

VR-Labor – Mediendidaktische, lernpsychologische und technische/grafische Gestaltungskriterien

D2C2-Teilprojekt „Digitalisierte Werkstätten und Labore“

Zusammenfassung:

Dieser Beitrag fasst mediendidaktische, lernpsychologische, technologische und grafische Gestaltungskriterien von Virtual-Reality-(VR)-Laborpraktika in den Ingenieurwissenschaften zusammen. Aus mediendidaktischer Sicht wird dargestellt, wie Zielklarheit, konstruktive Ausrichtung und Instruktionsdesign Lernprozesse strukturieren können. Aus lernpsychologischer Perspektive basieren die Kriterien auf der kognitiven Belastungstheorie, der kognitiven Theorie multimedialen Lernens sowie dem kognitiv-affektiven Modell immersiven Lernens. Diese werden um VR-spezifische Erfahrungsdimensionen wie Präsenz, Handlungsfähigkeit und Flow erweitert. In technologischer und grafischer Hinsicht liegt der Schwerpunkt auf einer realistischen und konsistenten Darstellung sowie einem benutzerfreundlichen Interaktionsdesign. Die daraus resultierenden Empfehlungen bieten somit Leitlinien für die Gestaltung, Bewertung und Verbesserung von VR-Experimentierumgebungen.

I. Einleitung: Lehren und Lernen mit digitalen Medien aus einer mediendidaktischen Perspektive

Digitale Medien eröffnen flexible, orts- und zeitunabhängige Lernräume. In diesen lassen sich multimodale und adaptive Angebote kreativ gestalten, kommentieren und verändern. Durch das unmittelbare Feedback werden selbstregulative Lernprozesse gefördert. Zugleich unterstützen digitale Medien die Kommunikation und Kooperation.

<i>Merkmal</i>	<i>Erläuterung</i>	<i>Möglicher Bezug auf VR-Experimentierwelten</i>
<i>Orts-, zeit- und raumunabhängiges Lernen</i>	<i>Zugriff auf Lernmaterialien und Lernaktivitäten unabhängig vom physischen Ort, Zeit oder Institution; hohe Flexibilität</i>	<i>Virtuelle Labore sind jederzeit und ortsungebunden zugänglich, unabhängig von öffentl. Laborplätzen</i>
<i>Multicodale & multimodale Lernangebote</i>	<i>Lerninhalte liegen in mehreren Zeichensystemen vor und sprechen verschiedene Sinne an (Text, Bild, Audio, Animation, Simulation)</i>	<i>VR-Praktika kombinieren Visualisierungen und Simulationen von komplexen Prozessen</i>
<i>Adaptive Lernangebote</i>	<i>Lernwege, Materialien und Hilfen passen sich Bedarfen und Kenntnisstand der Nutzer:innen individuell an</i>	<i>VR-Systeme erkennen Fehler oder Fortschritte und bieten passgenaue Hinweise, adaptive Lernhilfen</i>
<i>Symbolische Manipulation von Lernobjekten</i>	<i>Digitale Artefakte können kreativ umgestaltet, annotiert oder in simulierten Interaktionsräumen manipuliert werden</i>	<i>VR- Experimentierwelten erlauben gefahrloses Testen und Analysieren von Messobjekten, Stoffen oder Parametern</i>
<i>Feedback zum Lernen</i>	<i>Handlungen führen zu direkt erlebbaren System-Rückmeldungen, die Orientierung, Entscheidungshilfe und Reflexion ermöglichen</i>	<i>Direkte visuelle/akustische Rückmeldung z.B. zu Messwerten, Sicherheitsregeln oder Fehlversuchen im VR-Labor</i>
<i>Kommunikation und Kooperation</i>	<i>Ermöglicht Lernenden, synchron oder asynchron, miteinander zu kommunizieren und zu kooperieren</i>	<i>Kollaboratives Forschen oder Team-Experimente mit Avataren, virtuelle Besprechungen, geteilte Analyse in Echtzeit</i>

<i>Lernen mit angereicherten & immersiven Lernumgebungen</i>	<i>Digitale Inhalte reichern analoge Medien an; durch immersive Technologien taucht man vollständig in simulierte Lernwelten ein</i>	<i>VR-Praktika ermöglichen das Eintauchen in beispielsweise komplexe Industrieanlagen</i>
---	--	---

Merkmale des Lernens mit digitalen Medien (in Anlehnung an Herzig, 2012; Herzig et al., 2020)

Virtual Reality (VR) bündeln diese Potenziale in besonderer Dichte. Um eine kognitive Überlastung zu vermeiden und nachhaltige Lernerfolge zu gewährleisten, ist eine durchdachte Gestaltung unerlässlich.

Aus mediendidaktischer Perspektive ist es hilfreich, sich bei der Konzeption und Einbettung von lernförderlichen Medienprodukten folgende Fragen zu stellen:

- Welches Bildungsanliegen soll umgesetzt werden?
- Welche Kompetenzen sollen vermittelt werden?
- Welche Lernschwierigkeiten sollen adressiert werden?
- Welches Vorwissen hat die Zielgruppe?
- Sind unterschiedliche Vorwissensstände relevant?
- Sind Vorabinformationen oder ergänzende Medien nötig?
- Warum wurde dieses Medienprodukt gewählt und welche Alternativen gab es?
- Zu welcher Sozialform passt es?
- Mit welcher Methode wird es verwendet?
- Wie passt es zur Lernorganisation (Präsenz/Online)?
- Wie viel Zeit erfordert die Nutzung?
- Welche Arbeitstechniken sind nötig?
- Welche Arbeitsanweisungen und Aufgaben unterstützen das Verständnis?

II. Kriterien zur Gestaltung lernwirksamer VR-Labore

Das Potenzial von VR-Experimentierwelten in ingenieurwissenschaftlichen Laborpraktika kann nur genutzt werden, wenn mediendidaktische, lernpsychologische, technologische und grafische Anforderungen konsequent berücksichtigt werden. Das Ziel besteht nicht in spektakulärer Immersion, sondern in zielgerichtetem, handlungsnahem Lernen mit messbarem Kompetenzzuwachs. Der folgende Kriterienkatalog soll dabei helfen, zentrale Prinzipien in Gestaltungsentscheidungen zu übertragen.

- Mediendidaktisch durch klare Lernziele, konstruktive Ausrichtung und problemorientierte Aufgaben.
- Lernpsychologisch durch Steuerung der kognitiven Belastung, wirksame Multimedia-Prinzipien und die gezielte Nutzung von Präsenz, Agency und Flow.
- Technisch/grafisch durch realistische, konsistente Darstellung, robuste Performance und (inklusive) Interaktionsdesign.

So entsteht eine VR-Lernumgebung, die Real-Labore optimal ergänzt, Risiken minimiert und Explorationsräume eröffnet.

A. Mediendidaktische Kriterien

Kriterium	Beschreibung
Konkretes Bildungsanliegen (Kerres, 2018)	Didaktischer und funktionaler Mehrwert von VR-Experimentierwelten (z.B. SAMR-Modell, Puentedura, 2012) sowie Benennung des Bildungsziels, beispielsweise Systemverständnis im Laborpraktikum
Zielorientierung (Lernzieltaxonomien Bloom, 1976; in Anlehnung Garcia, 2018)	Lernziele mit verschiedenen Komplexitätsgraden, beispielsweise Aufgaben wie Verstehen, Anwenden und Analysieren nennen, im Setting sichtbar, optimalerweise adaptiv
Bedingungs- und Entscheidungsfaktoren	Didaktische Analysen und Entscheidungen (Rahmenmodell der Didaktik, Kerres, 2018); Berücksichtigung der Zielgruppe, der Ressourcen sowie der technischen und organisatorischen Rahmenbedingungen (Heimann, 1966)
Labordidaktik mit konstruktiver Ausrichtung und konstruktivistischen Lernansatz	Constructive Alignment (Biggs, 2003): Prüfungsleistung, Lernziele und Lehr-Lernmethoden aufeinander abgestimmt, selbstgesteuertes und handlungsorientiertes Lernen
Gestaltung des Ablaufs eines Lehr-Lernsettings	Drei-Phasen-Modell: Einführungsphase, Erarbeitungsphase und Sicherungsphase (Meyer, 2013); Instructional Design (lineares

	Ablaufschema nach Gagné, 1977): Aufmerksamkeit generieren, über Lernziele informieren, Vorwissen aktivieren, Material präsentieren, Unterstützung bieten, Leistung fordern, Feedback geben, Leistung beurteilen sowie Erinnerung und Transfer fördern; „3-2-1-Methode“ nach Kerres, 2001: Lerninformation, Lernmaterial, Lernaufgabe, Kommunikation und Kooperation, Test
Problembasiertes Lernen (vgl. Dewey 1910/1997)	Problem bemerken, Schwierigkeit eingrenzen, Lösungen überlegen, Varianten abwägen, Lösungsansätze ausprobieren und überprüfen; realitätsnahe Probleme eigenständig bearbeiten, entwickeln von Lösungsstrategien und bei Bedarf unterstützten
Interaktionsgestaltung zwischen User und System; Feedback (Hattie et al., 2007)	Angeleitete Informationsverarbeitung und selbstorganisiertes Üben (E-Learning-Varianten, Reinmann-Rothmeier, 2003); Übungen, Ausgaben, Feedback und Antworten, z. B. in Form von integrierten Quizen/Transferaufgaben z.B. vor, während und nach dem VR-Setting
Lernumgebungskonzept: Arbeitsmittel, Werkzeug, Wissensvermittler (Mediendidaktische Konzepte in Anlehnung an Tulodziecki & Herzig, 2004; Suess et al., 2018)	Reale Arbeitskontexte, Geräte und Prozesse detailgetreu simulieren; mit Interaktions- und Explorationsmöglichkeiten; handlungsorientierte Aufgaben für selbstorganisiertes Lernen; Gestaltung von authentischen, funktional nutzbaren Experimentierwelten

B. Lernpsychologische Kriterien

Kriterium	Beschreibung
Kognitive Belastung (Cognitive Load Theory (CTL), Sweller 2011)	Lernprozess maßgeblich durch die begrenzte Kapazität des Arbeitsgedächtnisses charakterisiert; Minimierung extraneous load, z.B. keine unnötigen Abbildungen, strukturierte Darstellungen
Analysemodell nach Kerres (2022)	Merkmale der Technik → Dimensionen des Erlebens → Merkmale des Lernprozesses → Lernergebnisse
Dimensionen des Erlebens (Kerres et al., 2022)	Immersion, Realitätsempfinden, Präsenzerleben, Körpererleben, Raumerleben, Agency, Flow-Erleben und Lernengagement beschreiben Aspekte der Wahrnehmung und Interaktion in (nicht-)medialen Umgebungen; Zusammenspiel der Erlebensdimensionen beeinflusst Lernprozess und ist kontextabhängig (Makransky & Petersen, 2021)

Präsenzerleben und Handlungsfähigkeit (Cognitive Affective Model of Immersive Learning (CAMIL), Makransky & Petersen, 2021).	Immersive Eigenschaften beeinflussen affektive und kognitive Faktoren wie Interesse, Motivation, Selbstwirksamkeit, Verkörperung, Selbstregulation und kognitive Belastung (Wölfel, 2023)
Multimedia-Prinzipien (Cognitive Theory of Multimedia Learning (CToML), Mayer, 2020)	Kombination von Text und Bild sowie Verarbeitung multimedialer Informationen im Arbeitsgedächtnis
Prinzip der dualen Kodierung (CToML, Mayer, 2020; Paivio, 1971)	Text und Bild in Kombination mit Animationen oder interaktiven Grafiken sind lernförderlicher als reiner Text.
Kontiguitätsprinzip (CToML, Mayer, 2020)	Simultane Darstellung von Text und Bild, Raum- und zeitliche Nähe von Text und Bild
Redundanzprinzip (CToML), Mayer, 2020)	Reduzierung von zusätzlich geschriebenem Text zum Gesprochenen, keine Dopplung von gesprochener und geschriebener Information
Kohärenzprinzip CToML, CAMIL	Vermeidung von irrelevantem Material, z.B. Sounds, Bilder, Animationen oder Texte ohne fachlichen Mehrwert
Signalisierungsprinzip CToML, CAMIL	Aufmerksamkeit auf relevante Merkmale lenken, z.B. durch Hervorhebung, Markierungen oder Hinweise betont (z.B. Farbe, Icons)
Multimedia- und Modalitätsprinzip CToML, CAMIL	Text-Bildkombination mit gesprochenen Erläuterungen sind lernwirksamer; visuelle Unterstützung durch Grafiken/Animationen
Verkörperungsprinzip CToML, CAMIL	Agenten mit menschenähnlichen Gesten wie Blickkontakt, Mimik, natürlicher Bewegung sind lernförderlicher
Pre-Training CToML, CAMIL	Kurzes Vortraining oder eine Vorschaltsequenz zur Vermittlung von Grundlagen oder Begriffen sowie Vorkenntnistests
Segmentierungsprinzip CToML, CAMIL	Einteilung in Segmenten; Inhalt/Instruktionen in kleine, steuerbare Lerneinheiten unterteilen; Nutzer kann Tempo steuern
Motivation & Relevanz Anregungsbedingungen für die Lernmotivation (Riedl, 2010)	Anregungsbedingungen z. B. die inhaltliche Bedeutung des Lerngegenstands, die Qualität der Unterrichtsgestaltung, Kompetenzerfahrungen, Autonomieunterstützung sowie die Identifikation mit der Lernumgebung

Kognitive Aktivierung, Aufgabenschwierigkeit und Adaptivität	Mittleren Aufgabenschwierigkeit, herausfordernd, aber nicht zu schwierig; konstruktive Unterstützung und adaptive Gestaltung
---	--

C. Technologische und grafische Kriterien

Kriterium	Beschreibung
Immersion CAMIL; Definition nach Slater & Wibur (1997)	Angemessener Immersionsgrad; Förderung durch Reichhaltigkeit, Passgenauigkeit, Umschlossenheit, Klarheit, Interaktionsfähigkeit und Handlung; Sinneseindrücke größtenteils durch Technologie generiert, Ansprechen mehrerer Sinne; lebendige und hochauflösende Darstellung
Präsentationsgenauigkeit (CAMIL, Makransky & Petersen, 2021)	Darstellung detailgetreu, konsistent und realitätsnah; Objekte, Szenen, Abläufe und ihre physikalischen Eigenschaften stimmen mit der realen Welt überein – einschließlich Licht, Farbe, Textur, Proportion; logisch nachvollziehbare Bewegungen und natürliches Objektverhalten
Gestaltgesetze nach Wertheimer (1923)	Erkennen, Identifizieren und Gruppieren bildlicher Komponenten durch Ordnungsprozesse, wie z.B.: Nähe, Ähnlichkeit, Kontinuität, Geschlossenheit und Symmetrie
Kontrollfaktoren (CAMIL, Makransky & Petersen, 2021)	Vielfältige und direkte Steuerungs- und Einflussmöglichkeiten; aktive Modifikation virtueller Objekte und Umgebungen; Förderung von Handlungsfähigkeit, Selbstwirksamkeit und engagiertes Lernen
Simulationen	Darstellung von Objekten, Szenen und Welten (die in der Realität unmöglich, kostenintensiv oder schwer umsetzbar sind); Sichtbarmachen von nicht sichtbaren Phänomenen (Brinson, 2015)
Bildgestaltung und -Qualität	Gestaltungsprinzipien wie syntaktische Klarheit, implizite Ordnung und Sparsamkeit verbessern Verständlichkeit bei der Bildgestaltung (vgl. Clark & Lyons, 2010; Schnotz, 1994); passende Einstellungsgrößen und Kameraperspektiven (adäquate Filmsprache)
Ästhetische, realitätsnahe und zielgruppengerechte Gestaltung	Ganzheitliches Gestaltungsprinzip: ästhetische Attraktivität (z.B. stimmige Farbpalette, dynamische Beleuchtung), physische Plausibilität (Echtzeit-Physik, authentische Details, haptische Effekte), abgestimmte Ansprache (adaptive

	Komplexität, klare Typografie), multimediale Hervorhebung, gezielte Soundeffekte und konsistente Gestaltung (Schön, 2020)
Stimmige Narration	Kohärente, lernförderliche Narration, die durch ein narratives Basissetting im Sinne des Story-based Learning strukturiert und gerahmt wird
Interaktionsdesign	Interaktion im 3D-Raum und Förderung des „Sense of Agency“ (Wölfel, 2023); Gestaltungselemente digitaler Umgebungen z. B. Whiteboard, tutorielle Systeme, verschiedene Einstellungsparameter, adaptive Lernbegleitung und Tracking.

III. Schlussfolgerung

VR-basierte Experimentierwelten bieten vielseitige Handlungsspielräume. Sie regen Lernende zum aktiven Ausprobieren, zum Testen von Hypothesen, zur konstruktiven Fehlerverwertung sowie zur Motivation durch gewonnene Einsichten an.

Lernen in VR erfordert jedoch eine gezielte Gestaltung, da immersive Umgebungen mehrere Sinneskanäle ansprechen und die verschiedenen Dimensionen des Erlebens berücksichtigt werden müssen. Nur eine Gestaltung, die sich strikt auf Relevanz konzentriert – Kontiguität, Kohärenz und Signalisierung statt Redundanz und Dekoration in segmentierten, pausierbaren Sequenzen mit adaptiven Hilfen – verhindert die kognitive Überlastung. Dabei strukturieren Gestaltungselemente die Informationsverarbeitung: Licht und Farbe setzen Akzente, Typografie ordnet, Audio signalisiert und ein präzises Interaktionsdesign stärkt die Handlungsfähigkeit und das Gefühl der Selbstwirksamkeit. So sollte Immersion zu einem lernwirksamen Raum werden statt zu einer Reizkulisse.

Literaturverzeichnis

- Bloom, B.S. (1976). *Taxonomie von Lehrzielen im kognitiven Bereich*. Weinheim: Beltz.
- Brinson, J. R. (2015) Learning outcome achievement in non-traditional (virtual and remote) versus traditional (hands-on) laboratories: A review of the empirical research. *Computers and education*. [Online] 87218–237.
- Clark, R. C. & Lyons, C. (2010). *Graphics for learning: Proven guidelines for planning, designing, and evaluating visuals in training materials*. San Francisco: Pfeiffer.
- Gagné, R. (1965). *The Conditions of Learning*. New York: Holt, Rinehart and Winston
- Centeno García, A. (2018). *Zu professioneller Textarbeit führen*. *DUZ Ma-gazin*, (7), 65-68.
- Dewey, J. (1910). *How we think (1997 Ed.)*. Wineola, NY: Dover Publications
- Ebner, M., & Schön, S. (2020). Was macht ein gutes Erklärvideo aus? In D. K. Wolf, *Lehren und Lernen mit Tutorials und Erklärvideos* (S. 75 - 83). Weinheim: Beltz.
- Hattie, J. & Timperley, H. (2007). *The power of feedback*. *Review of Educational Research*, 77(1), 81–112.
- Herzig, B. (2012). *Medienbildung. Grundlagen und Anwendungen*. München: kopaed.
- Herzig, B., Martin, A. & Klar, T.-M. (2020). *Mobile Medien – Medienpädagogische und technische Grundlagen, Potential für den Deutschunterricht und Beispiele*. In J. Knopf & U. Abraham (Hrsg.), *Deutsch Digital*. Band 1 Theorie (2. Aufl.) (Deutschdidaktik in der Primarstufe Band 3, S. 108–135). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengeren.
- Makransky, G. & Petersen, G. B. (2021). *The Cognitive Affective Model of Immersive Learning (CAMIL): a Theoretical Research-Based Model of Learning in Immersive Virtual Reality*. *Educational Psychology Review* (33), 1-22.
- Martin, A. & Herzig, B. (2021). *Pädagogikunterricht und Digitalisierung: fachliches Lernen digital und digitales Lernen fachlich denken*. *Zeitschrift PädagogikUnterricht*, 41 (1), 4–22.
- Mayer, R. E. (2020). *Multimedia Learning* (3rd ed.). Cambridge University Press.
- Meyer, H. & Junghans, C. (2013) *Unterrichtsmethoden*. 15. Aufl. Frankfurt am Main: Scriptor-Verl.
- Kerres, M. (2018). *Mediendidaktik*, 5. Auflage. de Gruyter: Berlin/Boston.
- Kerres, M. (2021). *Didaktik. Lernangebote gestalten*. Münster: Waxmann.
- Kerres, M.; Mulders, M. & Buchner, J. (2022). *Virtuelle Realität: Immersion als Erlebnisdimension beim Lernen mit visuellen Informationen*. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie Und Praxis Der Medienbildung (Occasional Papers)*, 1-22.
- Petko, D. (2020). *Einführung in die Mediendidaktik. Lehren und Lernen mit digitalen Medien* (2. Aufl.). Weinheim/Basel: Beltz.
- Puentedura, R. R. (2012): *The SAMR model: Background and exemplars*. Verfügbar unter https://www.hippasus.com/rpweblog/archives/2012/08/23/SAMR_BackgroundExemplars.pdf (15.12.2025)
- Reinmann-Rothmeier, G. (2003). *Didaktische Innovation durch Blended Learning*. Leitlinien anhand eines Beispiels aus der Hochschule (1. Aufl.). Bern: Huber.
- Riedl, A. (2010). *Grundlagen der Didaktik* (2., überarbeitete Aufl.). Stuttgart: Franz Steiner Verlag Stuttgart.

- Scheiter, K., Richter, J., & Renkl, A. (2020). Multimediales Lernen: Lehren und Lernen mit Texten und Bildern. In H. Niegemann, & A. Weinberger, *Handbuch Bildungstechnologie. Konzeption und Einsatz digitaler Lernumgebungen*. Berlin: Springer-Verlag.
- Siegel, T. S., & Hensch, I. (2021). *Qualitätskriterien für Lehrvideos aus interdisziplinärer Perspektive: Ein systematisches Review*. In T. Heiland, T. Siegel, & E. Matthes, *Lehrvideos – das Bildungsmedium der Zukunft?* (S. 254-265). Anzing: Klinkhardt.
- Slater M, Wilbur S (1997). *A framework for immersive virtual environments (five): speculations on the role of presence in virtual environments*. Presence Teleop Virt Environ 6:603–616
- Süss, D, Lampert, C. & Trültzsch-Wijnen, C. W. (2018). *Medienpädagogik. Ein Studienbuch zur Einführung* (3. Aufl.). Wiesbaden: Springer VS.
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive load theory*. Springer New York.
- Tulodziecki, G. & Herzig, B. (2004). *Mediendidaktik. Medien in Lehr- und Lernprozessen*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Wertheimer, M. (1923). *Psychologische Forschung – Zeitschrift für Psychologie und ihre Grenzwissenschaften*. In K. Koffka, W. Köhler, M. Wertheimer, K. Goldstein & H. Gruhle (Hrsg.), *Festschrift für Carl Stumpf* (4. Band). Berlin: Springer
- Wölfel, M. (2023). *Immersive virtuelle Realität: Grundlagen, Technologien, Anwendungen*. Berlin: Springer Vieweg