

Bewegungsvisualisierung und Bewegungsanalyse mit 360°-Videos

Philipp Rosendahl ¹ und Swantje Scharenberg ²

¹ Arbeitsbereich Bildung, Wissenschaft und Schulen, Württembergischer Landessportbund e.V. (WLSB), Stuttgart, Deutschland

² Forschungszentrum für den Schulsport und den Sport von Kindern und Jugendlichen (FoSS), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Deutschland

Kurzfassung

Die Videotechnologie als bereits etablierte digitale Trainingsunterstützung, ermöglicht die Visualisierung von komplexen Bewegungsabläufen in ihrer Bewegungsdynamik, um Bewegungsausführungen für beobachtendes Lernen zu demonstrieren oder Reflexions- und Feedbackprozesse durch Bewegungsaufnahmen zu initiieren.

Die 360°-Videotechnologie erweitert die Potenziale und Einsatzmöglichkeiten herkömmlicher Videotechnologien um einen mehrperspektivischen Kamerarundumblick. Die ebenfalls kostengünstige und schnell zu installierende technische Unterstützung lässt sich zeitsparend nutzen, um mehrere, gleichzeitige Bewegungsausführungen in unterschiedlichen Körperachsen in einer einzigen Videoaufnahme zu demonstrieren und/oder in Form von visuellem Feedback miteinander zur Bewegungsanalyse und -reflexion zu vergleichen.

Dieser Beitrag präsentiert Einsatzmöglichkeiten und Potenziale der 360°-Video-Technologie im Sport und zeigt einfach umzusetzende Nutzungsmöglichkeiten in kompositorischen Sportarten am Beispiel des Handstands auf.

Schlagerworte: 360°-Videos, VR-Videos, Bewegungsvisualisierung, Videotechnologie, kompositorische Sportarten, Turnen

1 Einleitung

Die Videotechnologie hat sich als effektives Lehr- und Lernmittel in einer Reihe von unterschiedlichen Bildungskontexten (Gaudin & Chaliès, 2015; Noetel et al., 2021 und als Trainingsinstrument im Sport etabliert (Rekik et al., 2018). Insbesondere im Sport lassen sich durch Videos Bewegungsausführungen und Techniken aufzeichnen (Fischer & Krombholz, 2020; Rekik et al., 2018), eine (grob-koordinative) Bewegungsaneignung durch eine visualisierende Expertenmodellierung unterstützen (Fischer & Krombholz, 2020) oder als Reflexions- und Analyseinstrument zum Beispiel durch ein mögliches visuelles Feedback einsetzen (Möding et al., 2022).

Mit neueren Technologien, wie Virtual Reality (VR), erhalten innovative Lehr-Lern- und Trainingsszenarien zunehmend Einzug in Trainingsprozesse (Le Noury et al., 2022; Miah et al., 2020). Diese gehen über die reine, zumeist passive Beobachterrolle der Videobnutzung hinaus, bieten Interaktionsmöglichkeiten sowie das Potenzial, die Motivation der Nutzenden zu steigern (Jensen & Konradsen, 2018; Pirker & Dengel, 2021), da sie sich von der Bewegungsausführung aus unterschiedlichen Blickwinkeln ein Bild machen können. Aktuell werden diese Technologien vermehrt in der Laborforschung, aber zunehmend auch in der trainingsbegleitenden Sportforschung für unterschiedliche Trainingszwecke (Le Noury et al., 2022; Miah et al., 2020) wie z. B. Reaktions- und Wahrnehmungstraining (Petri et al., 2019; Romeas et al., 2022) eingesetzt.

VR-Technologien sind jedoch im praktischen Trainingseinsatz nicht so leicht zu implementieren. Für die individuelle Gestaltung von Trainingsinhalten sind oftmals Programmierkenntnisse notwendig, außerdem werden meist weitere Ressourcen insbesondere in Hardware-Geräten benötigt (Pellas et al., 2021; Radianti et al., 2019). Eine alternative Technologie zu VR und herkömmlicher Videotechnologie, könnte die 360-Videotechnologie darstellen, die sich als Bindeglied zwischen herkömmlicher Videotechnik und immersiven Medien wie VR, die die Sinne der oder des Nutzenden ansprechen und eine tiefere emotionale Verbindung herstellen, einordnen lässt (Roche et al., 2021, Rosendahl et al., 2024a).

2 Merkmale und definitorische Einordnung der 360°-Videotechnologie

Während es sich bei VR-Anwendungen hauptsächlich um computerprogrammierte digitale Umwelten handelt (Roche et al., 2021), werden bei 360°-Videos Videoaufnahmen der realen Umgebung mit einer speziellen 360°-Videokamera erzeugt (Lindsay et al., 2023). Die spezielle 360°-Videokamera nimmt einen 360°-Rundumblick um den eigenen Kamerastandpunkt auf (Meinert & Tuma, 2022). Entsprechende Software-Programme generieren im Anschluss aus der aufgenommenen 360°-Rundumsicht ein 360°-Video (Windscheid & Rauterberg, 2022), bei dem die Nutzenden entweder den Kamerafokus durch x-, y- und z-Drehungen rotatorisch um den Kamerastandpunkt z.B. per Maussteuerung wählen können (Griffin et al., 2021; Ridou & Pasco, 2023) oder die gesamte 360°-Rundumsicht in einer Panorama-Ansicht gezeigt wird.

Neben der Betrachtung am Desktop lassen sich 360°-Videos ebenfalls durch eine VR-Brille bzw. durch ein Head-Mounted-Display betrachten, sodass die Blickrichtungssteuerung im 360°-Video per Kopfbewegung erfolgt (Kittel et al., 2023; Rosendahl et al., 2024b) und ein Präsenzgefühl innerhalb der digitalen Anwendung, u.a. als Immersion, als Eintauchen in die Szene, bezeichnet (Dörner et al., 2019), ermöglicht (Rosendahl et al., 2024b) (Abb. 1).

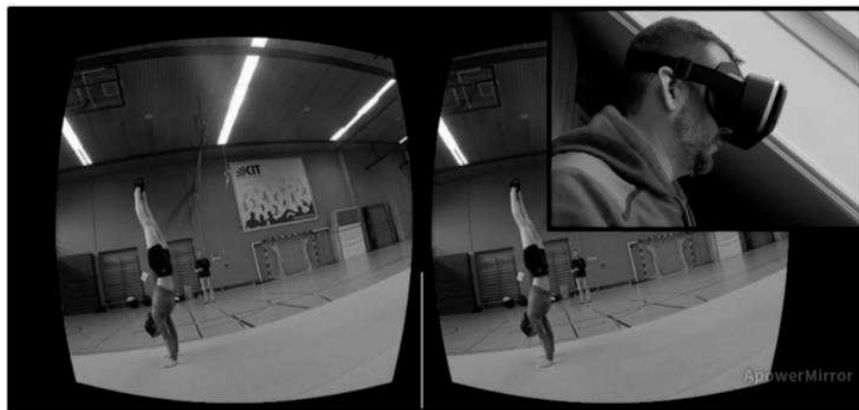


Abbildung 1: Ansicht einer 360°-Videoaufnahme durch eine VR-Brille (eigene Aufnahme).

Aufgrund dieses emotionalen Effekts und der Nutzung einer VR-Brille, definieren wir 360°-Videos als Bindeglied zwischen herkömmlichen Videos und VR-Anwendungen, die jedoch im Gegensatz zu echten VR-Anwendungen keine Handlungssteuerung und -manipulation ermöglichen (Roche et al., 2021).

3 Forschungsstand zu 360°-Videos im Sport

Das junge Forschungsfeld zu 360°-Videos als Lehr-Lernmedium und Trainingssteuerungsinstrument im Sport weist wenig Studien sowohl im Umgang mit als auch im Nutzen durch 360°-Videos auf. Es existieren zwar einige SWOT-Analysen zur Verwendung von 360°-Videos im Sport (Kittel et al., 2021; 2023; Roche et al., 2021), jedoch eine systematische Aufarbeitung der Einsatzmöglichkeiten existiert nur als deutschsprachige Arbeit (Rosendahl & Wagner, 2022). Eine aktualisierte, internationale Aufarbeitung der Einsatzmöglichkeiten und Potenziale wurde im Rahmen eines narrativen Tagungsbeitrages auf der AIESEP-Tagung 2023 in Jyväskylä, Finnland zwar bereits angestoßen (Rosendahl et al., 2024c), befindet sich jedoch aktuell noch in der systematischen Finalisierungsphase.

Dennoch lassen sich folgende Erkenntnisse aus den wenigen Arbeiten zu 360°-Videos als Trainingssteuerungsinstrument im Sport ableiten: Aufgrund der mehrperspektivischen Betrachtungsmöglichkeit durch den 360°-Videorundumblick, unterstützen 360°-Videos die Wahrnehmungsverbesserung von realistischen Spielsituationen (Cunningham et al., 2023; Lindsay et al., 2023), ermöglichen reflexive Trainingsprozesse unter anderem für taktische Entscheidungsfindungen (Höner et al., 2023; Pagé et al., 2019) oder zur Analyse der eigenen Performance durch Eigenaufnahmen (Ridou & Pasco, 2023, Roche et al., 2017) und lassen sich zur Motivationssteigerung nutzen (Bird et al., 2019). Dabei bewerten Nutzende insbesondere die mehrperspektivischen Betrachtungsmöglichkeiten durch den 360°-Videorundumblick als hohes Potenzial, um ein differenziertes Bewegungsverständnis zu erlangen (Rosendahl et al., 2023). Dabei weisen 360°-Videos eine mindestens gleichwertige Technologieakzeptanz bei Nutzenden auf, wie herkömmliche Videos (Rosendahl et al., 2024a).

Eine evidenzbasierte Aufarbeitung von tatsächlichen Trainingserfolgen und Lehr-Lerneffekten durch den Einsatz von 360°-Videos stellt jedoch weiterhin ein Forschungsdesiderat da. Ebenfalls existieren kaum methodisch-didaktische Konzepte für den Einsatz von 360°-Videos als Lehr-Lernmedium und Trainingssteuerungsinstrument im Sport. Eine erste gezielte methodisch-didaktische Anleitung zur Nutzung von 360°-Videos als Trainingssteuerungsinstrument ist lediglich im Kampfsport am Beispiel von Karate-Katas und Taekwondo-Formen bekannt (Rosendahl et al., 2024b).

Die technischen Möglichkeiten sind erst dann sinnvoll einsetzbar, wenn das Bewegungssehen, die Bewegungsanalyse beherrscht wird. Andererseits kann durch das mehrfache

Abspielen der gleichen Bildsequenz, durch Standbildfunktion und Slowmotion lehrkraft-gestützt Bewegungslesen auch erlernt werden.

4 Einsatzmöglichkeiten der 360°-Videotechnologie im Gerätturnen

Beim Gerätturnen als kompositorischer Sportart steht die technische Ausführung – neben der Schwierigkeit der Elemente – im Vordergrund. Nach dem Erlernen der Grobform wird über die Feinform eine variable Verfügbarkeit als höchste Stufe der Bewegungsausführung angestrebt. Ein Ansatz, wie Bewegungslernen erfolgen kann, ist über Körperpositionen. Stände sind eine sehr häufig beim Gerätturnen genutzte Position, insbesondere der Handstand kann nahezu an jedem Gerät ausgeführt werden. Entsprechend des Sollwertes ist der Handstand durch eine gestreckte Körperposition definiert, d.h. der Bein-Rumpf-Winkel sowie Arm-Rumpf-Winkel sind 180° geöffnet. Die Kopfposition ist so zu wählen, dass peripher auf die Hände geschaut werden kann, d.h. sie ist als neutral zu beschreiben. Die Hände werden im Anfängerbereich schulterbreit aufgesetzt, die Finger zeigen in Bewegungsrichtung und sind leicht gespreizt.

Für einen Test, inwieweit die 360°-Videotechnologie sich für das Gerätturnen eignen könnte, ist ein Stand, der per Definition in der Endposition 3 sec. gehalten werden muss und wenige Körperwinkel enthält, sehr geeignet.

Am Beispiel des Handstandes werden zwei Einsatzmöglichkeiten der 360°-Videotechnologie ((1) Bewegungsvisualisierung und 2) Bewegungsanalyse und -reflexion) und den zwei Betrachtungsmöglichkeiten von 360°-Videos ((1) 360°-Videoansicht und 2) Panorama-Ansicht)) exemplarisch vorgestellt. Für beide Einsatzmöglichkeiten wird dabei eine spezifische Rautenaufstellung um die 360°-Videokamera herum benötigt (Abb. 2 & 3).



Abbildung 2: 360°-Videokameraaufstellung mittig platziert mit Rautenformation der aufgenommenen Personen (eigene Aufnahme).

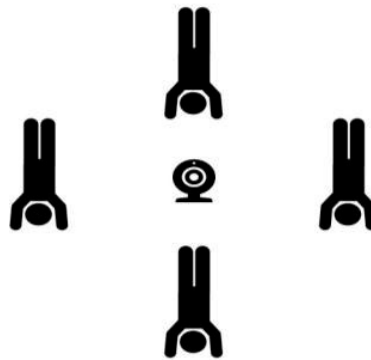


Abbildung 3: 360°-Videoaufnahmegestaltung mit gleicher Blickrichtung. (Piktogramm Handstand kostenlos auf Vecteezy.com: <https://de.vecteezy.com/gratis-vektor/handstand>)

Werden vier Modelle mit gleicher Blickrichtung im Sinne einer Expertenmodellierung um die 360°-Videokamera aufgenommen, lassen sich die gezeigten Bewegungen und die spezifischen Besonderheiten wie z.B. Kontenpunkte aus der Frontal- oder Sagitalperspektive mehrperspektivisch differenziert betrachten (Rosendahl et al., 2024a) (Abb. 4). Dieses ist insbesondere auch für die Lehrkraft interessant, die zu Beginn des Lernprozesses meist dicht am Lernenden an einer Position steht, um Hilfeleistung geben zu können. Die Unterstützung besteht darin, den Stand zu stabilisieren. Die Möglichkeit, um die Person herumzuwandern, um Abweichungen zum Sollwert zu detektieren, wird dabei – leider – als nachrangig wichtig eingestuft. Auch durch die 360°-Videotechnologie ist die „Umwanderung“ nicht möglich, bei 360°-Videos erfolgt die Umwanderung des Menschen um die Kameraposition. Für die aktiv Turnenden wird durch die Kamera eine Konzentrationssteigerung provoziert.

Stellen sich die Modelle mit der gleichen Körperachse zur 360°-Videokamera, lassen sich die vier Modelle in ihrer Bewegungsausführung miteinander vergleichen (Abb. 5a & 5b).

4.1 Bewegungsvisualisierung mit 360°-Videos

Für ein differenziertes Bewegungsverständnis sind bei der Beobachtung einer Bewegungsvisualisierung mehrere Blickwinkel auf die Bewegung selbst förderlich (Büning & Wirth, 2020). Dabei ist zu betonen, dass für ein ganzheitliches Bewegungsverständnis die eigene motorische Umsetzung nicht zu ersetzen ist, jedoch Videoaufzeichnungen das Bewegungsverständnis unterstützen können (Wirth & Büning, 2021). Herkömmliche Videos bieten dafür jedoch keine Möglichkeit, die Betrachtungsperspektive im Video zu wechseln (Büning & Wirth, 2020). Mit der spezifischen Aufstellungsform um die 360°-Videokamera (Abb. 2 & 3) bei gleicher Blickrichtung der aufgenommenen Modelle, lassen sich zum einen die Blickrichtungsperspektiven im 360°-Video bei Betrachtung in der 360°-Videoansicht individuell steuern, zum anderen in der Panoramaansicht die spezifischen Bewegungsbesonderheiten in mehreren Körperachsen visualisieren (Abb. 5a & 5b). Beide Betrachtungsweisen lassen sich unterschiedlich einsetzen, z.B. zur selbstständigen Entdeckung und Erarbeitung von Bewegungsbesonderheiten in der 360°-Videoansicht oder zur differenzierten Bewegungsvisualisierung in der Panorama-Ansicht.

Um die Potenziale der 360°-Videos für eine mehrperspektivischen Betrachtung einer visualisierten Bewegung hervorzuheben, gilt es zunächst, die Knotenpunkte der Bewegung zu definieren, um dann Bewegungsbesonderheiten bzw. Abweichungen vom Sollwert in der individuellen Ausführung, sichtbar gemacht durch die Technologie, zu erkennen.

Das Beispiel Handstand wurde hier gewählt, da es eine vermeintlich einfach strukturierte Bewegung darstellt: Ein Handstand ist dadurch definiert, dass 2-3 sec. auf der Hand bzw. den Händen gestanden wird. Die Ausführung unterscheidet sich einerseits durch den Kontext der Sportart bzw. Bewegungskunst, andererseits durch die Phase des Bewegungslernens (Grobform-Feinform-variable Verfügbarkeit). Handstellung inklusive Griffweite, Aktivität des Handgelenks (Rohleder 2019), Gelenkwinkel in Hand, Ellbogen, Schulter, Hüfte, Knie, Fuß sowie Kopfhaltung differieren. Nicht allein die Position des Handstandes selber ist zu betrachten, sondern auch die Unterschiede in den vorbereitenden Funktionsphasen bzw. in der Übergangsfunktionsphase.

Im 360°-Video selbst lassen sich zum einen diese spezifischen Besonderheiten in der 360°-Videoansicht selbst durch die Nutzenden entdecken und herausarbeiten, z.B. im Sinne von selbstständigen Lernphasen, zum anderen in der Panorama-Ansicht zur Bewegungsvisualisierung aufzeigen, z.B. die Griffweite und ggf. die einseitige Stützbelastung aus der Frontal-Perspektive oder die Kopfhaltung und Blickrichtung in der Sagital-Perspektive (Abb. 4).



Abbildung 4: Screenshot einer 360°-Videoaufnahme für die mehrperspektivische Bewegungsvisualisierung in der Panorama-Ansicht

Während herkömmliche Videos hierfür mehrere Kameras oder Aufnahmen aus unterschiedlichen Blickwinkeln benötigen und diese im Anschluss in der Nachbearbeitung zusammengeführt werden müssen, ist die Beobachtung auf Bewegungen aus mehreren Blickwinkeln in einem einzigen 360°-Video ohne größeren Aufwand und Ressourceneinsatz möglich.

4.2 Bewegungsanalyse und -reflexion mit 360°-Videos

Die aufgenommenen Bewegungsausführungen lassen sich insbesondere in der Panorama-Ansicht miteinander vergleichen, analysieren und für Korrekturmaßnahmen, z.B. in Kombination mit verbalen Rückmeldungen durch die Lehrkraft, reflektieren und zur Bewegungsoptimierung und -verbesserung einsetzen. Dazu ist es hilfreich, dass die Aktiven gleichzeitig agieren, um vergleichbare Bewegungsphasen zu generieren (Abb. 5a & 5b).



Abbildung 5a/b: Screenshots einer 360°-Videoaufnahme zur Bewegungsanalyse einer Bewegung in gleicher Körperachse in der Panorama-Ansicht

So lassen sich einerseits individuelle Korrekturen anbringen, andererseits über die Unterschiede der Bewegungsausführung, z.B. die Kopfposition, Winkelstellungen, die Körperstreckung oder die Körpergewichtsverlagerung im Bewegungsvergleich zueinander analysieren und ggf. Korrekturmaßnahmen durch ein vergleichendes visuelles Feedback reflektieren.

5 Diskussion und Fazit

Mit der Möglichkeit, gleichzeitige Handlungen in einem 360°-Rundumblick um eine Videokamera aufzunehmen und diese Handlungen in einem Video individuell steuer- und beobachtbar oder im Gesamten zu visualisieren, erweitern 360°-Videos die Potenziale herkömmlicher Videotechnologie. Dabei ist der Nutzenaufwand und Ressourceneinsatz bei 360°-Videoaufnahmen mit herkömmlichen Videos gleichzusetzen und ermöglicht einen niederschweligen Praxistransfer für Lehrkräfte sowie Trainerinnen und Trainer.

Insbesondere bei Bewegungen ohne größeren Bewegungsradius – wie hier am Beispiel des Handstandes gezeigt –, lassen sich je nach Intension und Zielsetzung, Ausführungen differenziert aus mehreren Blickwinkeln betrachten oder Bewegungsausführungen miteinander vergleichen.

Die weitere wesentliche Neuerung durch den Einsatz von 360°-Videos ist die immersive Ansprache der Personen, die durch das Tragen einer VR-Brille wesentlich verstärkt wird.

Technikunterstützt machen sie eine Erfahrung, die mehrere Sinne anspricht und zusätzlich zur Sensomotorik ein optisches Korrektiv ermöglicht. Die objektivierbaren Befunde könnten motivationssteigernd im Lernprozess sein. Dies insbesondere in einer Sportart wie Gerätturnen, die von nicht immer nachvollziehbaren Kampfrichterurteilen geprägt ist.

Es gilt jedoch kritisch zu erwähnen, dass die bisherige, explorative Studienlage keine eindeutigen und übergreifenden Aussagen zum Lehr-Lern- und Trainingserfolg zulässt und lediglich vereinzelte Studien einen Trainingserfolg erzielen können. Ebenfalls existieren bisher kaum methodisch-didaktische Konzepte oder Anleitungshilfen im Umgang und Einsatz von 360°-Videos als Trainingssteuerungsinstrument im Sport. Mögliche Forschungsschwerpunkte sind in weitere Forschungsarbeiten zu überprüfen, z.B. in wieweit 360°-Videos das Bewegungslernen unterstützen, ob sich der Trainingserfolg oder die Einsatzmöglichkeiten sowohl zwischen einzelnen Bewegungen innerhalb der einzelnen Sportarten als auch zwischen den Sportarten unterscheidet sowie welche technischen Voraussetzungen, z.B. bezüglich des Abstandes zur 360°-Videokamera oder bezogen auf die Kamerahöhe notwendig sind (Windscheid & Rauterberg, 2022), um einen optimalen Trainingserfolg durch den 360°-Videoeinsatz zu erzielen.

Dafür gilt es jedoch, den Bekanntheitsgrad der 360°-Videotechnologie zu erhöhen und mögliche Verwendungszwecke und Potenziale aufzuzeigen. Der vorliegende Beitrag ist daher als erster Impuls zu verstehen.

Literatur

- [1] Bird, J., Karageorghis, C., Baker, S., & Brookes, D. (2019). Effects of music, video, and 360-degree video on cycle ergometer exercise at the ventilatory threshold. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 29(8), 1161–1173. <https://doi.org/10.1111/sms.13453>
- [2] Büning, C. & Wirth, C. (2020). Multimediales selbstreguliertes Lernen im Lehramtsstudium Sport am Beispiel der Pythagoras 360° Echtzeit-Bewegungsanalyse. In B. Fischer & A. Paul (Hrsg.), *Lehren und Lernen mit und in digitalen Medien im Sport* (S.69-88). Springer.
- [3] Cunningham, I., Roche, L., & Mascarenhas, D. (2023). Using Mobile 360° Video as a Tool for Enhancing Sport Referee Performance: A Case Study. *Case Studies in Sport and Exercise Psychology*, 7(1), 43-54. <https://doi.org/10.1123/cssep.2023-0002>

- [4] Dörner R., & Steinicke, F. (2019). Wahrnehmungsaspekte von VR. In R. Dörner, W. Broll, P. Grimm & B. Jung (Hrsg.), *Virtual und Augmented Reality (VR/AR)* (2. Auflage, S. 43-78). Springer.
- [5] Faure, C., Limballe, A., Bideau, B., & Kulpa, R. (2019). Virtual reality to assess and train team ball sports performance: A scoping review. *Journal of sports Sciences*, 38(2), 192-205. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1689807>
- [6] Fischer, B., & Krombholz, A. (2020). Videoeinsatz beim Lernen sportlicher Techniken. In B. Fischer & A. Paul (Hrsg.), *Lehren und Lernen mit und in digitalen Medien im Sport* (S. 13-27). Springer.
- [7] Gaudin, C., & Chaliès, S. (2015). Video viewing in teacher education and professional development: A literature review. *Educational Research Review*, 16, 41-67. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.06.001>
- [8] Griffin, R., Langlotz, T., & Zollmann, S. (2021). 6dive: 6 degrees-of-freedom immersive video editor. *Frontiers in Virtual Reality*, 2, 676895. <https://doi.org/10.3389/frvir.2021.676895>
- [9] Höner, O., Dugandzic, D., Hauser, T., Stügelmaier, M., Willig, N., & Schultz, F. (2023). Do you have a good all-around view? Evaluation of a decision-making skills diagnostic tool using 360° videos and head-mounted displays in elite youth soccer. *Frontiers in Sports and Active Living*, 5, 1171262. <https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1171262>
- [10] Jensen, L., & Konradsen, F. (2018). A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Education and Information Technologies*, 23(4), 1515-1529. <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9676-0>
- [11] Kittel, A., Larkin, P., Cunningham, I., & Spittle, M. (2020). 360° Virtual Reality: A SWOT Analysis in Comparison to Virtual Reality. *Frontiers in Psychology*, 11:563474. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.563474>
- [12] Kittel, A., Spittle, M., Larkin, P., & Spittle, S. (2023). 360° VR: Application for exercise and sport science education. *Frontiers in Sports and Active Living*, 5, 977075. <https://doi.org/10.3389/fspor.2023.977075>
- [13] Le Noury, P., Polman, R., Maloney, M., & Gorman, A. (2022). A Narrative Review of the Current State of Extended Reality Technology and How it can be Utilised in Sport. *Sports Medicine*, 52, 1473-1489. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01669-0>

- [14] Lindsay, R., Spittle, S., & Spittle, M. (2023). Skill adaption in sport and movement: Practice design considerations for 360° VR. *Frontiers in Psychology*, 14, 1124530. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1124530>
- [15] Meinert, L., & Tuma, R. (2022). 360°-Videoaufnahmen als Daten der Videographie – Zusammenhang von Aufzeichnung, Repräsentation und Forschungsgegenstand. In J. Windscheid & B. Gold (Hrsg.), *360°-Videos in der empirischen Sozialforschung* (S. 35-64). Springer Fachmedien.
- [16] Miah, A., Fenton, A., & Chadwick, S. (2020). Virtual Reality and Sports: The Rise of Mixed, Augmented, Immersive, and Esports Experiences. In S. Schmidt (Hrsg.), *21st Century Sports* (S. 249–262). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50801-2_15
- [17] Mödinger, M., Woll, A., & Wagner, I. (2022). Video-based visual feedback to enhance motor learning in physical education—a systematic review. *German Journal of Exercise and Sport Research*, 52, 447-460. <https://doi.org/10.1007/s12662-021-00782-y>
- [18] Noetel, M., Griffith, S., Delaney, O., Sanders, T., Parker, P., del Pozo Cruz, B., & Lonsdale, C. (2021). Video improves learning in higher education: A systematic review. *Review of Educational Research*, 91(2), 204-236. <https://doi.org/10.3102/0034654321990713>
- [19] Pagé, C., Bernier, P.-M., & Trempe, M. (2019). Using video simulations and virtual reality to improve decision-making skills in basketball. *Journal of Sports Science*, 37(21), 2403–2410. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1638193>
- [20] Pellas, N., Mystakidis, S. & Kazanidis, I. (2021). Immersive Virtual Reality in K-12 and Higher Education: A systematic review of the last decade scientific literature. *Virtual Reality*, 25, 835-861. <https://doi.org/10.1007/s10055-020-00489-9>
- [21] Petri, K., Bandow, N., Masik, S. & Witte, K. (2019). Improvement of early recognition of attacks in karate kumite due to training in virtual reality. *Journal Sport Area*, 4(2), 294-308. [https://doi.org/10.25299/sportarea.2019.vol4\(2\).3370](https://doi.org/10.25299/sportarea.2019.vol4(2).3370)
- [22] Pirker, J., & Dengel, A. (2021). The Potential of 360° Virtual Reality Videos and Real VR for Education—A Literature Review. *IEEE computer graphics and applications*, 41(4), 76-89. <https://doi.org/10.1109/MCG.2021.3067999>

- [23] Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- [24] Rekik, G., Khacharem, A., Belkhir, Y., Bali, N., & Jarraya, M. (2018). The instructional benefits of dynamic visualizations in the acquisition of basketball tactical actions. *Journal of Computer Assisted Learning*, 35(1), 74-81. <https://doi.org/10.1111/jcal.12312>
- [25] Ridou, A., & Pasco, D. (2023, April 14). *Pre-Service Physical Education Teachers Experience Watching Their Teaching in 360-Degree Virtual Reality Videos*. [Conference presentation] Annual meeting of the American Educational Research Association, Chicago, IL, United States. <https://doi.org/10.3102/2003318>
- [26] Roche, L., & Gal-Petitfaux, N. (2017). Using 360 video in physical education teacher education. In P. Resta & S. Smith (Hrsg.), *Proceedings of the Society for information technology & teacher education international conference*. Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). 3420-3425.
- [27] Roche, L., Kittel, A., Cunningham, I., & Rolland, C. (2021). 360° video integration in teacher education: a SWOT analysis. *Frontiers in education*, (6). <https://doi.org/10.3389/educ.2021.761176>
- [28] Rohleder, J. (2019). *Handstandvermittlung im Turnen: Praktische Auswirkungen forschungsgeleiteter Lehrkonzepte auf das Bewegungslernen von Novizen und Nachwuchsathleten*. Deutsche Sporthochschule Köln.
- [29] Romeas, T., More-Chevalier, B., Charbonneau, M., & Bieuzen, F. (2022). Virtual-Reality training of elite boxers preparing for the Tokyo 2020 Olympics during the COVID-19 pandemic: A Case Study. *Case Studies in Sport and Exercise Psychology*, 6(1), 21-35. <https://doi.org/10.1123/cssep.2021-0027>
- [30] Rosendahl, P., & Wagner, I. (2022). 360-Videotechnologie im Sport – ein systematisches Review zu Einsatzbereichen und Potenzialen als Lehr-Lernmedium. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge* 62(2), 135.
- [31] Rosendahl, P., Müller, M., & Wagner, I. (2023). 360 videos as a visual training tool—a study on subjective perceptions. *Journal of Physical Education and Sport*, 23(4), 795-801. <https://doi.org/10.7752/jpes.2023.04100>

- [32] Rosendahl, P., Müller, M. & Wagner, I. (2024a). A 360° video as visual training support for independent movement acquisition—benefit evaluation with the TAM. *German Journal of Exercise and Sport Research*, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s12662-023-00930-6>
- [33] Rosendahl, P., Klein, M. & Wagner, I. (2024b). Immersives und mehrperspektivisches 360°-Videotraining für den Breitensport. *Journal Of Martial Arts Research*, 7(1). <https://doi.org/10.25847/jomar.special2024.50>
- [34] Rosendahl, P., Kittel, A., Lindsay, R., Roche, L., Cunningham, I., & Wagner, I. (2024c). *360° videos in sports and physical education – more than just digital gimmicks? A narrative review*. [Konferenzpräsentation]. AIESEP 2024 - Past Meets the Future, University of Jyväskylä, Faculty of Sport and Health Sciences, Finland.
- [35] Windscheid, J., & Rauterberg, T. (2022). Technische Rahmenbedingungen bei der Produktion von 360°-Videos. In J. Windscheid & B. Gold (Hrsg.), *360°-Videos in der empirischen Sozialforschung* (S. 103-142). Springer Fachmedien.
- [36] Wirth, C. & Büning, C. (2021). Zur Bedeutung von Bewegungserfahrung in der digitalen Lehre und ihre Perspektiven. In C. Steinberg & B. Bonn (Hrsg.), *Digitalisierung und Sportwissenschaft* (S.149-161). Academia.
- [37] Pädagogische Hochschule St. Gallen (o.J.) *Lehr- und Lernplattform bewegungslesen.ch*. www.bewegungslesen.ch