatieve computerspel het getalbegrip van de leerlingen kan stimuleren en dat dit voornamelijk voor zwakke en gemiddelde rekenaars geldt.

Inzicht in niveau getalbegrip

Wat betreft de mogelijkheid van het educatieve computerspel om het niveau van getalbegrip inzichtelijk te maken waardoor leerlingen met een rekentalent of juist een achterstand in de ontwikkeling van getalbegrip geïdentificeerd kunnen worden, is geanalyseerd in hoeverre leeftijd, het leerjaar, en de nameting van de verkorte UGT-R correleren met gemiddeld spelniveau dat automatisch door het computerspel wordt berekend en inzichtelijk wordt gemaakt in de visualisatietool. Wat betreft de leeftijd wordt aangenomen dat een ouder kind cognitief verder zou moeten zijn dan een jonger kind, waardoor er een positieve correlatie tussen gemiddeld spelniveau en leeftijd zou moeten bestaan. De analyse laat een zwakke positieve correlatie zien ($r = .34$). Wat betreft het leerjaar wordt aangenomen dat leerlingen in een hogere groep cognitief verder zouden moeten zijn dan leerlingen in een lagere groep waardoor er een positieve correlatie tussen gemiddeld spelniveau en leerjaar zou moeten bestaan. De analyse laat een gematigde positieve correlatie zien ($r = .43$). Wat betreft de nameting van de verkorte UGT-R wordt aangenomen dat leerlingen met een hogere score op de UGT-R ook een hogere score op het gemiddelde spelniveau hebben waardoor deze positief aan elkaar gecorreleerd zouden moeten zijn. De analyse laat een sterke positieve correlatie zien ($r = .70$). Deze resultaten wijzen er op dat de resultaten van de game samenhangen met deze controlevariabelen en dus een valide maat lijken te zijn, maar de sterkte van de relaties is, behalve voor de verkorte UGT-R nameting, relatief laag. Hierdoor geven de resultaten geen duidelijk uitsluitsel over de mogelijkheid om met het computerspel het niveau van getalbegrip weer te geven, er zal meer onderzoek op dit gebied moeten worden gedaan.

CONCLUSIE EN DISCUSSIE

Centraal in dit onderzoek staat de vraag of het educatieve computerspel gericht op de cijfer-naar-hoeveelheid koppeling, leerkrachten in de onderbouw van de basisschool kan ondersteunen bij het op maat stimuleren van getalbegrip zodat alle kleuters op een voldoende niveau kunnen starten met het rekenonderwijs in groep 3, en het inzichtelijk maken van het niveau van getalbegrip van leerlingen waarbij tevens leerlingen met een rekentalent of juist een achterstand in de ontwikkeling van getalbegrip geïdentificeerd kunnen worden.

Wat betreft het stimuleren van getalbegrip kan op basis van de data voorzichtig geconcludeerd worden dat het op maat spelen van het educatieve computerspel het getalbegrip van de leerlingen kan stimuleren. Er is een significante toename in zowel het gemeten niveau van getalbegrip als het niveau waarop het spel wordt gespeeld. Verder lijkt de mate van toename, en daarmee het voordeel dat leerlingen kunnen hebben van het spelen van het computerspel, afhankelijk te zijn van het rekenniveau van de leerlingen. Hoewel zwakke en gemiddelde rekenaars een paar punten vooruit gaan, blijven sterke rekenaars eigenlijk op hetzelfde niveau. Een belangrijke tekortkoming van het huidige onderzoek is echter dat er een controlegroep ontbreekt. Dat is, een groep leerlingen op dezelfde scholen en in dezelfde klassen die het computerspel niet heeft gespeeld en die op dezelfde tijdstippen zijn getest op hun niveau van getalbegrip middels de verkorte UGT-R. Alleen door de scores van deze controlegroep te vergelijken met leerlingen die het educatieve computerspel wel hebben gespeeld, is het mogelijk vast te stellen dat de stijging van het niveau van getalbegrip veroorzaakt wordt door het spelen van het computerspel of mogelijk door andere factoren zoals het toenemen van leeftijd of andersoortige klassikale of individuele activiteiten gericht op getalbegrip. De huidige stijging zou immers ook het gevolg kunnen zijn van de natuurlijke ontwikkeling van de leerlingen die op deze leeftijd snel gaat. Door deze tekortkoming van het huidige onderzoek worden de conclusies van de resultaten en het beantwoorden van de onderzoeksvragen met de nodige voorzichtigheid geformuleerd. In vervolgonderzoek zou getracht moeten worden een controlegroep in het onderzoek te betrekken, echter rekening houdend met ethische vraagstukken als: het bewust leerlingen onthouden van een stimulerende leeromgeving, en het uitsluiten van sommige leerlingen in een klas.

Wat betreft het inzichtelijk maken van het niveau van getalbegrip door middel van een visualisatietool blijkt nog veel onduidelijkheid over de vraag of het niveau dat weergegeven wordt ook daadwerkelijk het niveau is waarop de leerling zich op het gebied van getalbegrip bevindt. Aan de hand van de visualisatietool met zekerheid kunnen zeggen welke kleuters een mogelijk rekentalent of achterstand in de ontwikkeling van getalbegrip hebben is op dit moment daarom nog moeilijk te zeggen. Het spel moet nog verder worden onderzocht om te kunnen concluderen dat leerlingen die het spel op een laag niveau spelen ook een laag niveau van getalbegrip hebben, en andersom, dat leerlingen die op een hoog niveau spelen al een voldoende niveau van getalbegrip hebben. Daarnaast is het van belang om de data die de visualisatietool genereert altijd als extra informatie over leerlingen te beschouwen en nooit als de enige informatie over de ontwikkeling van het niveau van getalbegrip. Er kunnen naast getalbegrip nog zo veel andere factoren van invloed zijn op de spelprestaties van de leerling, dat deze altijd eerst moeten worden onderzocht. Denk

bijvoorbeeld aan: afleiding, het spel niet begrijpen, vermoeidheid, geen zin of het spel niet leuk vinden. Daarnaast geeft de visualisatietool geen inzicht in wat er precies goed en fout gaat bij het spelen van het spel, welke cijfers er bijvoorbeeld goed of juist fout gaan. Om het onderwijs aan te passen aan het niveau van getalbegrip gegenereerd door de visualisatietool is het noodzakelijk dat een leerkracht meer inzicht in deze tool krijgt. Deze voorzichtigheid met betrekking tot het trekken van conclusies neemt echter niet weg dat er met het ontwikkelen van het educatieve computerspel en visualisatietool een eerste stap is gezet in de richting het stimuleren en inzichtelijk maken van het niveau van getalbegrip van leerlingen in groep 1 en 2, en daarmee bij het ondersteunen van leraren in hun inspanningen om hun leerlingen op een voldoende niveau van getalbegrip naar groep 3 over te laten gaan.

Literatuur

- Alloway, T. P. (2007). *Automated Working Memory Assessment (AWMA)*. London, UK: Pearson.
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., Kirkwood, H., & Elliott, J. (2008). Evaluating the validity of the Automated Working Memory Assessment. *Educational Psychology*, 28(7), 725-734. doi:10.1080/01443410802243828
- Baddeley, A. D. (2010). Working memory. *Current Biology*, 20(4), 136-140. doi:10.1016/j.cub.2009.12.014
- Bearne, E. (1996). *Differentiation and Diversity in the Primary School*. London: Routledge.
- Berg, D. H. (2008). Working memory and arithmetic calculation in children: The contributory roles of processing speed, short-term memory, and reading. *Journal of Experimental Child Psychology*, 99(4), 288-308. doi:10.1016/j.jecp.2007.12.002
- Bull, R., Andrews Espy, K. A., & Wiebe, S. A. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: Longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental Neuropsychology*, 33(3), 205-228. doi:10.1080/87565640801982312
- Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2011). *E-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning*. Wiley.com.
- Commissie National Plan Toekomst Onderwijswetenschappen (2011). *Nationaal plan onderwijs/leerwetenschappen*. Den Haag: Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap.
- De Smedt, B., Verschaffel, L., & Ghesquière, P. (2009). The predictive value of numerical magnitude comparison for individual differences in mathematics achievement. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103, 469-479. doi: 10.1016/j.jecp.2009.01.010.
- Geary, D. C. (2013). Early foundations for mathematics learning and their relations to learning disabilities. *Current Directions in Psychological Science*, 22(1), 23-27. doi:10.1177/0963721412469398
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Nugent, L., & Byrd-Craven, J. (2008). Development of number-line representations in children with mathematical learning disability. *Developmental Neuropsychology*, 33, 277-299. doi: 10.1080/87565640801982361
- Ginsburg, H. P., Lee, J. S., & Boyd, J. S. (2008). Mathematics education for young children: What it is and how to promote it. *Society for Research in Child Development Social Policy Report*, 22, 1-23.
- Holloway, I. D., & Ansari, D. (2009). Mapping numerical magnitudes onto symbols: The numerical distance effect and individual differences in children's mathematics achievement. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103(1), 17-29. doi:10.1016/j.jecp.2008.04.001
- Kerry, T., & Kerry, A. (1997). Differentiation: teachers' views of the usefulness of recommended strategies in helping the more able pupils in primary and secondary classrooms. *Educational Studies*, 23, 439-457.
- Moreno, R., & Mayer, R. E. (2007). Interactive multimodal learning environments. *Educational Psychology Review*, 19, 319-326. doi: 10.1007/s10648-007-9047-2
- Rieber, L. P. (1991). Animation, incidental learning, and continuing motivation. *Journal of Educational Psychology*, 83, 318-328. doi: 10.1037/0022-0663.83.3.318
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary Educational Psychology*, 25, 54-67.
- Smeets E., & Mooij, T. (2001). Pupil-centred learning, ICT, and teacher behaviour: observations in educational practice. *British Journal of Educational Technology*, 32, 403-418.
- Smeets, E. (2005). Does ICT contribute to powerful learning environments in primary education? *Computers & Education*, 44, 343-355.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12, 257-285.
- Van Luit, J. E. H., & Van de Rijt, B. A. M. (2009). *Utrechtse Getalbegrip Toets Revised*. Doetinchem: Graviant Educatieve Uitgaven.
- Van Luit, J. E. H., & Van Toll, S. W. M. (2013). *Op weg naar rekenen. Remediërend programma voor kleuterekenen*. Doetinchem, NL: Graviant.
- Wouters, P., Van Nimwegen, C., Van Oostendorp, H., & Van Der Spek, E. D. (2013). A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games. *Journal of Educational Psychology*, 105(2), 249-265. doi:10.1037/a0031311

Due to differences in informal learning at home and in (pre) school situations, there are large individual differences in the level of number sense among preschoolers. Preschoolers with a delay in number sense are at risk for serious mathematical problems during their school careers. Early assessment and remediation is therefore essential. However, early assessment takes time and time for teachers is scarce, and on top of that, methods that have been developed in the last couple of years to train number sense often demand a lot of time and effort as well. The educational computer game that is central to this article therefore 1) focuses with its content on a very important component of number sense, i.e., linking digits to quantities and vice versa (mapping), 2) has a visualization tool which should support teachers in determining the level of number sense for each child, and 3) personalizes the training by being adaptive to the level of number sense of each child (differentiation). These components should ensure that preschoolers - with and without a deficit in number sense - eventually start at a similar level in group 3 (grade 1), and that preschoolers with severe computational problems or mathematical talent can be identified at an early stage. A total of 275 students from group 1 and 2 (Kindergarten) played the educational game for about 15 weeks. From the results can tentatively be concluded that this led to positive learning effects for preschoolers with a low and average level of number sense at the beginning of the data collection, but not for preschoolers who had already a strong number sense. Furthermore, the visualization tool seems to be a good first attempt to provide insight in the level of number sense. However, the results and limitations of the study also show that more research should be done in this area to draw more firm conclusions. Besides a theoretical underpinning of the educational computer game, the game itself as well as the results of playing the game will be described.

Noot

1. De website is beveiligd met een wachtwoord, zodat alleen deelnemende scholen toegang hebben tot het spel.