

Computer says no!

Citation for published version (APA):

Haelermans, C. (2022). *Computer says no! Over technologie en ongelijkheid in het onderwijs*. Maastricht University. <https://doi.org/10.26481/spe.20220930ch>

Document status and date:

Published: 30/09/2022

DOI:

[10.26481/spe.20220930ch](https://doi.org/10.26481/spe.20220930ch)

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.umlib.nl/taverne-license

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

repository@maastrichtuniversity.nl

providing details and we will investigate your claim.



Maastricht University

Oratie

Carla Haelermans

30 september 2022

Computer says no!

Over technologie en ongelijkheid in het onderwijs



Computer says no!

Over technologie en ongelijkheid in het
onderwijs

ISBN: 978-90-5321-614-9

© Carla Haelermans 2022. Alle rechten voorbehouden.

Eerste druk

Computer says no!

Over technologie en ongelijkheid in het onderwijs

Rede uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt van Hoogleraar Menselijk Kapitaal, Onderwijstechnologie en Ongelijkheid aan de School of Business and Economics, Maastricht University.

Maastricht, 30 september 2022

Carla Haelermans

Beste Rector Magnificus,

Beste collega's en andere geïnteresseerden,

Lieve familie en vrienden,

Een van de meest, als niet dé meest, bepalende perioden van je leven is je basis- en middelbare schooltijd. Een periode waarin je je als mens ontwikkelt, en kennis, kunde en vaardigheden verwerft die je de rest van je leven nodig hebt. Eerst en vooral gericht op je cognitieve ontwikkeling – leren lezen, schrijven en rekenen, en leren over de wereld om je heen. Maar ook je sociaal-emotionele ontwikkeling, zoals leren omgaan en samenwerken met anderen, communiceren en reflecteren. Je schooltijd is een periode die meestal de koers van de rest van je leven bepaalt. En de kwaliteit van het onderwijs en de kansen die je in die periode wel of niet krijgt (en grijpt) zijn daarbij cruciaal.

Mama, ik weet nog dat jij vroeger altijd zei 'je moet eruit halen wat erin zit'. En papa, jij herhaalde tot vervelens toe dat er 'nog nooit iemand was doodgegaan van hard werken'. Maar inmiddels realiseer ik me wel dat dit geen garantie is voor succes, en vooral dat je dat slechts ten dele in eigen hand hebt. Je moet kansen grijpen als ze zich voordoen, zeker. Maar je moet die kansen wel eerst krijgen vóór je ze kunt grijpen. En daar wringt vaak de schoen, want niet iedereen krijgt gelijke kansen in ons onderwijs.

Waar ik – komend uit een klein, ietwat conservatief, 'doe-maar-normaal-dan-doe-je-al-gek-genoege' (behalve met Carnaval) dorp – met mijn citoscore van 547 een zuinig havo/vwo-advies kreeg en dus naar een havo/vwo-brugklas ging, kwam ik er in de brugklas achter dat mijn klasgenoten uit 'de grote stad' met diezelfde citoscore wél

een vwo-advies hadden gekregen. Voor mij een motiverende factor om nog harder te werken – daar was immers nog nooit iemand van doodgegaan – en ‘ze’ hun ongelijk te bewijzen. Maar het kan ook demotiverend of als een *selffulfilling prophecy* werken. Als je zelfvertrouwen al niet heel groot is, dan concludeer je uit zo’n conservatief advies misschien wel dat er dan vast ándere dingen zijn die maken dat je ‘niet goed genoeg’ bent voor het vwo.

Ook waren er kinderen uit het dorp, die een mavo/havo-advies kregen, die naar de mavo net buiten het dorp gingen – ‘is lekker dichtbij en waarom zou je moeilijk doen als het makkelijk kan’ – in plaats van de mavohavo-brugklas op het voortgezet onderwijs in de stad. Dit verhoogde de drempel om alsnog naar het havo te gaan enorm en dat heeft verdergaande gevolgen voor de toekomst dan waar je op dat moment bij stilstaat. Want het volgen van die hogere opleiding in je jeugd werkt je hele leven door, en draagt onder andere bij aan bijvoorbeeld een betere baan, hoger salaris, betere gezondheid en minder kans op crimineel gedrag.

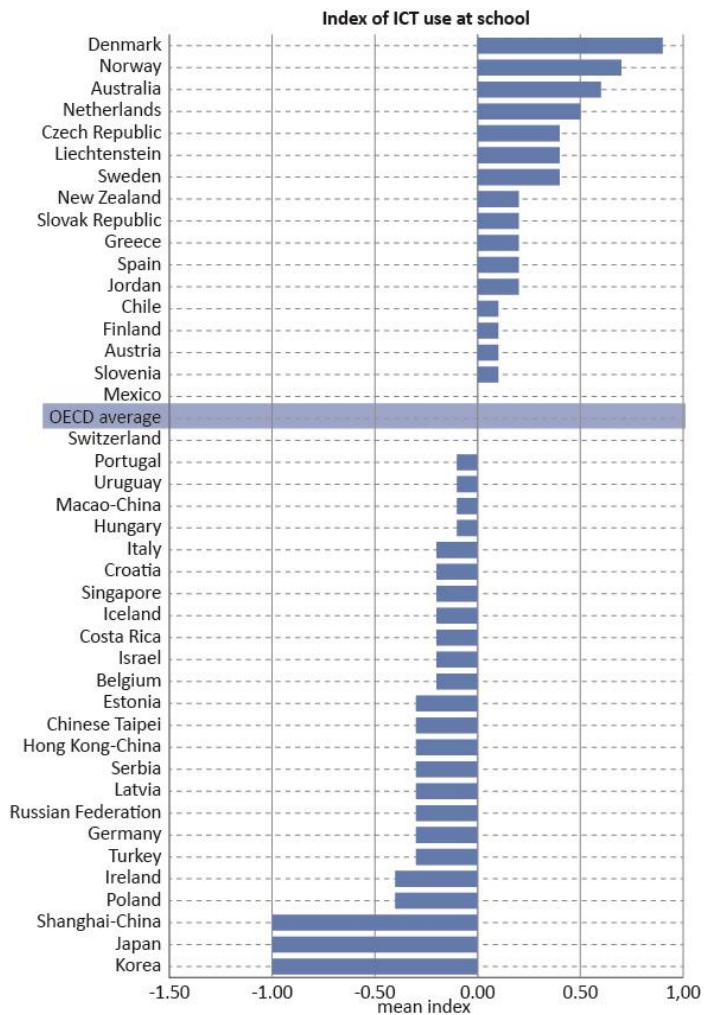
Nu zijn die gegeven adviezen, maar ook de keuzes van de kinderen en hun ouders zelf allemaal mensenwerk. En mensen zijn zelden objectief of volledig rationeel. Dus zie je ook steeds vaker de roep om bepaalde taken door een computer te laten doen, want dat zou beter, of op zijn minst objectiever, zijn. Waarbij vaak vergeten wordt dat ook de objectiviteit van technologie en computers afhankelijk is van de manier waarop ze geprogrammeerd zijn en de input die ze krijgen van, jawel, de mens. En dus krijg je eruit wat je erin stopt. Als je er subjectiviteit instopt, komt er ook subjectiviteit uit. Zo was er recent een nieuwsbericht over geavanceerde algoritmes op basis van artificiële intelligentie die bij vacatures worden ingezet om een eerste schifting te maken tussen sollicitanten¹. Terwijl onderzoek heeft laten zien dat dit soort AI-systemen vaak racistisch is, en bijvoorbeeld mensen met ‘blanke’ namen als beter gekwalificeerd classificeren² of

sollicitanten die aan een vrouwenuniversiteit gestudeerd hadden onmiddellijk afwijzen. Tsja... Een letterlijk voorbeeld van *Computer says no*.

Maar ondanks dat technologie nog niet perfect werkt of voor alles gebruikt kan worden, is het gemak dat de huidige geavanceerde technologie ons brengt tegelijkertijd niet meer weg te denken uit ons dagelijks leven. Ik denk dat velen van jullie zich de tijd nog goed kunnen herinneren dat je niet op internet kon omdat een ander gezinslid aan het bellen was. Nog zo'n letterlijk voorbeeld van *Computer says no*. En dat je je werkstukken voor school op de typemachine schreef. Zelf heb ik nog blind leren typen op een typemachine met gekleurde stickertjes over de letters heen geplakt – iets waarvoor ik mijn ouders nog steeds dankbaar ben, hoewel ik er op dat moment een enorme hekel aan had. Maar dankzij de eerdergenoemde technologische ontwikkeling kun je inmiddels heel makkelijk leren typen op de computer met geavanceerde software, en is die hele cursus inclusief typemachine niet meer nodig.

Het gemak en daarmee gebruik van technologie is uiteraard ook in het onderwijs zelf zichtbaar. In het internationale PISA-onderzoek, dat één keer in de 3 jaar wordt uitgevoerd, liet de OESO (Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling) in 2015 zien dat Nederland voorop liep wat betreft het gebruik van technologie op school (Figuur 1)³. De mate waarop dat gebeurt, liep en loopt echter nog zeer uiteen. Sommige scholen maken slechts gebruik van een digibord, waar anderen een laptop inclusief onderwijssoftware verplicht stellen voor alle leerlingen, of zelfs robots en VR-brillen inzetten in de klas. Vaak zijn dat de scholen in rijkere gemeenten, of scholen die een hogere ouderbijdrage vragen, waardoor de discussie over het onderwijs als motor van de toenemende ongelijkheid ook in de context van het gebruik van onderwijstechnologie opstaat.

Figuur 1 – Het gebruik van technologie op school



Countries and economies are ranked in descending order of the mean index of ICT use at school

Bron: OECD (2015). Students, Computers and Learning: Making the Connection

En dat brengt de drie onderwerpen samen waar ik me in mijn leerstoel mee bezig ga houden: de ontwikkeling van het menselijk kapitaal, de rol die onderwijstechnologie daarin speelt, of kan spelen, en hoe zich dat verhoudt tot (on)gelijkheid in het onderwijs. Belangrijke vragen daarbij zijn of, en zo ja op welke manier, technologie zou moeten worden ingezet in het onderwijs om leerlingen optimaal te helpen zich verder te ontwikkelen, om leerkrachten te ontlasten, en om ongelijkheid tegen te gaan. Maar ook: hoe zorg je voor effectief gebruik van die technologie, hoe motiveer je leerlingen én leerkrachten om hier rationele keuzes in te maken, en: wat is nodig om de algoritmes te optimaliseren, om ze niet alleen beter aan te laten sluiten bij de vragen uit het veld, maar ook de *bias* en discriminatie eruit te halen?

In deze oratie probeer ik jullie mee te nemen in hoe ik met mijn leerstoel wil bijdragen aan het beantwoorden van deze vragen. Eerst ga ik kort in op de theorie van het menselijk kapitaal, en waarom het eigenlijk zo belangrijk is om te investeren in goede basisvaardigheden. Ook bespreek ik waarom de hierboven geschetste vragen multidisciplinaire vraagstukken zijn. Vervolgens neem ik jullie mee in het onderzoek naar onderwijstechnologie, en hoe zich dat verhoudt tot ongelijkheid. Tenslotte bespreek ik de focus van mijn leerstoel en hoe ik met mijn onderzoeksprogramma probeer bij te dragen aan het effectiever gebruik van onderwijstechnologie om zowel het menselijk kapitaal te vergroten als ook de ongelijkheid te verkleinen.

De theorie van het menselijk kapitaal

Even terug naar de theorie. De economische wetenschappen definiëren het menselijk kapitaal als de verzameling van kennis en

vaardigheden van een individu. De traditionele modellen over de ontwikkeling van het menselijk kapitaal zien dit als een uitkomst van cognitieve (aangeboren) vaardigheden in combinatie met investeringen⁴, en verbinden deze theorie aan levensuitkomsten zoals de kans op een (goede) baan en de hoogte van je salaris, zoals ik eerder al benoemde. Veel vroegere studies keken dan ook naar de beslissing om al dan niet te investeren in het (verder) ontwikkelen van je cognitieve vaardigheden (bijvoorbeeld door een vervolgopleiding te gaan doen), en hoe zich dat verhoudt tot je voorkeuren (hoe besteed je je tijd het liefst, zijn daar risico's aan verbonden, etc.)⁵ en tot de kosten en opbrengsten die daarmee gepaard gaan.

Recentere studies naar en modellen van (de ontwikkeling van) het menselijk kapitaal kijken veel breder naar kennis en vaardigheden. Het gaat in die modellen expliciet niet alleen maar over cognitieve vaardigheden, maar ook over niet-cognitieve vaardigheden, zoals psychologische en sociaal-emotionele factoren⁶. En over de rol die sociale- en sociaaleconomische factoren⁷ spelen in de ontwikkeling van het menselijk kapitaal, zoals de omstandigheden waarin en de mensen waarmee je opgroeit. Ook werd de traditionele gedachte dat je als individu in je eentje verantwoordelijk bent voor de ontwikkeling van je eigen menselijk kapitaal losgelaten. Er is tegenwoordig ook nadrukkelijk een rol weggelegd voor de sociale omgeving en (onderwijs) instellingen om een individu te *nudgen* om diens keuzes een bepaalde richting op te beïnvloeden⁸. Denk hierbij bijvoorbeeld aan leraren en ouders die een kind proberen te motiveren, maar ook aan beleidswijzigingen zoals de invoering, afschaffing en weer herinvoering van de studiebeurs, of informatie over baankansen bij bepaalde studiekeuze. Dit indirecte *nudgen* komt uit de gedragseconomie⁹ en laat en passant mooi zien hoe ook binnen het vakgebied economie de subdisciplines meer naar elkaar toe zijn gaan bewegen.

Een andere belangrijke ontwikkeling in de theorie van het menselijk kapitaal is de erkenning dat het niet alleen gaat om dát je (zoveel mogelijk) investeert in het menselijk kapitaal, maar dat het ook heel veel uitmaakt wannéér je dat doet¹⁰. Waarbij de algemene consensus nu is: des te eerder des te beter. De (basis)vaardigheden die je in het begin van je leven ontwikkelt, zorgen voor een snellere/betere ontwikkeling van toekomstige vaardigheden en werken in die zin accelererend voor de verdere ontwikkeling van je menselijk kapitaal.

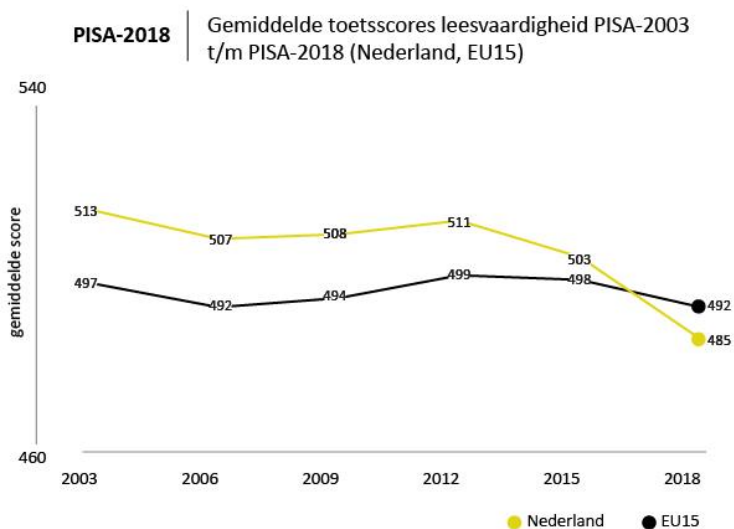
Het belang van goede basisvaardigheden

Het belang van (de investering in) goede basisvaardigheden kan dan ook niet vaak genoeg benadrukt worden. Ten eerste zijn basisvaardigheden van groot belang voor het individu zelf, zoals zojuist al aan de orde kwam bij de bespreking van de theorie van het menselijk kapitaal. Daarnaast is het cruciaal voor de gehele samenleving dat mensen die onderdeel uitmaken van een samenleving functioneren op een bepaald minimaal niveau. Je ziet nu al dat sommige ouders en/of pubers de brieven niet begrijpen die door school gestuurd worden, en dat afgestudeerden vaak niet meer in staat zijn een fatsoenlijke sollicitatiebrief te sturen, waardoor ze lagere kansen hebben op een goede baan en dito salaris, wat doorwerkt in gevolgen voor de hele economie. Maar gebrekkige basisvaardigheden kunnen ook bredere maatschappelijke gevolgen hebben. Stel je voor dat mensen niet meer in staat zijn om verkeersborden te lezen of te begrijpen... Wat een chaos zou het dan zijn in een stad als Amsterdam.

Helaas is er steeds meer kans dat deze scenario's werkelijkheid worden. Het eerder genoemde internationaal vergelijkende PISA-onderzoek laat al enige tijd een zorgwekkende daling zien in de

leesvaardigheid van Nederlandse 15-jarigen (Figuur 2)¹¹. Het is zelfs zo erg dat bijna een kwart van de leerlingen het risico loopt om laaggeletterd te raken (Figuur 3)¹¹. En dat kan vergaande gevolgen hebben.

Figuur 2 – Dalende trend in leesvaardigheid

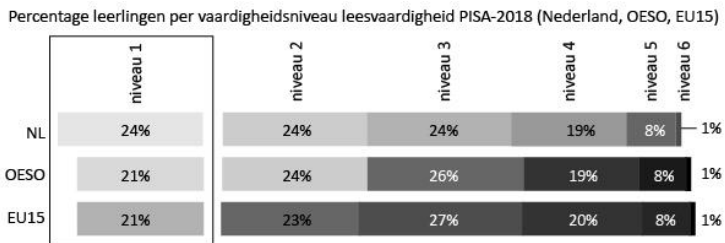


Bron: Gubbels, J., van Langen, A., Maassen, N. & Meelissen, M. (2019). Resultaten PISA-2018 in vogelvlucht. Universiteit Twente.

Uit cijfers van de Algemene Rekenkamer van een aantal jaar geleden bleek dat 1,8 miljoen Nederlanders tussen 16 en 65 niet over basisvaardigheden taal- en rekenen beschikken¹². Een-komma-acht miljoen, dat is 1 op de 8 mensen! En inmiddels zijn die getallen helaas alleen maar toegenomen. En vanuit ongelijkheidsoogpunt is het helemaal alarmerend dat ongeveer de helft van die groep een

migrantenachtergrond heeft of uit een gezin met een lage sociaaleconomische status komt.

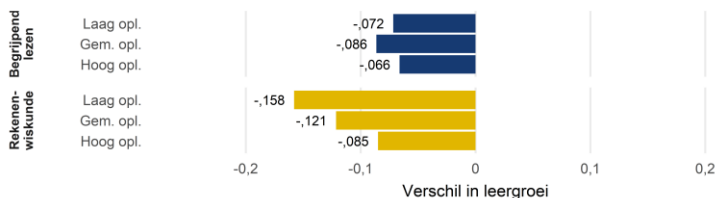
Figuur 3 – Risico op laaggeletterdheid



Bron: Gubbels, J., van Langen, A., Maassen, N. & Meelissen, M. (2019). *Resultaten PISA-2018 in vogelvlucht*. Universiteit Twente.

En ook uit recent onderzoek binnen het project Nationaal Cohortonderzoek Onderwijs (NCO) dat ik zelf met mijn team heb uitgevoerd blijkt ongelijkheid in basisvaardigheden. Toen we keken naar de gevolgen van de schoolsluitingen tijdens de coronapandemie zagen we niet alleen dat er leervertragingen waren voor bijna alle leerlingen op alle domeinen, maar ook dat die vertragingen tot twee keer groter waren voor leerlingen met een lage sociaaleconomische achtergrond (Figuur 4), hier gemeten als leerlingen met ouders met een lage opleiding¹³. En dat is dus bóvenop de ongelijkheid die er al bestond tussen die groepen.

Figuur 4 – Grotere vertraging voor leerlingen met lage sociaal-economische achtergrond



Bron: Haelermans, C., van der Velden, R., Aarts, B., Bijlsma, I., Jacobs, M., Smeets, C., van Vugt, L., & van Wetten, S. (2021). Balans na anderhalf jaar: kwetsbare leerlingen nog steeds (veel) meer vertraging in leergroei. Nationaal Regieorgaan Onderwijsonderzoek. NCO Factsheet No. 9.

Een multidisciplinair vraagstuk

Het vraagstuk over het belang van het onderwijs in het aanpakken van maatschappelijke problemen, zoals (te) lage basisvaardigheden en ongelijkheid in de negatieve effecten van corona, heeft een brede maatschappelijke relevantie. Maar de wetenschappelijke expertise hierover zit juist over verschillende disciplines verspreid. Daarom zou zo'n vraagstuk niet alleen benaderd moeten worden vanuit één discipline, maar juist vanuit meerdere wetenschappelijke disciplines samen. Het verbeteren en eerlijker maken van ons onderwijs is één van de belangrijke multidisciplinaire vraagstukken in de sociale wetenschappen van deze tijd.

Laten we daarom eens op een versimpelde wijze naar die verschillende disciplines kijken. De bril die iedere discipline opzet om naar dit vraagstuk te kijken verschilt namelijk nogal.

Zo benaderen *psychologen* dit vraagstuk vanuit de kenmerken van het individu. Ze analyseren hoe individuen kennis vergaren, en welke emotionele-, sociale en cognitieve leerprocessen daaraan bijdragen. Een voorbeeld hiervan is onderzoek naar de relatie tussen (onderwijs)uitkomsten en verschillen in bijvoorbeeld persoonlijkheidskenmerken en IQ¹⁴.

Sociologen daarentegen focussen vooral op de sociale structuren van het onderwijs als instituut. Zij bestuderen bijvoorbeeld ongelijkheid in het onderwijs en het belang van het sociale en culturele kapitaal daarin¹⁵. Het gaat dan bijvoorbeeld om mechanismen van verschillen in sociaaleconomische achtergrond in relatie tot onderwijsprestaties, die deels toe te schrijven zijn aan cognitieve verschillen, maar voor een groot deel aan (het gebrek aan) het hebben van een academische omgeving thuis¹⁶. Deze initiële verschillen zorgen voor ongelijke startniveaus van leerlingen. Sociologen laten onder andere zien dat verschillende kenmerken van onderwijssystemen, zoals differentiatie en vroege selectie, verder bij kunnen dragen aan de toenemende (on)gelijkheid tussen kinderen¹⁷.

Onderwijskundigen benaderen het nog weer anders. Zij nemen de inhoud en de doelen van het onderwijs als uitgangspunt, en bestuderen daarbij wat de beste manier is om die doelen te bereiken. En hoe dat uitpakt voor verschillende groepen leerlingen, bijvoorbeeld door verschillen te onderzoeken tussen diverse typen instructie en de manier waarop die instructie wordt ingezet¹⁸.

Economen, tenslotte, nemen de theorie van het menselijk kapitaal⁴, die ik eerder al benoemde, of de theorie van de gedragseconomie⁹ vaak als uitgangspunt om naar onderwijs en ongelijkheid daarin te kijken. Hierbij onderzoeken ze bijvoorbeeld wat een extra jaar onderwijs oplevert aan salaris¹⁹, of hoe sociale voorkeuren zoals risicoaversie en wantrouwen onderwijsuitkomsten kunnen

beïnvloeden²⁰. En economen die zich specifiek met onderwijs bezig houden, onderzoeken bijvoorbeeld wat het belang is van het meenemen van psychologische, sociaalemotionele en sociaaleconomische factoren in die modellen van het menselijk kapitaal om verschillen tussen (groepen) leerlingen te verklaren^{6,7}.

Het vakgebied van *onderwijseconomie*²¹, waar ik mijn eigen onderzoek ook toe reken, slaat meer en meer een brug tussen deze vier disciplines, en draagt daarmee bij aan het inzicht in hoe de ontwikkeling van menselijk kapitaal zich verhoudt tot sociaaleconomische verschillen tussen leerlingen. Onderzoek op het snijvlak van deze vier vakgebieden is niet makkelijk noch vanzelfsprekend, maar wel noodzakelijk om de complexe problematiek van de (ongelijkheid in de) dalende basisvaardigheden aan te pakken.

Scholen en klassen worden namelijk steeds diverser, en het is daarom een toenemende uitdaging voor scholen om álle leerlingen die basisvaardigheden goed aan te leren. Het lukt dan ook vaak niet om de cognitieve verschillen, waarmee leerlingen binnenkomen op de school, voldoende weg te werken, of om basisvaardigheden over de gehele linie te verbeteren²². Vanuit de wetenschap wordt vaak gewezen op de voordelen van (individuele) differentiatie tussen leerlingen, om meer rekening te kunnen houden met het eigen niveau en snelheid van leren van een leerling bij het aanleren van vaardigheden²³. Maar in het traditionele onderwijs met klassen van 25 tot 30 (of meer) leerlingen is dat vaak een onmogelijke opgave voor een leraar. Deze uitdaging in combinatie met de digitale revolutie heeft ertoe geleid dat er steeds meer (adaptieve) digitale leermiddelen in en voor het onderwijs beschikbaar zijn, en dat die ook steeds meer gebruikt worden op scholen²⁴. Die trend was een paar jaar geleden al zichtbaar, maar sinds de uitbraak van corona is het gebruik van onderwijstechnologie alleen maar verder toegenomen.

Onderwijstechnologie als middel dat ingezet wordt om basisvaardigheden te ontwikkelen en ongelijkheid in die ontwikkeling te verkleinen is daarmee niet meer weg te denken. De vraag is alleen of dat toegenomen gebruik ook effect heeft op de leerresultaten.

Inzet onderwijstechnologie voor basisvaardigheden

Wie aan onderwijstechnologie denkt (vaak ook Informatie en Communicatie Technologie (ICT) genoemd), denkt waarschijnlijk in eerste instantie aan apparaten, zoals computers, tablets, smartphones en digiborden en aan manieren van communiceren, zoals breedband internet en Wi-Fi. Of aan educatieve software zoals educatieve games en (adaptieve) oefenprogramma's of -websites. Het zijn allemaal onderdelen die horen tot de onderwijstechnologie. Het hebben van apparaten en communicatiemiddelen is uiteraard een voorwaarde voor het kunnen gebruiken van de software. Hoewel voor beiden geldt dat beschikbaarheid nog niks zegt over effectiviteit.

Zo lieten diverse onderzoeken zien dat puur de toegang tot ICT, zonder dat scholen een specifiek doel voor ogen hebben, slechts zorgt voor gemengde resultaten. Sommige studies vinden een positief effect van investeringen in ICT op leerprestaties²⁵, anderen vinden zelfs een negatief effect²⁶, en weer anderen konden überhaupt geen verband aantonen. Hieruit volgt ook de conclusie dat de middelen vaak niet effectief worden ingezet³.

Een voorbeeld hiervan is een grootschalige studie naar een '*One Laptop per Child*'-programma op het Peruviaanse platteland. Daaruit bleek dat dit programma inderdaad meer leerlingen toegang gaf tot

computers en dat de leerlingen de computers meer gebruikten. Maar de onderzoekers vonden geen effecten ervan op motivatie en op reken/taalprestaties. De computers bleken vooral gebruikt te worden voor 'normaal' computergebruik zoals tekstverwerken, browsen, muziek luisteren en spelletjes spelen, en veel minder voor specifieke educatieve doeleinden²⁷. Daarom werd in een van mijn eigen studies naar het gebruik van een digibord in de klas specifiek aandacht besteed aan het vooraf trainen van de leerkrachten hóe ze het digibord effectief zouden kunnen inzetten. En uit de resultaten bleek achteraf ook dat dat één van de redenen was dat dit wél een effectieve interventie bleek te zijn²⁸. Simpelweg technologie in huis hebben of in technologie investeren zonder een specifiek doel voor ogen te hebben betekent dus niet dat het goed wordt ingezet in het onderwijs. Of dat het bijdraagt aan de prestaties van leerlingen. Het is dan ook belangrijk dat de inzet van onderwijstechnologie een middel is, en geen doel op zich.

Meer consequente resultaten zijn dan ook te vinden als we inzoomen op meer specifieke toepassingen van onderwijstechnologie, zoals het gebruik van computerondersteunde instructie in de klas, als toevoeging op de uitleg van de leerkracht. Zo blijkt uit meerdere meta-analyses dat computerondersteunde instructie over het algemeen een klein positief effect heeft op leerprestaties in vergelijking met traditioneel leren in de klas²⁹. Wel valt op dat de resultaten enorm variëren tussen verschillende typen leerlingen en onderwijssettings.

Een nog duidelijker beeld ontstaat bij ICT-toepassingen die gericht zijn op de ontwikkeling van basisvaardigheden zoals rekenen en taal. Met name het gebruik van (adaptieve) onderwijstechnologie bij rekenen levert opvallend consistent positieve resultaten op ten opzichte van traditionele lessen. Er is veel onderzoek gedaan waaruit blijkt dat leerlingen die met computers rekenoefeningen doen beter

presteren.³⁰ Ook in mijn eigen onderzoek naar het gebruik van adaptieve onderwijstechnologie in Nederland laat ik met gerandomiseerde experimenten zien dat er een positief effect is van die technologie op rekenvaardigheden van leerlingen in de onderbouw van het voortgezet onderwijs³¹. Belangrijke kanttekening hierbij is wel dat het niet zozeer gaat om het oefenen op zich, want het is logisch dat leerlingen die meer oefenen ook beter presteren, maar dat het juist toe te schrijven is aan het adaptieve element van de technologie³². Oefen op maat dus. Ook laat zowel de literatuur als mijn eigen onderzoek zien dat adaptieve onderwijstechnologie vooral werkt bij de makkelijker te automatiseren vaardigheden, zoals optellen en vermenigvuldigen.³³

Op het gebied van taalvaardigheid zijn de effecten van adaptieve onderwijstechnologie veel minder duidelijk (zoals effecten bij veel onderzoek naar taalvaardigheid überhaupt minder duidelijk zijn). De meeste studies onderzoeken leesvaardigheid of tekstbegrip, en de algemene conclusie is dat leerlingen die een digitale taaltraining volgen het niet beter doen dan leerlingen die in plaats daarvan iets heel anders doen³⁴. Ik heb zelf echter onderzoek gedaan naar oefenen met spelling in een adaptieve digitale omgeving, en liet zien dat dat wél een klein effect opleverde³⁵. Net als bij rekenen zien we dus ook bij taalvaardigheid dat adaptieve onderwijstechnologie vooral effectief is bij de makkelijker te automatiseren vaardigheden zoals spelling.

Een van de belangrijkste lessen uit de literatuur én mijn eigen studies is dan ook dat adaptieve onderwijstechnologie zeker effectief *kan* zijn. Maar ook dat het dat, om uiteenlopende redenen die vaak niets met de technologie zelf te maken hebben, niet altijd is. In die zin is dat niet per se anders dan bij 'reguliere' onderwijsmaterialen. De effectiviteit hangt af van de manier waarop de onderwijstechnologie wordt ingezet. Als computers gebruikt worden om te tekstverwerken

of muziek te luisteren en niet voor didactische doeleinden, dan hoeven er geen effecten op het leren te worden verwacht. Hetzelfde geldt als digitale oefenprogramma's gebruikt worden om oefeningen te maken op een niveau dat de leerling al lang beheerst. In die gevallen kan het zelfs negatief uitpakken omdat het een (verkeerde) afleiding is³⁶. Het is wel zo dat áls onderwijstechnologie effectief wordt aangepakt het potentieel wel grotere winsten kan behalen dan reguliere onderwijsmaterialen. Juist door de mogelijkheid tot differentiatie en individualisatie in de aanpak.

Uit de literatuur en mijn eigen studies blijken ook grote verschillen tussen leerlingen in hoeveel ze die onderwijstechnologie eigenlijk gebruikten. We zagen dat de leerlingen die vooraf iets beter presteerden net wat vaker aan het oefenen sloegen en daardoor een hogere effectiviteit lieten zien. Maar toen we verder keken, bleken die verschillen tussen leerlingen eigenlijk meer te maken te hebben met verschillen in de motivatie en discipline van de leerlingen (én de leerkrachten), dan met daadwerkelijke onderliggende leerlingkenmerken. En daarmee zijn we weer terug bij de menselijke factor, die ik ook eerder al benoemde. Waarbij het motivationele aspect een mooi voorbeeld is van het figuurlijke *Computer says no* (want: ik heb er geen zin in), uit Little Britain.

Een andere belangrijke conclusie is daarom dat de effecten verschillen tussen leerlingen, en dan met name vanwege verschillen in gedrag en motivatie. Maar gedrag en motivatie worden niet willekeurig aan leerlingen uitgedeeld. Die worden beïnvloed door de sociale omgeving van de leerling. Door vriendjes en vriendinnetjes, maar ook door ouders en leerkrachten. En ook hier geldt dat bijvoorbeeld het opleidingsniveau van de ouders vaak voor een andere opvoeding zorgt met betrekking tot gedrag. Waardoor we weer terug zijn bij het vraagstuk over ongelijkheid, maar dan nu in relatie tot effectieve onderwijstechnologie.

Technologie en ongelijkheid in het onderwijs

Als het gaat over onderwijstechnologie in relatie tot ongelijkheid, zijn wetenschappers het niet met elkaar eens. Zorgt onderwijstechnologie nu voor méér of mínder ongelijkheid? En is onderwijstechnologie daarmee een oplossing voor het verminderen van ongelijkheid of draagt het juist bij aan het probleem? Dat is een cruciale vraag.

Aan de ene kant zou je kunnen beargumenteren dat technologie vooral in het voordeel werkt van de al bevoorrechten, en daarmee ongelijkheid in de hand werkt. Eerder onderzoek laat immers zien dat succesvolle implementatie en effectief gebruik in belangrijke mate beïnvloed worden door de kwaliteit van de leerkracht en van de ouders. Waarbij goede leerkrachten zich toch nog vaker laten verleiden om juist op betere scholen les te geven, in plaats van op de scholen waar ze veel meer het verschil kunnen maken. Ook weten we dat succesvolle implementatie en effectief gebruik vaak vooral in het voordeel werken van leerlingen die al betere vaardigheden hebben. Cognitieve, maar ook niet-cognitieve vaardigheden. Dit voordeel zal vooral tot uiting komen als technologie op een complementaire manier wordt ingezet, naast de al bestaande hulpbronnen zoals uitleg van de leerkracht³⁷. Een voorbeeld hiervan is een digitaal oefenprogramma dat wordt ingezet als huiswerk.

Aan de andere kant zou je juist kunnen beargumenteren dat technologie de ongelijkheid kan verkleinen. Technologie kan worden ingezet om in de klas op een effectieve manier te differentiëren tussen leerlingen, en iedere leerling op haar eigen niveau en tempo te laten werken. In dat geval kan het juist tijd van de leerkracht vrijspelen om zich meer bezig te houden met leerlingen die meer aandacht nodig hebben. In dit voorbeeld wordt technologie ingezet

als substituut tijdens lestijd, en profiteren zowel leerlingen met hogere als leerlingen met lagere vaardigheden hiervan. De juiste mix bepaalt vervolgens of dit de ongelijkheid dan ook daadwerkelijk verkleint, of 'slechts' gelijk houdt.

Maar of onderwijstechnologie nu complementair aan of als een substituut voor de reguliere les gebruikt wordt, in beide gevallen geldt de absolute voorwaarde dat alle kinderen daadwerkelijk toegang moeten hebben tot die technologie, zowel tot computers en andere apparaten als tot bijvoorbeeld internet. En ook dat ze de vaardigheden moeten hebben om er mee om te kunnen gaan. En dát is dus niet voor alle kinderen vanzelfsprekend.

Dat wordt mooi beschreven in de theorie van de 'digitale kloof' (in het Engels: *Digital Divide*)³⁸. Deze theorie beschrijft meerdere niveaus waarop er een digitale kloof kan ontstaan met betrekking tot de mogelijkheden om technologie te gebruiken³⁹. Het kan dan gaan om een kloof tussen mensen, huishoudens, bedrijven of zelfs geografische gebieden, met allemaal verschillende sociaaleconomische achtergronden.

De traditionele theorie van de digitale kloof beschrijft drie niveaus. Het eerste niveau heeft betrekking op wat ik zojuist zei, *toegang* hebben tot computers en internet. Inmiddels creëert dit eerste niveau in de Westerse wereld nauwelijks meer een kloof, hoewel de coronapandemie wel weer liet zien dat er toch nog behoorlijke verschillen op dit vlak zijn, zelfs in Nederland.

Het tweede niveau gaat over de *vaardigheden* om de technologie te kunnen gebruiken. Het is leuk als je thuis een computer hebt, maar daar heb je helemaal niks aan als je niet weet hoe je hem moet gebruiken. Of, wat vooral in de Westerse wereld speelt, als je hem niet weet te gebruiken op een vergelijkbare manier als je

hoogopgeleide klasgenoten dat kunnen, bijvoorbeeld om informatie te vinden over de banenkansen van vervolgoopleidingen of over de mogelijkheden tot aanvullende studiefinanciering.

Het derde niveau van de digitale kloof gaat over *effecten* van toegang tot, vaardigheden voor en gebruik van onderwijstechnologie op diverse uitkomsten. Dit zijn bijvoorbeeld onderwijs- en arbeidsmarktuitskomsten, maar ook gezondheid. Hieruit blijkt dat het hebben van meer digitale vaardigheden bijdraagt aan hogere onderwijsprestaties, met name voor leerlingen met een meer kwetsbare achtergrond⁴⁰.

En recent wordt er ook steeds vaker een vierde niveau aan de theorie van de digitale kloof toegevoegd. In dit vierde niveau gaat het om de vaardigheden en mogelijkheden die aanwezig zijn in de *context* waarbinnen er gebruik wordt gemaakt van technologie. En dat heeft in de context van het onderwijs betrekking op iets wat ik al eerder benoemde, namelijk dat competente en getrainde leerkrachten belangrijk zijn, en in veel gevallen een noodzakelijke voorwaarde, om onderwijstechnologie op een effectieve manier te (kunnen) gebruiken. En dus zijn we ook hier terug bij de menselijke factor.

Het onderzoeksprogramma menselijk kapitaal, onderwijstechnologie en ongelijkheid

En dat brengt me op het onderzoeksprogramma menselijk kapitaal, onderwijstechnologie en ongelijkheid. Waarin ik wil onderzoeken of, en zo ja hoe, bepaalde technologische veranderingen en daaraan gerelateerde interventies in het onderwijs bijdragen aan de ontwikkeling van zowel het cognitieve als het niet-cognitieve

menselijk kapitaal en aan het verkleinen van ongelijkheden in het onderwijs. En dan bedoel ik onderwijs in de brede zin van het woord, van de kleuterschool tot en met leven-lang-leren.

Dit brede thema kun je op verschillende manieren benaderen. Als eerste op het macroniveau, waar de vragen zich vooral richten op geaggregeerde indicatoren waarmee bijvoorbeeld landen vergeleken kunnen worden. Dat zijn dan bijvoorbeeld vragen als: draagt het (effectieve) gebruik van onderwijstechnologie bij aan het algehele gelijkheidsniveau in een land, of aan het algehele opleidingsniveau?

Ten tweede op het mesoniveau, dat zich vooral afspeelt op school dan wel in de klas. Dat zijn vragen als: welke rol speelt (de kwaliteit van) de school en de leerkracht in effectief gebruik van onderwijstechnologie en de effecten hiervan op ongelijkheid? Welke interventies kunnen worden ingezet om meer effectieve onderwijstechnologie te gebruiken in de klas? Welke vaardigheden hebben scholen en leerkrachten nodig om met onderwijstechnologie ongelijkheid te verkleinen? En hebben ze die vaardigheden al, en zo niet, hoe zorgen we dat ze die krijgen?

En als laatste op het microniveau, het niveau van de leerling. Waarbij het gaat om vragen als: welke rol speelt de achtergrond en de persoonlijkheid van de leerling in het gebruik en de effectiviteit van onderwijstechnologie? Hoe verschilt het optimale algoritme van adaptieve onderwijstechnologie tussen verschillende type leerlingen? En: op welke manier zouden we leerlingen moeten *nudgen* om de onderwijstechnologie effectiever te gebruiken, en hoe verschilt dat tussen leerlingen?

De vragen op deze verschillende niveaus probeer ik te beantwoorden vanuit twee brede onderzoeks-benaderingen. De eerste benadering is meer methodologisch en gaat over het gebruik van (quasi)

experimentele analyses om naar de drie losse onderdelen van mijn leerstoel te kijken. Die experimentele analyses gebruik ik om de causale impact te onderzoeken van interventies in het onderwijs of (onverwachte) veranderingen, zoals corona, die het onderwijs, scholen, leerkrachten, leerlingen en/of de thuissituatie van leerlingen beïnvloeden. En daarbij gaat het niet alleen om de effecten zelf, maar vooral ook om de mechanismen achter die effecten.

En uiteraard is het gebruik van kwalitatief hoogwaardige en informatieve data daarbij cruciaal. Ik combineer daarom gegevens die voortkomen uit interventies op scholen met administratieve data bij het CBS en de cohortdata van het Nationaal Cohortonderzoek Onderwijs over de achtergrondkenmerken en onderwijs- en arbeidsmarktuitkomsten van de leerlingen in mijn onderzoek. Door deze combinatie ontstaat er unieke data van hoge kwaliteit die nodig is om nieuwe stappen te zetten in de wetenschappelijke kennis over de ontwikkeling van het menselijk kapitaal en ongelijkheid, en de rol van onderwijstechnologie daarin.

Daar waar de eerste benadering in brede zin erop gericht is om op zichzelf staand te kijken naar effecten van interventies en veranderingen, zowel technologisch als niet-technologisch, op (de ontwikkeling van) het menselijk kapitaal en ongelijkheid in het onderwijs, sla ik in de tweede benadering juist de inhoudelijke brug tussen de drie onderdelen van mijn leerstoel.

In de tweede benadering ga ik specifiek in op de vragen die ik al eerder schetste, waar in de wetenschap nog geen consensus over is. Over hoe de effectiviteit van onderwijstechnologie verschilt tussen leerlingen, waarom dat het geval is, welke rol de leerkracht daarin speelt, en of we verschillen in gebruik en effectiviteit kunnen verklaren met sociale- en persoonlijkheidskenmerken van leerlingen. Maar ook op welke manier algoritmes geprogrammeerd zouden

moeten worden om gebruik en effectiviteit te optimaliseren, wat de gevolgen daarvan zijn voor de ongelijkheid, en of onderwijstechnologie beter als complementair of als substituut ingezet zou moeten worden. Om deze belangrijke vragen uit de tweede benadering te onderzoeken ga ik vooral zelf, samen met scholen uiteraard, veldexperimenten opzetten (in lijn met de eerste benadering). Dit doe ik onder andere vanuit het Nationaal Onderwijs Lab AI, het groeifondsproject onder leiding van Inge Molenaar, maar ook bijvoorbeeld binnen het project van de Nationale WetenschapsAgenda over Jeugd en Digitalisering, en in PhD-projecten samen met mijn promovendi. En uiteraard maken we ook hier weer gebruik van de unieke datacombinaties die ik net ook al benoemde.

Eigenlijk komt deze tweede benadering erop neer om te onderzoeken hoe we ervoor kunnen zorgen dat de computer zowel letterlijk als figuurlijk niet meer ‘nee’ kán zeggen. Om te onderzoeken op welke manier we alle bureaucratische, menselijke en technologische drempels zouden moeten wegnemen om onderwijstechnologie de belofte te laten waarmaken die het vanaf het begin af aan geweest is. Laten we *Computer says no* aanpakken en er *Computer says yes* van maken. Want het huidige onderzoek laat al zien dat kán, nu moeten we er alleen nog uithalen wat erin zit. En daar draag ik graag aan bij.

Een woord van dank

Tot slot nog een woord van dank. Want ik ben veel mensen dankbaar voor de kansen die ik heb gekregen om te staan waar ik nu sta. Allereerst veel dank aan de huidige en vorige Rector Magnificus van de Universiteit Maastricht, de huidige en vorige decaan van de School

of Business and Economics, en aan de huidige en vorige directeur(en) van het ROA voor de erkenning en het vertrouwen dat ik van jullie krijg en heb gekregen met deze leerstoel. In het bijzonder Rianne, Peter, Rolf en Didier; dank dat jullie mij de kans hebben gegeven om eruit te halen wat erin zit.

Tot halverwege mijn master wilde ik absoluut niet de wetenschap in, maar het schrijven van mijn scriptie bracht daar verandering in. Lex en Andries, bedankt dat jullie me in mijn masterjaar hebben laten zien hoe leuk onderzoek doen is!

Jos, dank voor de kans om promotieonderzoek te gaan doen bij IPSE Studies aan de TU Delft. En Henriette en Wim, dank voor de kans om dat promotieonderzoek uiteindelijk bij TIER aan de Universiteit Maastricht af te maken en mijn onderzoekscarrière daar voort te zetten.

Inmiddels zit ik alweer bijna 4 jaar bij de School of Business en Economics. De faculteit waar ik ooit als 18-jarige studente begon.

Rolf, ik weet nog dat ik een paar jaar geleden tegen jou zei: "Ik wil best coördinator worden bij het NCO, maar ik wil niet naar het ROA". Boy, was I wrong! Gelukkig is een mens nooit te oud om van gedachten te veranderen en ben ik inmiddels een gelukkig lid van de ROA-familie. Didier, Rolf en Andries, jullie staan (of stonden) aan het roer van een geweldig mooie multidisciplinaire club, en ik ben trots dat ik er onderdeel van mag zijn. Mark en Frank, fijn om ook met jullie samen te werken om het ROA te laten floreren. En aan alle ROA-collega's: bedankt voor het warme bad!

In het bijzonder wil ik mijn fantastische NCO-team bedanken voor de samenwerking en de grote hoeveelheid lol die we samen hebben. Sanne, Lynn, Mélanie, Timo, Madelon, Arnold, Willemijn, Sabine, Stef, Henry en Chayenne, ontzettend bedankt! En ook oud-teamleden Per,

Bas en Ineke, bedankt voor de fijne samenwerking! Het team is inmiddels zo groot geworden dat ik hoop dat ik niemand vergeten ben te noemen! Rolf en Mark, hoewel jullie geen onderdeel meer uitmaken van het NCO-team wil ik jullie toch even apart benoemen, want zonder jullie was NCO er niet geweest!

Ook een bijzonder woord van dank voor de promovendi die ik begeleid, of begeleid heb, en met wie ik de eer heb samen te (hebben) mogen werken. Dimona, Marlau, Melvin, François, Mélanie, Madelon, Juan, Zola, en Lei, het is een voorrecht om met jullie te werken en jullie te begeleiden. Ik leer iedere dag nog zóveel van jullie!

Academische vrienden, coauteurs en medepromotoren van mijn promovendi, dank! Het is een feest met jullie samen te mogen werken. In het bijzonder veel dank aan Trudie. Ik kijk ernaar uit nog vele jaren met je samen te werken!

Mijn onderzoek zou niet hebben kunnen bestaan zonder de fijne samenwerkingen met leraren, schooldirecteuren, bestuurders en andere onderwijsprofessionals, maar ook beleidsmakers, de mensen van het NCO-team bij het NRO en anderen met wie ik samenwerk. Bedankt!

Maar bovenal wil ik mijn vrienden en familie bedanken. Fijn dat jullie in mijn leven zijn, en ook fijn dat jullie hier vandaag zijn! Anita en Bas, Mirthe en Lodewijk, jullie zijn het bewijs dat familie ook vrienden kunnen zijn en vrienden ook familie. Papa en mama, zonder jullie levenslessen en oneindige steun, wát ik ook besliste, was ik zeker niet zo ver gekomen. Dank voor wie jullie zijn, en voor alles wat jullie me hebben geleerd.

Lieve Arjen, het laatste dankwoord is voor jou. Als jij 22 jaar geleden had geweten dat ik ooit wetenschapper zou worden was je er misschien wel niet aan begonnen. Gelukkig wist je dat toen niet ;-).

Dank voor je geduld, voor je steun en voor je liefde. Het leven zou niet half zo leuk zijn zonder jou.

Slotwoord

Tijd om af te ronden. Ik begon deze rede met de levenslessen die ik van mijn ouders mee kreeg. En de ongelijkheid waar ik ook zelf al vroeg in mijn leven al mee te maken kreeg en die ik in mijn omgeving zag. Er was, en is, niet genoeg tijd om uit te wijden over hoe ik altijd in ging tegen onrechtvaardigheid en als het nodig was dan maar eigenhandig dingen probeerde te veranderen (dat doe ik trouwens nog steeds). Ik kon en kan er écht niet tegen als dingen onrechtvaardig waren. Welkom in het echte leven, zou je dan cynisch kunnen zeggen. Maar je kunt er ook je levenswerk van maken, en met je leerstoel proberen een verschil te maken. En dat is precies wat ik van plan ben te doen.

Ik heb gezegd.

Noten

- 1 <https://www.independent.co.uk/news/world/americas/robots-racism-algorithms-job-hiring-b1860835.html>
- 2 Caliskan, A., J.J. Bryson & A. Narayanan (2017). Semantics derived automatically from language corpora contain human-like biases, *Science*, 356(6334), 183-186.
- 3 OECD (2015). *Students, Computers and Learning: Making the Connection*.
- 4 Becker, G. (1964). *Human Capital*. New York: Columbia University Press.
- 5 Lavecchia, A., H. Liu, & P. Oreopoulos (2016). *Behavioral Economics of Education: Progress and Possibilities*, in Handbook of Economics of Education Volume 5, edited by E.A. Hanushek, S. Machin and L. Woessmann, Elsevier, 1-74, 2016.
- 6 Cunha, F., & J.J. Heckman (2007). The Technology of Skill Formation, *American Economic Review*, 97(2), 31- 47.
Borghans, L., B. Golsteyn, J.J. Heckman & J. Humphries (2016). What grades and achievement tests measure. *Proceedings of the National Academy of Science*, 113(47), 13354-13359.
- 7 Attanasio, O.R. (2015). The determinants of human capital formation during the early years of life: Theory, measurement, and policies. *Journal of the European Economic Association*, 13(6), 949-997.
- 8 Damgaard, M.T. & H. Skyt Nielsen (2018). Nudging in Education. *Economics of Education Review*, 64(1), 313-342.
- 9 Koch, A., J. Nafziger, & H.S. Nielsen (2015). Behavioral economics of education. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 115, 3–17.
- 10 Cunha, F., J.J. Heckman & S. M. Schennach (2010). Estimating the technology of cognitive and noncognitive skill formation. *Econometrica*, 78(3), 883-931.

-
- 11 Gubbels, J., van Langen, A., Maassen, N. & Meelissen, M. (2019). *Resultaten PISA-2018 in vogelvlucht*. Universiteit Twente.
- 12 Algemene Rekenkamer (2016). *Aanpak van laaggeletterdheid*. Algemene Rekenkamer.
- 13 Haelermans, C., Korthals, R., Jacobs, M., de Leeuw, S., Vermeulen, S., van Vugt, L., Aarts, B., Prokic-Breuer, T., van der Velden, R., van Wetten, S., & Inge de Wolf (2022). Sharp increase in inequality in education in times of COVID-19 pandemic. *PLOS ONE*, 17(2):e0261114.
- Haelermans, C., Jacobs, M., van der Velden, R., van Vugt L., & van Wetten, S. (2022). Inequality in Individual and School Level Effects of Primary School Closures Due to COVID-19--Evidence from the Netherlands. *AEA Papers and Proceedings*, 112, 303-307.
- Haelermans, C., van der Velden, R., Aarts, B., Bijlsma, I., Jacobs, M., Smeets, C., van Vugt, L., & van Wetten, S. (2021). Balans na anderhalf jaar: kwetsbare leerlingen nog steeds (veel) meer vertraging in leergroei. Nationaal Regieorgaan Onderwijsonderzoek. NCO Factsheet No. 9.
- 14 Chamorro-Premuzic, T., and A. Furnham (2005). *Personality and Intellectual Competence*. Mahwah, N.J: L. Erlbaum Associates.
- 15 Coleman J.S. (1988). Social capital in the creation of human capital. *American Journal of Sociology*. 94: S95–121.
- Portes, A. (1998). Social capital: Its origins and applications in modern sociology. *Annual Sociology*, 24, 1–24.
- 16 Thomson, S. (2018). Achievement at school and socioeconomic background—an educational perspective. *Nature. Npj Science of Learning*, 3(5).
- 17 Hadjar, A., & C. Gross (2016). *Education systems and inequalities: International comparisons*. Bristol University Press.
- 18 Deunk, M., S. Doolaard, A. Smale-Jacobse, H. de Boer, & R.J. Bosker (2018). Effective differentiation Practices: A systematic review and meta-analysis of studies on the cognitive effects of

-
- differentiation practices in primary education. *Educational Research Review*, 24(2), 31-54.
- 19 Heckman, J.J., J.E. Humphries & G. Veramendi (2018). Returns to Education: The Causal Effects of Education on Earnings, Health, and Smoking, *Journal of Political Economy*, 126(S1): S197- S246.
- Ashenfelter, O., C. Harmon, & H. Oosterbeek. (1999). A review of estimates of the schooling/earnings relationship, with test for publication bias. *Labour Economics*(6), 453-470.
- 20 Dohmen, T., A. Falk, D. Huffman, & U. Sunde (2012). The intergenerational transmission of risk and trust attitudes. *Review of Economic Studies*, 79 (2), 645-677.
- 21 Hanushek et al. (2006-2016). *Handbook of the Economics of Education, volumes 1 -5*. Amsterdam: North Holland.
- 22 Inspectie van het Onderwijs (2018). Peil. Onderwijs: Taak en rekenen 2016/2017.
- 23 Hattie, J. (2009). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. London: Routledge.
- 24 Haelermans, C. (2017). *Digital tools in education – On Usage, Effects and the Role of the Teacher*. SNS Research Report. ISBN 978-918694993-8.
- 25 Machin, S., S. McNally and O. Silva (2007). New technologies in schools: Is there a payoff ? *The Economic Journal*, 117, 1145–67.
- 26 Leuven, E., M. Lindahl, H. Oosterbeek and D. Webbink (2007). The effect of extra funding for disadvantaged pupils on achievement. *The Review of Economic and Statistics*, 89(4), 721–36.
- 27 Christia, J.P.,A. Czerwonko, & P. Garofalo (2014), Does technology in schools affect repetition, dropout and enrolment? *Journal of Applied Economics*, 17(1), 89-112.
- 28 Cabus, S.J., C. Haelermans and S. Franken (2017). SMART in mathematics? – Exploring the effectiveness of teaching low math proficiency students with an interactive whiteboard. *British Journal of Educational Technology*, 48(1), 145–61.

-
- 29 Cheung, A.C.K. and R.E. Slavin (2012). How features of educational technology applications affect student reading outcomes: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 7(3), 198–215.
- Kulik, C.L.C. and J.A. Kulik (1991). Effectiveness of computer-based instruction: An updated analysis. *Computers in Human Behavior*, 7, 75–94.
- Means, B., Y. Toyama, R. Murphy, M. Bakia and K. Jones (2010). *Evaluation of Evidence-Based Practices in Online Learning: A Meta-Analysis and Review of Online Learning Studies*. Retrieved from Washington D.C.: Washington D.C.: Center for Technology in Learning.
- 30 Burns, M.K., R. Kanive and M. DeGrande (2012). Effect of a computer-delivered math fact intervention as a supplemental intervention for math in third and fourth grades. *Remedial and Special Education*, 33, 3.
- Arroyo, I., B. Park Woolf, J.M. Royer, M. Tai and S. English (2010). Improving Math Learning through Intelligent Tutoring and Basic Skills Training' In V. Aleven, J. Kay, and J. Mostow (eds), *ITS 2010, Part i, LNCS 6094* (pp. 423–32). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- 31 Bartelet, D., J. Ghysels, W. Groot, C. Haelermans and H. Maassen van den Brink (2016). The differential effect of basic mathematics skills homework via a web-based intelligent tutoring system across achievement subgroups and mathematics domains: A randomized field experiment. *Journal of Educational Psychology*, 108(1), 1–20.
- Haelermans, C. & J. Ghysels (2015). Het effect van digitaal oefenen en ouderbetrokkenheid op taal- en rekenprestaties van leerlingen in het voortgezet onderwijs. TIER Research Report. Maastricht University, September 2015.
- Haelermans, C., & J. Ghysels (2019). Effectively involving low-SES parents in human capital development: Evidence from a field

-
- experiment. *ROA Research Memoranda*; No. 008, Research Centre for Education and the Labour Market.
- 32 Haelermans, C. & J. Ghysels (2017a). The Effect of Individualized Digital Practice at Home on Math Skills- Evidence from a Two-Stage Randomized Experiment on Whether and Why it Works. *Computers & Education*, 113(1), 119-134.
- 33 Pilli, O. and M. Aksu (2013). 'The effects of computer-assisted instruction on the achievement, attitudes and retention of fourth grade mathematics students in North Cyprus'. *Computers & Education*, 61, 62–71.
- 34 Borman, G.D., J.G. Benson and L. Overman (2008). A randomized field trial of the Fast ForWord Language computer-based training program. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 31(1), 82–106.
- Rouse, C.E. and A.B. Krueger (2004). Putting computerized instruction to the test: A randomized evaluation of a “scientifically-based” reading program, *Economics of Education Review*, 23(4), 323–38.
- Given, B.K., J.D. Wasserman, S.A. Chari, K. Beattie and G.F. Eden (2008). A randomized, controlled study of computer-based intervention in middle school struggling readers. *Brain and Language*, 106, 83–97.
- Potocki, A., J. Ecalle and A. Magnan (2013). Effects of computer-assisted comprehension training in less skilled comprehenders in second grade: A one-year follow-up study. *Computers & Education*, 61, 131–40.
- 35 Ghysels, J. & C. Haelermans (2018). New evidence on the effect of computerized individualized practice and instruction in language skills. *Journal of Computer Assisted Learning*, 34(1), 440-449.
- 36 Beland, L.-P., & R. Murphy (2016). III Communication: Technology, Distraction & Student Performance. *Labour Economics*, 41(1), 61–76.

-
- 37 Jacob, B, D. Berger, C. Hart, S. Loeb (2016). Can Technology Help Promote Equality of Educational Opportunities? *RSF: The Russell Sage Journal of the Social Sciences*. 2(5): 242-271.
- 38 DiMaggio, P., Hargittai, E., Celeste, C., & Shafer, S. (2004). *Digital inequality: From unequal access to differentiated use*. In K. M. Neckerman (Ed.), *Social inequality* (pp. 355–400). New York, NY: Russell Sage Foundation.
- Helsper, E. J. (2012). A corresponding fields model for the links between social and digital exclusion. *Communication theory*, 22(4), 403-426.
- OECD (2001). *Understanding the digital divide*. Paris: OECD publications.
- 39 Deursen van, A.J.A.M. & J.A.G.M van Dijk (2014). The digital divide shifts to differences in usage. *New media & society*, 16(3), 507-526.
- Dewan, S., & Riggins, F. J. (2005). The digital divide: Current and future research directions. *Journal of the Association for information systems*, 6(12), 298-337.
- Wei, K-K, H.H. Teo, H.C. Chan & B.Y. Tan, (2011). Conceptualizing and testing a social cognitive model of the digital divide. *Information Systems Research*, 22(1), 170-187.
- Bruno, G., E. Esposito, A Genovese & K. L. Gwebu (2011). A Critical Analysis of Current Indexes for Digital Divide Measurement, *The Information Society*, 27:1, 16-28.
- 40 Pagani, L., et al., (2016) 'The impact of digital skills on educational outcomes: Evidence from performance tests', *Educational Studies*, vol. 42, no. 2, pp. 137–162.

Carla Haelermans (1983) is sinds juli 2021 hoogleraar Human Capital, Educational Technology and Inequality bij het Researchcentrum voor Onderwijs en Arbeidsmarkt (ROA) aan de Maastricht University School of Business en Economics. Zij studeerde algemene economie aan diezelfde universiteit, en promoveerde in 2012 bij het Top Institute for Evidence-based Education Research (TIER). Sinds 2019 is zij verbonden aan de School of Business and Economics, waar zij PhD-directeur is van de Graduate School for Business and Economics (GSBE) en lid is van het management team van het ROA. Zij is de nationaal coördinator van het Nationaal Cohortonderzoek Onderwijs (NCO) en leidt daarnaast meerdere grote en kleinere projecten bij het ROA. Ook is ze een van de leden van het wetenschappelijk kernteam van het Nationaal Groeifonds-project *Nationaal OnderwijsLab AI* (NOLAI). Zij publiceert multidisciplinair in bladen als *European Sociological Review*, *Computers & Education*, *AEA Papers and Proceedings*, *Journal of Human Capital*, *Journal of Educational Psychology*, en *PloS ONE*.