Opgesteld door: Christa Teurlings (Kennismakelaar)
Vraagsteller: Docent voortgezet onderwijs
Referentie: Kennisrotonde. (2019). *Is het waar dat vmbo-techniekleerlingen met een beperkter ruimtelijk inzicht bij het lezen van 2D-werktekeningen van een bouwobject voordeel hebben van een AR-bril ten opzichte van AR op een (vaste) device?* (KR. 809) Den Haag: Kennisrotonde.

4 februari 2020

Vraag

Is het waar dat vmbo-techniekleerlingen met een beperkter ruimtelijk inzicht bij het lezen van 2D-werktekeningen van een bouwobject voordeel hebben van een AR-bril ten opzichte van AR op een (vaste) device?

Kort antwoord

Er is nog onvoldoende bekend over de meerwaarde van een AR-bril ten opzichte van een AR-toepassing op een device bij het begrijpen van 2D-werktekeningen, ook niet bij vmbo-techniekleerlingen met een beperkter ruimtelijk inzicht.

De theorie over cognitieve belasting voorspelt wel dat de AR-bril de leerlingen met een zwakker visueel-ruimtelijk werkgeheugen en zwakker voorstellingsvermogen beter zal ondersteunen bij het begrijpen en de beeldvorming van een 3D-bouwobject. De theorie zegt echter niet dat deze leerlingen dan ook beter worden in het zelf lezen van 2D-werktekeningen.

Toelichting antwoord

Veel leerlingen met visueel-ruimtelijke problemen hebben een zwakker visueel-ruimtelijk werkgeheugen en voorstellingsvermogen

Vmbo-techniekleerlingen met visueel-ruimtelijke problemen ondervinden verschillende hardnekkige moeilijkheden bij het lezen en begrijpen van een 2D-werktekening van bijvoorbeeld een aanbouw van een huis.[1] Veel van deze leerlingen vinden het lastig om

[1] Ook jonge kinderen en beginnende leerlingen in het techniekdomein hebben nog moeite met deze vaardigheden (Gün & Atosoy, 2017).

in hun hoofd de 2D-tekening 'om te zetten' naar een ruimtelijke voorstelling. Deze leerlingen hebben vaak een beperkter ruimtelijk werkgeheugen: een beperkter vermogen om visueel-ruimtelijke informatie voor korte tijd in het geheugen vast te houden en om met die informatie bewerkingen in het werkgeheugen uit te voeren (Cornoldi e.a., 2016; De Weerdt e.a., 2012). Deze vaardigheden zijn echter wel nodig bij het goed kunnen lezen, begrijpen en hanteren van een 2D-werktekening tijdens het werk (Lee, 2019; Lee e.a. 2019; Lee & Wong, 2014).

Veel onderzoekers en AR-ontwerpers veronderstellen dat AR-toepassingen helpend kunnen zijn

In het algemeen komen onderzoekers tot de conclusie dat toepassingen van Augmented-Reality (AR) kansrijk en helpend kunnen zijn, ook in het onderwijs en de bouwsector. Hierbij baseren ze zich veelal op kleinschalig quasi-experimenteel of kwalitatief onderzoek (Bach e.a. 2018; Burkhardsmeier, 2019; Cheng & Tsai, 2013; Chicchi Giglioli e.a., 2015; De Lange & Lodewijk, 2017; Deshpande & Kim, 2018; Dong e.a., 3013; Gazon & Acevedo, 2019; Lee e.a., 2019; Papanastasiou e.a., 2018; Van Amerongen & Van Rens, 2020).

AR voegt aan de fysieke wereld om ons heen virtuele elementen toe die de gebruiker extra informatie bieden, zoals objecten, tekst of symbolen. Deze virtuele elementen zijn voor leerlingen te zien op hun device zoals de smartphone, laptop of computer, en ook met een AR-bril (zoals de Hololens van Microsoft, Google Glasses of de Apple AR-bril). Door deze AR-toepassingen kunnen leerlingen ruimtelijke objecten ook concreet 'zien', hetgeen onmogelijk is met traditionele weergaven op papier in 2D (zie Lee e.a., 2019).

Leerlingen kunnen vervolgens het getoonde object met de AR-toepassing nader gaan verkennen en onderzoeken (Azuma, 1997). Dit zou mogelijk ook de leerlingen met visueel-ruimtelijke problemen kunnen ondersteunen (Chao & Chang, 2018).

AR-toepassingen zijn kansrijk maar (nog) onvoldoende bewezen effectief

Al wordt er veel onderzoek gedaan naar effecten van verschillende AR-toepassingen, er is nog weinig eenduidig en overtuigend bewijs gevonden van de meerwaarde ervan (De Lange & Lodewijk, 2017; Van Amerongen e.a., 2020, in druk). Veel van de AR-toepassingen zijn ook nog volop in ontwikkeling. In het algemeen worden uiteenlopende en soms tegenstrijdige bevindingen gerapporteerd, waarbij veel van de onderzoeken zich richten op de meerwaarde van AR ten opzichte van traditionele instructiemiddelen, zoals papier, niet-interactieve devices, of 'echte objecten'.

Zo voerden Chao en Chang (2018) een kleinschalig praktijkgericht vergelijkingsonderzoek uit binnen het basisonderwijs. Ze vonden dat leerlingen met een interactieve AR-app een beter begrip van het concept 'volume' ontwikkelden dan leerlingen die gedurende de lessen gebruik maakten van presentaties op video en computers.

Daarentegen beschrijven Gün en Atasoy (2017) een quasi-experimenteel onderzoek bij de leerstof 'geometrische figuren en het meten van volume'. Gedurende het onderzoek gebruikten leerlingen óf een AR-toepassing óf een echt geometrisch object. Leerlingen met de AR-toepassing presteerden na afloop wel beter op de toets dan de andere

leerlingen, maar verschillen waren niet veelzeggend genoeg. Ook werd geen verschil in groei in ruimtelijk vermogen gevonden.

Niet alleen lopen onderzoeksresultaten uiteen, er is ook nog veel onbekend over mogelijke verschillen in meerwaarde van de ene AR-toepassing ten opzichte van de andere. Onderzoek naar verschillen tussen diverse AR-toepassingen is ook schaars, al hebben we wel één (pilot)onderzoek gevonden naar verschillen tussen een AR-device en een AR-bril. Dit onderzoek werd uitgevoerd bij universitair studenten bouwkunde die technisch leren tekenen (Martin-Gutierrez e.a., 2011). Een aantal van deze studenten kreeg een training in ruimtelijke vaardigheden aangeboden, andere niet. De onderzoekers vergeleken drie groepen: studenten die de training kregen en daarbij gebruik maakten van een AR-bril, studenten die eenzelfde training kregen maar daarbij gebruik maakten van een AR-device, en studenten die geen training in ruimtelijke vaardigheden kregen. Het onderzoek liet tussen beide trainingsgroepen met een AR-toepassing geen verschillen zien in het effect op ruimtelijke vermogens, maar wel met de groep die geen training in ruimtelijk vermogen had gekregen. De onderzoekers concludeerden dat de verbetering in ruimtelijk inzicht bij deze universitair studenten niet afhangt van de soort AR-toepassing (bril of device), maar van het volgen van de training zelf (ongeacht de AR-toepassing).

Onderzoeken naar onderlinge verschillen tussen diverse AR-toepassingen bij leerlingen met visueel-ruimtelijke problemen hebben we niet gevonden.

Leerlingen met een beperkter visueel-ruimtelijk werkgeheugen kunnen last hebben van een AR-device

Onderzoekers gaan er inmiddels van uit dat leerlingen met een zwakker visueel-ruimtelijk werkgeheugen gehinderd worden door een AR-device ten opzichte van een 2D-tekening, en leerlingen met een sterk visueel-ruimtelijk geheugen niet. Dit laat bijvoorbeeld Huk (2006) zien aan de hand van een onderzoek tijdens biologielessen over menselijke cellen. Lerenden met een sterk visueel-ruimtelijk werkgeheugen ondervonden voordeel van de AR-toepassing op een device. Studenten met beperkt visueel-ruimtelijk werkgeheugen ondervonden echter nadeel van de interactieve 3D-modellen ten opzichte van 2D-tekeningen op papier. Deze studenten werden juist met de presentatie van de 3D-modellen cognitief overladen.

Onderzoekers verklaren deze bevindingen door gebruik te maken van de *theorie van cognitieve belasting* (zie Huk, 2006; Lee & Wong, 2014). Cognitieve belasting is de hoeveelheid mentale belasting die de taak van leerlingen vraagt. Bij leerlingen met visueel-ruimtelijke problemen is de maximale cognitieve belasting bij ruimtelijke taken in het algemeen eerder bereikt dan bij andere leerlingen (Cornoldi e.a., 2016). De taak vereist dan meer dan de leerling aankan en dat leidt tot een mindere prestatie.

Leerlingen met een zwakker visueel-ruimtelijk werkgeheugen hebben bij het begrijpen van objecten mogelijk voordeel van een AR-bril boven AR-devices of 2D-tekeningen

Ondanks gebrek aan relevant onderzoek, is het op basis van de theorie van cognitieve belasting wel goed denkbaar, dat leerlingen met een zwakker visueel-ruimtelijk werkgeheugen of voorstellingsvermogen voordeel kunnen hebben van de AR-bril bij het

begrijpen van een 3D-bouwobject. Dit komt omdat een AR-bril een minder groot beroep doet op het visueel-ruimtelijke geheugen en voorstellingsvermogen van de leerling, dan AR-devices of 2D-werktekeningen. De leerlingen houden dan meer cognitieve capaciteit over om de getoonde (virtuele) 3D-object concreet waar te nemen, te onderzoeken en te gaan begrijpen.

De AR-bril geeft het 3D-object immers concreet, realistisch en op ware grootte weer (Coxon e.a., 2016), en dat is bij de AR-device of de 2D-werktekening niet het geval. Bij een AR-device zien leerlingen het beeld in kleiner formaat op het scherm en bij de werktekening zien ze het object op schaal in 2D. Met de AR-bril hoeven de leerlingen de tekening op papier of op het beeldscherm dus niet 'te vertalen' naar de ware grootte en naar de echte ruimte om hen heen. Ze kunnen het 3D-object met de AR-bril direct (virtueel) op ware grootte onderzoeken en verkennen.

Naast de beeldweergave zijn de vereiste sensomotorische handelingen bij de AR-bril voor leerlingen minder belastend, in vergelijking met AR-toepassingen op een smartphone, pc of laptop (Leonard & Fitzgerald, 2018). Deze handelingen zijn veelal veel natuurlijker: om het 3D-object te onderzoeken draaien AR-bildragers het hoofd, lopen zij door de virtuele ruimte of bewegen zij de objecten direct met hun handen (Martin-Gutierrez e.a., 2011). Bij de AR-device moeten zij daartoe eerst de muis, het toetsenbord, een speciaal pennetje of de gehele device gebruiken.

Dit zou betekenen, dat de AR-bril voor het gaan begrijpen van een 3D-bouwobject mogelijk meer ondersteuning zal bieden aan leerlingen met een zwakker visueel-ruimtelijk werkgeheugen of voorstellingsvermogen, dan dat andere AR-devices of 2D-werktekeningen dat doen. Al liggen aan deze redenering diverse theoretische inzichten ten grondslag (namelijk de theorie van cognitieve belasting en inzichten in het visueel-ruimtelijke vermogens), overtuigend empirisch bewijs ervoor ontbreekt vooralsnog.

Met een AR-bril leert een leerling niet automatisch ook om zelf 2D-tekeningen te lezen

Wanneer leerlingen met een AR-bril een 3D-object bestuderen, mag niet automatisch worden aangenomen dat ze ook leren om zelf informatie uit 2D-tekeningen te gaan begrijpen en te gaan vertalen naar een beeld of representatie 'in hun hoofd'. Leerlingen hebben hiervoor oefening, instructie of training nodig. Dit geldt vermoedelijk nog nadrukkelijker voor leerlingen met een zwakker visueel-ruimtelijk werkgeheugen of voorstellingsvermogen.

De AR-bril compenseert immers het zwakker visueel-ruimtelijk werkgeheugen en voorstellingsvermogen van de leerling. Daardoor oefenen de leerlingen de complexe activiteiten van het 'vertalen' van een 2D-tekening naar een 3D-visueel model en het visueel voorstellen niet bij louter het gebruik van de AR-bril. Ze worden dan ook niet getraind in het leggen van verbanden tussen het 3D-model en de 2D-werktekening. Daarnaast ontbreken hen daartoe aanvullende instructie, aanwijzingen of oefeningen.

Leerlingen met een zwakker visueel-ruimtelijk werkgeheugen of voorstellingsvermogen hebben veelal wel directe instructies of directe grafische representaties nodig om de vaardigheid in 2D-tekeninglezen te kunnen ontwikkelen (zie bijvoorbeeld Cornoldi e.a., 2016; Huk, 2006; De Weerdt e.a., 2013). Het toevoegen van deze informatie aan het

virtuele 3D-beeld van een AR-bril (bijvoorbeeld in de vorm van tekst of delen van de 2D-tekening) zal deze leerlingen niet helpen. De complexiteit van het 3D-beeld wordt dan voor hen juist te groot.

Geraadpleegde bronnen

Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, *6*(4), 355-385.

Bach, B., Sicat, R., Beyer, J., Cordeil, M., & Pfister, H. (2017). The hologram in my hand: How effective is interactive exploration of 3d visualizations in immersive tangible augmented reality?. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, *24*(1), 457-467.

Burkhardsmeier, D. (2019). *Augmented Woodworking* (Doctoral dissertation). A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Design. Washington: University of Washington.

Chao, W. H., & Chang, R. C. (2018). Using augmented reality to enhance and engage students in learning mathematics. *Advances in Social Sciences Research Journal*, *5*(12), 455-464.

Cheng, K. H., & Tsai, C. C. (2013). Affordances of augmented reality in science learning: Suggestions for future research. *Journal of science education and technology*, *22*(4), 449-462.

Chicchi Giglioli, I. A., Pallavicini, F., Pedroli, E., Serino, S., & Riva, G. (2015). Augmented reality: a brand new challenge for the assessment and treatment of psychological disorders. *Computational and mathematical methods in medicine*, Volume *2015, 1-12*.

Cornoldi, C., Mammarella, I. C., & Fine, J. G. (2016). *Nonverbal learning disabilities*. New York/London: Guilford Publications.

Coxon, M., Kelly, N., & Page, S. (2016). Individual differences in virtual reality: Are spatial presence and spatial ability linked? *Virtual Reality*, *20*(4), 203-212.

De Lange, R., & Lodewijk, M. (2017) *Virtual Reality & Augmented Reality in het primair onderwijs. Een literatuurstudie en verkennend onderzoek*. Den Haag/Leiden: NRO/Kennisrotonde / Universiteit Leiden.

De Weerdt, F., Desoete, A., & Roeyers, H. (2013). Working memory in children with reading disabilities and/or mathematical disabilities. *Journal of learning disabilities*, *46*(5), 461-472.

Deshpande, A., & Kim, I. (2018). The effects of augmented reality on improving spatial problem solving for object assembly. *Advanced Engineering Informatics*, *38*, 760-775.

Dong, S., Behzadan, A. H., Chen, F., & Kamat, V. R. (2013). Collaborative visualization of engineering processes using tabletop augmented reality. *Advances in Engineering Software*, *55*, 45-55.

Garzon, J., & Acevedo, J. (2019). A Meta-analysis of the impact of Augmented Reality on students' learning effectiveness. *Educational Research Review*, 27, 244-260.

Gün, E. T., & Atasoy, B. (2017). The effects of augmented reality on elementary school students' spatial ability and academic achievement. *Egitim ve Bilim*, *42*(191), 31-51.

Huk, T. (2006). Who benefits from learning with 3D models? The case of spatial ability. *Journal of computer assisted learning*, *22*(6), 392-404.

Lee, E. A. L., & Wong, K. W. (2014). Learning with desktop virtual reality: Low spatial ability learners are more positively affected. *Computers & Education*, *79*, 49-58.

Lee, I. J. (2019). Using augmented reality to train students to visualize three-dimensional drawings of mortise–tenon joints in furniture carpentry. *Interactive Learning Environments*, 1-15.

Lee, I. J., Hsu, T. C., Chen, T. L., & Zheng, M. C. (2019). The Application of AR Technology to Spatial Skills Learning in Carpentry Training. *International Journal of Information and Education Technology*, *9*(1), 56-60.

Leonard, S. N., & Fitzgerald, R. N. (2018). Holographic learning: A mixed reality trial of Microsoft HoloLens in an Australian secondary school. *Research in Learning Technology*, *26*, 2160-2171

Martín-Gutiérrez, J., Navarro, R. E., & González, M. A. (2011, October). Mixed reality for development of spatial skills of first-year engineering students. In *2011 Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp. T2D-1). IEEE.

Papanastasiou, G., Drigas, A., Skianis, C., Lytras, M., & Papanastasiou, E. (2019). Virtual and augmented reality effects on K-12, higher and tertiary education students' twenty-first century skills. *Virtual Reality*, *23*(4), 425-436.

Van Amerongen, M., Horvers, A., Van Kempen, D. & Van Rens, C. (2020, in druk). *Opbrengsten van AR in het onderwijs: stand van onderzoek. Bedoelde en onbedoelde effecten van pedagogisch-didactische toepassingen met augmented reality-elementen op het leren* Minireview Augmented Reality van de Kennisrotonde (NRO) voor het ministerie van Onderwijs en Wetenschap. Den Haag: Kennisrotonde.

Meer weten?

Kennisrotonde (2017): Wat weten we over de inzet en effectiviteit van Augmented Reality en Virtual Reality in het basisonderwijs?

Onderwijssector

Voortgezet onderwijs, middelbaar beroepsonderwijs

Trefwoorden

Visueel-ruimtelijk vermogen, ICT, gedrags- en leerproblemen, multimedia, augmented reality