

EVALUATION DES EDUVERSE.SOCIAL PROJEKTES:

1. Einleitung
2. Theoretische Vorüberlegungen: Konzepte
3. Datenlage
4. Operationalisierung
5. Analyse
6. Ergebnisse und Handlungsempfehlungen

1. Einleitung

Das Potential Digitaler 3-D-Räume liegt in Ihrer immersiven Natur. Die Möglichkeit, in eine Welt einzutauchen, sich frei zu bewegen und zu interagieren, sowie die individuelle Gestaltung des Raumes soll Kreativität und Eigeninitiative fördern und andere Zugänge zu den Lerninhalten bieten.

In dem Projekt eduverse.social wurde das Ziel verfolgt, zu erkunden, inwieweit diese Potentiale digitaler 3-D-Räume sich in der Bildungspraxis umsetzen lassen und ausgeschöpft werden können. Dabei hatten wir folgende Leitfragen im Blick:

- Wie wird die Lernumgebung wahrgenommen?
- Welchen Einfluss hat der Grad an Erfahrung mit digitalen 3-D-Räumen auf das Erlebnis, die Kommunikation, die Zusammenarbeit oder die Gruppendynamik?
- Welche Rolle spielt das verwendete Endgerät (Computer-Monitor, Tablet, Smartphone oder Virtual-Reality-Brille)?
- Welche Hürden und Barrieren dreidimensionaler Räume gibt es mit Blick auf unterschiedliche Zielgruppen?

Dabei wurde im Rahmen der ressourcenbedingten Möglichkeiten eine Evaluierung des Projektes vorgenommen. Diese basiert (1) auf den Ergebnissen der Bildungsveranstaltungen, (2) einer Umfrage und (3) Interviews, die wir mit Expert*innen und Teilnehmenden geführt haben.

Das zentrale Ziel bei der Dokumentation und der Evaluierung bestand darin, Bildner*innen Informationen bereitzustellen zu können, um den Einstieg in das umfangreiche und technisch anspruchsvolle Thema zu erleichtern. Die Ergebnisse der Bildungsveranstaltungen wurde in Form von Blogbeiträgen auf der Projekt-Website zur Verfügung gestellt, ebenso die Erfahrungsberichte der Teilnehmenden in Form von Kurzvideos. Dabei wurden zwei standardisierte Kataloge erstellt, die entsprechend der Vorerfahrung und dem Wissensstand über digitale 3-D-Räume entsprechen und den Gesprächspartner*innen zugewiesen wurden.

In der Folge werden zunächst die theoretischen Vorüberlegungen, die Herangehensweise und abschließend die Ergebnisse präsentieren.

¹ Unter „digitalen 3D-Räumen“ verstehen wir computergenerierte Räume auf Basis von 3D-Modellen.

2. Theoretische Vorüberlegungen: Konzepte

Das Erlebnis in digitalen 3-D Räumen kann sehr unterschiedlich wahrgenommen werden. Hierzu gilt es unterschiedliche Faktoren zu betrachten, die das Erlebnis, die Interaktion mit Avataren, die potentielle Zusammenarbeit und somit das Lernerlebnis und –erfolg betreffen. Die identifizierten Faktoren sind unterschiedlich gelagert. Sie betreffen die Vorkenntnis der Teilnehmenden, die Interaktionsmöglichkeiten und Wahrnehmungen der virtuellen Umgebung betreffen. Außerdem werden auch potentielle Hürden und Barrieren überprüft:

- (1) Erfahrung mit digitalen 3-D-Räumen: Das Maß an Vorerfahrung kann einen Einfluss auf das Erlebnis und die Erfolgswahrnehmung innerhalb eines digitalen 3-D Raumes entwickeln. Durch die Begeisterung, eine neue Technologie auszuprobieren, kann der Eindruck einer besseren Lernerfahrung entstehen. Auch ein Lernerfolg, wenn bspw. das Navigieren innerhalb des Raumes besser gelingt, kann motivierend sein. Andererseits können auch Frustrationen oder Enttäuschungen entstehen, wenn die Navigation nicht gelingt oder andere technische Hürden auftreten, was den Lernerfolg und das Erlebnis verhindern kann.
- (2) Das gewählte Endgerät: Das Erlebnis und die Wahrnehmung des digitalen 3-D-Raumes unterscheidet sich mit Blick auf das Ausgabegerät. Während ein Bildschirm eines Laptops, eines Smartphones oder eines Tablets den digitalen 3-D-Raum über eine 2-D-Oberfläche erlebbar macht, ermöglicht eine Virtual-Reality-Brille eine 3-D-Wahrnehmung. Auch die Bedienbarkeit und der Funktionsumfang unterscheidet sich in Abhängigkeit zu dem verwendeten Endgerät.
- (3) Wahrnehmung der Umgebung: Hier kann unterschieden werden zwischen endogenen und exogenen Faktoren werden, die die Wahrnehmung beeinflussen können.
 - a. Immersionserfahrung: Unter bestimmten Bedingungen kann das Gefühl entstehen, in digitale 3-D Welten „einzutauchen“ und sich selbst als ein Teil der digitalen 3-D Umgebung wahrzunehmen und nicht in der Rolle als Beobachter*in. Dieses Phänomen wird als „Immersion“ bezeichnet.
 - b. Telepräsenz: Das beschreibt das Vergessen, dass Sie sich in einem digitalen 3-D Raum aufhalten und nicht in einem physischen Raum. Je weniger der Eindruck entsteht sich in einem virtuellen Raum aufzuhalten, desto stärker ist die Telepräsenz ausgeprägt.

- c. Soziale Präsenz: Dieser Faktor betrifft die Qualität der Kommunikation zwischen Avataren und beschreibt das Ausmaß, indem die Präsenz anderer Avatare als eine Interaktion unter Menschen wahrgenommen wird.
 - d. Realismus: Darunter wird der Grad verstanden, in dem die virtuelle Umgebung und Objekte als naturgetreu wahrgenommen werden.
- (4) Interaktionsmöglichkeiten: Die Interaktionsmöglichkeiten innerhalb digitaler 3-D-Räume hängen maßgeblich von den technischen Voraussetzungen und Rahmenbedingungen ab. Ist die Bedienbarkeit intuitiv und benutzerfreundlich? Außerdem betrifft der Faktor Interaktionsmöglichkeit die Interaktion und Einbindung von Medien oder anderen Lehrinhalten im digitalen 3-Raum, als auch die Zusammenarbeit und Kommunikation (Wort, Mimik, Gestik) unter Avataren.
- (5) Zugänglichkeit und Barrieren: Dieser Faktor betrifft Barrieren, die mit Blick auf bestimmte Zielgruppen den Einsatz von digitalen 3-D-Räumen in der Bildungspraxis erschweren oder verhindern können.

3. Datenlage und Methodischer Ansatz

Mit Blick auf die Leitfragen der Evaluation wurde eine Kombination aus quantitativen und qualitativen Fragen entwickelt, um sowohl vergleichbare numerische Werte zu generieren als auch Hintergründe und Einblicke zu den Erfahrungen der Teilnehmenden zu erhalten.

Grundsätzlich lassen sich zwischen verschiedenen Formaten der Dokumentation und Evaluation unterscheiden:

(1) Dokumentation der Ergebnisse der Bildungsveranstaltung in Form von Blogbeiträgen, (2) Umfrage (mit hauptsächlich quantitativen Fragen) und (3) Teilnehmenden- und Experteninterviews (mit offenen Fragen).

Die Erhebung der Umfrage erfolgte im Rahmen von Multiplikator*innen-Schulungen, in denen die Begehung eines digitalen 3-D-Raumes auf der Plattform spatial.io Teil des Qualifizierungsprogramms war.

Das große Manko mit Blick auf die Datenlage der Umfrage ist die Fallzahl der Teilnehmenden. Mit 68 Teilnehmenden an der Umfrage sind keine allgemeinen Schlüsse zulässig (aufgrund von unvollständigen Angaben konnten nur 54 Fälle in die Analyse miteinbezogen werden), da weder die Auswahl der Teilnehmenden auf Basis einer Zufallsstichprobe basiert und die Fallzahl sehr gering ist und aufgrund dieser beiden Faktoren davon auszugehen ist, dass das Teilnehmendenfeld nicht ausreichend heterogen ist. Die Aussagen, die getroffen werden können, gelten einzig und allein für die an der Umfrage beteiligten Personen. Trotzdem sind einzelne Tendenzen zu erkennen, die für die Bildungspraxis und Handlungsempfehlungen relevant sind. Denn sie decken sich mit den in den Bildungsveranstaltungen und den Teilnehmenden- und Experteninterviews geäußerten Eindrücken, die für sich stehen.

4. Operationalisierung

Fragenkatalog entsprechend der verschiedenen Formate:

Konzept	Frage-/Messinstrument	Antwortmöglichkeiten
Grad der Vorerfahrung	Haben Sie im Vorfeld des Projektes schon Vor-Erfahrung mit digitalen 3D-Räumen gesammelt?	Keine Erfahrung, etwas Erfahrung, viel Erfahrung, sehr viel Erfahrung
Gewähltes Endgerät	Mithilfe welchen Endgerätes wählen Sie den Zugang in der besuchten Bildungsveranstaltung des Projektes eduverse.social:	1. Computer oder Laptop 2. Tablet oder Smartphone 3. VR-Brille
Wahrnehmung der Umgebung		
Immersion	Wie sehr hatten Sie das Gefühl, sich tatsächlich im digitalen 3D-Raum aufzuhalten und Teil dieses Raums (statt nur Beobachter_in) zu sein?	Sehr, Etwas, Kaum, Gar nicht
Realismus	Wie naturgetreu fühlte sich die Umgebung und die Objekte des digitalen 3D-Raumes an?	Sehr naturgetreu, etwas naturgetreu, kaum naturgetreu, gar nicht naturgetreu
Soziale Präsenz	In welchem Ausmaß hatten Sie den Eindruck, dass andere Menschen gemeinsam mit Ihnen im digitalen 3-D Raum anwesend waren?	Sehr, etwas, kaum, gar nicht
Telepräsenz	Wie oft haben Sie vergessen, dass Sie sich in einem digitalen 3D-Raum (statt in einem „echten“ physischen Raum) bewegt haben?	Sehr, etwas, kaum, gar nicht
Wahrgenommene Interaktionsmöglichkeiten		
Interaktion	Wie einfach war es für Sie, mit Objekten innerhalb des digitalen 3-D Raumes zu interagieren (wie z.B. das Verschieben von Objekten oder der Einsatz von Schreib-/Zeichentools)?	Sehr einfach, einfach, weniger einfach, nicht einfach

4. Operationalisierung

Fragenkatalog entsprechend der verschiedenen Formate:

Wahrgenommene Interaktionsmöglichkeiten		
Interaktion	Wie einfach war es für Sie, mit Objekten innerhalb des digitalen 3-D Raumes zu interagieren (wie z.B. das Verschieben von Objekten oder der Einsatz von Schreib-/ Zeichentools)?	Sehr einfach, einfach, weniger einfach, nicht einfach
Zufriedenheit mit Medieneinsatz	Wie zufriedenstellend hat für Sie die Einbindung von und Interaktion mit Lehrinhalten im digitalen 3-D Raum funktioniert (wie z.B. die Anzeige von Dokumenten, das Abspielen von Videos oder das Erstellen von Ideensammlungen mit Post-Its)?	Sehr zufriedenstellend, Zufriedenstellend, nicht zufriedenstellend, gar nicht zufriedenstellend
Zufriedenheit mit Kommunikation und Zusammenarbeit	In welchem Ausmaß haben Sie die Interaktion, Kommunikation und Zusammenarbeit mit anderen Personen (dargestellt in Form von Avataren) als produktiv wahrgenommen?	Sehr produktiv, produktiv, wenig produktiv, nicht produktiv
Benutzerfreundlichkeit	Wie einfach war es für Sie, sich im digitalen 3D-Raum zu Recht zu finden und in diesem zu navigieren?	Sehr einfach, einfach, schwierig, sehr schwierig
Potentiale und Herausforderungen		
Potentiale digitaler 3-D-Räume	Welche neuen Möglichkeiten bieten ihrer Meinung nach digitale 3-D Räume im Vergleich zu physischen Räumen im Bildungskontext?	Offene Frage
Hürden und Barrieren	Gibt es Ihrer Meinung nach Barrieren, die den Zugang oder die Nutzung der digitalen 3-D Räume für bestimmte Gruppen von Lernenden einschränken könnten?	Offene Frage

5. Analyse

Die Potentiale digitaler 3-D Lernräume in der Bildungspraxis hängen von der Wahrnehmung der Umgebung, den Interaktionsmöglichkeiten und der (leichten) Zugänglichkeit zu den Räumen ab. Das ist die Hypothese, anhand derer die folgenden Leitfragen besprochen werden.

5.1 Wie wird die Lernumgebung wahrgenommen?

Die Wahrnehmung der Lernumgebung haben wir mit Blick auf vier Dimensionen untersucht: Immersionserfahrung, Telepräsenz, Realismus, Soziale Präsenz. Mit Blick auf die Umfrageergebnisse, lässt sich feststellen, dass 83 Prozent der Teilnehmenden etwas bzw. sehr das Gefühl hatten, Teil des Raumes zu sein anstatt ihn nur als Beobachter wahrzunehmen. Ein Großteil der Teilnehmenden nehmen die

Umgebung an und sich selbst als einen aktiven Teil des Raumes wahr. Das deckt sich mit den Ergebnissen der Frage nach der gefühlten Präsenz von Avataren als „echten“ Menschen, die sehr hoch eingeschätzt wurde. So hatten 64 Prozent der Teilnehmenden ein stark ausgeprägtes Gefühl mit „echten“ Menschen zu kommunizieren (Antwortoption: sehr), 32 Prozent ein mittelstark ausgeprägtes Gefühl (Antwortoption: etwas), 4 Prozent der Teilnehmenden ein leicht ausgeprägtes Gefühl (Antwortoption: kaum).

Keiner hatte das Gefühl mit Maschinen zu interagieren. Mit Blick auf das „Eintauchen“ in die virtuelle Umgebung ergibt sich das Bild, dass 78 Prozent der Teilnehmenden angeben, gar nicht bis selten vergessen zu haben, dass sie sich in einer virtuellen Umgebung befanden. Einzig 22 Prozent gaben im Nachhinein an, oft die Tatsache vergessen zu haben, sich in einem virtuellen Raum zu befinden. Niemand gab dabei die höchste Ausprägung des Items an (Antwortoption: Sehr oft). Die Bewertung der naturgetreuen Darstellung des Raumes stellt sich folgendermaßen dar: Vier Prozent der Teilnehmenden nahmen die Darstellung als gar nicht naturgetreu war, 26 Prozent als kaum naturgetreu, 57 Prozent als etwas und 13 Prozent als sehr naturgetreu. Hierbei ist zu erwähnen, dass die bewertete Lernumgebung sich einzig auf die in dem Projekt verwendete Plattform spatial.io bezieht. Das graphische Design digitaler 3-D-Räume kann sich sehr stark in Abhängigkeit der Plattformen zugrundeliegenden technischen und graphischen Voraussetzungen unterscheiden.

Die hier dargestellten Ergebnisse legen nahe, dass ein Großteil der Personen, die Lernumgebung angenommen haben. Auch wenn Unterschiede mit Blick auf die unterschiedlichen Dimensionen festzustellen sind, ist hervorzuheben, dass die Repräsentation von Avataren bei den Teilnehmenden nicht das Gefühl ausgelöst hat, mit Maschinen zu interagieren. Ähnlich stellt es sich dar mit der Wahrnehmung nicht Beobachter*in in dem Raum zu sein,

sondern ein aktiver Teil der Umgebung. Mit Blick auf die Wahrnehmung des Raumes ist festzustellen, dass den Teilnehmenden im Erlebnis meist bewusst zu sein scheint, dass Sie sich in einer virtuellen Umgebung befinden. Neben den graphischen Umsetzungsmöglichkeiten spielt dabei ebenfalls das gewählte Endgerät eine Rolle (dazu mehr in Punkt 5.3).

Für die Bildungspraxis erscheint die Tendenz plausibel, dass die wahrgenommene Lernumgebung das Erlebnis zumindest nicht schmälert. Ob sie es fördert, ist auf Basis der Datengrundlage, nicht zu beantworten.

5.2 Welchen Einfluss hat der Grad an Erfahrung mit digitalen 3-D-Räumen auf die Wahrnehmung der virtuellen Umgebung, die Interaktionsmöglichkeiten, die Bewertung der Kommunikation, Zusammenarbeit und die Bedienbarkeit der virtuellen Umgebung?

Die Tatsache, dass digitale 3-D-Räume noch nicht in der Breite ihren Einsatz finden, sondern vereinzelt und in Experimentierszenarien, legt nahe, dass die Nutzung dieser Technologie in der Praxis Hürden mit sich bringt, die die Bedienbarkeit, Navigation oder die Umsetzung der Interaktionsmöglichkeiten betreffen könnte. Dabei nehmen Personen mit unterschiedlichen Vorerfahrungen an Bildungsszenarien teil, die in digitalen 3-D-Räumen stattfinden. In dem uns vorliegenden Datensatz gaben 87 Prozent der Teilnehmenden an, keine bzw. etwas Vorerfahrung mitbringen, dreizehn Prozent hatten viel bzw. sehr viel Vorerfahrung mit digitalen 3-D-Räumen. Dieser geringe Anteil schmälert die Aussagekraft mit Blick auf die Gruppe, die einen höheren Grad an Erfahrung mit digitalen 3-D-Räumen mitbringt.

Die spannende Frage ist, inwieweit die Vorerfahrung einen Einfluss auf die Wahrnehmung der Umgebung, die Interaktionsmöglichkeiten (mit den Objekten innerhalb des Raumes, den Lehrinhalten und mit den anderen Teilnehmenden), auf die Bewertung der Zusammenarbeit oder die Bedienbarkeit hat. Hierzu wurden Häufigkeitsauszählungen betrachtet. In der Folge werden die Daten dargestellt, wo Unterschiede zwischen den Graden an Vorerfahrungen festzustellen sind.

Der Grad an Erfahrung mit digitalen 3-D-Räumen hat auf Basis der zugrundeliegenden Daten einen Einfluss auf die Wahrnehmung des Raumes. Zum einen ist mit Blick auf die Dimensionen „Realismus“, „Immersion“ und „Soziale Präsenz“ festzustellen, dass Personen mit einem höheren Grad an Erfahrung, die Darstellung der Umgebung naturgetreuer wahrnehmen, die Wahrnehmung Teil eines Raumes anstatt nur Beobachter*in zu sein, sowie die Wahrnehmung der sozialen Präsenz anderer Teilnehmer stärker ausgeprägt ist.

Auch mit Blick auf die Interaktionsmöglichkeiten kann davon ausgegangen, dass ein höherer Grad an Erfahrung die Umsetzung der Interaktionsmöglichkeiten positiv beeinflusst. In dem Datensatz bildet sich das nur ansatzweise ab. Mit Blick auf die Interaktionsmöglichkeiten wurden auch hier verschiedene Dimensionen abgefragt. Zum einen die Interaktion mit Objekten die von 70 % der Teilnehmenden als einfach oder sehr einfach eingeschätzt wurden, die restlichen 30 Prozent hatten leichte bis große Schwierigkeiten. Hier ist kein Unterschied mit Blick auf den Grad der Vorerfahrung deutlich. Was die Bewertung des Medieneinsatzes betrifft, stellt es sich ähnlich dar. 90 Prozent waren mit den Möglichkeiten Lehrinhalte und andere Medien abzubilden zufrieden. Auch hier ist kein bemerkenswerter Unterschied zwischen unterschiedlichen Graden an Vorerfahrung feststellbar. Außerdem wurde abgefragt, in welchem Ausmaß die Interaktion, Kommunikation und Zusammenarbeit mit anderen Personen (dargestellt in Form von Avataren) als produktiv wahrgenommen wurde. Hier haben 26 Prozent angegeben, dass die Zusammenarbeit nicht oder wenig produktiv wahrgenommen, während 74 Prozent es als produktiv bzw. sehr produktiv wahrgenommen wurde. Hier ist deutlich, dass Personen mit höherem Grad an Erfahrung niemand die Zusammenarbeit und die Interaktion als wenig oder nicht produktiv angegeben haben.

Ähnlich stellt sich der Zusammenhang dar, wenn es um die Benutzerfreundlichkeit der verwendeten Plattform spatial.io geht. 75 Prozent der Befragten nahmen die Navigation als sehr einfach bzw. einfach war. Auch hier ist zu erkennen, dass Personen mit höherem Grad an Vorerfahrung keine Schwierigkeiten hatten.

Hier könnte ein Erklärungszusammenhang eine Art Gewohnheitseffekt sein, sodass die Sicherheit im Umgang mit der Technik das Auftreten und die Präsenz in der virtuellen Welt positiv beeinflusst.

5.3 Welche Rolle spielt das verwendete Endgerät (Computer-Monitor, Tablet, Smartphone oder Virtual-Reality-Brille)?

Der Großteil der Teilnehmenden (85 Prozent) nutzte einen PC oder ein Laptop, sechs Prozent nutzte ein Smartphone oder ein Tablet und neun Prozent eine VR-Brille. In Abhängigkeit zu dem Endgerät kann zum einen die Wahrnehmung des Raumes sehr unterschiedlich sein. Bei Laptops, Smartphones oder Tablets wird der digitale 3-D-Raum auf einer zweidimensionalen Oberfläche abgebildet. VR-Brillen ermöglichen einen Rundumblick und somit eine Wahrnehmung des dreidimensionalen Raumes. Darüber hinaus unterscheidet sich die Bedienbarkeit in Abhängigkeit zu dem ausgewählten Endgerät. Mit Blick auf die Unterschiede zwischen den einzelnen Endgeräten, dass insbesondere die VR-Brille einen positiven Einfluss auf die Wahrnehmungsdimensionen, die Interaktionsmöglichkeiten, die Bewertung der Zusammenarbeit und der Bedienbarkeit hat. Für den außerschulischen Bildungskontext gibt es jedoch erhebliche Einschränkungen, die die Kosten von VR-Brillen betreffen und auch die Nutzungsdauer der VR-Brillen. So können Schwindelgefühl und Ermüdungserscheinungen auftreten. Das kann individuell sehr unterschiedlich sein, wie schnell es auftritt und in welchem Ausmaß.

Mit Blick auf Smartphone oder Tablet konnten keine Unterschiede zu Laptop festgestellt werden.

5.4 Welche Hürden und Barrieren dreidimensionaler Räume gibt es mit Blick auf unterschiedliche Zielgruppen?

Hierzu hatten wir eine offene Fragen gestellt (siehe Operationalisierung). Die Antworten lassen sich in sechs Aspekte gliedern:

1. Technische Affinität und Bedienkompetenzen: Die Bedienkompetenz kann als der wesentlichste Gelingens-Faktor beschrieben werden. Personen, denen es leicht fällt in digitalen 3-D-Räumen zu navigieren oder die Interaktionsmöglichkeiten leicht umsetzen können, können sich stärker auf die Umgebung und die Lerninhalte einlassen. Andersherum löst es Frustrationen aus, wenn die Navigation nicht gelingt bzw. die Kommunikation mit anderen Teilnehmenden, was eine grundsätzliche Ablehnung zur Folge haben kann.
2. Technische Anforderungen: Hier wurde auf die Rechenleistungsanforderungen der Endgeräte, die Internetverbindung und die zusätzliche Ausstattung, die es gegebenenfalls bedarf (Mikrofon, Kamera, etc.), hingewiesen.
3. Kosten technischer Ausstattung: Insbesondere mit Blick auf VR-Brillen werden die Kosten für den Bildungsbereich als deutlich zu hoch eingeschätzt. Aber auch mit Blick auf andere Endgeräte kann es sein, dass die für einen flüssigen Verlauf der Bildungsveranstaltung im digitalen 3-D Raum notwendig sind, für bestimmte Gruppen nicht erschwinglich sind
4. Registrierungspflicht und Datenschutzbedenken: Notwendigkeit der Registrierung auf einer Plattform und Bedenken hinsichtlich Datenschutz und Hosting außerhalb der EU können eine grundsätzliche Ablehnung digitaler 3-D-Räume zur Folge haben.
5. Motivation, Offenheit und Bereitschaft „sich darauf einzulassen“: : Mangelnde Bereitschaft, sich auf neue digitale Tools einzulassen, und Herausforderungen bei der Einbindung aller Teilnehmer.
6. Spezifische Herausforderungen mit VR-Brillen: Kosten für die Ausrüstung, Motion-Sickness, Einarbeitung in die Bewegung und spielerische Elemente, die manche Nutzer abschrecken könnten.
7. Seh- und andere körperliche Beeinträchtigungen: Teilhabe-Schwierigkeiten für Menschen mit Seh-, Hör- und motorischen Einschränkungen

6. Ergebnisse und Handlungsempfehlungen

Die Ergebnisse der Evaluierung, die auf Bildungsveranstaltungen, einer Umfrage und Interviews mit Experten und Teilnehmenden basieren, zeigen ein vielschichtiges Bild:

- **Wahrnehmung der Lernumgebung:** Die meisten Teilnehmenden empfanden ein hohes Maß an Immersion und sozialer Präsenz in den digitalen Räumen. Die Umgebung wurde mehrheitlich als realistisch und interaktiv wahrgenommen, was das Lernerlebnis positiv beeinflusste.
- **Einfluss der Vorerfahrung:** Erfahrungen mit digitalen 3-D-Räumen beeinflussten die Wahrnehmung und Interaktion im Raum. Personen mit Vorerfahrung hatten eine positivere Wahrnehmung der Umgebung und fanden die Bedienung intuitiver.
- **Auswirkung des Endgeräts:** Die Art des Endgeräts (PC, Laptop, Tablet, Smartphone, VR-Brille) hatte einen signifikanten Einfluss auf die Wahrnehmung des Raumes. VR-Brillen boten die intensivste Erfahrung, waren aber auch mit technischen und finanziellen Hürden verbunden.
- **Hürden und Barrieren:** Technische Affinität, Ausstattungskosten, Datenschutzbedenken und körperliche Beeinträchtigungen waren Hauptbarrieren für die Nutzung digitaler 3-D-Räume in der Bildung.

Basierend auf diesen Ergebnissen können folgende Handlungsempfehlungen für die Bildungspraxis abgeleitet werden:

- **Förderung der technischen Kompetenz:** Bildungseinrichtungen sollten in die Schulung der technischen Fähigkeiten investieren, um die Navigation und Interaktion in 3-D-Räumen zu erleichtern.
- **Differenzierte Endgerät-Nutzung:** Die Auswahl der Endgeräte sollte auf die Ziele der Lernumgebung und die technische Ausstattung der Teilnehmenden abgestimmt werden. Für immersive Erfahrungen sind VR-Brillen ideal, für allgemeine Zwecke reichen PCs oder Tablets.
- **Inklusivität und Barrierefreiheit:** Es sollten Maßnahmen ergriffen werden, um digitale 3-D-Räume für Menschen mit körperlichen Einschränkungen zugänglicher zu machen.
- **Datenschutz und Sicherheit:** Klare Richtlinien und Transparenz in Bezug auf Datenschutz und Datensicherheit sind notwendig, um Vertrauen bei den Nutzenden aufzubauen.
- **Kosteneffiziente Lösungen:** Die Suche nach kostengünstigen Alternativen für teure Ausrüstungen, insbesondere VR-Brillen, ist wichtig, um eine breitere Zugänglichkeit zu gewährleisten.

Abschließend lässt sich zusammenfassen: Digitale 3-D-Räume bieten ein enormes Potential für die Bildungslandschaft, bringen jedoch auch Herausforderungen mit sich. Die Ergebnisse dieses Projekts liefern wertvolle Einblicke, wie diese Räume effektiv genutzt werden können, um das Lernerlebnis zu bereichern und zugänglich zu machen. Zukünftige Forschungen sollten sich darauf konzentrieren, diese Technologien weiter zu verbessern und die Zugänglichkeit für eine breitere Zielgruppe zu erhöhen.