

🕒 01/02/23    🔍 Recherche

Cas d'exemple de la formation professionnelle initiale aux métiers de l'électricité

## Acquérir des compétences professionnelles grâce à la réalité virtuelle

👤 Martin Berger, Katrin Kraus, Thomas Keller, Elke Brucker-Kley, Janick Michot & Reto Knaack

La « première vérification » d'installations électriques est une compétence opérationnelle centrale dans les métiers de l'électricité. Mais l'enseignement de cette compétence opérationnelle pose des défis majeurs aux lieux de formation, comme le montrent également les résultats décevants dans les procédures de qualification. Un projet interdisciplinaire innovateur de la Haute école pédagogique de Zurich (PHZH) et de la Haute école des sciences appliquées de Zurich (ZHAW) se penche sur ce problème et explore le potentiel de la réalité virtuelle (RV) pour le développement de compétences opérationnelles à l'exemple de la première vérification. Dans le cadre de ce projet, on a développé le prototype d'un environnement d'apprentissage RV pour les métiers de l'électricité, et en a évalué les effets avec une étude de terrain. Les résultats ont indiqué le potentiel de cette technologie pour l'apprentissage professionnel.

---

### 1 Situation initiale

Avec le développement extrêmement rapide de la réalité virtuelle (RV), il devient de plus en plus aisé de s'immerger dans des univers 3D générés par la technique et d'y interagir avec des objets.<sup>[1]</sup> En tant qu'« univers d'expérience basés sur la technologie » (Zinn 2020), la réalité virtuelle devient donc également intéressante comme complément à la formation professionnelle initiale, car elle permet de présenter et de transmettre des contenus complexes de manière proche de la réalité et de promouvoir ainsi les compétences professionnelles (Kim et al. 2020 ; Goertz, Fehling et Hagenhofer 2021 ; Cattaneo 2022). Cependant, les environnements d'apprentissage virtuels ne sont encore guère utilisés de façon systématique dans la formation professionnelle initiale ; les acquis de la recherche sont encore insuffisants, et le potentiel de cette technologie pour l'acquisition de compétences professionnelles ne semble pas encore évident (Wolfartsberger 2022, 298).

### 2 Objectif et méthode du projet

Afin de combler ces lacunes, le présent projet de recherche (DIZH 2022) a examiné la mise en œuvre d'un environnement d'apprentissage RV dans la formation professionnelle initiale à l'exemple de l'apprentissage des métiers de l'électricité (Berger et al. 2022 ; Nechita et al. 2022). L'étude était basée sur une approche de recherche orientée sur la conception (Design Based Research, DBR), qui vise à valider la valeur ajoutée d'une technologie telle que la RV pour la formation professionnelle initiale par le développement théoriquement fondé et l'expérimentation d'une solution orientée vers la pratique (Euler et Wilbers 2020). Sur la base du modèle générique DBR d'Euler (Euler 2014), le projet a été structuré en trois phases : *analyse* (point 3), *prototypage/évaluation formative* et *évaluation sommative* (point 4).

La phase du développement de la conception constitue la pièce maîtresse de l'approche DBR ; dans ce cadre, on a élaboré un concept didactique spécifiant les propriétés et les principes directeurs de l'environnement d'apprentissage RV. Le présent article met toutefois l'accent sur la troisième phase du projet, afin d'obtenir des indications sur le potentiel général d'environnements d'apprentissage RV pour la formation professionnelle initiale, sur la base d'une étude de terrain de conception analytique classique (point 5).



Illustration : Un électricien de montage en formation s'entraîne dans une étude de terrain à la vérification d'installations électriques dans un environnement d'apprentissage virtuel. Les résultats montrent que les électriciens et électriciennes de montage qui ont utilisé l'environnement d'apprentissage RV avant la procédure de qualification ont pu améliorer leur note pour cette compétence opérationnelle de près d'un point de plus que leurs collègues qui se sont préparés avec des moyens d'enseignement et d'apprentissage traditionnels. (Source : Martin Berger).

L'interconnexion requise de connaissances professionnelles, pédagogiques et technologiques a entre autres été assurée par la coopération entre l'association

suisse des métiers de l'électricité EIT.swiss, la Haute école des sciences appliquées de Zurich (ZHAW) et la Haute école pédagogique de Zurich. Le projet a été soutenu par l'initiative de numérisation des hautes écoles de Zurich (DIZH).

### 3 Sélection de la situation professionnelle

On a cherché dans le programme de formation aux métiers de l'électricité une situation opérationnelle professionnelle appropriée pour un environnement d'apprentissage RV du point de vue de la didactique professionnelle et de la technologie. On l'a trouvée avec la première vérification qui doit être exécutée sur toute installation électrique avant la mise en service. La première vérification est donc une compétence opérationnelle centrale et un élément majeur du volet pratique de la procédure de qualification (PQ) des installateurs électriciens<sup>[2]</sup>, et depuis 2018 également des électriciennes de montage. L'expérience montre toutefois que dans la formation en entreprise, les jeunes n'ont guère souvent l'occasion d'exécuter la première vérification – ce qui explique sans doute en partie les mauvais résultats obtenus dans la procédure de qualification (Bertinelli 2020).

### 4 Élaboration de la simulation RV et son cadre pédagogique

Afin de permettre un apprentissage dans des situations complexes (réelles ou virtuelles), ces situations doivent s'inscrire dans un cadre pédagogique (Dehnbostel 2006), fondé sur des principes directeurs pédagogiques. Dans le contexte d'environnements d'apprentissage RV, de nombreux principes conceptionnels s'avèrent applicables (Loke 2015 ; Zinn 2019 ; Zinn et al. 2020 ; Schwendimann et al. 2015). Avec l'objectif de générer des principes de conception généralisables conformément à l'approche de recherche DBR, nous avons cherché des théories de portée moyenne (Euler 2017) et les avons spécifiées pour l'agencement pédagogique de situations d'enseignement-apprentissage :

- *l'approche de l'étayage* (scaffolding), pour moduler le processus d'apprentissage au sein de l'espace virtuel ;
- *l'orientation vers les compétences*, qui assure la liaison essentielle entre l'apprentissage systématique et l'apprentissage basé sur l'action ;
- *l'approche de la gamification*, pour une motivation supplémentaire des personnes en formation.

La simulation RV devait ainsi devenir un environnement d'apprentissage virtuel dans lequel les jeunes peuvent travailler de façon autonome à la compétence opérationnelle spécifique de la première vérification.

Principes directeurs pédagogiques	Principes de conception
<p><b>Approche de l'étayage (scaffolding)</b> On entend par étayage un processus d'accompagnement qui permet aux jeunes d'exécuter une tâche, même si elle dépasse leurs aptitudes du moment (Wood, Bruner et Ross 1976). L'étayage est situationnel, autrement dit, c'est seulement dans le cas où la personne rencontre des difficultés pour l'action que l'on apporte un soutien minimal, qui est ensuite accru jusqu'à ce que ces difficultés opérationnelles soient surmontées (Wood, Bruner et Ross 1976).</p>	<p><b>Éléments de soutien</b> Dans l'environnement d'apprentissage RV, l'espace virtuel a été réalisé avec un écran d'aide sous forme d'un système de chat. Les jeunes pouvaient actionner un bouton « Aide pour la prochaine étape » s'ils ne savaient pas comment poursuivre le déroulement des opérations. Les personnes expertes pouvaient ainsi exécuter les multiples actions sans avoir recours aux éléments de soutien, tandis que les novices pouvaient, grâce à ces éléments, exécuter la première vérification même sans connaissances préalables.</p>
<p><b>Orientation vers les compétences</b> La compétence opérationnelle professionnelle repose, outre sur des aptitudes et dispositions correspondantes, également sur un savoir spécifique à la situation et au métier, qui peut être activé dans la situation d'exigence en question (Dietzen 2015). La combinaison d'un apprentissage conceptuel systématique et d'un apprentissage par l'expérience lié à l'action est donc également considérée comme un défi central de la formation professionnelle (Tramm 2011).</p>	<p><b>Éléments d'interrogation et de réflexion</b> Des questions portant sur le contexte et les bases théoriques ont été associées aux différentes actions. L'environnement d'apprentissage RV peut ainsi contribuer à établir le lien entre l'expérience et le savoir, dans le sens d'une orientation vers les compétences.</p>
<p><b>Approche de la gamification</b> La gamification peut avoir un impact favorable sur la motivation des jeunes en formation (Deterding et al. 2011). Le recours à la gamification dans la simulation d'entraînement RV semble notamment efficace pour les personnes qui n'ont encore aucune expérience de la RV (Palmas et al. 2019).</p>	<p><b>Éléments de jeu</b> Les jeunes pouvaient gagner des points dans l'environnement d'apprentissage. Mieux les actions des jeunes correspondaient aux actions souhaitées de la première vérification, et moins ils avaient recours aux éléments de soutien (voir ci-dessus), plus ils obtenaient de points. On pouvait également obtenir des points en répondant correctement aux questions. Puisque l'on pouvait procéder à une mesure aussi souvent que l'on voulait, les jeunes pouvaient comparer leur action sur plusieurs cycles (tableau de score).</p>

([https://sgab-srfgp.ch/wp-content/uploads/2023/01/berger\\_tab1\\_fr.png](https://sgab-srfgp.ch/wp-content/uploads/2023/01/berger_tab1_fr.png))

## 5 Étude de terrain

### Conception

L'effet de l'environnement d'apprentissage RV sur l'apprentissage de la première vérification a été examiné au semestre de printemps 2022 dans une étude de terrain avec 78 jeunes en dernier semestre de formation (35 installatrices-électriciennes, 43 électriciens de montage). Dans le cadre de cours de préparation à la PQ, les jeunes ont passé en janvier 2022 un test portant sur leur compétence opérationnelle en

matière de « première vérification » (*pre-test*). Ils ont ensuite reçu l'instruction de travailler sur une période de deux mois environ, pendant leur temps de formation en entreprise, à l'exécution de la première vérification. Le temps imparti à titre indicatif était de 120 minutes au total, réparti sur plusieurs créneaux horaires.

Les *jeunes du groupe d'intervention* ont en outre reçu l'instruction d'utiliser à cet effet l'environnement d'apprentissage RV (casques RV de type Oculus Quest 2), à l'emploi duquel ils avaient été initiés au préalable. Les *jeunes du groupe témoin* ont été priés d'utiliser pour leur préparation les matériels d'enseignement et d'apprentissage traditionnels dans le même cadre temporel.

La phase d'intervention a été conclue avec le volet pratique de la procédure de qualification (PQ, *post-test*). Les *pre-tests* et *post-tests* ont été effectués sous forme de tests pratiques individuels selon des prescriptions données (EIT.swiss 2020a ; 2020b). Des experts ont donné aux jeunes des tâches opérationnelles à effectuer sur des installations d'entraînement, et en ont évalué l'exécution. Les comparaisons entre le groupe d'intervention et le groupe témoin ont été effectuées au moyen de tests t avec répétition de la mesure. Les différences entre les métiers d'apprentissage examinés ont été analysées au moyen d'une analyse de variance univariée à un facteur avec répétition de la mesure.





Des jeunes se trouvent dans un environnement de travail proche de la réalité dans un garage, où ils peuvent se téléporter vers divers points (cercles au sol). Comme élément de soutien, ils peuvent obtenir sur le mur, sous forme d'un écran d'aide, des aides visuelles et auditives qui les guident à travers la mesure (en haut à gauche). Dans une salle annexe se trouve l'armoire de distribution sur laquelle une partie des mesures requises est effectuée. Au fil des opérations, les jeunes sont confrontés à des questions théoriques appropriées (en bas à gauche). Ils obtiennent un certain nombre de points après toute mesure effectuée correctement – selon le recours aux éléments de soutien et à la réponse aux questions. Le total des points est présenté sous forme anonymisée sur le « tableau de score », ce qui permet une comparaison avec les pairs (en bas à droite).

## Résultats

Sur les 78 jeunes sélectionnés qui avaient passé le *pre-test* de compétence opérationnelle en matière de première vérification, 68 ont ensuite encore pu être soumis au *post-test*. La durée d'apprentissage du groupe d'intervention (utilisation de l'environnement d'apprentissage RV) était, selon les indications fournies par les jeunes eux-mêmes, de 67,84 minutes en moyenne, donc inférieure au cadre temporel prescrit de 120 minutes ; les durées variaient toutefois beaucoup (écart-type = 42,26). La durée d'apprentissage du groupe témoin n'a pas été saisie. Le tableau 1 présente les résultats du *pre-test* et du *post-test* et leurs évolutions. Les deux groupes

ont obtenu au *pre-test* une note insuffisante et au *post-test* une note suffisante. Dans le groupe d'intervention, elle était inférieure de 0,62 au *pre-test* et supérieure de 0,14 au *post-test*.

Groupe	N	Pre-test		Post-test		Évolution entre le post-test et le pre-test		
		M	ET	M	SD	M	ET	Delta
Groupe d'intervention	35	3,18	1,10	4,54	0,82	1,35	1,03	0,64
Groupe témoin	33	3,70	1,05	4,41	0,71	0,72	1,10	<i>d</i> = 0,60

Tableau 1 : moyenne (M) des notes et écart-type (ET) pour les jeunes (nombre N) du groupe d'intervention et du groupe témoin au pre-test et au post-test, et évolution des notes (post-pre). Différence de l'évolution des notes entre les groupes (delta) et *d* de Cohen ( $p < 0,01$ ). L'augmentation de 1,35 de la moyenne M du groupe d'intervention (de 3,18 à 4,54) est supérieure de 0,64 à l'augmentation de 0,72 du groupe témoin (de 3,70 à 4,41).

Le delta entre les résultats des tests était en moyenne supérieur de 0,77 points pour les jeunes du groupe d'intervention à celui des jeunes du groupe témoin. Cette différence est statistiquement significative (IC 95 % [0,12, 1,15]),  $t(66) = 2,98, p = 0,008$ . On constate un effet moyen de l'environnement d'apprentissage RV sur l'évolution des résultats aux tests (*d* de *Cohen* = 0,60).

L'échantillon comprenait deux métiers d'apprentissage de différentes durées de formation : 25 installatrices-électriciennes (formation de quatre ans) et 43 électriciens de montage (trois ans). Une analyse de variance univariée à un facteur avec répétition de la mesure montre que l'évolution des résultats aux tests est liée au métier d'apprentissage ( $F(1,33) = 6,919, p = 0,013, \eta^2 = 0,173, n = 35$ ) ; elle était plus positive pour les électriciennes de montage, sachant que les installateurs-électriciens ont obtenu une note nettement plus élevée au *pre-test* (tableau 2). Pour les électriciens de montage, on remarque les résultats très divers au *pre-test* ; nous n'en avons pas l'explication, puisque les notes n'étaient pas encore connues au moment de la répartition des jeunes entre les deux groupes.

	N	(pre)-test		(post)-test		Évolution entre le post-test et le pre-test		
		M	ET	M	ET	M	ET	Delta
Installatrices-électriciennes								
Groupe d'intervention	11	4,05	0,97	4,77	0,68	0,73	0,93	0,12
Groupe témoin	14	3,93	0,92	4,54	0,63	0,61	0,94	<i>d</i> = 0,13 <sup>n.s.</sup>
Électriciens de montage								
Groupe d'intervention	24	2,80	0,97	4,43	0,89	1,64	0,96	0,84
Groupe témoin	19	3,54	1,22	4,32	0,77	0,79	1,21	<i>d</i> = 0,97

Tableau 2 : notes des installatrices-électriciennes et des électriciens de montage du groupe d'intervention et du groupe témoin au pre-test et au post-test, et évolution des notes (post-pre). Différence de l'évolution des notes entre les groupes (delta) et  $d$  de Cohen ( $p < 0,01$ ).

Pour les installatrices-électriciennes, on a constaté pour l'évolution des résultats aux tests entre les 11 jeunes du groupe d'intervention et les 14 jeunes du groupe témoin une petite différence de 0,12 points, mais dont la significativité n'a pas pu être établie. Pour les électriciens de montage, en revanche, on observe une différence significative et importante. L'évolution des résultats aux tests du groupe d'intervention ( $n = 24$ ) est ici supérieure de 0,84 points en moyenne par rapport au groupe témoin ( $n = 19$ ). On voit ici se manifester un effet moyen à fort ( $d$  de Cohen = 0,97), statistiquement significatif, de l'environnement d'apprentissage RV sur l'évolution des résultats aux tests des électriciens de montage. Pour l'interprétation des résultats de l'étude, il faut garder à l'esprit le fait qu'en raison de la taille de l'échantillon, des analyses combinées n'étaient pas possibles.

## 6 Discussion et perspectives

Le projet a fait ressortir un potentiel réaliste de la technologie RV pour un emploi dans le cadre de la formation professionnelle initiale. Les constats indiquent que les espaces d'expérience et d'apprentissage virtuels soutiennent l'apprentissage en entreprise, et peuvent être efficaces pour le développement de compétences professionnelles opérationnelles clairement définies. L'efficacité significativement plus élevée dans le projet de l'environnement d'apprentissage RV chez les électriciennes de montage (formation de trois ans avec une orientation plus pratique) par rapport aux installateurs-électriciens (formation de quatre ans avec des exigences plus élevées dans le domaine des connaissances) suggère des effets différentiels éventuels dans l'utilisation et la conception d'environnements RV pour la formation professionnelle. La recherche ultérieure pourrait par exemple s'appuyer sur les constats selon lesquels des personnes ayant de plus grandes difficultés d'apprentissage peuvent tirer un profit particulièrement élevé d'un format d'apprentissage étroitement encadré sur le plan didactique (Knöll 2007 ; Nickolaus, Knöll et Gschwendtner 2006), tel que réalisé dans l'environnement RV étudié.

Dans le cadre du projet, un prototype éprouvé a été développé pour une application RV dans la formation professionnelle. On travaille actuellement au développement d'un modèle d'entreprise et d'exploitation pour l'emploi ultérieur de cette application avec le partenaire pratique du projet, la société Bandara VR GmbH. Celle-ci reprend le travail de développement effectué précédemment par les hautes écoles et le poursuit avec des clients pilotes de la pratique des entreprises en vue de parvenir à un produit commercialisable.



[1] Une version plus détaillée du texte est parue dans le magazine allemand bwp@. Elle est librement accessible en ligne (<https://www.bwpat.de/ausgabe/43/berger-etal>) (Berger et al. 2022).

[2] Transfert répond à l'exigence d'une formulation non sexiste par l'utilisation arbitraire de désignations féminines et masculines. Dans le cas où il est uniquement question d'hommes ou de femmes, ceci est mentionné explicitement.

## Références

- Berger, Martin, Katrin Kraus, Thomas Keller, Elke Brucker-Kley, und Knaack. 2022. Virtuelle Lernumgebungen in der betrieblichen Ausbildung – eine Analyse am Beispiel der Elektrobranche in der Schweiz (<https://www.bwpat.de/ausgabe/43/berger-etal>). *Berufs- und Wirtschaftspädagogik online*, Nr. 43.
- Bertinelli, Ermano. 2020. Kann mit Hilfe von Videosequenzen, als unterstützende Massnahme zum Messkurs, die Handlungsfähigkeit des Montagepersonals bei der Erstprüfung gesteigert werden? Fallbeispiel zur Entwicklung der Weiterbildung in einem Elektrogrossbetrieb in der Schweiz. Urdorf: unveröffentlicht.
- Cattaneo, Alberto. 2022. Digitales Lernen: Nutzen wir wirklich alle Möglichkeiten? (<https://sgab-srfp.ch/digitales-lernen-nutzen-wir-wirklich-alle-moeglichkeiten/>): Überlegungen zur Integration von Technologien in die Berufsbildung. *Transfer, Berufsbildung in Forschung und Praxis* (3/2022), SGAB, Schweizerische Gesellschaft für angewandte Berufsbildungsforschung.
- Dehnbostel, Peter. 2006. *Lernen im Prozess der Arbeit*. Münster: Waxmann.
- Deterding, Sebastian, Dan Dixon, Rilla Khaled, und Lennart Nacke. 2011. From game design elements to gamefulness: defining «gamification». In *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*, 9–15.
- Dietzen, Agnes. 2015. Die Rolle von Wissen in Kompetenzerklärungen und im Erwerb beruflicher Handlungskompetenz. In *Kompetent – wofür? Life skills – Beruflichkeit – Persönlichkeitsbildung: Beiträge zur Berufsbildungsforschung*, herausgegeben von Michaela Stock, Peter Schlögl, und Daniela Moser, 39–53. Innsbruck: Studienverlag.
- DIZH. 2022. Virtual Reality als Lernort für die Berufliche Grundbildung (<https://dizh.ch/2022/01/03/virtual-reality-als-lernort-fuer-die-berufliche-grundbildung/>). DIZH -Digitalisierungsinitiative des Kantons Zürich. 3. Januar 2022.
- EIT.swiss. 2020a. Wegleitung zum Qualifikationsverfahren Elektroinstallateurin/Elektroinstallateur EFZ ([https://www.eit.swiss/fileadmin/user\\_upload/documents/Berufsbildung/Grundbildung/Elektroinstallateurin\\_EFZ/\\_de/2015\\_EI\\_Wegleitung\\_QV.pdf](https://www.eit.swiss/fileadmin/user_upload/documents/Berufsbildung/Grundbildung/Elektroinstallateurin_EFZ/_de/2015_EI_Wegleitung_QV.pdf)).

- EIT.swiss. 2020b. Wegleitung zum Qualifikationsverfahren Montage-Elektrikerin/Montage-Elektriker EFZ ([https://www.eit.swiss/fileadmin/user\\_upload/documents/Berufsbildung/Grundbildung/Montage-Elektrikerin\\_EFZ/\\_de/2015\\_ME\\_Wegleitung\\_QV.pdf](https://www.eit.swiss/fileadmin/user_upload/documents/Berufsbildung/Grundbildung/Montage-Elektrikerin_EFZ/_de/2015_ME_Wegleitung_QV.pdf)).
- Euler, Dieter. 2014. Design Research – a paradigm under development. In Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (Beiheft), herausgegeben von Dieter Euler und Peter F. E. Solane, 27:15–45. Franz Steiner.
- Euler, Dieter. 2017. Design Principles as Bridge between Scientific Knowledge Production and Practice Design (<https://journals.sub.uni-hamburg.de/EDeR/article/view/1024>). EDeR. Educational Design Research 1 (1).
- Euler, Dieter, und Karl Wilbers. 2020. Berufsbildung in digitalen Lernumgebungen. In Handbuch Berufsbildung, herausgegeben von Rolf Arnold, Antonius Lipsmeier, und Matthias Rohs, 427–38. Wiesbaden: Springer VS.
- Goertz, Lutz, Christian Dominic Fehling, und Thomas Hagenhofer. 2021. COPLAR-Leitfaden ([https://www.social-augmented-learning.de/wp-content/downloads/210225-Coplar-Leitfaden\\_final.pdf](https://www.social-augmented-learning.de/wp-content/downloads/210225-Coplar-Leitfaden_final.pdf)): Didaktische Konzepte identifizieren – Community of Practice zum Lernen mit AR und VR.
- Kim, Kevin Gonyop, Catharine Oertel, Martin Dobricki, Jennifer K. Olsen, Alessia E. Coppi, Alberto Cattaneo, und Pierre Dillenbourg. 2020. Using Immersive Virtual Reality to Support Designing Skills in Vocational Education (<https://doi.org/10.1111/bjet.13026>). British Journal of Educational Technology 51 (6): 2199–2213.
- Knöll, Bernd. 2007. Differenzielle Effekte von methodischen Entscheidungen und Organisationsformen beruflicher Grundbildung auf die Kompetenz- und Motivationsentwicklung in der gewerblich-technischen Erstausbildung. Eine empirische Untersuchung in der Grundausbildung von Elektroinstallateuren. Aachen: Shaker.
- Loke, Swee-Kin. 2015. How do virtual world experiences bring about learning? A critical review of theories. Australasian Journal of Educational Technology 31 (1).
- Nechita, Teodora, Reto Knaack, Martin Berger, Thomas Keller, Elke Brucker-Kley, und Janick Michot. 2022. Work-In-Progress – Virtual Reality for Basic Vocational Training. In , 1–3. IEEE.
- Nickolaus, Reinhold, Bernd Knöll, und Tobias Gschwendtner. 2006. Methodische Präferenzen und ihre Effekte auf die Kompetenz- und Motivationsentwicklung – Ergebnisse aus Studien in anforderungsdifferenten elektrotechnischen Ausbildungsberufen in der Grundbildung. ZBW 102: 552–77.

- Palmas, Fabrizio, David Labode, David A Plecher, und Gudrun Klinker. 2019. Comparison of a gamified and non-gamified virtual reality training assembly task. In IEEE 11th International Conference on Virtual Worlds and Games for Serious Applications (VS-Games), 1–8. IEEE.
- Schwendimann, Beat A., Alberto A. P. Cattaneo, Jessica Dehler Zufferey, Jean-Luc Gurtner, Mireille Bétrancourt, und Pierre Dillenbourg. 2015. The «Erfahrraum» (<https://doi.org/10.1080/13636820.2015.1061041>): a pedagogical model for designing educational technologies in dual vocational systems. *Journal of Vocational Education & Training* 67 (3): 367–96.
- Wood, David, Jerome S Bruner, und Gail Ross. 1976. The role of tutoring in problem solving. *Journal of child psychology and psychiatry* 17 (2): 89–100.
- Zinn, Bernd. 2019. Editorial: Lehren und Lernen zwischen Virtualität und Realität. *Journal of Technical Education* 7 (1): 16–31.
- Zinn, Bernd, Hrsg. 2020. *Virtual, Augmented und Cross Reality in Praxis und Forschung: technologiebasierte Erfahrungswelten in der beruflichen Aus- und Weiterbildung: Theorie und Anwendung*. Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- Zinn, Bernd, Carolin Peltz, Qi Guo, und Sunita Ariali. 2020. Konzeptionalisierung virtueller Lehr- und Lernarrangements im Kontext des industriellen Dienstleistungsbereichs des Maschinen- und Anlagebaus. In *Virtual, Augmented und Cross Reality in Praxis und Forschung – Technologiebasierte Erfahrungswelten in der beruflichen Aus- und Weiterbildung–Theorie und Anwendung.*, herausgegeben von Bernd Zinn, 141–68. Stuttgart: Franz Steiner Verlag. (#\_ftnref1)

---

#### Citation

Martin Berger, Katrin Kraus, Thomas Keller, Elke Brucker-Kley, Janick Michot & Reto Knaack, 2023: Acquérir des compétences professionnelles grâce à la réalité virtuelle: Cas d'exemple de la formation professionnelle initiale aux métiers de l'électricité. *Transfer. Formation professionnelle dans la recherche et la pratique*. SRFP, Société suisse pour la recherche appliquée en matière de formation professionnelle.

La présente contribution est protégée par le droit d'auteur. Toute utilisation est autorisée à l'exception de l'utilisation commerciale. La distribution sous la même licence est possible ; elle nécessite toutefois la mention de l'auteur.