

Wolf, Annabel; Hartmann, Christian; Kosel, Christian; Bannert, Maria
Blickbewegungen in VR-Dashboards als Grundlage Pädagogischer Entscheidungen

Journal für LehrerInnenbildung 26 (2026) 1, S. 110-127



Quellenangabe/ Reference:

Wolf, Annabel; Hartmann, Christian; Kosel, Christian; Bannert, Maria: Blickbewegungen in VR-Dashboards als Grundlage Pädagogischer Entscheidungen - In: Journal für LehrerInnenbildung 26 (2026) 1, S. 110-127 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-356450 - DOI: 10.25656/01:35645; 10.35468/jlb-01-2026-07

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-356450>

<https://doi.org/10.25656/01:35645>

in Kooperation mit / in cooperation with:



<http://www.klinkhardt.de>

Nutzungsbedingungen

Dieses Dokument steht unter folgender Creative Commons-Lizenz: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.de> - Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt unter folgenden Bedingungen vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen sowie Abwandlungen und Bearbeitungen des Werkes bzw. Inhaltes anfertigen: Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen. Dieses Werk bzw. der Inhalt darf nicht für kommerzielle Zwecke verwendet werden. Die neu entstandenen Werke bzw. Inhalte dürfen nur unter Verwendung von Lizenzbedingungen weitergegeben werden, die mit denen dieses Lizenzvertrages identisch oder vergleichbar sind.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

This document is published under following Creative Commons-License: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.en> - You may copy, distribute and transmit, adapt or exhibit the work in the public and alter, transform or change this work as long as you attribute the work in the manner specified by the author or licensor. You are not allowed to make commercial use of the work. If you alter, transform, or change this work in any way, you may distribute the resulting work only under this or a comparable license.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.



Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Virtual Reality

Bibliografie:

Annabel Wolf, Christian Hartmann,
Christian Kosel und Maria Bannert (2026).

Blickbewegungen in VR-Dashboards
als Grundlage Pädagogischer Entscheidungen.
journal für lehrerInnenbildung, 26 (1), 110–127.
<https://doi.org/10.35468/jlb-01-2026-07>

Gesamtausgabe online unter:

<http://www.jlb-journallehrerinnenbildung.net>
<https://doi.org/10.35468/jlb-01-2026>

ISSN 2629-4982

journal für lehrerInnenbildung
jlb
no.1
2026

*Annabel Wolf, Christian Hartmann,
Christian Kosel und Maria Bannert*

Blickbewegungen in VR-Dashboards als Grundlage Pädagogischer Entscheidungen

Die Begutachtung dieses Beitrags erfolgte im double-blind Peer-Review-Verfahren.

Abstract • In VR-Lernumgebungen fehlen Lehrenden Beobachtungsmöglichkeiten zur Diagnostik von Lernprozessen, da Interaktionen und Aufmerksamkeitsprozesse der Lernenden in der VR-Umgebung nicht unmittelbar sichtbar sind. Blickbewegungsdaten bieten neue diagnostische Potenziale. Bisher ist jedoch unklar, wie solche Daten dafür genutzt werden können. In einer explorativen Studie wurde untersucht, wie ein VR-Dashboard mit Blickbewegungsdaten zur Unterrichtsplanung genutzt werden kann. Daraus werden Designempfehlungen für Dashboards abgeleitet, die Lehrpersonen beim Einsatz von Blickdaten in VR unterstützen.

Schlagworte/Keywords • Virtuelle Realität, Eye-Tracking, Daten-Dashboards, datengestützte Entscheidungen, Diagnostik

Einleitung

In herkömmlichen Unterrichtsumgebungen stützen sich Lehrpersonen unter anderem auf die Beobachtung von Schüler*innen, um Stärken und Probleme Einzelner sowie der gesamten Schulklasse zu diagnostizieren und ihren Unterricht demnach entweder während des Unterrichtes oder in der Planung der nächsten Stunde anzupassen (König et al., 2020). In VR-Lernumgebungen, also virtuellen Umgebungen, die zum Wissens- und Kompetenzerwerb konzipiert und genutzt werden, gehen diese direkten Beobachtungsmöglichkeiten aufgrund der visuellen Abschirmung durch die VR-Brillen verloren. Moderne VR-Systeme generieren jedoch, im Gegensatz zu Lernverhalten im Klassenraum, umfangreiche Prozessdaten, die als alternative Informationsquelle dienen können.

Blickbewegungsdaten können helfen, die in virtuellen Lernumgebungen entstehenden Einschränkungen von Beobachtungsmöglichkeiten zu kompensieren und wichtige Prozesse wie die Verteilung der Aufmerksamkeit zu diagnostizieren (Skaramagkas et al., 2021; Chernikova et al., 2022). Sie bilden damit eine Grundlage, auf der Lehrpersonen Aufmerksamkeitsprozesse aus virtuellen Lernumgebungen interpretieren und für ihre Unterrichtsplanung nutzen können. Aufgrund der Datenkomplexität sind Blickbewegungsdaten ohne Visualisierungen jedoch nur schwer zu interpretieren. Daher sind Aggregation, Verarbeitung und Visualisierung der Daten erforderlich, um sie verständlich und nutzbar zu machen und pädagogische Entscheidungen wie das Planen der Unterrichtsstunden auf der Grundlage dieser Daten zu ermöglichen.

Dashboards bieten hierfür einen vielversprechenden Ansatz, indem sie lehr- und lernrelevante Indikatoren visuell aufbereiten (Schwendimann et al., 2016). Sie können Lehrpersonen dabei unterstützen, komplexe Datenmengen zu interpretieren und auf dieser Basis Entscheidungen über die Planung der nächsten Stunde, die Auswahl geeigneter Lernmaterialien oder die Anpassung von Unterstützungsmaßnahmen zu treffen (Verbert et al., 2013). Studien zeigen, dass die Nutzung von Dashboards die Unterrichtsplanung und -unterstützung verbessern kann (Staman et al., 2014).

Bisherige Arbeiten zu Lehr- und Lern-Dashboards haben häufig Daten aus digitalen Lernsystemen untersucht (Paulsen & Lindsay, 2024). Eine Studie von Xhakaj et al. (2017) zeigte z. B. positive Effekte eines Dashboards mit Daten aus einem intelligenten Tutoriensystem auf die Unterrichts-

planung. Kaum untersucht ist hingegen, wie angehende Lehrpersonen Blickbewegungsdaten aus VR-Umgebungen, die in Dashboards visualisiert werden, zur datenbasierten Unterrichtsplanung nutzen können.

Theoretischer Hintergrund

Virtuelle Realität (VR)

VR gilt als innovative Bildungstechnologie. Eine Vielzahl von Studien hat lernförderliche Effekte von VR gezeigt, insbesondere die Steigerung des Engagements und der Motivation der Lernenden (Chavez & Bayona, 2018; Makransky & Lilleholt, 2018). Ein Vorteil von VR ist die Fähigkeit, Lernende in sonst unzugängliche Umgebungen oder Szenarien eintauchen zu lassen (Freina & Ott, 2015). Dadurch wird es Lernenden ermöglicht, Kunst und Architektur der Sixtinischen Kapelle virtuell in einer dreidimensionalen Umgebung zu erleben (Hartmann et al., 2026). Im Vergleich zu traditionellen Lernmethoden bietet VR eine größere räumliche Erfahrung, die die Lernenden in ihrer Vorstellungskraft stimuliert und somit einen tieferen Einblick in die komplexen Details der Kunstwerke ermöglicht (Makransky & Petersen, 2021). Die immersive Natur von VR kann demnach das Engagement der Lernenden steigern und erweist sich dadurch als wertvolles Instrument, um den Einstieg in neue Themen zu erleichtern und das Interesse an nachfolgenden Lerninhalten zu fördern (für einen Überblick über VR als Lernmedium siehe Hartmann und Bannert (2022)). Gleichzeitig können VR-Umgebungen Lernende mit spezifischen Herausforderungen wie erhöhte kognitive Belastung oder Ablenkung durch immersive Reize konfrontieren, was Lehrpersonen vor die Aufgabe stellt, diese zu erkennen und pädagogisch zu begleiten (Stracke et al., 2025).

Analyse von Blickbewegung in VR

Eye-Tracking bezeichnet die Erfassung der Blickbewegungen einer Person. Beim Lernen in VR lassen sich besonders visuelle Aufmerksamkeit und kognitive Prozesse untersuchen (Adhanom et al., 2023). Blickbewegungen in VR lassen sich dabei analog zu klassischen Lernumgebungen interpretieren und geben Aufschluss darüber, auf welche Inhalte die Lernenden ihre Aufmerksamkeit richten und welche Details sie tiefer verarbeiten (Adhanom et al., 2023). Die Aufmerksamkeit der Ler-

nenden wird über den Blickpunkt erfasst (Schindler & Lilienthal, 2019; Stieff et al., 2011). Tiefere kognitive Prozesse werden über Dauer und Häufigkeit von Fixationen, also stabilen Blickpunkten, gemessen (Bylinskii et al., 2017; Gegenfurtner et al., 2020). Die Fixationsdauer wurde in vielen Lernkontexten z. B. zur Unterscheidung von Expert*innen und Noviz*innen genutzt (Duchowski, 2018; Kosel et al., 2023). Zusätzlich wird Eye-Tracking als diagnostisches Werkzeug eingesetzt. So konnten Lehrpersonen in einer Studie von Soares et al. (2021) allein anhand von Videos mit Blickdaten, die den Aufmerksamkeitsprozess der Lernenden abbildeten, vorhersagen, ob die gezeigte Mathematikaufgabe korrekt gelöst wurde.

Trotz des Potenzials zur Erklärung von Lernprozessen sind Blickbewegungsdaten für Lehrpersonen schwer zugänglich; ihre Interpretation erfordert das Verständnis der Metriken sowie Kenntnisse in Datenanalyse und Lernpsychologie (Lee-Cultura et al., 2023; Staman et al., 2014). Ohne Aufbereitung und Expertise sind Blickbewegungsdaten daher für die pädagogische Praxis kaum nutzbar. Eine Möglichkeit, Lehrpersonen bei der Zugänglichkeit und Interpretation zu unterstützen, sind Dashboards, die Informationen so aufbereiten, dass Lehrpersonen daraus Diagnosen und pädagogische Entscheidungen ableiten können. So zeigt eine Studie von Xhakaj et al. (2017), wie Visualisierungen aus einem Tutoriensystem Lehrpersonen bei Unterrichtsentscheidungen unterstützen können. Dieses Potenzial ist bei Dashboards mit Blickbewegungsdaten in VR ebenfalls gegeben. Unklar ist jedoch, wie Lehrpersonen aus Blickbewegungsdaten, die Aufmerksamkeitsprozesse der Lernenden abbilden, pädagogische Unterrichtsentscheidungen ableiten können.

Pädagogische Entscheidungen

Beim Einsatz von VR-Lernumgebungen stehen Lehrpersonen vor der Herausforderung, diese Technologie sinnvoll in den Unterricht zu integrieren (Makransky & Petersen, 2021). VR erfordert vor allem neue didaktische Konzepte und Lernformate, was die Unterrichtsgestaltung erschwert. Da es bislang wenig Leitlinien oder Erfahrungswerte für den Einsatz von VR gibt, sind Lehrpersonen oft auf eigene pädagogische Entscheidungen angewiesen (Villena-Taranilla & Diago, 2025). Gleichzeitig gehen in VR klassische Beobachtungsmöglichkeiten verloren, wodurch Lehrpersonen Informationen über den Lernprozess der Lernenden fehlen. Lehrpersonen können etwa nicht direkt beobachten, worauf Lernende ihre Aufmerksamkeit richten oder welche Inhalte sie

erkunden. In VR-Systemen können aber Prozessdaten erhoben werden, die Einblicke in den Lernprozess, die Aufmerksamkeitsverteilung oder die Verarbeitungstiefe der Lernenden geben können. Um diese zu nutzen, benötigen Lehrpersonen aber nicht nur Zugang zu den während VR-Lerneinheiten anfallenden Daten, sondern auch Wege, diese Daten zu interpretieren und in die Unterrichtsplanung einzubinden. Die Fähigkeit von Lehrpersonen, Daten für pädagogische Entscheidungen zu nutzen, hängt von ihrem Fach- und fachdidaktischem Wissen und dem Ausmaß ab, in dem die Daten mit ihrem vorhandenen Wissen und Erfahrungen verbunden sind (Staman et al., 2014). Für eine effektive pädagogische Entscheidung basierend auf Daten ist daher nicht nur die Integration von Fach- und fachdidaktischem Wissen, sondern auch Kenntnissen über die Datennutzung entscheidend (Mandinach & Gummer, 2016; Mandinach & Jackson, 2012).

Darüber hinaus ist Unterrichtsplanung eine wichtige Form der pädagogischen Entscheidung, die der Lehrperson hilft, Probleme und Schwierigkeiten vorherzusehen (Farrell & Ashcraft, 2024). Datenbasierte pädagogische Entscheidungsfindung kann zwar die Unterrichtsergebnisse verbessern (Staman et al., 2014; Wayman, 2005), Lehrpersonen benötigen jedoch oft Unterstützung beim Verständnis und der Nutzung der Daten (Wayman, 2005).

Ziel der vorliegenden Studie

Durch Eye-Tracking in VR lassen sich Aufmerksamkeits- und Verarbeitungsprozesse von Lernenden erfassen (Adhanom et al., 2023; Duchowski, 2018). Studien zeigen, dass Lehrpersonen anhand solcher Blickdaten z. B. Aufgabenlösungen vorhersagen können (Soares et al., 2021). Die Interpretation dieser Daten erfordert jedoch fachliche Kenntnisse, sodass sie ohne geeignete Aufbereitung nur begrenzt für die Unterrichtspraxis nutzbar sind (Staman et al., 2014; Mandinach & Gummer, 2016). Dashboards können diese Informationen visualisieren und die Nutzung erleichtern, doch es gibt bislang wenige Untersuchungen, wie Lehrpersonen aufbereitete Blickdaten aus VR-Lernszenarien tatsächlich für die Unterrichtsplanung einsetzen (Xhakaj et al., 2017; Wayman, 2005). Die vorliegende Studie untersucht daher explorativ, inwiefern aufbereitete Blickbewegungsdaten aus einer 20-minütigen VR-Lerneinheit als Informationsquelle für die Unterrichtsplanung als Form der pädagogischen Entscheidung genutzt werden können. Im Fokus steht, wie Teilnehmende mit einem dafür ent-

wickelten Dashboard umgehen, welche Potenziale und Grenzen sich daraus für die Gestaltung von Unterrichtsplänen ergeben und wie sich unterschiedliche Vorerfahrungen auf den Planungsprozess auswirken.

Dashboard Design

Das Dashboard wurde entwickelt, um Lehrpersonen bei der Interpretation der Aufmerksamkeitsprozesse von Lernenden während einer 20-minütigen VR-basierten Lerneinheit in der virtuellen Sixtinischen Kapelle zu unterstützen (Hartmann et al., 2026). Die dem Dashboard zugrunde liegenden Blickbewegungsdaten stammten aus einer früheren Studie, in der Studierende eine 20-minütige VR-Einheit in der virtuellen Sixtinischen Kapelle absolvierten (ebd.). Währenddessen sollten die Lernenden möglichst viele Informationen aus vier eingebetteten Textfeldern lernen. Zur Visualisierung wurden Fixationen identifiziert und ihre Dauer auf bestimmten Bereichen berechnet. Zudem wurde eine Verarbeitungsmetrik entwickelt, die zwischen oberflächlicher und tiefer Informationsverarbeitung unterscheidet (Gegenfurtner et al., 2020). Da sich das Dashboard an Lehrpersonen ohne Erfahrung im Umgang mit Eye-Tracking richtet, wurden bewusst einfache Metriken und intuitive Visualisierungen gewählt (Skaramagkas et al., 2021). Es wurden drei Visualisierungen implementiert: ein Blickverlaufdiagramm zur zeitlichen Aufmerksamkeitsverteilung, ein Balkendiagramm der Fixationsdauer pro Bereich und ein Diagramm zur Verarbeitungstiefe. Das Dashboard wurde mit Streamlit¹ realisiert. Die Visualisierungsseite des Dashboards ist in Abbildung 1 des begleitenden Zenodo-Repositorys² dargestellt.

Zur Unterstützung beinhaltete das Dashboard drei interaktive Elemente: eine Hilfefunktion mit Erläuterungen zu den Visualisierungen (Westman, 2022), ein notizbasiertes Reflexionstool mit den Leitfragen (im Original auf Englisch) „What do you notice?“, „What does this tell you?“ und „What ideas for practice do you have?“, die die Schritte Beobachten, Interpretieren und Übertragen in die Praxis strukturieren (Fischer et al., 2014), sowie eine Unterrichtsplanungsvorlage. Letztere half, Erkenntnisse aus dem Dashboard systematisch in Planungsentscheidungen zu überführen, und bot insbesondere unerfahrenen Lehr-

¹ <https://streamlit.io>, Zugriff am: 31.07.2025

² <https://doi.org/10.5281/zenodo.18979061>

personen eine Struktur für Angaben zu Klassenstufe, Fach, Lernzielen, Vorwissen, Materialien und Lernaktivitäten.

Methode

Forschungsdesign

Zur Untersuchung, wie Blickbewegungsdaten aus einer VR-Lerneinheit für datenbasierte Unterrichtsplanung genutzt werden können, wurde ein qualitatives exploratives Forschungsdesign gewählt. Im Fokus stand, wie angehende Lehrpersonen Blickbewegungsdaten aus einer VR-Lerneinheit in einem Dashboard aufbereitet zur datenbasierten Unterrichtsplanung nutzen und interpretieren.

Teilnehmende

An der Studie nahmen fünf Personen ($N = 5$) teil, die an einer deutschen Universität in einem internationalen Masterstudiengang entweder mit Schwerpunkt auf Bildung oder Informatik eingeschrieben waren. Drei der Studierenden verfügten darüber hinaus über mehrjährige Berufserfahrung. In Bezug auf pädagogische Vorerfahrung wurde eine heterogene Gruppe von Masterstudierenden gewählt, um unterschiedliche Erfahrungen zu berücksichtigen. Einschlusskriterium war die Teilnahme an der vorherigen VR-Studie, um vergleichbares Vorwissen zu gewährleisten, da Lehrpersonen die Lernumgebung kennen müssen, um sie im Unterricht einzusetzen. Das Alter der Teilnehmenden lag zwischen 27 und 39 Jahren ($M = 30.8$; $SD = 4.66$). In den Interviews wurden die Teilnehmenden nach relevanter Vorerfahrung gefragt. Basierend auf der Selbsteinschätzung der Teilnehmenden wurden sie in zwei Kategorien eingeteilt: Personen, die von relevanter Erfahrung im Umgang mit Daten berichteten, und Personen, die von relevanter pädagogischer bzw. didaktischer Erfahrung berichteten. Eine Person (TN 3) konnte keiner dieser Gruppen zugeordnet werden. Zwei Teilnehmende (TN 1 und TN 4) berichteten über Erfahrung im Umgang mit Daten, jedoch über keine pädagogische Erfahrung. Zwei weitere (TN 2 und TN 5) verfügten über pädagogische Erfahrungen in Lehrkontexten, hatten jedoch keine Vorerfahrung im Umgang mit Daten. Obwohl sich die theoretische Rahmung der Studie auf Lehrpersonen bezieht, wurden bewusst Masterstudierende befragt, um in einer explorativen Phase

erste Einsichten in Wahrnehmungs- und Interpretationsprozesse der Lernumgebung zu gewinnen; eine Untersuchung mit berufserfahrenen Lehrpersonen stellt einen nächsten Forschungsschritt dar.

Studiendurchführung

Die Teilnehmenden, die die Daten der Lernenden im Dashboard analysierten, hatten die VR-Studie, aus der diese Daten stammen, etwa sechs Monate zuvor selbst durchlaufen. Es wurden gezielt Teilnehmende dieser Studie rekrutiert, um sicherzustellen, dass sie mit der Lernumgebung vertraut waren. Zu Beginn wurden die Teilnehmenden an die Inhalte und Ziele der VR-Lernaufgabe erinnert. Die Versuchsführung stellte Fragen wie „Erinnerst du dich noch, was die Aufgabe war?“ und erläuterte bei Bedarf zentrale Aspekte. Danach erhielten sie Zugang zum Dashboard und eine kurze Einführung in Aufbau und Funktionen. Die Teilnehmenden wurden gebeten, sich in die Rolle einer Lehrperson zu versetzen, die die VR-Einheit als Einführung in ein neues Thema nutzen möchte. Ein integriertes Notiztool mit Reflexionsfragen unterstützte die Auseinandersetzung mit den Daten. Basierend auf den gewonnenen Erkenntnissen sollten die Teilnehmenden dann einen Unterrichtsplan für eine Anschlussstunde an die VR-Einheit erstellen. Dazu konnten sie sowohl die Notizen nutzen, die sie sich während der Exploration der Daten gemacht hatten, als auch auf das Datendashboard zurückgreifen.

Während der Exploration des Dashboards inklusive dem Erstellen des Unterrichtsplanes wurden Blickbewegungsdaten erhoben. Abschließend wurde mit jeder Person ein halbstrukturiertes Interview durchgeführt, um deren Erfahrungen mit dem Dashboard, ihre Herangehensweise, eventuelle Herausforderungen und relevante Vorerfahrung zu erfassen. Das Interview folgte einem kurzen Leitfaden mit drei zentralen Fragen: (1) Welche Vorerfahrungen haben Ihnen bei der Bearbeitung der Aufgabe geholfen? (2) Wie sind Sie an die Aufgabe herangegangen? und (3) Welche Schwierigkeiten sind aufgetreten?

Datenanalyse

Aufmerksamkeitsprozesse, Nutzungsstrategien und datenbasierte pädagogische Entscheidungen wurden auf Basis von Blickbewegungsdaten, Interaktionsmustern und Interviewaussagen erfasst. Für die Analyse der Blickdaten, die während der Nutzung des Dashboards er-

hoben wurden, wurden relevante Umgebungsbereiche (*Areas of Interests*: AOIs) definiert und die Fixationsdauer pro AOI und Person mit dem *Tobii I-VT*-(Fixations-)Algorithmus berechnet. Diese Blickdaten dienten der Erfassung von Aufmerksamkeitsprozessen während der Dashboardnutzung: Längere Fixationen wurden als Indikatoren für vertiefte kognitive Auseinandersetzung mit spezifischen Datenbereichen interpretiert. Ergänzend wurden Interaktionsmuster mittels *Directly-Follows-Analyse* im Tool *Disco* (Version 4.0.8) untersucht, um sequentielle Nutzungsstrategien zu erfassen (z. B. Wechsel zwischen Überblicks- und Detailansichten). Die Interviews wurden mit *AssemblyAI* transkribiert und thematisch analysiert (Clarke & Braun, 2014). Zunächst erfolgte eine induktive Kodierung, anschließend die Bündelung der Codes nach relevanter Vorerfahrung, der Herangehensweise an die Aufgabe und Herausforderungen im Datenverständnis. Die qualitativen Notizen wurden auf zentrale Ideen untersucht und anschließend systematisch mit den Unterrichtsplänen abgeglichen, um zu überprüfen, welche der in den Notizen erfassten Ideen von den Lehrpersonen in ihre Unterrichtsplanung übernommen wurden.

Ergebnisse

Interaktion mit dem Dashboard

Die Analyse der Blickbewegungsdaten zeigte, dass sich die Aufmerksamkeit der Teilnehmenden primär auf den Unterrichtsplan, die Visualisierungen und das integrierte Notizwerkzeug richtete. Dabei variierte die Fixationsdauer auf die einzelnen AOIs zwischen den Teilnehmenden stark (siehe Abbildung 2 des begleitenden Zenodo-Repository³).

Die Prozessanalyse zeigte ein zweiphasiges Bearbeitungsmuster: Zunächst lag der Fokus auf Datenanalyse und Notizen, anschließend auf der Unterrichtsplanung. Abbildung 3 des begleitenden Zenodo-Repository⁴ verdeutlicht dieses Muster durch die Dominanz unterschiedlicher Farben in zeitlich getrennten Abschnitten.

So lässt sich bei Proband*in 5 erkennen, dass zunächst zentrale Definitionen und Texte gelesen

³ <https://doi.org/10.5281/zenodo.18979061>

⁴ <https://doi.org/10.5281/zenodo.18979061>

wurden, ehe der Fokus auf die Visualisierungen und das Notizwerkzeug überging. Erst danach wurde der Unterrichtsplan betrachtet. Auffällig ist, dass zwischen den beiden Bearbeitungsphasen kaum Übergänge stattfanden. Insbesondere zwischen den Visualisierungen und dem Planungstool war nahezu kein Wechsel feststellbar. Diese Trennung spiegelt sich auch in der Nutzung der Notizen wider: Die in der Visualisierungsphase angefertigten Notizen wurden in der anschließenden Unterrichtsplanung kaum oder gar nicht berücksichtigt. Die Notizfunktion wurde überwiegend zur Beobachtung und Interpretation der Daten genutzt. Der Bereich „Transfer in die Praxis“ wurde hingegen am seltensten verwendet. Für eine Übersicht über die Notizen pro Person siehe Tabelle 1. Interessant ist, dass die Teilnehmenden (TN 1 und TN 2), die weniger Zeit mit den Visualisierungen verbrachten, auch das Notizwerkzeug kaum nutzten.

Tab. 1 Anzahl der von den Teilnehmenden ausgefüllten Notizfelder

Notizart	TN 1	TN 2	TN 3	TN 4	TN 5
Beobachtung	1	1	10	10	10
Interpretation	1	0	10	4	7
Handlungsoption	1	0	0	2	2
Gesamt	3	1	20	16	19

Zur Rolle der Vorerfahrung

In den Interviews zeigte sich, dass Unterschiede im Vorwissen der Teilnehmenden in Pädagogik bzw. Datenanalyse keinen erkennbaren Einfluss auf die Interaktionsmuster mit dem Dashboard hatten. Wohl aber beeinflusste es die Herangehensweise an die Aufgabe. Auf Basis der Interviewdaten konnten zwei dominante Herangehensweisen identifiziert werden: (1) Datenbasierte Herangehensweise: Teilnehmende dieser Gruppe (TN 1 und TN 4) analysierten die Visualisierungen, suchten aktiv nach Mustern oder Auffälligkeiten in den Blickbewegungsdaten und leiteten daraus konkrete Ideen für die Unterrichtsgestaltung ab. In den Interviews erwähnten beide Personen, dass sie nach Mustern in den Daten suchten, um Anhaltspunkte für den Unterrichtsplan zu finden. (2) Pädagogisch orientierte Herange-

hensweise: Diese Teilnehmenden (TN 2, TN 3 und TN 5) stützten ihre Planung primär auf bestehendes didaktisches Erfahrungswissen, ohne die Datenanalyse in den Mittelpunkt zu stellen, und gestalteten ihren Unterrichtsplan mit Ideen, die sie auf Basis ihrer eigenen (pädagogischen) Erfahrungen entwickelten. In den Interviews erzählten sie von eigenen pädagogischen oder didaktischen Erfahrungen, auf die sie für die Planung der Unterrichtsstunde zurückgegriffen haben. Eine Person (TN 1) begründete ihre Planungsentscheidung beispielsweise mit der eigenen Erfahrung, dass Lernende nach einer technologiegestützten Lerneinheit den Bedarf haben, etwas Aktives und Praktisches zu tun. Dieser Unterschied wurde auch bei der Analyse der Notizen deutlich: Die Teilnehmenden ohne Datenkompetenz (TN 2, TN 3 und TN 5) haben keine Ideen aus den Notizen im Unterrichtsplan umgesetzt, während die Teilnehmenden mit Datenkompetenz (TN 1 und TN 4) Ideen aus den Notizen in den Unterrichtsplan aufnahmen. Auch in der wahrgenommenen Schwierigkeit gab es Unterschiede. Teilnehmende mit begrenzter Erfahrung in der Dateninterpretation (TN 2, TN 3 und TN 5) äußerten zu Beginn ein Gefühl der Überforderung in Bezug auf die Menge und Komplexität der präsentierten Informationen. Besonders herausfordernd wurde das Verständnis der Metrik zur Verarbeitungstiefe bewertet.

Bezugnahme auf die Daten im Unterrichtsplan

Im Abgleich der Notizen mit den Unterrichtsplänen zeigte sich, dass nur die Teilnehmenden mit Vorwissen im Umgang mit Daten und datenbasierter Herangehensweise (TN 1 und TN 4) die durch die Visualisierungen gewonnenen Einsichten in konkrete Handlungsvorschläge überführten. Die anderen drei Teilnehmenden bezogen keine Erkenntnisse aus den Daten in ihren Unterrichtsplan ein, sondern generierten ihre Ideen aus der eigenen pädagogischen Vorerfahrung.

Diskussion

Die vorliegende Studie untersucht, wie angehende Lehrpersonen Blickbewegungsdaten aus einer VR-Lerneinheit, die in einem Dashboard visualisiert wurden, für datenbasierte Unterrichtsplanung einsetzen. Darüber hinaus werden Potenziale und Grenzen für die Lehrerbildung aufgezeigt und erste Gestaltungsprinzipien abgeleitet.

Implikationen für die Gestaltung

Integration der Bearbeitungsphasen: Die Prozessanalyse offenbarte zwei getrennte Bearbeitungsphasen: Zunächst arbeiteten die Teilnehmenden mit Visualisierungen und Notizen, anschließend erfolgte die Unterrichtsplanung. Diese lineare Bearbeitung steht im Kontrast zu zyklischen Modellen datenbasierter Entscheidungsprozesse, die von Iterationen zwischen den Phasen profitieren (Mandinach & Gummer, 2016). Die Trennung beider Phasen wurde durch das Design des Dashboards begünstigt, da ein erneutes Aufrufen der Visualisierungen während der Bearbeitung des Unterrichtsplans erschwert war. Interessanterweise wurden aber auch die Notizen, die vom Unterrichtsplan aus leicht zugänglich waren, kaum genutzt.

Für die Gestaltung von VR-Dashboards lässt sich daraus ableiten, dass eine Gestaltung, welche einen unkomplizierten Wechsel zwischen den Phasen ermöglicht, den Arbeitsprozess stärker unterstützen könnte. Ein Dashboard-Design, das diesen iterativen Zugriff erleichtert, könnte dazu beitragen, dass Lehrpersonen Erkenntnisse aus den Visualisierungen direkter in den Planungsprozess einbinden können.

Notizfunktion als Unterstützung: Die Notizfunktion wurde überwiegend zur Interpretation, jedoch kaum zur Ableitung konkreter Handlungen genutzt. Ein deutlicher Zusammenhang bestand zwischen der Nutzung der Visualisierungen und der Notizfunktion. Dies unterstreicht das Potenzial solcher Reflexionswerkzeuge zur Unterstützung von Diagnoseprozessen, verdeutlicht aber auch die Notwendigkeit zusätzlicher Unterstützung im Übergang von der Analyse zur Handlung. Die Notizfunktion erwies sich in dieser Studie insbesondere zur Strukturierung der Beobachtungen als wirksam. Der begrenzte Einsatz zur Ableitung praktischer Konsequenzen verweist jedoch auf eine Lücke, die durch gezielte Unterstützung und intelligente Feedbacksysteme adressiert werden könnte.

Herangehensweisen und Unterstützungsbedarfe: Teilnehmende mit datenanalytischem Vorwissen zeigten ein stärker dateninformiertes Vorgehen, während Teilnehmende mit starkem pädagogischem Vorwissen eher auf bekannte pädagogische Strategien zurückgriffen. Dies deckt sich mit Befunden anderer Studien, die zeigen, dass Lehrpersonen mit ausgeprägter Datenkompetenz eher in der Lage sind, Nutzen aus präsentierten Daten zu ziehen. Eine Integration beider Perspektiven erfolgte nicht (Merk et al., 2020; Zeuch et al., 2017).

Daraus ergibt sich die Notwendigkeit differenzierter Unterstützungsansätze: Je nach beruflicher Ausrichtung benötigen Lehrpersonen spezifische Hilfestellungen, etwa zur Dateninterpretation oder zur didaktischen Umsetzung von Erkenntnissen (Staman et al., 2014; Leeuwen, 2019; Verbert et al., 2013). Hieraus lässt sich ableiten, dass eine differenzierte und möglicherweise adaptive Unterstützung, die sowohl datenanalytische als auch pädagogische Kompetenzen anspricht, den Arbeitsprozess bereichern könnte. Ansatzpunkte hierfür könnten adaptive Hilfestellungen sein, die an den individuellen Hintergrund der Lehrperson anknüpfen (vgl. Brand et al., 2025).

Komplexität der Visualisierungen: Einige Visualisierungen, insbesondere zur Gegenüberstellung von oberflächlicher und tiefer Verarbeitung, wurden als zu komplex wahrgenommen. Dies verdeutlicht die Herausforderung, aussagekräftige und zugleich intuitiv verständliche Metriken bereitzustellen (Means et al., 2009). Eine zu hohe Abstraktion kann Lehrpersonen ohne Datenvorkenntnisse überfordern und die Ableitung von Handlungsoptionen erschweren, während eine starke Reduktion den Informationsgehalt mindert.

Für eine bessere Verständlichkeit sollten Metriken an den Bedürfnissen und Kompetenzen der Lehrpersonen ausgerichtet werden. Eine systematische Erhebung dieser Anforderungen im Rahmen eines nutzerzentrierten Entwicklungsprozesses erscheint hierfür sinnvoll (Ez-Zaouia, 2020).

Implikationen für die Forschung

Darüber hinaus zeigt sich mit Blick auf VR-Lernumgebungen ein bisher wenig erschlossenes Forschungsfeld: Die Frage, wie Lernprozesse in immersiven Kontexten sichtbar gemacht und didaktisch anschlussfähig gestaltet werden können, verdient verstärkte Aufmerksamkeit (vgl. Hartmann et al., 2022).

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass Dashboards mit Blickbewegungsdaten angehenden Lehrpersonen neue Möglichkeiten eröffnen, Lernprozesse von Schüler*innen zu beobachten und zu interpretieren. Frühere Forschung unterstreicht das diagnostische Potenzial von Eye-Tracking-Daten: So konnte beispielsweise gezeigt werden, dass Fixationsmuster während des Leseprozesses Hinweise auf Legasthenie liefern können (Rello & Ballesteros, 2015). Dies verdeutlicht einerseits die Chancen von Eye-Tracking-Daten für pädagogische Entscheidungs-

gen und Diagnostik (vgl. Kosel et al., 2024), macht aber andererseits deutlich, dass Lehrpersonen im Umgang mit solchen Daten geschult werden müssen, um eine korrekte Interpretation zu gewährleisten und die gewonnenen Erkenntnisse sinnvoll in Unterrichtsentscheidungen zu übertragen.

Die Kombination aus Blickbewegungsdaten, automatisierter Auswertung und visualisierter Rückmeldung bietet zusätzlich Potenzial für die Echtzeitunterstützung von Lehrpersonen. Eine solche automatisierte Unterstützung kann gezieltes Eingreifen ermöglichen, insbesondere wenn direkte Beobachtung nicht möglich ist. Dies eröffnet neue Wege, um den Lernprozess sichtbar zu machen und gleichzeitig Lehrpersonen bei der Diagnose sowie der Planung zu unterstützen. Dazu wäre es notwendig, in größer angelegten Analysen den Nutzen und die Verständlichkeit einzelner Metriken zu überprüfen.

Zusätzlich ergibt sich der Bedarf, den Bearbeitungsprozess von Lehrpersonen genauer zu betrachten, um unterschiedliche Unterstützungsbedarfe automatisiert zu erkennen und gezielt unterstützen zu können. Ein Beispiel für dieses Vorgehen bietet die Forschung von Lim et al. (2023), in der eine Datenbank an Verhaltensdaten mit den dazugehörigen kognitiven Prozessen entwickelt wurde, um basierend auf dem Verhalten von Lernenden individualisierte Unterstützung zu geben.

Limitationen

Die Ergebnisse sind vor dem Hintergrund mehrerer Einschränkungen zu interpretieren. Die Stichprobe war mit fünf (angehenden) Lehrpersonen sehr klein und schließt keine im Schuldienst tätigen Lehrpersonen ein, was die Generalisierbarkeit begrenzt. Zudem wurde ausschließlich untersucht, ob Erkenntnisse aus den Blickbewegungsdaten in die Unterrichtsplanung übernommen wurden, nicht jedoch die Qualität oder Wirksamkeit der daraus entstandenen Unterrichtspläne. Weiterhin wurden keine Daten zur User Experience des Dashboards erhoben, sodass unklar bleibt, inwieweit die Gestaltung der Benutzeroberfläche das Nutzungsverhalten beeinflusst haben könnte. Schließlich fand die Nutzung des Dashboards in einem experimentellen Einzelsetting und auf Basis eines spezifischen VR-Szenarios statt.

Literatur

- Adhanom, I., MacNeilage, P. & Folmer, E. (2023). Eye Tracking in Virtual Reality: A Broad Review of Applications and Challenges. *Virtual Reality*, 27(4), 1481–1505. <https://doi.org/10.1007/s10055-022-00738-z>
- Brand, C., Hartmann, C., Loibl, K. & Rummel, N. (2025). Investigating learner characteristics and processes in Productive Failure and Vicarious Failure to design adaptive guidance. *Learning and Instruction*, 95, Article 102052. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2024.102052>
- Bylinskii, Z., Borkin, M. A., Kim, N. W., Pfister, H. & Oliva, A. (2017). Eye fixation metrics for large scale evaluation and comparison of information visualizations. In M. Burch, L. Chuang, B. Fisher, A. Schmidt & D. Weiskopf (Eds.), *Eye tracking and visualization: Foundations, techniques, and applications*. In *ETVIS 2015. Mathematics and Visualization* (pp. 235–255). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47024-5_14
- Chavez, B. & Bayona, S. (2018). Virtual reality in the learning process. In Á. Rocha, H. Adeli, L. Reis & S. Costanzo (Eds.), *Trends and Advances in Information Systems and Technologies: Volume 2* (pp. 1345–1356). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-77712-2_129
- Chernikova, O., Heitzmann, N., Opitz, A., Seidel, T. & Fischer, F. (2022). A Theoretical Framework for Fostering Diagnostic Competences with Simulations in Higher Education. In F. Fischer & A. Opitz (Eds.), *Learning to Diagnose with Simulations* (pp. 5–16). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-89147-3_2
- Clarke, V. & Braun, V. (2014). Thematic analysis. In T. Teo (Ed.), *Encyclopedia of critical psychology* (pp. 1947–1952). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5583-7_311
- Duchowski, A. (2018). Gaze-based interaction: A 30 year retrospective. *Computers & Graphics*, 73, 59–69. <https://doi.org/10.1016/j.cag.2018.04.002>
- Ez-Zaouia, M. (2020). Teacher-centered dashboards design process. *2nd International Workshop on eXplainable Learning Analytics, Companion Proceedings of the 10th International Conference on Learning Analytics & Knowledge LAK20*.
- Farrell, T. S. & Ashcraft, N. (2024). *Lesson planning*. TESOL Press.
- Fischer, F., Kollar, I., Ufer, S., Sodian, B., Hussmann, H., Pekrun, R., Neuhaus, B., Dörner, B., Pankofer, S., Fischer, M., Strijbos, J. W., Heene, M. & Eberle, J. (2014). Scientific reasoning and argumentation: Advancing an interdisciplinary research agenda in education. *Frontline Learning Research*, 2(3), 28–45. <https://doi.org/10.14786/flr.v2i2.96>
- Freina, L. & Ott, M. (2015). A literature review on immersive virtual reality in education: state of the art and perspectives. *The International Scientific Conference eLearning and Software for Education*, 1(133), 10–1007.
- Gegenfurtner, A., Boucheix, J. M., Gruber, H., Hauser, F., Lehtinen, E. & Lowe, R. K. (2020). The gaze relational index as a measure of visual expertise. *Journal of Expertise*, 3(1), 32–40.
- Hartmann, C. & Bannert, M. (2022). Lernen in virtuellen Räumen: Konzeptuelle Grundlagen und Implikationen für künftige Forschung. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 47, 373–391. <https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.18.X>
- Hartmann, C., Kosel, C., Wolf, A., & Bannert, M. (2026). Seeing the whole picture? An experiment on environmental detail and coherence formation in immersive

- virtual reality. *Computers & Education: X Reality*, 8, Article 100130. <https://doi.org/10.1016/j.cexr.2025.100130>
- Hartmann, C., Rummel, N. & Bannert, M. (2022). Using HeuristicsMiner to Analyze Problem-Solving Processes: Exemplary Use Case of a Productive-Failure Study. *Journal of Learning Analytics*, 9(2), 66–86. <https://doi.org/10.18608/jla.2022.7363>
- König, J., Bremerich-Vos, A., Buchholtz, C., Fladung, I. & Glutsch, N. (2020). Pre-service teachers' generic and subject-specific lesson-planning skills: On learning adaptive teaching during initial teacher education. *European Journal of Teacher Education*, 43(2), 131–150. <https://doi.org/10.1080/02619768.2019.1679115>
- Kosel, C., Grub, A. S., Hartmann, C. & Seidel, T. (2024). Editorial: Advancing research on teachers' professional vision: implementing novel technologies, methods and theories. *Frontiers in Education*, 9, Article 1454622. <https://doi.org/10.3389/educ.2024.1454622>
- Kosel, C., Voggenreiter, A., Pfeffer, J. & Seidel, T. (2023). Measuring Teachers' Visual Expertise Using the Gaze Relational Index Based on Real-World Eyetracking Data and Varying Velocity Thresholds. *Journal of Expertise*, 6(3).
- Lee-Cultura, S., Sharma, K. & Giannakos, M. N. (2023). Multimodal teacher dashboards: challenges and opportunities of enhancing teacher insights through a case study. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 17, 181–201. <https://doi.org/10.1109/TLT.2023.3276848>
- Leeuwen, A. v. (2019). Teachers' perceptions of the usability of learning analytics reports in a flipped university course: When and how does information become actionable knowledge? *Educational Technology Research and Development*, 67, 1043–1064. <https://doi.org/10.1007/s11423-018-09639-y>
- Lim, L., Bannert, M., Graaf, J. v. d., Singh, S., Fan, Y., Surendrannair, S., Rakovic, M., Molenaar, I., Moore, J. & Gašević, D. (2023). Effects of real-time analytics-based personalized scaffolds on students' self-regulated learning. *Computers in Human Behavior*, 139, Article 107547. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107547>
- Makransky, G. & Lilleholt, L. (2018). A structural equation modeling investigation of the emotional value of immersive virtual reality in education. *Educational Technology Research and Development*, 66(5), 1141–1164. <https://doi.org/10.1007/s11423-018-9581-2>
- Makransky, G. & Petersen, G. (2021). The cognitive affective model of immersive learning (CAMIL): A theoretical research-based model of learning in immersive virtual reality. *Educational psychology review*, 33(3), 937–958. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09586-2>
- Mandinach, E. B. & Gummer, E. S. (2016). What does it mean for teachers to be data literate: Laying out the skills, knowledge, and dispositions. *Teaching and Teacher Education*, 60, 366–376. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2016.07.011>
- Mandinach, E. B. & Jackson, S. S. (2012). *Transforming teaching and learning through data-driven decision making*. Corwin Press. <https://doi.org/10.4135/9781506335568>
- Means, B., Padilla, C., DeBarger, A. & Bakia, M. (2009). *Implementing data-informed decision making in schools: Teacher access, supports and use*. US Department of Education.
- Merk, S., Poindl, S., Wurster, S. & Bohl, T. (2020). Fostering aspects of pre-service teachers' data literacy: Results of a randomized controlled trial. *Teaching and Teacher Education*, 91, Article 103043. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2020.103043>
- Paulsen, L. & Lindsay, E. (2024). Learning analytics dashboards are increasingly becoming about learning and not just analytics – A systematic review. *Education*

- and Information Technologies, 29(11), 14279–14308. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12401-4>
- Rello, L. & Ballesteros, M. (2015). Detecting readers with dyslexia using machine learning with eye tracking measures. In *Proceedings of the 12th International Web for All Conference* (pp. 1–8). <https://doi.org/10.1145/2745555.2746644>
- Schindler, M. & Lilienthal, A. J. (2019). Domain-specific interpretation of eye tracking data: towards a refined use of the eye-mind hypothesis for the field of geometry. *Educational Studies in Mathematics*, 101, 123–139. <https://doi.org/10.1007/s10649-019-9878-z>
- Schwendimann, B. A., Rodriguez-Triana, M. J., Vozniuk, A., Prieto, L. P., Boroujeni, M. S., Holzer, A., Gillet, D. & Dillenbourg, P. (2016). Perceiving learning at a glance: A systematic literature review of learning dashboard research. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 10(1), 30–41. <https://doi.org/10.1109/TLT.2016.2599522>
- Skaramagkas, V., Giannakakis, G., Ktistakis, E., Manousos, D., Karatzanis, I., Tachos, N. S. & Tsiknakis, M. (2021). Review of eye tracking metrics involved in emotional and cognitive processes. *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*, 16, 260–277. <https://doi.org/10.1109/RBME.2021.3066072>
- Soares, R. d. S., Jr., Lukasova, K., Carthery-Goulart, M. T. & Sato, J. R. (2021). Student's perspective and teachers' metacognition: Applications of eye-tracking in education and scientific research in schools. *Frontiers in Psychology*, 12, Article 673615. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.673615>
- Staman, L., Visscher, A. J. & Luyten, H. (2014). The effects of professional development on the attitudes, knowledge and skills for data-driven decision making. *Studies in Educational Evaluation*, 42, 79–90. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2013.11.002>
- Stieff, M., Hegarty, M. & Deslongchamps, G. (2011). Identifying representational competence with multi-representational displays. *Cognition and Instruction*, 29(1), 123–145. <https://doi.org/10.1080/07370008.2010.507318>
- Stracke, C. M., Bothe, P., Adler, S., Heller, E. S., Deuchler, J., Pomino, J. & Wölfel, M. (2025). Immersive virtual reality in higher education: a systematic review of the scientific literature. *Virtual Reality*, 29(2), 1–21.
- Verbert, K., Duval, E., Klerkx, J., Govaerts, S. & Santos, J. L. (2013). Learning analytics dashboard applications. *American Behavioral Scientist*, 57(10), 1500–1509. <https://doi.org/10.1177/0002764213479363>
- Villena-Taranilla, R. & Diago, P. D. (2025). Challenges and Implications of Virtual Reality in History Education: A Systematic Review. *Applied Sciences*, 15(10), Article 5589. <https://doi.org/10.3390/app15105589>
- Wayman, J. C. (2005). Involving teachers in data-driven decision making: Using computer data systems to support teacher inquiry and reflection. *Journal of education for students placed at risk*, 10(3), 295–308. https://doi.org/10.1207/s15327671espr1003_5
- Westman, G. (2022). *Supporting Teachers' Understanding of Young Learners' EFL Learning through a Digital Dashboard: Design and Evaluation of a Teacher-facing Dashboard* [Master's thesis, KTH, School of Electrical Engineering and Computer Science (EECS)]. DiVA portal. Abgerufen am 22.12.2025, unter <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1693043/FULLTEXT01.pdf>
- Xhakaj, F., Aleven, V. & McLaren, B. M. (2017). Effects of a teacher dashboard for an intelligent tutoring system on teacher knowledge, lesson planning, lessons and student learning. In É. Lavoué, H. Drachsler, K. Verbert, J. Broisin & M. Pérez-Sa-

- nagustín (Eds.), *Data Driven Approaches in Digital Education. EC-TEL 2017* (pp. 315–329). https://doi.org/10.1007/978-3-319-66610-5_23
- Zeuch, N., Förster, N. & Souvignier, E. (2017). Assessing teachers' competencies to read and interpret graphs from learning progress assessment: Results from tests and interviews. *Learning Disabilities Research & Practice*, 32(1), 61–70. <https://doi.org/10.1111/ldrp.12126>

Wolf, Annabel,
<https://orcid.org/0009-0008-9676-7412>

wiss. Mitarbeiterin,
Lehrstuhl für Lehren und Lernen mit Digitalen Medien,
Technische Universität München.

Arbeitsschwerpunkte:
Simulationsbasiertes Lernen in der Hochschulbildung,
Diagnosekompetenz und Metakognition von (angehenden) Lehrpersonen.

annabel.wolf@tum.de

Hartmann, Christian, Dr.,
<https://orcid.org/0000-0003-3109-1104>

wiss. Mitarbeiter,
Lehrstuhl für Lehren und Lernen mit Digitalen Medien,
Technische Universität München.

Arbeitsschwerpunkte:
Multimediales Lernen, Adaptives Lernen,
Kooperatives Lernen.

christian.hartmann@tum.de

Kosel, Christian, Dr.,
<https://orcid.org/0000-0002-4857-4148>

wiss. Mitarbeiter,
Friedl Schöller Stiftungslehrstuhl für Pädagogische Psychologie,
Technische Universität München.

Arbeitsschwerpunkte:
Analyse komplexer Blickbewegungsmuster und prozessbasierter Daten,
methodische Weiterentwicklung von Eye-Tracking-Auswertungsverfahren.

christian.kosel@tum.de

Bannert, Maria, Prof. Dr., Dipl.-Psych.,
<https://orcid.org/0000-0001-7045-2764>

Professorin,
Lehrstuhl für Lehren und Lernen mit Digitalen Medien,
Technische Universität München.

Arbeitsschwerpunkte:
Lehren und Lernen mit digitalen Medien,
Selbstreguliertes Lernen und Metakognition,
Lernen mit Multimedia, Instruktionsdesign.

maria.bannert@tum.de