



Vito Candido

Vito Candido ist leitender Forscher an der Eidgenössischen Hochschule für Berufsbildung. Er befasst sich mit dem Einsatz immersiver Technologien zur Unterstützung der beruflichen Bildung.



Alberto Cattaneo

Alberto Cattaneo ist Professor und Leiter eines Forschungsbereichs an der Eidgenössischen Hochschule für Berufsbildung. Er befasst sich mit der Untersuchung der effektiven Integration von Bildungstechnologien in Lehr- und Lernprozesse.

 Auch von Alberto Cattaneo

 03/06/26  Forschung  <https://doi.org/10.64829/15499>
(<https://doi.org/10.64829/15499>)

EHB-Projekt entwickelt App für das räumliche Vorstellungsvermögen

Wie Augmented Reality das Lernen unterstützen kann

Vito Candido & Alberto Cattaneo

Augmented Reality (AR) ist eine Technologie, die computergenerierte Elemente in Echtzeit über die reale Welt legt. Sie wird seit den 90er-Jahren zur Optimierung industrieller Prozesse eingesetzt, dient aber auch zur Unterstützung des Lernens. Ein Forschungsprojekt der EHB untersuchte, wie AR tatsächlich Lernprozesse anstossen kann und nicht nur zu oberflächlichem Nachahmen verleitet. Das Projekt bestand aus drei Phasen und führte dazu, dass die involvierten Berufsfachschulen die dabei entwickelte App in den Regelunterricht aufnahmen. Sie unterstützt Lernende im Sanitärinstallationshandwerk beim Umsetzen von technischen Zeichnungen in die reale Welt.

Als das Projekt 2021 konzipiert wurde, gab es noch kaum Belege dafür, dass AR für die berufliche Bildung nützlich sein könnte.

Augmented Reality (AR) hatte von Anfang erhebliche Auswirkungen auf die Industrie. Sie optimierte Produktionsprozesse und reduzierte menschliche Fehler (Masood & Egger, 2019; Palmarini et al., 2018). Diese Technologie hatte jedoch auch im Bildungsbereich bedeutende Folgen (Akçayır & Akçayır, 2017; Bacca et al., 2014; Garzón et al., 2019). Es gibt viele Möglichkeiten, AR einzusetzen (Craig, 2013); Metaanalysen stützen die Annahme, dass sie das Lernen stärker fördern kann als

traditionelle Methoden (Bödding et al., 2025; Chang et al., 2022; Garzón & Acevedo, 2019).

In diesem Artikel beziehen wir uns auf AR, die über Headsets genutzt wird, insbesondere das Gerät Microsoft HoloLens 2. Im Rahmen des Projekts (<https://www.ehb.swiss/forschung/projekte/kombination-aus-augmented-reality-und-interaktiven-videos-interaktive>) «Kombination aus AR und interaktiven Videos: Interaktive Technologien zur Unterstützung des prozeduralen Lernens in der beruflichen Grundbildung», das mit Finanzierung durch das SBFI entwickelt wurde, haben wir versucht, den Einsatz von AR kritisch zu betrachten und seine Wirksamkeit in verschiedenen experimentellen Studien zu überprüfen.

Das Projekt war in drei Phasen unterteilt.

1. Im Rahmen einer interviewbasierten Studie – der ersten Phase – ermittelten wir, welcher Berufsstand am meisten vom Einsatz dieser Technologie profitieren könnte (Candido et al., 2023).
2. In der zweiten Phase untersuchten wir die Bedingungen für die Wirksamkeit des Einsatzes von AR in Bezug auf einen sehr einfachen Vorgang – das Falten eines T-Shirts mit einer bestimmten Technik. In diesem Zusammenhang testeten wir auch eine neue Form der visuellen Signalisierung (Candido et al., 2026).
3. In der dritten Phase entwickelten wir, basierend auf den Vorstudien, eine Anwendung für die Unterstützung des räumlichen Vorstellungsvermögens (Martín-Gutiérrez et al., 2010, 2015; Piri & Çağiltay, 2023).

Die Vorbereitungsphase des Projekts – die Interviewstudie

Als das Projekt 2021 konzipiert wurde, gab es noch kaum Belege dafür, dass AR für die berufliche Bildung nützlich sein könnte. Deshalb führten wir eine auf Interviews basierende Studie durch, an der über 70 Expertinnen und Experten aus dem Tessin und der deutschen Schweiz teilnahmen, darunter Lehrkräfte und Ausbilderinnen in überbetrieblichen Kursen und Betrieben. Die Ergebnisse waren eindeutig: Die Befragten zeigten sich unabhängig von ihrer Rolle überzeugt, dass AR das Lernen unterstützen kann, insbesondere bei Tätigkeiten, bei denen man sich vorstellen muss, wie ein Objekt dreidimensional dargestellt werden kann oder wie es nach einer Drehung aussieht (Candido et al., 2023). Zudem identifizierten wir zwei Berufe, die mehr als andere von den technischen Vorteilen von AR profitieren könnten: Sanitär- sowie Heizungsinstallateure.

Die Studienphase zum pädagogischen Design der Anwendung – die T-Shirt-Trilogie

Nach diesem ersten Schritt führten wir einige Versuche durch. So prüften wir, ob das vorhandene Wissen über multimediale Lernmedien auch auf den Einsatz von AR übertragen werden kann, und ob neue Lösungen dessen besonderen technischen Möglichkeiten optimieren könnten. Diese Versuche erfolgten entlang einer einfachen Aufgabe: dem Falten eines T-Shirts auf eine wenig bekannte Art. Diese erfordert die Befolgung präziser Anweisungen und die Ausführung spezifischer Bewegungen im Raum.

AR, bei der ein Head-Mounted-Display zum Einsatz kommt, ermöglicht es, Anweisungen direkt auf dem realen T-Shirt – anstatt in einem Handbuch oder einem Video – anzuzeigen. In einer ersten Teilstudie (Candido et al., 2025) verglichen wir die Wirkung von Anweisungen über AR mit denen in Videos. Bei der Videoanleitung sahen die Testpersonen die Anweisungen zum Falten des T-Shirts in einem Film an, den sie bei Bedarf anhalten konnten, um Schritt für Schritt mit dem Falten fortzufahren. Hier war die Probandin gezwungen, ihre Aufmerksamkeit mehrmals vom T-Shirt auf den Film (und umgekehrt) zu lenken. Demgegenüber ist AR in der Lage, auf dem realen T-Shirt anzuzeigen, wo der Stoff als Nächstes ergriffen werden muss. Sie kann den Probanden mit räumlichen Animationen bis zum Ende des Vorgangs führen (Abbildung 1; für Augmented Reality steht auch dieses Demonstrationsvideo zur Verfügung).



Abbildung 1. Unterschiede in der Darstellung zwischen Videos und Augmented Reality (AR).

AR kann die Durchführung eines Vorgangs also sehr unterstützen. Dies kann allerdings zu einem Ergebnis führen, das Personen kennen, die Google Maps verwenden: Man umgeht den Stau, indem man alternative Routen wählt, und erreicht das Ziel rechtzeitig; aber wenn man versucht, dieselbe Strecke ohne das Navigationsgerät zurückzulegen, erinnert man sich kaum mehr an den Weg. In der

AR kann die Durchführung eines Vorgangs also sehr unterstützen. Dies kann allerdings zu einem Ergebnis führen, das Personen kennen, die Google Maps verwenden.

wissenschaftlichen Literatur wird dieses Phänomen als «Assistenzdilemma» bezeichnet. Es beschreibt, dass es sehr komplex ist, das optimale Mass an Unterstützung durch Technologie zu definieren; ist es zu hoch, findet das Lernen nur oberflächlich statt (Koedinger & Aleven, 2007).

Um diesen Aspekt zu untersuchen, haben wir ein zweites Element eingeführt und Personen, die nur den Ablauf sahen, mit Personen verglichen, denen zusätzlich Informationen über häufige Fehler zur Verfügung standen. Während der Durchführung des Verfahrens zeigte die Technologie (sowohl mit AR als auch mit Video) also, dass bei der Ausführung bestimmter Schritte Fehler passieren können, deren Folgen ebenfalls dargestellt wurden. Dahinter steht die erwähnte Überlegung, dass AR zwar ein sehr hohes Mass an Unterstützung bieten kann, es aber sehr wahrscheinlich ist, dass die lernende Person nicht wirklich lernt, sondern das Gelingen fast vollständig der Technologie überlässt. Wenn man sie jedoch über alle Fehler informiert, die sie begehen könnte und die sie vermeiden sollte, sollte ihre «Wachsamkeit» steigen. Auf diese Weise könnte Augmented Reality das Erlernen des Faltens eines T-Shirts wirksamer unterstützen. Das Forschungsdesign sah also zwei untersuchte Faktoren vor: einen technologischen (RA vs. Video) und einen pädagogischen (mit oder ohne Informationen zu häufigen Fehlern).

Tatsächlich zeigten unsere Ergebnisse jedoch einen unerwarteten Effekt: Die Lernergebnisse fielen insgesamt schlechter aus, wenn Augmented Reality zum Einsatz kam. Ursache dafür war eine übermässige kognitive Belastung. Für eine eingehende Analyse der Ergebnisse zur externen kognitiven Belastung und deren Auswirkungen auf die Lernergebnisse verweisen wir auf die bereits veröffentlichte Arbeit (Candido et al., 2025). An dieser Stelle sei lediglich zusammengefasst, dass der Einsatz von AR – einer innovativen Technologie, die fast alle Teilnehmer zum ersten Mal nutzten – die Probandinnen stark abgelenkt hat, sodass sie dem Lernprozess weniger Aufmerksamkeit schenken und letztendlich schlechtere Ergebnisse erzielten als die Personen, die das Video nutzten.

Die Hinweise auf mögliche Fehler haben die Genauigkeit bei der Ausführung der Aufgabe (das Zusammenlegen eines T-Shirts) erhöht, auch bei den vorgeschlagenen Transferaufgaben mit T-Shirts.

Das interessanteste Ergebnis ergibt sich aus dem Zusammenspiel der beiden untersuchten Faktoren (Abbildung 2). Für die Personen, die das Falten des T-Shirts via Video erlernten, waren die Hinweise auf mögliche Fehler wenig hilfreich (die beiden grünen Säulen sind gleich hoch), da zum Erlernen des Vorgangs so oder so Aufmerksamkeit erforderlich war. Bei AR hingegen beeinflusste der explizite pädagogische Ansatz (das Lernen aus Fehlern) den Lernerfolg relativ stark. Mit anderen Worten: Die Hinweise auf mögliche Fehler haben die Genauigkeit bei der Ausführung der Aufgabe (das Zusammenlegen eines T-Shirts) erhöht, auch bei den vorgeschlagenen Transferaufgaben mit T-Shirts unterschiedlicher Grösse oder in unterschiedlicher Ausrichtung, insbesondere im Fall der RA. Das heisst: Auch wenn diese Unterschiede statistisch nicht signifikant sind, scheint Augmented Reality aus beschreibender Sicht besser zu sein als Videos, wenn es darum geht, auf häufige Fehler hinzuweisen. Das Potenzial von AR ist also offensichtlich, doch um es auszuschöpfen, muss der richtige pädagogische Ansatz gewählt werden.

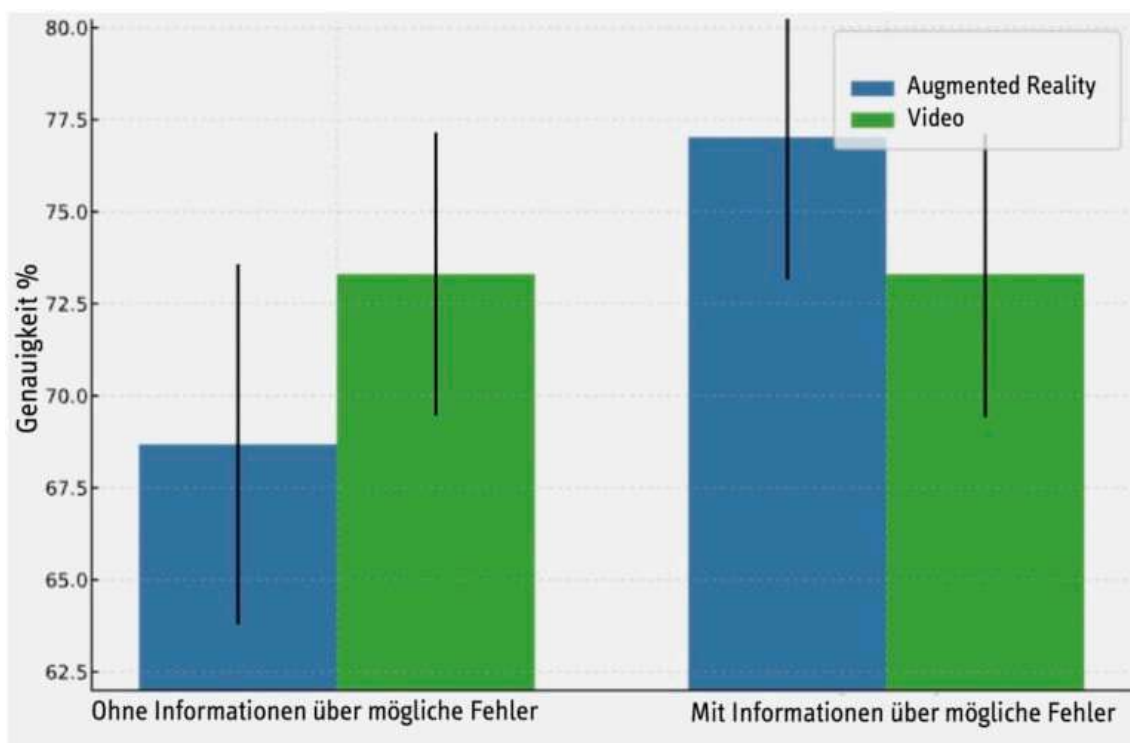


Abbildung 2. Wechselwirkung zwischen eingesetzter Technologie und pädagogischem Ansatz.

Die zweite Teilstudie (Candido et al., 2026a) untersuchte, ob bestimmte Grundsätze der multimedialen Didaktik auch in der AR gelten. Die Ergebnisse stimmen vollständig mit der Literatur zu anderen Technologien überein (Ginns, 2005; Noetel et al., 2022).

So verringert die Verwendung mündlicher im Vergleich zu schriftlichen Anweisungen die kognitive Belastung deutlich und steigert die Leistung.

Die dritte Teilstudie (Candido et al., 2026b) führte eine neue Methode zur Vermittlung von Informationen ein und nutzte eine der technischen Funktionen, die manche immersive Geräte bieten: die Handverfolgung. Hier erkennt das System, wo sich die Hände von Teilnehmenden befinden, und verwendet diese Information, um präzisere Anweisungen zu geben. In unserem Fall erhielten Probanden, deren Hände nicht genau an der richtigen Stelle auf dem T-Shirt lagen, keine Anweisung, wie sie fortfahren sollten – und wurden so darauf hingewiesen, genauer darauf zu achten, wo sie ihre Hände platzieren. Diese Form der indirekten Rückmeldung erwies sich als sehr wirksam.

Die Umsetzungsphase – vor Ort mit den Auszubildenden

Nachdem wir Erkenntnisse darüber gesammelt hatten, wie man eine AR-Applikation zur Lernunterstützung effektiv gestaltet, wendeten wir uns der beruflichen Praxis zu und arbeiteten mit Sanitärinstallateuren zusammen. Daraus entstand eine App, die die Schwierigkeiten aufnimmt, die Lernende haben, wenn sie zweidimensionale Skizzen auf der Baustelle im Raum umsetzen müssen.

Wie die App funktioniert, wird in Abbildung 3 angedeutet. Sie gibt den Auszubildenden die Möglichkeit, virtuelle Rohre zu verwenden, die sie dem links sichtbaren Bereich entnehmen, während sie vor sich – mit blau eingefärbten Titeln versehen – das Projekt sehen, das ihnen vom Ausbildner in Form einer technischen Zeichnung zugewiesen wurde. Gleichzeitig können die Lernenden in den grün eingefärbten Ansichten live beobachten, wie sich die von ihnen verlegten Rohrleitungen in einer zweidimensionalen Zeichnung niederschlagen. Dies hilft ihnen, den Zusammenhang zwischen einer zweidimensionalen Darstellung und den Rohren, die sie in der Szene platzieren, besser zu verstehen und einen Vergleich mit der erhaltenen Aufgabe anzustellen.

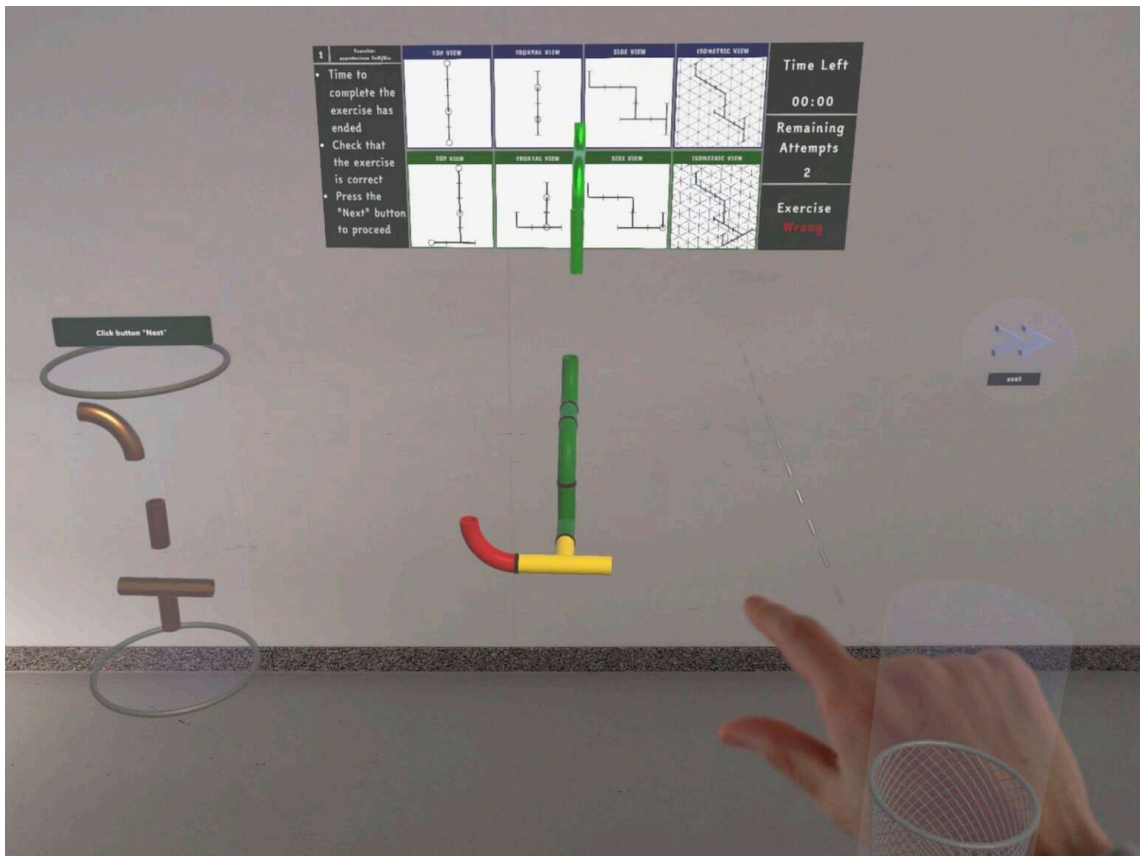


Abbildung 3. Benutzeroberfläche der Anwendung.

Die Leistungssteigerung der Lernenden im Bereich des technischen Zeichnens war sehr deutlich, und auch die Motivation war sehr hoch.

Mit dieser Applikation haben wir drei Datenerhebungen durchgeführt. Im Rahmen einer Pilotstudie mit einer kleinen Gruppe von Lernenden testeten wir seine Benutzerfreundlichkeit und seine Wirksamkeit. Danach führten wir zwei Längsschnittstudien von jeweils etwa anderthalb Monaten Dauer durch, in denen die Teilnehmerinnen die App in vier Sitzungen von jeweils etwa 45 Minuten nutzten. Die Ergebnisse waren sehr positiv, weshalb wir die Zielgruppe (mit Unterstützung des BeLearn-Konsortiums) über den formalen Rahmen des ersten Projekts hinaus erweiterten. Die vorläufigen Analysen aus dieser Arbeit bestätigen die Ergebnisse der ersten Längsschnittstudie: Die Leistungssteigerung der Lernenden im Bereich des technischen Zeichnens war sehr deutlich, und auch die Motivation war sehr hoch. Dies hat die beteiligten Schulen – das Centro Professionale Tecnico (CPT (<https://www.cptlocarno.ti.ch/>)) in Locarno, die Gewerbliche Berufsschule (GB (<https://www.gbchur.ch/>)) Chur und die gibb Berufsfachschule Bern (gibb (<https://gibb.ch/>)) – veranlasst, die App auch in Zukunft weiter zu nutzen.

Literatur

- Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education (<https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>): A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20, 1–11.
- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S., & Kinshuk. (2014). Augmented reality trends in education (<https://hdl.handle.net/20.500.12799/5029>): A systematic review of research and applications. *Educational Technology & Society*, 17(4), 133–149.
- Bödding, R., Schriek, S. A., & Maier, G. W. (2025). A systematic review and meta-analysis of mixed reality in vocational education and training (<https://doi.org/10.1007/s10055-025-01118-z>): Examining behavioral, cognitive, and affective training outcomes and possible moderators. *Virtual Reality*, 29, 44.
- Candido, V., Cattaneo, A., & Petko, D. (2025). Exploring multimedia principles and learning from errors in augmented reality and video (<https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2025.102244>). *Learning and Instruction*, 101, Article 102244.
- Candido, V., Cattaneo, A., & Petko, D. (2026a). No news is good news (<https://doi.org/10.1002/jcal.70185>): Testing modality and redundancy in immersive augmented reality. *Journal of Computer Assisted Learning*, 42(1).
- Candido, V., Cattaneo, A., & Petko, D. (2026b). Enhancing procedural learning through refined signaling in immersive augmented reality. *Paper submitted for publication*.
- Candido, V., Raemy, P., Amenduni, F., & Cattaneo, A. (2023). Could vocational education benefit from augmented reality and hypervideo technologies? (<https://doi.org/10.13152/IJRVET.10.2.1>) An exploratory interview study. *International Journal for Research in Vocational Education and Training*, 10(2), 138–167.
- Chang, H.-Y., Binali, T., Liang, J.-C., Chiou, G.-L., Cheng, K.-H., Lee, S. W.-Y., & Tsai, C.-C. (2022). Ten years of augmented reality in education (<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104641>): A meta-analysis of (quasi-) experimental studies to investigate the impact. *Computers & Education*, 191, Article 104641.

- Craig, A. B. (2013). *Understanding augmented reality: Concepts and applications*. Morgan Kaufmann.
- Garzón, J., & Acevedo, J. (2019). Meta-analysis of the impact of augmented reality on students' learning gains (<https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.04.001>). *Educational Research Review*, 27, 244–260.
- Garzón, J., Pavón, J., & Baldiris, S. (2019). Systematic review and meta-analysis of augmented reality in educational settings (<https://doi.org/10.1007/s10055-019-00379-9>). *Virtual Reality*, 23(4), 447–459.
- Ginns, P. (2005). Meta-analysis of the modality effect (<https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2005.07.001>). *Learning and Instruction*, 15(4), 313–331.
- Koedinger, K. R., & Aleven, V. (2007). Exploring the assistance dilemma in experiments with cognitive tutors (<https://doi.org/10.1007/s10648-007-9049-0>). *Educational Psychology Review*, 19(3), 239–264.
- Martín-Gutiérrez, J., Saorín, J. L., Contero, M., Alcañiz, M., Pérez-López, D. C., & Ortega, M. (2010). Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students (<https://doi.org/10.1016/j.cag.2009.11.003>). *Computers & Graphics*, 34(1), 77–91.
- Martín-Gutiérrez, J., Contero, M., & Alcañiz, M. (2015). Augmented reality to training spatial skills (<https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.12.356>). *Procedia Computer Science*, 77, 33–39.
- Masood, T., & Egger, J. (2019). Augmented reality in support of Industry 4.0 (<https://doi.org/10.1016/j.rcim.2019.02.003>)—Implementation challenges and success factors. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 58, 181–195.
- Noetel, M., Griffith, S., Delaney, O., Harris, N. R., Sanders, T., Parker, P., del Pozo Cruz, B., & Lonsdale, C. (2022). Multimedia design for learning: An overview of reviews with meta-meta-analysis (<https://doi.org/10.3102/00346543211052329>). *Review of Educational Research*, 92(3), 413–454.
- Palmarini, R., Erkoyuncu, J. A., Roy, R., & Torabmostaedi, H. (2018). A systematic review of augmented reality applications in maintenance (<https://doi.org/10.1016/j.rcim.2017.06.002>). *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 49, 215–228.

- Piri, Z., & Çagiltay, K. (2023). Can 3-dimensional visualization enhance mental rotation ability? (<https://doi.org/10.1080/10447318.2023.2196161>) A systematic review. *International Journal of Human–Computer Interaction*, 40(14), 3683–3698.

Zitiervorschlag

Candido, V. & Cattaneo, A. (2026). Wie Augmented Reality das Lernen unterstützen kann. *Transfer. Berufsbildung in Forschung und Praxis* 11 (8).

<https://doi.org/10.64829/15499> (<https://doi.org/10.64829/15499>)

Das vorliegende Werk ist urheberrechtlich geschützt. Erlaubt ist jegliche Nutzung ausser die kommerzielle Nutzung. Die Weitergabe unter der gleichen Lizenz ist möglich; sie erfordert die Nennung des Urhebers.