

Oefent een leerling meer door niveaudifferentiatie? Het effect van data-gestuurde differentiatie op leerinspanning en de rol van eerder behaalde cijfers

N. van Halem, C.P.B.J. van Klaveren en I. Cornelisz

Samenvatting

Ondanks de toename van data-gestuurde differentiatie in het onderwijs is er nog weinig wetenschappelijk bewijs over de effecten van dergelijke differentiatie via ICT-toepassingen op het leerproces. Deze studie onderzoekt daarom het effect van data-gestuurde differentiatie op de geleverde inspanning (leeractiviteit) door de leerling en hoe deze relatie samenhangt met eerder behaalde cijfers. Leerlingen zijn binnen klassen, in de context van een reeds bestaande digitale oefenomgeving, willekeurig toegewezen aan data-gestuurde differentiatie. Het effect van data-gestuurde differentiatie wordt verder uitgesplitst tussen leerlingen op basis van prestatieniveaus, welke zijn afgeleid uit het voortschrijdend gemiddelde cijfer. Het onderzoek vindt plaats gedurende een schooljaar in de context van de onderbouw van het voortgezet onderwijs en de vakken biologie, geschiedenis en economie. De analyses zijn uitgevoerd op basis van een longitudinaal hiërarchisch regressie model ($N=606$), en adresseren zowel variantie tussen leerlingen als binnen leerlingen over tijd. De resultaten tonen een positief effect van data-gestuurde differentiatie op de leeractiviteit van sommige – voornamelijk hoog presterende – leerlingen. Het effect van data-gestuurde differentiatie op de relatie tussen behaalde cijfers en daaropvolgende leeractiviteit verschilt echter sterk tussen leerlingen en vakken. Daarmee onderstreept deze studie dat het effect van data-gestuurde differentiatie niet kan worden gegeneraliseerd over vakken en tussen leerlingen. Vervolgonderzoek is nodig om deze bevindingen verder te duiden en de optimale vorm van data-gestuurde differentiatie voor elke leerling te identificeren.

Kernwoorden: Data-gestuurde differentiatie; ICT-toepassing; leerinspanning; summatieve toetsing; veldexperiment

1. Inleiding

Hoewel onderzoek het belang van differentiatie op het leerproces van leerlingen onderschrijft (Muthomi & Mbugua, 2014; Smit & Humpert, 2012; Tomlinson & McTighe, 2006), blijkt het voor docenten moeilijk dit ontwerpprincipe toe te passen in de klas (Coubergs, Struyven, Gheysens, & Engels, 2015; Inspectie van het Onderwijs, 2016; Tomlinson & McTighe, 2006). Daarom onderzoeken steeds meer scholen de mogelijkheden om onderwijs gedifferentieerd aan te bieden door middel van ICT-toepassingen (Barthel et al., 2012; Deunk, Doolaard, Smalle-Jacobse, & Bosker, 2015; Domselaar, 2014; OCW, 2016). Een voorbeeld van een dergelijke ICT-toepassing is 'data-gestuurde differentiatie', waarbij software continue gegevens van het leerproces verzamelt en deze direct toepast om tegemoet te komen aan het begripsniveau van de leerlingen. Wetenschappelijk bewijs ten aanzien van het effect van differentiatie via deze ICT-toepassing is echter schaars. Deze studie evalueert daarom het effect van data-gestuurde differentiatie op de geleverde inspanning (leeractiviteit) van leerlingen in het voortgezet onderwijs. Hiertoe zijn leerlingen binnen klassen en in de context van een reeds bestaande digitale oefenomgeving willekeurig toegewezen aan wel of geen data-gestuurde differentiatie.

Daarnaast zoomt deze studie in op het effect van data-gestuurde differentiatie op de relatie tussen behaalde (summatieve) cijfers en de geleverde inspanning (leeractiviteit) van leerlingen in de daaropvolgende periode, uitgesplitst naar de vakken biologie, geschiedenis en economie. Op basis van een kwartielanalyse wordt onderscheid gemaakt tussen het effect van data-gestuurde differentiatie op de leeractiviteit van leerlingen van verschillende prestatieniveaus, welke is afgeleid van de voortschrijdend gemiddelde cijfers.

Zodoende wordt onderzocht wanneer, en voor welke leerlingen, data-gestuurde differentiatie daadwerkelijk de leeractiviteit bevordert. De data voor dit onderzoek beschrijft de leeractiviteit van leerlingen gedurende een volledig schooljaar, op basis waarvan niet alleen variantie tussen leerlingen, maar tevens binnen leerlingen over tijd, beschreven wordt. De resultaten leveren inzichten op over hoe leeractiviteit binnen digitale leeromgevingen door data-gestuurde differentiatie bevorderd kan worden.

2. Theorie

2.1. De relatie tussen differentiatie en leeractiviteit via ICT-toepassingen

Leeractiviteit is een van de belangrijkste bouwstenen voor het leerproces van een leerling. Het behelst de bezigheden die het leerproces op gang brengen en bijdragen aan het integreren en internaliseren van kennis en vaardigheden (bijv. het koppelen van nieuwe informatie aan voorkennis, kritisch omgaan met informatie, informatie transfereren naar nieuwe contexten) (Hedegaard & Lompscher, 1999; Kahu, 2013; Trowler & Trowler, 2010). De leeractiviteit van de leerling bepaalt daarom in grote mate de kwaliteit van de leeruitkomsten (Vermunt & Verloop, 1999). Voorbeelden van zichtbare (externe) leeractiviteit zijn het maken van oefeningen, het lezen van teksten en het maken van aantekeningen. In toenemende mate worden ICT-toepassingen ontworpen om middels data-gestuurde differentiatie leeractiviteit – en zodoende de academische resultaten – te bevorderen. Deze vorm van differentiatie op het leerproces kan worden gedefinieerd als variatie in instructie en leermiddelen, door het afstemmen van de complexiteit en hoeveelheid oefenstof op het beheersingsniveau van de leerling (Tomlinson et al., 2003) en heeft mede als doel de betrokkenheid ('engagement') en dus de leeractiviteit van de leerling tijdens het leerproces te verhogen (Brophy, 2013; Trowler & Trowler, 2010).

Data-gestuurde differentiatie kan worden onderbouwd op basis van de theorie van beheersingsleren ('mastery learning'), welke

als voorwaarde voor een effectief leerproces stelt dat complexiteit van oefenstof pas toeneemt nadat er voldoende succeservaringen hebben plaatsgevonden op het initiële niveau, en dat dit moment in essentie verschilt tussen leerlingen (Bloom, 1968; Tomlinson et al., 2003). Door, onder andere, de oefenstof 'real-time' aan te passen op de verwerkingscapaciteit van leerlingen – daarbij gevoed door data over het leerproces – kunnen ook relatief zwakkere leerlingen het uiteindelijke streefniveau behalen. Zo blijkt dat leerlingen op basis van beheersingsleren zich de leerstof eigen kunnen maken zonder te veel verwarring, verveling of frustratie door te moeilijke of te makkelijke leerstof of oefeningen (bijv. Brophy, 2013; Guskey, 2007) en afname van affectieve leeractiviteit (bijv. doorzetten, motiveren, concentreren) als gevolg van (negatieve) zelfevaluaties (bijv. "ik kan dit niet" of "dit is te makkelijk voor mij") (Koh, 2006; Pajares, 2008).

Echter, er is een gebrek aan empirisch bewijs dat data-gestuurde differentiatie via ICT-toepassingen altijd het gewenste effect heeft op de leeractiviteit van de leerling. Er zijn geen experimentele studies bekend naar differentiatie op het leerproces; empirische studies naar differentiatie in de context van het voortgezet onderwijs zijn grotendeels beperkt tot taal- en wiskundeonderwijs en richten zich voornamelijk op leerrendement (Deunk et al., 2015; Slavin, 1987). Empirisch onderzoek naar het effect van data-gestuurde differentiatie op de leeractiviteit van leerlingen is daarom van groot belang. De literatuur wijst echter op twee belangrijke valkuilen in het interpreteren van de relatie tussen differentiatie en leeractiviteit.

Ten eerste kan leeractiviteit in de context van het onderwijs niet valide worden geïnterpreteerd zonder rekening te houden met het door de leerling verwachte nut van de leeractiviteit en het gepercipieerde belang van het doel dat de activiteit dient (Hattie, 1992; Marsh, Trautwein, Lüdtke, Köller, & Baumert, 2005; Muraven & Slessareva, 2003), zoals bijvoorbeeld de noodzaak om een voldoende cijfer te halen op de komende summatieve toets. Leerlingen zullen dus meer leeractiviteit tonen in digitale leeromgevin-

gen, wanneer zij overtuigd zijn dat dit bijdraagt aan hun academisch succes (Eccles & Wigfield, 2002; Wigfield & Eccles, 2000). Hoe dit principe zich vertaalt in de relatie tussen reeds behaalde cijfers en successieve leeractiviteit is echter niet eenduidig vast te stellen. Zo blijkt enerzijds dat leeractiviteit kan toenemen na eerdere negatieve evaluaties (zoals een laag cijfer), doordat het door de leerling gepercipieerde belang van de leeractiviteit toeneemt (Komarraju & Nadler, 2013). Anderzijds laat onderzoek zien dat leeractiviteit kan afnemen na eerdere negatieve evaluaties (zoals een laag cijfer), doordat deze negatieve zelfevaluaties oproepen welke afbreuk doen aan het gepercipieerde nut van leeractiviteit (Harlen & Crick, 2003). Deze incongruente bevindingen ondersteunen het belang van verder empirisch onderzoek naar de mechanismes die een rol spelen in leeractiviteit, met daarbij oog voor zowel de invloed van behaalde cijfers, als voor data-gestuurde differentiatie.

Ten tweede is niet evident dat alle leerlingen op overeenkomstige wijze reageren op data-gestuurde differentiatie via ICT-toepassingen. Onderzoek wijst namelijk uit dat het stimuleren van leeractiviteit niet door een 'one size fits all' oplossing gerealiseerd kan worden (Marsh et al., 2005; Tomlinson et al., 2003). Factoren op leerling-niveau – denk aan de leeroriëntatie en intrinsieke motivatie van een leerling (Coubergs et al., 2015) – kunnen een grote invloed hebben op de leeractiviteit en zich op verschillende wijzen manifesteren bij leerlingen van verschillende prestatieniveaus (Marsh et al., 2005). Een voorbeeld hiervan is de studie van Cornelisz en van Klaveren (ingediend), welke laat zien dat leerlingen oefeningen wel degelijk als nuttiger percipieerden wanneer data-gestuurde differentiatie is toegepast, maar dat dit vooral gold voor relatief sterke leerlingen. Deze bevindingen geven de noodzaak aan om in onderzoek naar het effect van differentiatie op leeractiviteit onderscheid te maken tussen leerlingen, zoals op basis van het prestatieniveau van de leerling.

Concluderend, er is meer empirisch onderzoek nodig om de relatie tussen differentiatie en leeractiviteit via ICT-toepassingen correct

en genuanceerd te kunnen duiden. Empirische onderbouwing van de rol van differentiatie in het bevorderen van leeractiviteit kan van groot belang zijn voor de legitimering en doorontwikkeling van data-gestuurde differentiatie via ICT-toepassingen binnen het onderwijs. Hierbij is het noodzakelijk om ook de rol van behaalde cijfers en niveauverschillen tussen leerlingen in ogenschouw te nemen, om zodoende meer inzicht te verkrijgen in de antecedenten van leeractiviteit en de mogelijke rol hierin van differentiatie. Gegeven de populariteit van ICT-toepassingen in het onderwijs door recente technologische ontwikkelingen is wetenschappelijk bewijs naar het effect van data-gestuurde differentiatie juist nu nodig.

2.2. Onderzoeksvraag en hypothesen

In deze studie onderzoeken we het effect van data-gestuurde differentiatie op de leeractiviteit van leerlingen van verschillende prestatieniveaus; zwak, zwak tot gemiddeld, gemiddeld tot sterk en sterk. Deze studie richt zich expliciet op leeractiviteit, geoperationaliseerd als de lengte (in tijd) van oefensessies en het daarin gemaakte aantal oefenopgaven. Het doel van deze studie is tweeledig. In de eerste plaats wordt het effect van data-gestuurde differentiatie op de leeractiviteit van leerlingen onderzocht, door gebruik te maken van een onderzoeksdesign waarbinnen leerlingen willekeurig werden toegewezen aan een van de twee condities binnen eenzelfde digitale oefenomgeving. Hierbij wordt de leeractiviteit binnen de conditie met oefenstof op basis van data-gestuurde differentiatie geëvalueerd ten opzichte van de leeractiviteit binnen de conditie zonder differentiatie. Deze oefenomgeving en de twee condities worden beschreven in sectie 3.2 en 3.3. Hiermee beantwoorden we de onderzoeksvraag:

1. In hoeverre heeft data-gestuurde differentiatie een positief effect op de externe leeractiviteit van leerlingen van verschillende prestatieniveaus?

Hiertoe wordt de hiërarchisch geneste structuur van variantie in leeractiviteit geanalyseerd, door steeds de variantiecomponent

op het niveau van de tijd en de variantiecomponent op het niveau van de leerling te bepalen. We testen daarmee de hypothese dat data-gestuurde differentiatie op het leerproces door het 'real-time' afstemmen van oefenstof op het beheersingsniveau van de leerlingen inderdaad tot een toename van leeractiviteit leidt.

In de tweede plaats wordt de relatie onderzocht tussen het behaalde cijfer en de leeractiviteit in de daaropvolgende oefenperiode en het effect van data-gestuurde differentiatie op deze relatie. Hiermee beantwoorden we de volgende onderzoeksvragen:

2. Is er een relatie tussen het behaalde cijfer en de leeractiviteit in de daaropvolgende oefenperiode voor leerlingen van verschillende prestatieniveaus?

3. Is er een effect van data-gestuurde differentiatie op de relatie tussen het behaalde cijfer en de leeractiviteit in de daaropvolgende oefenperiode van leerlingen van verschillende prestatieniveaus?

Eerder onderzoek laat zien dat relatief sterke leerlingen wel meer nut ervaren van de leeractiviteit (en daarom mogelijk meer leeractiviteit vertonen), wanneer data-gestuurde differentiatie is toegepast (Cornelisz, & van Klaveren, ingediend). Daarom verwachten we een effect van data-gestuurde differentiatie op de relatie tussen het behaalde cijfer en de leeractiviteit in de daaropvolgende oefenperiode voor leerlingen van verschillende prestatieniveaus.

3. Methode

3.1 Participanten

De data voor deze studie is onderdeel van een project gefundeerd door de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek¹, verzameld in de periode van september 2014 tot juni 2015, tevens beschreven in van Klaveren, Vonk & Cornelisz (2017). De data voor deze studie beschrijft de leeractiviteit van 606 leerlingen, welke gedurende een schooljaar werkte met de beschreven digitale oefenomgeving voor de vakken Biologie,

Economie of Geschiedenis. De participerende leerlingen bevonden zich in de eerste drie leerjaren van het voortgezet onderwijs (55% in leerjaar 1, 14% in leerjaar 2, 31% in leerjaar 3) en volgden verschillende niveaus; vmbo tl (22%), havo (42%), vwo (34%). Leerlingen die voor het vak biologie gebruik maakten van de digitale oefenomgeving bevonden zich in leerjaar 1 en volgden de leerweg vmbo, havo of vwo; voor het vak economie bevonden de leerlingen zich in leerjaar 3 en volgden de leerweg havo of vwo; en voor het vak geschiedenis bevonden de leerlingen zich in leerjaar 1 of 2 en volgden de leerweg vmbo of havo. De gemiddelde leeftijd van de leerlingen was 13.38 jaar ($SD = 1.04$) en 51% was jongen tegenover 49% meisjes. Vijftien docenten van zes verschillende scholen participeerden in het experiment.

3.2 Onderzoeksdesign

Aan het begin van het schooljaar van de data-verzameling zijn docenten gevraagd deel te nemen aan het experiment. Elke deelnemende docent en leerling vulde een digitale vragenlijst in over achtergrondkenmerken, zoals leeftijd en geslacht. Leerlingen werden binnen klassen willekeurig toegewezen aan de gedifferentieerde of niet-gedifferentieerde conditie. Docenten en leerlingen konden tijdens het experiment niet achterhalen aan welke conditie zij zijn toegewezen, omdat de vormgeving van de oefenomgeving niet verschilde en omdat elke subset van oefeningen uniek was voor elke leerling in beide condities². Er geldt dus dat geobserveerde verschillen in de inspanning tussen leerlingen in de gedifferentieerde en niet-gedifferentieerde conditie enkel en alleen het resultaat kunnen zijn van de condities waaraan zij werden toegewezen.

Tijdens de les werd het tekstboek (al dan niet in digitale uitvoering) en de digitale oefenomgeving afwisselend gebruikt. Na de les volgde een huiswerктаak, welke (eveneens) in de digitale omgeving uitgevoerd werd. Verondersteld wordt dat elke leerling door dit intensieve gebruik voldoende bekend werd met de digitale oefenomgeving. Zowel de aangeboden lesstof als het huiswerk was

identiek voor leerlingen in de gedifferentieerde en niet-gedifferentieerde conditie. De experimentele conditie komt alleen tot uiting tijdens de vrijwillige oefensessies, welke pas nadat de lesstof behandeld was door de docent geactiveerd werd. Dit onderscheid werd ook gemaakt in de digitale oefenomgeving; de oefensectie en de huiswerksectie werden apart aangeboden. Elke docent werd gevraagd de leerling aan te raden minstens een kwartier per week te oefenen, maar leerlingen mochten hier uiteindelijk zelf over beslissen.

Tijdens het experiment gebruikten alle klassen de digitale oefenomgeving intensief. Elke oefensessie bereidde de leerling voor op de komende summatieve toets. Uiterlijk elke zes weken werd een summatieve toets afgenomen voor ieder vak. Hierna volgt opnieuw een periode van (uiterlijk) zes weken, waarin wordt geput uit een nieuwe database van oefenstof.

3.3. De digitale oefenomgeving

De digitale oefenomgeving voor leerlingen en docenten is weergegeven in Figuur 1. Het rechter scherm toont de digitale oefenomgeving voor de leerling. De leerling had toegang tot informatie over de oefenscore (gebaseerd op het oefentempo en het aantal goede opgaven) en het aantal gemaakte oefeningen. De oefenomgeving was identiek voor leerlingen in de gedifferentieerde en niet-gedifferentieerde

conditie. Wanneer de leerling het vak en hoofdstuk koos, kon er geen verdere invloed worden uitgeoefend op de oefenstof die wordt aangeboden. Docenten hadden de mogelijkheid om de voortgang van de leerlingen en de leeractiviteit van de klas te volgen, om zo nodig feedback te geven aan de leerling over het leerproces. De docent gaf toegang tot de oefeningen die een leerling aangeboden kreeg in de digitale oefenomgeving, nadat een bepaald onderwerp was behandeld. In principe werd een hoofdstuk per week behandeld binnen de methode waarmee wordt gewerkt, maar per school en per docent kon de oefenstof op het gewenste moment beschikbaar gesteld worden.

3.4. De gedifferentieerde en niet-gedifferentieerde conditie

Leerlingen in beide condities ontvingen verschillende subsets van oefeningen aangeboden per oefensessie³. Elke oefening werd getypeerd aan de hand van het onderwerp (binnen het hoofdstuk), het verrichtingsniveau waarop de oefening een beroep doet (replicatie, toepassing, of inzicht), en de complexiteit van de oefening. Deze verrichtingsniveaus zijn gebaseerd op het principe RTTI (Kwakernaak, 2013). Het verrichtingsniveau ‘inzicht’ staat hierin dichterbij wat Bloom beschreef als analyseren, evalueren en zelfs creëren dan bij het verrichtingsniveau ‘begrip’ in de taxonomie van Bloom (zie Anderson en collega’s,



Figuur 1. Screenshots van de oefenomgeving.

2001). De complexiteit van de oefening werd onderverdeeld in drie niveaus, op basis van de gegeven antwoorden van leerlingen uit vorige cohorten die met deze modules hebben gewerkt. Dit resulteerde in negen deelgroepen van oefenvragen per onderwerp. De kans dat een oefening van een bepaald verrichtingsniveau of een niveau van complexiteit werd aangeboden hing ook af van de mate waarin een deelgroep gerepresenteerd werd per onderwerp. Elke oefening bestaat uit een variërend aantal vragen, hiermee wordt geen rekening gehouden bij de selectie van oefeningen per oefensessie.

De manier waarop oefeningen werden aangeboden in de niet-gedifferentieerde conditie was vergelijkbaar met een traditioneel werkboek. Voor elke student die oefende met een bepaald hoofdstuk werden steeds negen oefeningen willekeurig geselecteerd. De geselecteerde oefeningen werden gerangschikt op basis van het onderwerp, het verrichtingsniveau en de complexiteit. De subset van oefeningen kon dus beginnen met een replicatie-oefening van complexiteitsniveau 1 en eindigen bij een inzichtvraag van complexiteitsniveau 3. De oefeningen werden een voor een, in deze volgorde, aangeboden aan de leerling. Doordat de oefeningen willekeurig werden geselecteerd uit de database van oefeningen per hoofdstuk, was elke oefensessie uniek voor elke leerling. Dus oefeningen werden gesorteerd op basis van het verrichtingsniveau en het complexiteitsniveau in de niet-gedifferentieerde conditie, maar niet op de prestaties in de oefenomgeving van de leerling zelf en daarom niet gedifferentieerd.

De gedifferentieerde conditie vertrok vanuit het proportie door de leerling goed beantwoorde vragen. De doelstelling van de gedifferentieerde conditie was om leerlingen additionele oefeningen aan te reiken voor de onderwerpen waarbinnen zij relatief (tot het gemiddelde van de klas) slecht presteerden binnen de oefenomgeving. In de gedifferentieerde conditie werd het relatieve begripsniveau van de leerling per onderwerp vastgesteld na elke oefening. De kans op een oefening van een bepaald onderwerp was tegenovergesteld aan het relatieve begripsniveau. Oefeningen werden geselecteerd op

basis van het begripsniveau van een onderwerp, vervolgens op basis van het begripsniveau van het verrichtingsniveau binnen dit onderwerp, en ten slotte op basis van het begripsniveau van een bepaald complexiteitsniveau. Wanneer de leerling het gemiddelde begripsniveau van de klas dichter benaderde binnen een bepaald onderwerp, verrichtingsniveau en complexiteitsniveau werden oefeningen van een volgend verrichtingsniveau of complexiteitsniveau aangeboden (mits er voldoende oefeningen beschikbaar waren van het betreffende onderwerp en verrichtingsniveau). Het algoritme wordt in detail beschreven in van Klaveren, Vonk & Cornelisz (2017).

3.5 Metingen

Leeractiviteit

In de digitale oefenomgeving werd alle leeractiviteit per leerling per periode (dus tussen twee toetsmomenten) opgeslagen in de volgende eenheden: de tijd in minuten die de leerling oefende en het aantal gemaakte oefeningen. Het aantal oefeningen en de geoefende tijd in minuten werden beide meegenomen in deze studie, omdat het niet mogelijk was om te corrigeren voor tijdsintensiviteit van de individuele oefenopgaven. Daarbij werd in dit onderzoek de relatie tussen behaalde cijfer en de daaropvolgende leeractiviteit onderzocht, met als gevolg dat de leeractiviteit in de eerste periode niet werd meegenomen: daar ging immers geen cijfer aan vooraf.

Cijfer

Het cijfer representeerde het beheersingsniveau van de leerling aan het einde van een periode op een schaal van nul tot tien, waarin een cijfer van 5.5 of hoger als voldoende werd geclassificeerd. De totstandkoming (type toets, scoring en normering) was de verantwoordelijkheid van de docent. Daarnaast werd het voortschrijdend gemiddelde cijfer – welke in belangrijke mate de overgang naar een volgend leerjaar bepaalt – berekend op basis van het behaalde cijfer in elke periode.

3.6 Analysestrategie

De data van deze studie werd geanalyseerd volgens longitudinaal hiërarchisch lineaire

regressie modellen, met de software van SPSS 24.9 (IBM SPSS Statistics, 2016. Armonk, NY: IBM Corp). De data werd opgesplitst per vak, gezien de onderlinge verschillen (bijv. in typen toetsen, aantal oefenperiodes en studielast). Tevens werd de data opgesplitst per kwartiel van het voortschrijdend gemiddelde cijfer, zodat de effecten van de data-gestuurde differentiatie geschat konden worden voor de 25% zwakste tot en met de 25% sterkste leerlingen – gebaseerd op het idee van de boxplot (Tukey, 1977). Data uit oefenperiodes met missende waarden op een van de variabelen werden verwijderd van de analyses, hierin werden geen structurele verschillen gevonden tussen de condities.

Ten eerste werd een zogenaamd ‘variantiecomponenten model’ getest (Model 1), welk de unieke variantiecomponenten op de verschillende niveaus berekent. Dit model duidt in hoeverre variantie in leeractiviteit veroorzaakt werd door verschillen over tijd en tussen leerlingen. De geneste structuur van de data werd als volgt gespecificeerd: de oefenperiodes werden middels dummy-variabelen opgenomen als identificatie van het eerste niveau en de individuele leerling als identificatie van het tweede niveau. In Model 1 worden de identificatiecodes van de oefenperiodes middels dummy variabelen als voorspellers toegevoegd op niveau 1, om overschatting van variantie tussen oefenperiodes en onderschatting van variantie tussen leerlingen te voorkomen (Hox, , Moerbeek, & van de Schoot, 2010) – de resulterende regressie-coëfficiënten zijn echter niet van belang voor de onderzoeksvragen en worden daarom niet benoemd in de resultatensectie. Elke eerste oefenperiode is verwijderd uit de dataset, omdat het cijfer voorafgaand aan deze periode de leerling niet informeerde over het nut van de digitale oefenomgeving (ongeacht de conditie). Oefenperiode 2 werd opgenomen als oefenperiode 0 en representeerde daarmee de intercept op het laagste niveau.

Model 1.

$$Leeractiviteit_{ij} = \beta_{0j} + \beta_1 * Oefenperiode_{0ij} + \beta_2 * Oefenperiode_{1ij} + [...] + \sigma^2_{tussen leerlingen} + \sigma^2_e$$

Op basis van de variantiecomponenten, berekend met Model 1, zijn de intraclass correlatiecoëfficiënten (ICC’s) berekend als volgt:

$$ICC_{over\ tijd} = \sigma^2_e / (\sigma^2_e + \sigma^2_{tussen\ leerlingen})$$

$$ICC_{tussen\ leerlingen} = \sigma^2_{tussen\ leerlingen} / (\sigma^2_e + \sigma^2_{tussen\ leerlingen})$$

Deze ICC’s duiden de proporties variantie in leeractiviteit op de verschillende niveaus (cf., Raudenbush & Bryk, 2002), berekend per vak en per kwartiel.

Vervolgens werd het model uitgebreid met het behaalde cijfer aan het einde van elke voorgaande oefenperiode als predictor op niveau 1. Daarna werd het model uitgebreid met conditie (de aan- of afwezigheid van data-gestuurde differentie op de oefenstof) toegevoegd als predictor op het niveau van de leerling samen met een interactie-effect tussen het cijfer voorafgaand aan de oefenperiode en de conditie (Model 2).

Model 2.

$$Leeractiviteit_{ij} = \beta_{0j} + \beta_1 * Oefenperiode_t + [...] + \beta_{Cijfer} * Cijfer_t + \beta_{Conditie} * Conditie_{it} + \beta_{Conditie * Cijfer} * Conditie_{it} * Cijfer_t + \sigma^2_{tussen\ leerlingen} + \sigma^2_e$$

4. Resultaten

4.1. Beschrijvende statistiek

Tabel 1 presenteert een overzicht van de descriptieve statistieken van de geïnccludeerde data. Tabel 2 geeft een overzicht van de laagste orde correlaties tussen de variabelen.

4.2. Variantiedecomposities

Tabel 3 geeft de intraclass correlatiecoëfficiënten (ICC’s) weer voor de variantie in leeractiviteit in aantal gemaakte oefeningen en oefentijd in minuten per periode, gesorteerd naar vak en de vier kwartielen binnen het voortschrijdend gemiddelde cijfer. Er is een aantal opvallende verschillen tussen de resultaten per vak. Zo blijkt dat bij geschiedenis ongeveer de helft van de geïdentificeerde variantie in leeractiviteit is gesitueerd op het leerling-niveau. Daarentegen is voor het vak

Tabel 1.
Beschrijvende statistieken van de data per vak

	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	Bereik
Biologie				
Klassen Leerlingen 180		1		
Conditie ^a			.50	.50
0 – 1				
Oefenperiodes	1768			
Tijd ^b		7.53	12.55	0 – 145.88
Aantal ^c		10.57	17.63	0 – 180.00
Cijfer ^d		6.67	1.39	1-10
Gem. Cijfer ^e		6.59	.99	3.87-10
Economie				
Klassen Leerlingen 315		12		
Conditie ^a			.50	.50
0 – 1				
Oefenperiodes	1032			
Tijd ^b		9.80	20.48	0 – 263.10
Aantal ^c		17.77	46.19	0 – 718
Cijfer ^d		6.75	1.44	1-10
Gem. Cijfer ^e		6.71	1.18	2.30-10
Geschiedenis				
Klassen Leerlingen 231		9		
Conditie ^a			.51	.50
0 – 1				
Oefenperiodes	1006			
Tijd ^b		15.63	36.04	0 – 588.07
Aantal ^c		23.93	47.57	0 – 384.00
Cijfer ^d		5.51	1.80	.50-10
Gem. Cijfer ^e		5.41	1.42	.75-10

^a0 = niet gedifferentieerd; 1 = gedifferentieerd

^bOefentijd in minuten per oefenperiode

^cGemaakte opgaven per oefenperiode

^dHet cijfer voorafgaand aan de oefenperiode

^eHet voortschrijdend gemiddelde cijfer voorafgaand aan de oefenperiode

economie enkel onder de sterke leerlingen substantiële variantie gevonden op het leerling-niveau. Bij het vak biologie is ongeveer een zesde van de geïdentificeerde variantie in leeractiviteit gesitueerd op het leerling-

niveau, maar onder de zwakke leerlingen is in oefentijd geen substantieel variantiecomponent geïdentificeerd op het leerling-niveau.

Tabel 2.
Laagste orde Pearson's correlaties

	1	2	3	4	5
Biologie					
1 Tijd ^a	1	-	-	-	-
2 Aantal ^b	.81**	1	-	-	-
3 Conditie ^c	.03	-.02	1	-	-
4 Cijfer ^d	-.03	-.06*	.01	1	-
5 Gem. Cijfer ^e	.07**	.02	-.01	.69**	1
Economie					
1	1	-	-	-	-
2	.57**	1	-	-	-
3	.02	.03	1	-	-
4	.08**	.10**	.17	1	-
5	.12**	.14**	.04	.84**	1
Geschiedenis					
1	1	-	-	-	-
2	.69**	1	-	-	-
3	.06*	-.02	1	-	-
4	.01	-.03	-.01	1	-
5	-.05	-.05	-.02	.79**	1

Noot. De bootstrapping methode is toegepast op de berekening van de correlaties, $k = 1000$.

Statistische significantie: * $P < .10$; ** $P < .05$; *** $P < .01$.

^aOefentijd in minuten per oefenperiode

^bGemaakte opgaven per oefenperiode

^c0 = niet gedifferentieerd, 1 = gedifferentieerd

^dHet cijfer voorafgaand aan de oefenperiode

^eHet voortschrijdend gemiddelde cijfer voorafgaand aan de oefenperiode

4.3. Het effect van differentiatie op leeractiviteit en op de relatie tussen cijfers en de daaropvolgende leeractiviteit

Na de variantiedecomposities van leeractiviteit in aantal oefeningen en tijd (minuten) per periode werd Model 2 getest voor de totale dataset per vak en de vier kwartielen binnen het voortschrijdend gemiddelde cijfer. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 4.

De resultaten laten zowel tussen de vakken en de kwartielen opvallende verschillen zien. Leerlingen die willekeurig toegewezen werden aan data-gestuurde differentiatie lieten binnen het vak economie gemiddeld meer leeractiviteit zien, maar wanneer dit werd uit-

gesplitst naar niveau blijkt dit effect alleen significant binnen het tweede kwartiel; de relatief zwak tot gemiddelde leerlingen. Binnen het vak biologie en geschiedenis werd alleen bij de relatief sterke leerlingen een positief effect gemeten van data-gestuurde differentiatie op de leeractiviteit van leerlingen. Dus alhoewel er positieve effecten zijn gemeten had de data-gestuurde differentiatie dus geen positief effect op de leeractiviteit van alle leerlingen.

Een relatie tussen de hoogte van het behaalde cijfer en de daaropvolgende leeractiviteit werd alleen gevonden onder de relatief zwakke leerlingen binnen het vak economie

Tabel 3.

Intraclass correlatiecoëfficiënten (ICC) per vak en per kwartiel

Parameter	Proportie van de totale variantie									
	Totaal		Kwartiel 1 ^a		Kwartiel 2		Kwartiel 3		Kwartiel 4	
	Aantal ^b	Tijd ^c	Aantal	Tijd	Aantal	Tijd	Aantal	Tijd	Aantal	Tijd
Biologie										
ICC _{tussen} leerlingen	.15**	.15**	.08*	.03	.12**	.15**	.12**	.17**	.25**	.18**
ICC _{over tijd}	.85**	.85**	.92**	.97**	.88**	.85**	.88**	.83**	.75**	.82**
Economie										
ICC _{tussen} leerlingen	0	.04	0	0	0	.01	0	.09	0	.18**
ICC _{over tijd}	1**	.96**	1**	1**	1**	.99**	1**	.91**	1**	.82**
Geschiedenis										
ICC _{tussen} leerlingen	.52**	.45**	.44**	.25**	.41**	.43**	.35**	.39**	.74**	.80**
ICC _{over tijd}	.48**	.55**	.56**	.75**	.59**	.57**	.65**	.61**	.26**	.20**

Noot. Statistische significantie: * $P < .10$; ** $P < .05$; *** $P < .01$.

^aDe 25% leerlingen met gemiddeld het laagste voortschrijdend gemiddelde cijfer

^bGemaakte opgaven per oefenperiode

^cOefentijd in minuten per oefenperiode.

en deze relatie verschilde tevens tussen de condities (zie β_{Cijfer} en $\beta_{\text{Conditie} \times \text{Cijfer}}$). Binnen andere groepen leerlingen bij zowel het vak biologie en geschiedenis werd tevens een verschil gevonden tussen de condities in de relatie tussen het behaalde cijfer en de daaropvolgende leeractiviteit (zie $\beta_{\text{Conditie} \times \text{Cijfer}}$), zonder dat er sprake was van een directe relatie tussen de hoogte van het behaalde cijfer en de daaropvolgende leeractiviteit. Binnen het vak economie over de gehele dataset, bijvoorbeeld, werd een negatief interactie-effect gevonden. De leerlingen die toegewezen werden aan data-gestuurde differentiatie binnen het vak economie oefenden dus korter na het behalen van een hoger cijfer dan leerlingen in de niet-gedifferentieerde conditie. Daarentegen werd binnen het vak geschiedenis een positief interactie-effect gevonden tussen data-gestuurde differentiatie en de hoogte van het cijfer. Relatief zwak tot gemiddelde leerlingen die toegewezen werden tot data-gestuurde differentiatie binnen het vak geschiedenis oefenden dus juist lan-

ger na het behalen van een hoger cijfer dan leerlingen in de niet-gedifferentieerde conditie. Dit betekent dat het mogelijke effect van het cijfer op de daaropvolgende leeractiviteit in deze situaties wel degelijk beïnvloed werd door de data-gestuurde differentiatie.

5. Conclusie en discussie

Deze studie beantwoordt de vraag of, en wanneer, data-gestuurde differentiatie leeractiviteit bevordert in de context van de onderbouw van het voortgezet onderwijs, voor de vakken biologie, geschiedenis en economie. Hierbij is gebruik gemaakt van willekeurige toewijzing van leerlingen aan een gedifferentieerde of niet-gedifferentieerde oefenomgeving. De data-gestuurde differentiatie is gebaseerd op het principe van beheersingsleren, wat betekent dat de oefeningen 'real-time' worden afgestemd op het beheersingsniveau van de leerling. De oefeningen in de niet-gedifferentieerde oefenomgeving zijn

Tabel 4.
Bèta-coëfficiënten per vak en per kwartiel

Parameter	β (standaardfout)									
	Totaal		Kwartiel 1 ^a		Kwartiel 2		Kwartiel 3		Kwartiel 4	
	Aantal ^b	Tijd ^c	Aantal	Tijd	Aantal	Tijd	Aantal	Tijd	Aantal	Tijd
Biologie										
B _{Cijfer}	-21 (42)	-02 (.30)	-26 (.96)	-13 (.54)	.19 (.77)	.36 (.56)	-.34 (.96)	-.70 (.65)	-.47 (.95)	-.06 (.77)
B _{Conditie^d}	-4.93 (3.96)	-2.31 (2.81)	-1.06 (7.19)	1.78 (3.96)	-12.63 (8.80)	-8.12 (6.46)	21 (8.89)	5.42 (6.13)	-16.91 (9.84)⁺	-15.35 (7.94)⁺
B _{Conditie*Cijfer^d}	.65 (.57)	.45 (.40)	.55 (1.18)	-.04 (.66)	1.71 (1.33)	1.31 (.97)	.13 (1.25)	-.51 (.86)	1.83 (1.23)	1.93 (1.00)⁺
Economie										
B _{Cijfer}	2.68 (1.42)	-.29 (.63)	9.78 (3.63)**	-.73 (1.52)	.25 (1.61)	.73 (1.31)	-4.33 (4.08)	-2.92 (1.19) ⁺	-4.49 (5.05)	-3.06 (2.04)
B _{Conditie^d}	5.31 (13.51)⁺	15.44 (6.00)⁺	-42.20 (28.16)	6.46 (11.83)	1.36 (14.86)	22.15 (12.10)⁺	-29.17 (43.55)	13.37 (12.67)	24.50 (54.92)	24.53 (23.27)
B _{Conditie*Cijfer^d}	-.40 (1.96)	-2.18 (.87)⁺	8.67 (5.00)⁺	-.83 (2.10)	-.57 (2.27)	-3.37 (1.85)⁺	-2.25 (6.10)	-1.44 (1.77)	-3.72 (6.80)	-3.98 (2.81)
Geschiedenis										
B _{Cijfer}	.54 (1.01)	1.85 (.80)⁺	-.46 (2.11)	-.92 (1.23)	1.08 (2.01)	7.09 (2.67)**	1.56 (2.87)	1.88 (1.22)	-3.75 (2.62)	-1.29 (1.31)
B _{Conditie^d}	-6.95 (9.27)	-5.04 (7.14)	23.05 (15.20)	-1.59 (8.39)	-2.04 (17.07)	-15.99 (22.75)	-18.43 (18.18)	-8.83 (11.35)	64.70 (29.94)⁺	29.70 (12.97)⁺
B _{Conditie*Cijfer^d}	1.23 (1.45)	2.00 (1.14)⁺	.35 (3.01)	-.97 (1.75)	1.06 (2.88)	5.70 (3.82)	2.31 (2.87)	2.07 (1.77)	-5.30 (3.56)	-2.18 (1.46)

Noot. Statistische significantie: ⁺P < .10; *P < .05; **P < .01

^aDe 25% leerlingen met gemiddeld het laagste voortschrijdend gemiddelde cijfer

^bGemaakte opgaven per oefenperiode

^cOefentijd in minuten per oefenperiode

^dDe coëfficiënt voor leeractiviteit in de conditie met data-gestuurde differentiatie ten opzichte van de conditie zonder data-gestuurde differentiatie

enkel gerangschikt op onderwerp en complexiteit. Vervolgens is het effect van data-gestuurde differentiatie op leeractiviteit en op de relatie tussen cijfers en de geleverde inspanning (leeractiviteit) van leerlingen in de daaropvolgende periode getest. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen leerlingen op basis van hun prestatieniveaus.

De resultaten laten niet eenduidig zien dat leeractiviteit toeneemt door data-gestuurde differentiatie. Bij het vak economie lieten leerlingen die willekeurig toegewezen zijn aan data-gestuurde differentiatie – in lijn met de hypothese van deze studie – over het alge-

meen wel meer leeractiviteit zien. Bij de vakken biologie en geschiedenis was dit effect enkel zichtbaar onder leerlingen met een hoog prestatieniveau. Dit kan deels worden verklaard op basis van het idee dat de leeractiviteit van leerlingen toeneemt wanneer de leerstof en oefeningen aansluiten op hun beheersingsniveau en zij minder verwarring, verveling of frustratie ervaren (bijv. Brophy, 2013; Guskey, 2007). Onduidelijk is echter waarom het effect niet is gevonden onder, bijvoorbeeld, zwakke leerlingen. Mogelijkwijds houdt het ontwerpprincipe voor de data-gestuurde differentiatie in de experimentele

conditie van deze studie – gestoeld op de theorie van beheersingsleren (Bloom, 1968) – nog onvoldoende rekening met de verschillen tussen vakken en in prestatieniveaus tussen leerlingen om leeractiviteit over de hele linie te bevorderen. Vervolgonderzoek is nodig om de optimale vorm van data-gestuurde differentiatie voor elke leerling te identificeren.

De resultaten tonen in enkele gevallen een positieve relatie tussen het behaalde cijfer en de daaropvolgende leeractiviteit. Bij het vak geschiedenis, bijvoorbeeld, oefenden leerlingen die hogere cijfers behaalden in de voorgaande periode gemiddeld langer. Dit resultaat kan echter niet geïnterpreteerd worden als causaal, het is mogelijk dat leerlingen die intrinsiek meer oefenen gemiddeld ook hogere cijfers zouden behalen. Daarbij moet de kanttekening geplaatst worden dat er tussen klassen verschillen zijn in de manier waarop het cijfer tot stand kwam en dat de meting van het prestatieniveau niet volledig betrouwbaar is. Vervolgonderzoek is daarom noodzakelijk om in kaart te brengen onder welke voorwaarden de noodzaak voor het behalen van een hoger cijfer leidt tot een toename in leeractiviteit (Hattie, 1992; Marsh et al., 2005; Muraven & Slessareva, 2003) en wanneer leeractiviteit afneemt door negatieve zelfevaluaties als gevolg van een laag cijfer (Harlen & Crick, 2003).

Daarnaast is onderzocht of de relatie tussen het behaalde cijfer en de daaropvolgende leeractiviteit verschilt tussen leerlingen die zijn toegewezen aan de conditie met en zonder data-gestuurde differentiatie. Dit is zowel binnen het vak economie als binnen het vak geschiedenis het geval. Echter, het gevonden effect op de relatie tussen de hoogte van het behaalde cijfer en de daaropvolgende leeractiviteit was negatief binnen het vak economie en positief binnen het vak geschiedenis. De resultaten tonen dus aan dat het wel mogelijk is dat leerlingen door de data-gestuurde differentiatie anders reageren op het cijfer wanneer men kijkt naar de leeractiviteit in de daaropvolgende periode. De tegenstrijdige resultaten zijn niet eenduidig te verklaren vanuit de huidige literatuur en noopt tot verder onderzoek.

Uit de resultaten blijkt dat de variantie in leeractiviteit zowel over tijd als tussen leerlingen opvallend veel verschilt tussen de vakken. Met name de hoge mate van variantie tussen leerlingen binnen het vak geschiedenis (tot wel 80%) suggereert dat er meer factoren op leerling-niveau van belang zijn om de antecedenten van leeractiviteit te duiden dan onderzocht in deze studie. Deze variantie, alsmede variantie in de frequentie van leeractiviteit en eventuele variantie op het klassenniveau kunnen onderwerp zijn voor vervolgonderzoek, om zo een beeld te verkrijgen van de relatie tussen differentiatie, summatieve cijfers en leeractiviteit. Uit de resultaten blijkt immers dat resultaten binnen een vak niet per definitie representatief zijn voor een ander vak, wat het belang onderstreept van replicatie van dit experiment in diverse contexten. Daarnaast moet toekomstig onderzoek uitwijzen in hoeverre kenmerken van (feedback door) de docent mogelijke variantie op klasniveau verklaren, of zelfs een modererend effect hebben. Feedback kan bijvoorbeeld effectiever zijn wanneer de oefenstof is afgestemd op het begripsniveau van de leerling.

Concluderend, deze studie laat zien dat data-gestuurde differentiatie de leeractiviteit van leerlingen kan bevorderen, voornamelijk onder leerlingen met een hoog prestatieniveau. Er is echter geen eenduidig effect gevonden van de data-gestuurde differentiatie op de relatie tussen het cijfer en de daaropvolgende leeractiviteit van de leerling. Deze studie levert daarmee een bijdrage aan de empirische onderbouwing van data-gestuurde differentiatie middels ICT-toepassingen in de klas. Nader onderzoek is noodzakelijk om het effect van data-gestuurde differentiatie op de leeractiviteit van leerlingen theoretisch verder te onderbouwen. Daarnaast is het van belang dat verder wordt verkend welke factoren op leerling-, klas- en docent-niveau van invloed zijn op de leeractiviteit van leerlingen in digitale leeromgevingen. Vervolgonderzoek is daarom nodig om deze multidimensionale relatie beter te begrijpen en zo data-gestuurde differentiatie in het onderwijs verder te optimaliseren.

Noten

- ¹ Dit artikel doet verslag van een project dat is gefinancierd door de NRO, dossiernummer 405-14-510.
- ² Voor een meer gedetailleerde validiteitsanalyse van het experiment, zie van Klaveren, Vonk & Cornelisz (2017).
- ³ Voor een gedetailleerde beschrijving van de algoritmes van de condities, zie van Klaveren, Vonk & Cornelisz (2017).

Literatuur

- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, P., Cruikshank, K., Mayer, R., Pintrich, P., Rath, J., & Wittrock, M. (2001). *A taxonomy for learning, teaching and assessing: A revision of Bloom's taxonomy*. New York: Longman Publishing.
- Barthel, P., de Brock, B., de Jong, F., Lagendijk, I., Lenstra, J. K., van Oortmerssen, G., Smeets, D., & Korbijn, A. (2012). *Digitale geletterdheid in het voortgezet onderwijs*. Amsterdam: KNAW
- Bloom, B. S. (1968). Learning for Mastery. Instruction and curriculum. Regional education laboratory for the Carolinas and Virginia, topical papers and reprints, Number 1. Evaluation comment, 1, n2.
- Brophy, J. E. (2013). *Motivating students to learn*. Routledge.
- Cornelisz, I. & van Klaveren, C.P.B.J. (ingediend). Student engagement with computerized practicing; Ability, task value, and difficulty perceptions.
- Coubergs, C., Struyven, K., Gheysens, E., & Engels, N. (2015). Het BKD-leer-krachtmodel: binnenklasdifferentiatie realiseren in de klas. *Impuls*, 45, 151-159.
- Deunk, M. I., Doolaard, S., Smalle-Jacobse, A., & Bosker, R. J. (2015). *Differentiation within and across classrooms: A systematic review of studies into the cognitive effects of differentiation practices*. GION onderwijs/onderzoek, Rijksuniversiteit Groningen.
- Domselaar, K. V. (2014). *Van struikelblok tot springplank, over onderwijs en ICT*. Meppel: Ten Brink.
- Eccles, J. S., & Wigfield, A. (2002). Motivational beliefs, values, and goals. *Annual Review of Psychology*, 53, 109-132.
- Guskey, T. R. (2007). Closing achievement gaps: revisiting Benjamin S. Bloom's "Learning for mastery". *Journal of Advanced Academics*, 19, 8-31.
- Harlen, W., & Crick, D. R. (2003). Testing and motivation for learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 10, 169-207.
- Hattie, J. (1992). Measuring the effects of schooling. *Australian Journal of Education*, 36, 5-13.
- Hedegaard, M. E., & Lompscher, J. E. (1999). *Learning activity and development*. Aarhus University Press.
- Hox, J. J., Moerbeek, M., & van de Schoot, R. (2010). *Multilevel analysis: Techniques and applications*. New York: Routledge.
- Inspectie van het Onderwijs (2016). *Staat van het onderwijs: onderwijsverslag 2014/2015*. Opgehaald op 7 maart 2017, van <https://www.onderwijsinspectie.nl/onderwijssectoren/voortgezet-onderwijs/documenten/publicaties/2016/04/13/staat-van-het-onderwijs-2014-2015>
- Kahu, E. R. (2013). Framing student engagement in higher education. *Studies in Higher Education*, 38, 758-773.
- Koh, J. H. L. (2006). Motivating students of mixed efficacy profiles in technology skills classes: A case study. *Instructional Science*, 34, 423-449.
- Komarraju, M., & Nadler, D. (2013). Self-efficacy and academic achievement: Why do implicit beliefs, goals, and effort regulation matter? *Learning and Individual Differences*, 25, 67-72.
- Kwakernaak, E. (2013). RTTI, OBIT, Bloom en het vreemdetalenonderwijs. *Levende talen magazine*, 100, 10-16.
- Marsh, H. W., Trautwein, U., Lüdtke, O., Köller, O., & Baumert, J. (2005). Academic self concept, interest, grades, and standardized test scores: Reciprocal effects models of causal ordering. *Child Development*, 76, 397-416.
- Muraven, M., & Slessareva, E. (2003). Mechanisms of self-control failure: Motivation and limited resources. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 29, 894-906.
- Muthomi, M. W., & Mbugua, Z. K. (2014). Effectiveness of differentiated instruction on secondary school students achievement in mathematics. *International Journal of Applied Science and Technology*, 4, 116-128.
- OCW (Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap) (2016). *Doorbraakproject onderwijs*

& ICT: overzicht resultaten. Opgehaald op 7 maart 2017, van <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-onderwijs-cultuur-en-wetenschap/documenten/rapporten/2016/12/31/doorbraakproject-onderwijs-en-ict-overzicht-resultaten>

- Pajares, F. (2008). Motivational role of self-efficacy beliefs in self-regulated learning. In Schunk, D. H. & Zimmerman, B. J. (Eds.), *Motivation and self-regulated learning: Theory, research, and applications* (pp. 111-139). New York: Lawrence Erlbaum.
- Raudenbush, S. W., & Bryk, A. S. (2002). *Hierarchical linear models: Applications and data analysis methods (Vol. 1)*. Sage.
- Slavin, R. E. (1987). Ability grouping and student achievement in elementary schools: A best-evidence synthesis. *Review of Educational Research*, 57, 293-336.
- Smit, R., & Humpert, W. (2012). Differentiated instruction in small schools. *Teaching and Teacher Education*, 28, 1152-1162.
- Tomlinson, C. A., Brighton, C., Hertzberg, H., Callahan, C. M., Moon, T. R., Brimiijoin, K., Conover, L. A., & Reynolds, T. (2003). Differentiating instruction in response to student readiness, interest, and learning profile in academically diverse classrooms: A review of literature. *Journal for the Education of the Gifted*, 27, 119-145.
- Tomlinson, C. A., & McTighe, J. (2006). *Integrating differentiated instruction & understanding by design: Connecting content and kids*. Alexandria, Virginia USA: ASCD.
- Trowler, V., & Trowler, P. (2010). Student engagement evidence summary. York, UK: Higher Education Academy.
- Tukey, J. W. (1977). *Exploratory Data Analysis*. London: Addison-Wesley Publishing Company Reading, Mass.
- van Klaveren, C., Vonk, S., & Cornelisz, I. (2017). The effect of adaptive versus static practicing on student learning-evidence from a randomized field experiment. *Economics of Education Review*, 58, 175-187.
- Vermunt, J. D., & Verloop, N. (1999). Congruence and friction between learning and teaching. *Learning and Instruction*, 9, 257-280.
- Wigfield, A., & Eccles, J. S. (2000). Expectancy-value theory of achievement motivation. *Contemporary Educational Psychology*, 25, 68-81.

Auteurs

Nicolette van Halem is als PhD-student verbonden aan verbonden aan de Faculteit der Gedrags- en Bewegingswetenschappen, Vrije Universiteit Amsterdam. **Chris van Klaveren** is als universitair hoofddocent verbonden aan de Faculteit der Gedrags- en Bewegingswetenschappen, Vrije Universiteit Amsterdam. **Ilja Cornelisz** is als universitair docent verbonden aan de Faculteit der Gedrags- en Bewegingswetenschappen, Vrije Universiteit Amsterdam.

Correspondentieadres: Nicolette van Halem, Vrije Universiteit Amsterdam, Van der Boechorststraat 1, 1081 BT Amsterdam, n.van.halem@vu.nl

Abstract

While computer-based differentiation is increasingly common in education, no actual evidence on the effects on the learning process is established yet. This study investigates the effect of data-driven differentiation on students' learning activity, and its relation with obtained summative grades. This study takes place over the course of one school year, in the context of the lower grades of secondary education and the courses biology, economics, and history. Students were randomly assigned to data-driven differentiation within an existing digital learning environment. Analyses were disaggregated into quartiles of students average achievement level and based on a longitudinal hierarchical regression model ($N = 606$), yielding the proportion of variance between and within students (over time). Results suggest that data-driven differentiation positively affects learning activity amongst certain – mostly high-achieving – students. Future research is required in order to fully explain these results and optimise data-driven differentiation in education.

Keywords: Data-driven differentiation; adaptive practice software; learning activity; summative assessment; field experiment