

Learning Analytics in XR-Based Learning Environments

A Rapid Literature Review

**Bauhaus-
Universität
Weimar**

Heinrich Söbke · Mubtasim Islam Sabik

Hochschule Weserbergland, Hameln
soebke@hsw-hameln.de

Bauhaus-Universität Weimar
{heinrich.soebke@uni-weimar.de} | mubtasim.islam.sabik@uni-weimar.de

Motivation: XR macht Lernen beobachtbar

XR erzeugt kontinuierlich digitale Spuren

- Handlungen im virtuellen Raum
- Bewegung, Blick, Sprache, Kollaboration
- Aufgabenbearbeitung und Performanz
- ggf. physiologische Signale



Learning Analytics

Daten über Lernende und Kontexte messen, analysieren und berichten – mit dem Ziel, Lernen und Lernumgebungen zu verstehen und zu optimieren.

Was ist der heutige Stand von Learning Analytics in XR?

Learning Analytics ≠ jedes digitale Feedback

AR-Schweiß-Beispiel: Live-Anzeige von falschem Brennerwinkel, Abstand oder Bewegungsgeschwindigkeit ist Aufgabenfeedback. XRLA beginnt, wenn diese Prozessdaten über einzelne Handlungen hinaus analytisch genutzt werden, um typische Fehler, Kompetenzentwicklung oder individuellen Unterstützungsbedarf zu bestimmen.

Quelle: <https://www.fronius.com/de-at/austria/schweisstechnik/info-center/news/weleducation-simulator-151123>



Direktes System-/Aufgabenfeedback

unmittelbare Rückmeldung aus Aufgabenlogik

z. B. Brennerposition, Abstand oder Winkel → Abweichung vom Sollbereich wird im AR-System visualisiert

Ziel: Schweißbewegung während der Ausführung korrigieren und Aufgabe fachgerecht durchführen

nicht zwingend gespeichert oder ausgewertet

Learning Analytics

Messung, Sammlung, Analyse und Bericht von Daten über Lernende und Kontexte

z. B. Bewegungs-, Winkel- und Geschwindigkeitsdaten werden über mehrere Schweißvorgänge analysiert, um Fehlermuster, Lernfortschritt oder Unterstützungsbedarf abzuleiten

Ziel: Lernen verstehen, bewerten oder optimieren

analytische Interpretation der Lerndaten ist zentral

Motivation: Viele Daten, aber ein fragmentiertes Feld

Referenz / Strang	Fokus	Grenze / Anschluss
Tao et al. (2025)	LA in iVR / VLE	nicht XR-übergreifend
Sakr & Abdullah (2024)	VR/AR + LA	Datenquellen/Analytik nur begrenzt
Shadiev & Li (2023)	Eye Tracking in iVR	eine Datenmodalität
Lampropoulos & Evangelidis (2025)	LA/EDM + AR/VR/Metaverse	breiter Korpus; auch Konzepte/Showcases
Zhou, Hu & Wei (2025)	MMLA + Wearables in iVR	physiologische Signale / Ethik
Ouhaichi, Spikol & Vogel (2023)	MMLA allgemein	nicht XR-spezifisch
Mougiakou et al. (2023)	Analytics-Level	Referenzrahmen, kein XR-Review
Lampropoulos (2027)	KI-gestützte XRLA-Architektur	aktueller Anschluss, kein Review

Ziele dieses Reviews

Über VR, AR und MR hinweg:

- Welche Daten werden erhoben?
- Welche Analytik wird verwendet?
- Welcher didaktische Zweck wird erfüllt?

Rapid Literature Review von 40 empirischen Studien (2021–2025)

RQ	Frage
RQ1	Welche Lerndatenquellen und Analyseansätze werden in XR Learning Analytics verwendet?
RQ2	Für welche didaktischen Zwecke werden diese Daten eingesetzt?

Ziel: Orientierungswissen für adaptive, multimodale und KI-gestützte XR-Lernumgebungen.

Methode: Rapid Review

Baustein	Umsetzung
Datenbank	Scopus
Suchstring	("learning analytics") AND ("virtual reality" OR "augmented reality" OR "mixed reality" OR "extended reality")
Zeitraum	2021–2025
Treffer	167 Records → 53 Volltexte → 40 empirische Studien
Analyse	qualitative Inhaltsanalyse; deskriptive Synthese

Inklusion	Bewusste Abkürzungen
empirische Studien	eine Datenbank
XR-Umgebung mit explizitem Lernziel	keine systematische Qualitätsbewertung der Studien
Lernerdaten werden für LA-Zwecke analysiert	pro Studie ein Reviewer; Unsicherheiten im Konsens aufgelöst

Charakteristika des Korpus: XRLA ist vielfältig, aber VR-dominiert

XR-Technologie	n (%)	Domäne	n (%)	Studientyp	n (%)
VR	20 (50,0)	STEM / Science	13 (32,5)	Experiment / Intervention	15 (37,5)
AR	12 (30,0)	Healthcare / Medizin / Special needs	5 (12,5)	Beobachtungsstudien mit Learning Analytics	8 (20,0)
MR / Immersive Displays	6 (15,0)	Sprache / Literacy	4 (10,0)	Methoden-/Entwicklungsstudien	8 (20,0)
Hybrid	2 (5,0)	VR Content Creation / Maker	4 (10,0)	Fall-/Pilotstudien	5 (12,5)
		Berufliches Lernen	4 (10,0)	Quasi-experimentell	4 (10,0)
		Weitere Domänen	10 (25,0)		

- XRLA: XR Learning Analytics
- Evidenzbasis ist zu heterogen für die Ableitung einer gemeinsamen Effektgröße.
- Zunächst Verständnis notwendig, welche Arten von Studien, Daten und Analysen vorliegen

RQ1: Welche Lerndaten werden erfasst?

Datenquelle	Kurzbeschreibung	n (%)
Interaktionsprotokolle	Aktionen, Navigation, Aufgabenereignisse, Plattforminteraktionen	29 (72,5)
Leistungsdaten	Scores, Abschlüsse, Kompetenzindikatoren, Performance	22 (55,0)
Bewegungs- und Verhaltensdaten	Körper-/Controllerbewegungen, Positionen, Gesten	14 (35,0)
Sprach- und Textdaten	Dialoge, Chat, Sprache, Artefakte, NLP-Merkmale	14 (35,0)
Blickdaten	Eye Tracking, visuelle Aufmerksamkeit, Blickvektoren	9 (22,5)
Physiologische Daten	EEG, PPG, fNIRS (Hirnaktivität über Blutoxygenierung), biometrische/affektive Signale	7 (17,5)

33 von 40 Studien: mehr als eine Datenquelle

Multimodalität ist bereits angelegt - häufig aber noch ohne adaptive Intervention.

RQ1: Vier Analytics-Level (nach Mougiakou et al. (2023))

Level	Funktion	Beschreibung	n (%)
Deskriptiv	Monitoring	Aktivitäten erfassen, zusammenfassen, visualisieren oder berichten	9 (22,5)
Diagnostisch	Erklärung	Lernprozesse, Verhalten, Zustände, Kollaboration oder Lernergebnisse erklären	36 (90,0)
Prädiktiv	Vorhersage	Lernergebnisse, Engagement, kognitive Belastung oder Kompetenzerwerb vorhersagen	10 (25,0)
Präskriptiv	Intervention	Empfehlungen, adaptive Unterstützung oder personalisierte Hinweise bereitstellen	10 (25,0)

RQ1: Analyseansätze

Ansatz	Was passiert?	n (%)
Deskriptiv / Log-basiert	Aktivitäten, Interaktionen und Verhaltensdaten werden zusammengefasst und explorativ ausgewertet	21 (52,5)
Maschinelles Lernen / KI	Muster werden erkannt, Daten klassifiziert, Gruppen gebildet, Ergebnisse vorhergesagt oder Empfehlungen bzw. adaptive Reaktionen erzeugt	15 (37,5)
Statistische Tests	Unterschiede zwischen Gruppen und Zusammenhänge zwischen Variablen werden geprüft	7 (17,5)
Dashboards	Analyseergebnisse werden visualisiert und für Monitoring, Reflexion, Feedback oder Instruktionsentscheidungen nutzbar gemacht	6 (15,0)
NLP / Diskursanalyse	Sprache, Texte, Chats oder Dialoge werden inhaltlich bzw. strukturell analysiert	6 (15,0)
Sequenz- / Prozessanalyse	Die zeitliche Reihenfolge und typische Abfolge von Handlungen oder Lernprozessen wird untersucht	5 (12,5)
Netzwerk- / relationale Analyse	Beziehungen zwischen Personen, Beiträgen, Wissenselementen oder Interaktionen werden analysiert	4 (10,0)

64 Zuordnungen zu Analysemethoden in 40 Studien: häufig mehrere Verfahren kombiniert

RQ2: Wofür wird XRLA genutzt? (gemäß Objectives-Dimension im LA Reference Model (Chatti et al., 2012))

Zweck	Leitfrage	Beispiele	n (%)
Verstehen	Wie entfaltet sich Lernen?	Prozesse, Zustände, Interaktion, Engagement	21 (52,5)
Evaluieren	Was wurde gelernt?	Kompetenzen, Outcomes, Performanz	10 (25,0)
Verbessern	Wie kann Lernen unterstützt werden?	Feedback, Adaptation, Tutoring, Interventionen	9 (22,5)

XRLA

- derzeit überwiegend zum Verstehen und Evaluieren
- adaptive und personalisierte Interventionen noch deutlich seltener

Schlussfolgerungen

Befund	Schlussfolgerung
Multimodale Datenerfassung ist bereits verbreitet	Potenzial liegt nicht primär im Erfassen weiterer Daten
Diagnostische Analytics dominieren	XRLA wird vor allem zum Erklären von Lernprozessen genutzt
Prädiktive und präskriptive Analytics sind seltener	Vorhersage und adaptive Unterstützung bleiben Entwicklungsfelder
„Verbessern“ bislang am seltensten vertreten	Die zentrale Herausforderung ist der Übergang von Analyse zu didaktisch sinnvoller Intervention

Was braucht es, damit aus „Lernen verstehen“ tatsächlich „Lernen unterstützen“ wird?

Learning Analytics in XR-Based Learning Environments

A Rapid Literature Review

Heinrich Söbke · Mubtasim Islam Sabik

Hochschule Weserbergland, Hameln
soebke@hsw-hameln.de

Bauhaus-Universität Weimar
{heinrich.soebke@uni-weimar.de|mubtasim.islam.sabik}@uni-weimar.de

**Bauhaus-
Universität
Weimar**

**Vielen Dank!
Anmerkungen und Fragen?**

Analytics-Level vs. didaktischer Zweck

Perspektive	Leitfrage	Kategorien	Beispiel
Analytics-Level	Was macht die Analyse mit den Daten? Was kann die Analyse?	deskriptiv · diagnostisch · prädiktiv · präskriptiv	Bewegungsdaten werden genutzt, um Lernzustände zu erklären oder zukünftige Leistung vorherzusagen.
Didaktischer Zweck	Wozu wird Analyse im Lernkontext eingesetzt?	Verstehen · Evaluieren · Verbessern	Dieselbe Analyse kann Prozessverständnis erzeugen, Leistung bewerten oder adaptive Unterstützung auslösen.

Level und Zweck sind nicht identisch: Dasselbe Analytics-Level kann unterschiedlichen didaktischen Zwecken dienen.

Deskriptive Analyse kann z. B. dem Verstehen, dem Evaluieren oder, mit Feedbackschleife, dem Verbessern dienen

Beispiel Dashboard in einer XR-Lernumgebung:

Deskriptive Analytics: „Du hast in den letzten drei Durchläufen 40 % deiner Zeit in Bereich A verbracht und nur 5 % in Bereich B.“

Didaktischer Zweck Verbessern: Der Lernende oder die Lehrperson erkennt ein unausgewogenes Lernverhalten und passt den nächsten Durchlauf an.

Ausgewählte Referenzen

Reviews, Referenzmodelle und Beispielquelle im Umfeld des Reviews (Referenzen des Korpus finden sich im Manuskript)

Referenz	Schwerpunkt
Tao, L.; Cukurova, M.; Song, Y. (2025). Learning analytics in immersive virtual learning environments: a systematic literature review. Smart Learning Environments, 12(1), 43.	iVR + Learning Analytics
Sakr, A.; Abdullah, T. (2024). Virtual, augmented reality and learning analytics impact on learners, and educators: A systematic review. Education and Information Technologies, 29(15), 19913–19962.	VR/AR + Learning Analytics
Shadiev, R.; Li, D. (2023). A review study on eye-tracking technology usage in immersive virtual reality learning environments. Computers & Education, 196, 104681.	Eye Tracking in iVR
Lampropoulos, G.; Evangelidis, G. (2025). Learning Analytics and Educational Data Mining in Augmented Reality, Virtual Reality, and the Metaverse: A Systematic Literature Review, Content Analysis, and Bibliometric Analysis. Applied Sciences, 15(2), 971.	LA/EDM + AR/VR/Metaverse
Zhou, W.; Hu, X.; Wei, W. (2025). Multimodal Learning Analytics Using Wearable Devices in Immersive Virtual Reality Learning Environments: A Systematic Review on Learning Indicators and Ethical Considerations. ICALT 2025, 96–100.	MMLA + Wearables in iVR
Ouhaichi, H.; Spikol, D.; Vogel, B. (2023). Research trends in multimodal learning analytics: A systematic mapping study. Computers and Education: Artificial Intelligence, 4, 100136.	MMLA allgemein
Chatti, M. A.; Dyckhoff, A. L.; Schroeder, U.; Thüs, H. (2012). A Reference Model for Learning Analytics. International Journal of Technology Enhanced Learning, 4(5/6), 318–331.	LA Reference Model / Objectives
Mougiakou, S.; Vinatsella, D.; Sampson, D.; Papamitsiou, Z.; Giannakos, M.; Ifenthaler, D. (2023). Learning Analytics. In Educational Data Analytics for Teachers and School Leaders (pp. 131–188). Springer.	Analytics-Level
Long, P.; Siemens, G. (2011). Penetrating the Fog: Analytics in Learning and Education. EDUCAUSE Review, 46(5), 31–40; Siemens, G. (2013). Learning Analytics: The Emergence of a Discipline. American Behavioral Scientist, 57(10), 1380–1400.	LA-Begriff
Lampropoulos, G. (2026). A Framework for Integrating Multimodal Learning Analytics and Artificial Intelligence in Extended Reality Environments. In K. Lavidas & S. Papadakis (Eds.), The Impact of AI on Scientific Knowledge Production: Capabilities, Limits, and Implications. IGI Global Scientific Publishing.	aktueller Framework-Anschluss
Fronius (2023). Welducation Simulator: Schweißen lernen leichtgemacht. Herstellerbeispiel für AR-gestütztes Schweißtraining.	Abgrenzungsbeispiel Aufgabenfeedback/XRLA

Schlussfolgerung: Vorgehen bei „unseren“ 360°-Modellen

1. **Didaktisches Ziel festlegen:** Was soll LA bei 360°-Lernen leisten?
2. **Minimal sinnvolle Datenbasis definieren:** zunächst Interaktionslogs und Leistungsdaten.
3. **Diagnostische Muster untersuchen:** Welche Navigations- und Interaktionsmuster unterscheiden erfolgreiche und weniger erfolgreiche Lernprozesse?
4. **Visualisierung/Dashboard prüfen:** Ergebnisse zunächst für Forschende oder Lehrende sichtbar machen.
5. **Erst danach Adaptation:** Nur wenn diagnostische Zusammenhänge robust sind, Hinweise, Empfehlungen oder adaptive Lernpfade implementieren.