

MASTERARBEIT | MASTER'S THESIS

Titel | Title

Der Einsatz von Minecraft Education als digitale Lernumgebung
zur Förderung der Raumvorstellung im Mathematikunterricht in
der Sekundarstufe 1

verfasst von | submitted by
Christoph Wodel BEd

angestrebter akademischer Grad | in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Master of Education (MEd)

Wien | Vienna, 2026

Studienkennzahl lt. Studienblatt | Degree
programme code as it appears on the
student record sheet:

UA 199 505 520 02

Studienrichtung lt. Studienblatt | Degree
programme as it appears on the student
record sheet:

Masterstudium Lehramt Sek (AB) Unterrichtsfach
Darstellende Geometrie Unterrichtsfach Mathematik

Betreut von | Supervisor:

Mag. Dr. Andreas Ulovec

Kurzzusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird der Frage nachgegangen, ob und inwiefern sich das räumliche Vorstellungsvermögen von Schüler:innen der sechsten Schulstufe in der Sekundarstufe 1 durch den Einsatz von Minecraft Education im Mathematikunterricht fördern lässt. Der Schwerpunkt dieser Untersuchung liegt auf dem Vier-Faktoren-Modell von Maresch (2015), welches die Teilkompetenzen Veranschaulichung, räumliche Beziehung, Vorstellungsfähigkeit von Rotationen und räumliche Orientierung umfasst. Die Erarbeitung der Teilkompetenzen soll dabei unter Einsatz des Videospiels Minecraft Education als digitale Game-Based-Learning-Umgebung erfolgen.

Die empirische Untersuchung verfolgte dabei einen quasi-experimentellen Ansatz und beinhaltete einen Vorher-Nachher-Test. Neben dem quantitativen Erhebungsinstrument finden auch qualitative Methoden Anwendung. Zu diesen zählen beispielsweise Beobachtungs- und Reflexionsbögen. Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden vier zweite Klassen mit insgesamt 52 Schüler:innen zweier österreichischer Mittelschulen getestet. Die Lernenden wurden klassenweise in zwei Gruppen aufgeteilt. Die Interventionsgruppe setzte sich aus 26 Schüler:innen zusammen, während die Kontrollgruppe ebenfalls 26 Schüler:innen umfasste.

Für die inferenzstatistische Auswertung wurden zwei nicht-parametrische Verfahren eingesetzt. Zur Auswertung der gruppeninternen Veränderungen wurde im Rahmen des Vorher-Nachher-Tests der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test angewandt. Innerhalb der Interventionsgruppe wurden signifikante Verbesserungen hinsichtlich der mentalen Rotation und der räumlichen Orientierung festgestellt. Für die Analyse der Zuwächse beim Gruppenvergleich wurde der Mann-Whitney-U-Test durchgeführt. Es konnte jedoch in beiden Gruppen kein signifikanter Unterschied in den verschiedenen Bereichen der Raumvorstellung festgestellt werden. Aufgrund der geringen Stichprobe ist die Aussagekraft der Ergebnisse begrenzt. Die Auswertung der Beobachtungs- und Reflexionsbögen deuten jedoch auf ein mögliches Potenzial von Minecraft Education zur Förderung der Raumvorstellung hin, insbesondere im Hinblick auf die Teilbereiche mentale Rotation und die räumliche Orientierung.

Abstract

This thesis examines whether and how integrating Minecraft Education into sixth grade primary school mathematic lessons improves students' spatial perception. The main focus of this examination is Maresch's (2015) four-factor model, which includes the competences spatial illustration, spatial relationship, mental rotation and spatial orientation. In this instance, Minecraft Education functions as a game-based learning environment designed to further develop all four of the mentioned competences.

The empirical investigation adopted a quasi-experimental approach and incorporated a pre-post-test. In addition to quantitative methods, qualitative methods in the form of observations and reflections were employed. A total of 52 children from four grade two middle school classes were tested for this thesis. Each class was divided into two groups. The intervention and control group each included 26 children.

Two non-parametric methods were used for the deductive statistical analysis. To analyse the changes within the groups, the Wilcoxon-Signed-Rank-Test was used. The intervention group showed significant improvement in mental rotation and spatial orientation. To compare the groups' overall growth, the Mann-Whitney-U-Test was used. However, no significant changes were observed in comparisons for all four competencies. The low number of participants reduces the informative value of the results. The analysis of observations and reflections highlights the potential of Minecraft Education as a tool for enhancing students' spatial awareness, particularly with regard to mental rotation and spatial orientation.

„Minecraft hat sich zu einem kulturellen Phänomen entwickelt [...]. Für viele Menschen (mich eingeschlossen) war das Spiel lebensverändernd. Als ich im Sommer 2009 begann zu spielen, ahnte ich noch nicht, welche Bedeutung Minecraft für mich haben würde. [...]. – Jens „Jeb“ Bergensten“ (Evans-Thirlwell 2024, S.7, Zitat vom Englischen übersetzt)

Danksagung

Mein besonderer Dank geht an meinen Betreuer Herrn Mag. Dr. Andreas ULOVEC für die professionelle Begleitung dieser Arbeit. Für die fachliche Expertise, die geduldige Unterstützung, die klaren Rückmeldungen sowie die hilfreichen Anregungen danke ich herzlich.

Ich bedanke mich zudem herzlich bei beiden Mittelschulen, die mir die Durchführung dieser Masterarbeit ermöglicht haben. Vielen Dank an allen Kolleg:innen, die mir ihre Unterrichtszeit zur Verfügung gestellt und durch ihre Flexibilität, Offenheit und Kooperation eine reibungslose Umsetzung ermöglicht haben.

Mein Dank geht zudem an alle Freund:innen, die mir mental zur Seite gestanden sind und sich auch die Zeit genommen haben, meine Arbeit Korrektur zu lesen. Danke für eure Zeit, die wertvollen Hinweise und die gesamte Unterstützung.

Ein großer Dank ergeht an meine Familie, insbesondere an meine Eltern, die mich all die Jahre begleitet und an mich geglaubt haben. Sie haben mir nicht nur Vertrauen geschenkt, sondern mich auch bei all meinen Entscheidungen sehr unterstützt. Rückblickend bin ich sogar überzeugt, dass meine Eltern den Grundstein für meine Masterarbeit und mein damit verbundenes Interesse an Minecraft gelegt haben. Besonders prägend war das Jahr 2011, in welchem sie mir dieses Spiel gekauft haben. Mein Interesse an Minecraft und die Motivation zur Durchführung dieses Projekts wären ohne diesen Moment niemals geweckt worden. Danke, dass ihr mich immer ermutigt habt, meinen eigenen Weg zu gehen und trotzdem immer für mich da wart!

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Räumliche Vorstellungsvermögen	3
2.1	Definitionsversuch Raumvorstellung	4
2.2	Modelle und Teilkompetenzen der Raumvorstellung	6
2.2.1	Veranschaulichung	10
2.2.2	Räumliche Beziehungen	11
2.2.3	Vorstellungsfähigkeit von Rotationen	12
2.2.4	Räumliche Orientierung	14
2.3	Raumvorstellung im Mathematikunterricht	15
3	Digital Game-Based Learning	20
3.1	Game-Based Learning	21
3.2	Digital Game-Based Learning	23
3.3	Lernförderliche Merkmale und digitale Elemente	27
4	Minecraft Education als Lernumgebung	34
4.1	Entstehung und Entwicklung von Minecraft	35
4.2	Minecraft Education als DGBL-Umgebung	36
4.3	Bisherige Forschungsansätze zu Minecraft Education.....	45
5	Empirische Untersuchung.....	53
5.1	Beschreibung der Stichprobe	54
5.2	Untersuchungsdesigns und Methodik	55
5.3	Durchführung Interventionsgruppe.....	57
5.4	Statistische Auswertungen und Ergebnisse	62
5.4.1	Deskriptive Statistik der Vorher-Nachher-Tests	62
5.4.2	Ergebnisse des Vorher-Nachher-Tests	67

5.4.3	Auswertung Beobachtungsbögen der Interventionsgruppe.....	71
5.4.4	Auswertung Reflexionsbögen der Interventionsgruppe.....	74
5.5	Diskussion der Ergebnisse.....	77
6	Schlussfolgerung	83
7	Literaturverzeichnis	86
8	Abbildungsverzeichnis	91
9	Tabellenverzeichnis	92
10	Anhang.....	93
	Anhang A Vorher-Nachher-Test.....	93
	Anhang B Beobachtungsbogen	102
	Anhang C Reflexionsbogen	104
	Anhang D Antworten der Schüler:innen des Reflexionsbogens.....	107
	Anhang E Berechnungen des Wilcoxon-Tests mittels JASP.....	110
	Anhang F Berechnungen des Mann-Whitney-U-Tests mittels JASP	111

1 Einleitung

Sei es beim Lesen von Landkarten, beim Lösen räumlicher Aufgaben, bei der Interpretation von Körpernetzen oder bei der Vorstellung von Schnitten durch geometrische Körper, eine gute Raumvorstellung wird im täglichen Gebrauch und in vielen Unterrichtsfächern vorausgesetzt. Sie ist definitiv kein Randthema im Mathematikunterricht. Die Raumvorstellung dient dem Verstehen geometrischer Konzepte, hilft bei der Lösung von Problemen und ist in zahlreichen naturwissenschaftlichen Anwendungsgebieten vertreten. Dabei haben viele Schüler:innen Probleme, diese räumlichen Strukturen zu erfassen. In den vergangenen Jahren haben sich digitale Lernumgebungen, auch bekannt als *Digital Game-Based Learning*, als ein geeignetes Mittel zur gezielten Wissensvermittlung etabliert. Beim Digital Game-Based Learning erfolgt eine systematische Verknüpfung von Bildungsinhalten mit Computerspielen. Ziel dieser Verknüpfung ist es, Lernprozesse bei den Schüler:innen anzustoßen und zu fördern (Breuer, 2010, S. 14-15). In diesem Kontext kann Minecraft Education als Beispiel herangezogen werden. Minecraft und Minecraft Education repräsentieren nicht nur ein gewöhnliches Computerspiel, sondern zeigen auch ein hohes Potenzial für den Einsatz im schulischen Bereich. In dieser digitalen Lernumgebung müssen die Lernenden ihre räumlichen Entscheidungen fortlaufend überprüfen.

Die vorliegende empirische Studie zielt darauf ab, die Auswirkungen des Einsatzes von Minecraft Education auf die Motivation, die aktive Auseinandersetzung mit der Plattform sowie den Kompetenzaufbau von Schüler:innen der sechsten Schulstufe der Sekundarstufe 1 im Bereich der Raumvorstellung zu ermitteln. Zur Ermittlung einer potenziellen Steigerung dieser Lernzuwächse bearbeiten Schüler:innen der sechsten Schulstufe aus insgesamt vier Klassen einen Vorher-Test. Im Anschluss daran nehmen die Lernenden an insgesamt vier Unterrichtseinheiten zur Raumvorstellung teil. In jeder Unterrichtsstunde wird eine der vier Kompetenzen der Raumvorstellung bearbeitet. Zu diesen vier Kompetenzen zählen die Veranschaulichung, die räumlichen Beziehungen, die Vorstellungsfähigkeit von Rotationen und die räumliche Orientierung. Abschließend kommt in beiden Gruppen der Nachher-Test zum Einsatz. Der Unterschied zwischen den beiden Gruppen besteht darin, dass die Interventionsgruppe die vier Unterrichtseinheiten mit Minecraft Education erhält,

während die Kontrollgruppe in herkömmlicher Form unterrichtet wird. Ergänzend zu diesem quantitativen Messinstrument, wird der Unterricht durch qualitative Elemente ergänzt. Diese Fortschritte werden sorgfältig notiert und anschließend analysiert.

Die vorliegende Masterarbeit gliedert sich in fünf große Kapitel. Im zweiten Kapitel werden zunächst die grundlegenden Begriffe rund um das Thema Raumvorstellung näher erläutert und einige Definitionsversuche vorgenommen. In der Folge werden verschiedene Modelle und Teilkomponenten der Raumvorstellung betrachtet. Hierbei finden Modelle von Thurstone (1950), Linn und Peterson (1985), Maier (1994) sowie Maresch (2013, 2015) Anwendung. In diesem Kapitel erfolgt zudem die Festlegung der einzelnen Kompetenzen, die für die empirische Durchführung von Relevanz sind. Abgerundet wird dieses Kapitel durch den Stellenwert der Raumvorstellung gemäß dem österreichischen Mathematiklehrplan für die Sekundarstufe 1. Im dritten Kapitel werden didaktische Prinzipien bezüglich des Game-Based Learnings sowie eine Herausarbeitung der wesentlichen Merkmale diskutiert. Kapitel 4 befasst sich mit der Lernumgebung Minecraft Education im Bildungskontext. Zu Beginn dieses Kapitels erfolgt zunächst eine Auseinandersetzung mit dem historischen Hintergrund der Software. Anschließend wird der Frage nachgegangen, inwiefern sich Minecraft Education als digital Game-Based Learning Umgebung im Unterricht eignet. In diesem Kapitel erfolgt zudem eine Zusammenfassung der bereits existierenden Studien zu Minecraft und Minecraft Education im Bildungskontext. Auf die Auswertung und Analyse der erhobenen Daten wird in Kapitel 5 eingegangen und diskutiert bis schließlich im Kapitel 6 die Untersuchung abgerundet wird und die Hauptaussagen der Arbeit sowie die Lücken in der Forschung zusammengefasst werden.

2 Räumliche Vorstellungsvermögen

Das räumliche Vorstellungsvermögen ist eine wichtige kognitive Fähigkeit des Menschen. Sie ist nicht nur im schulischen Mathematik-, Darstellende Geometrie- und Physikunterricht relevant, sondern auch für viele Berufe im MINT-Bereich. Die Abkürzung MINT steht hierbei für die Bereiche Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik (Linzer-Sommer, 2022, S. 1). Schon in der Unterstufe ist es wichtig, dass Schüler:innen sich Objekte mental vorstellen, verändern und kombinieren können, um geometrische Zusammenhänge besser zu verstehen. Dies zeigt sich unter anderem darin, dass die Förderung des räumlichen Denkens ein zentrales Ziel des Geometrieunterrichts in Schulen ist. (Glück, Kaufmann, Dünser, & Steinbügl, 2005, S. 9)

In diesem Kapitel wird die Raumvorstellung als zentrale Grundlage des mathematischen Denkens systematisch definiert und eingeordnet. Zu Beginn werden im Abschnitt 2.1 verschiedene Blickwinkel auf die Definition der Raumvorstellung erörtert, wobei bereits hier erste Schwierigkeiten auftreten. Der Grund dafür ist, dass es viele äquivalente Definitionen des räumlichen Denkens und der Raumvorstellung gibt. Eine eindeutig gültige Definition bleibt dabei jedoch aus. Aufbauend darauf werden in Abschnitt 2.2 Modelle und Teilkompetenzen des räumlichen Denkens vorgestellt. Wichtige Impulse hierfür liefern Thurstone (1950), Linn und Peterson (1985), Maier (1994) sowie Maresch (2013, 2015). Dabei steht das von Maresch (2015) zusammengefasste Vier-Faktoren-Modell im Mittelpunkt, welches die Bereiche Veranschaulichung, räumliche Beziehungen, Vorstellungsfähigkeit von Rotation und räumliche Orientierung umfasst. Jeder dieser Faktoren wird einzeln betrachtet und hinsichtlich der kognitiven Anforderungen, der typischen Aufgabenformate und Einordnung nach Maier (1994) analysiert. In Abschnitt 2.3 wird die Bedeutung der Raumvorstellung im Mathematikunterricht sowie ihre curriculare Verankerung im österreichischen Lehrplan diskutiert. Darüber hinaus wird ihr Stellenwert im Mathematikunterricht erörtert. Hier wird der österreichische Mathematiklehrplan der Unterstufe der Allgemeinbildenden Höheren Schulen mit jenem der Mittelschulen im Hinblick auf die Raumvorstellung verglichen. In Abschnitt 2.3 wird somit der Grundstein für die folgenden Kapitel und die Relevanz für die Durchführung der Unterrichtsstudie geschaffen.

2.1 Definitionsversuch Raumvorstellung

In der Forschungsliteratur finden sich zahlreiche unterschiedliche, aber auch teils sehr ähnliche Definitionsansätze zum Begriff *Raumvorstellung*. Es handelt sich hierbei stattdessen um ein komplexes Konstrukt, das je nach wissenschaftlicher Perspektive unterschiedlich beschrieben, definiert und interpretiert wird. Diese Einschätzung wird unter anderem von Glück, Kaufmann, Dünner und Steinbügl (2005, S. 4) geteilt. Die Autor:innen schreiben in ihrer Literatur, dass es „[...] keine einheitliche exakte Begriffsbestimmung [...]“ des Terminus Raumvorstellung gebe, „[...] sondern vielmehr zahlreiche mehr oder weniger ähnliche Definitionen.“ (2005, S. 4). In der folgenden Analyse einer möglichen Definition der Raumvorstellung werden die in der Literatur häufig zitierten Arbeiten von Thurstone (1950), Linn und Petersen (1985), Maier (1994) sowie Maresch (2021) näher betrachtet. Die verschiedenen Definitionen werden hinsichtlich ihres Umfangs, ihrer Abgrenzung und ihrer zentralen Kriterien miteinander verglichen. Dabei werden die Gemeinsamkeiten und Unterschiede systematisch herausgearbeitet.

Den Auftakt bildet die bei Thurstone (1950) vorgeschlagene Begriffsbestimmung. Nach Thurstone ist räumliches Vorstellungsvermögen keine einzelne Fähigkeit. Der Begriff lässt sich nicht durch einen allgemeinen Intelligenzindex beschreiben, sondern setzt sich vielmehr aus relativ unabhängigen Teilfähigkeiten des visuellen Denkens zusammen. Diese bezeichnet er als „primary mental abilities“ (1950, S. 517). In seiner Begriffsbestimmung betont Thurstone, dass es keinen eindimensionalen Gesamtfaktor gibt, sondern, dass das räumliche Vorstellen aus spezifischen Teilfähigkeiten besteht. Nach Thurstones Modell umfasst das visuelle Denken insgesamt sieben Grundfähigkeiten: Wahrnehmungsgeschwindigkeit (engl. *perceptual speed*), drei Faktoren zum räumlichen Vorstellungsvermögen (engl. *space factors* S_1 , S_2 und S_3), zwei Abschluss-Faktoren (engl. *closure factor* C_1 und C_2) und das Gedächtnis für visuelle Details (engl. *visual memory*) (1950, S. 517-521). Laut Thurstone ist das räumliche Vorstellungsvermögen demnach die Fähigkeit, ein Objekt trotz Perspektivenwechsel wiederzuerkennen, mentale Verschiebungen beziehungsweise Transformationen innerhalb einer Konfiguration vorzunehmen und Lagebeziehungen zu erfassen. Dabei spielt die Körperorientierung bei der Lagebeziehung eine zentrale Rolle (Thurstone, 1950, S. 517-519).

In ihrer Meta-Analyse definieren Linn und Petersen (1985) das räumliche Vorstellungsvermögen als die grundlegende Fähigkeit, symbolische, nicht-sprachliche Informationen zu repräsentieren, zu transformieren, zu generieren und zu erinnern. Für eine Begriffsbestimmung zum räumlichen Denken schlagen die Autor:innen drei Teilkompetenzen der räumlichen Fähigkeiten vor. Dazu zählen die räumliche Wahrnehmung (engl. *spatial perception*), die mentale Rotation (engl. *mental rotation*) und die räumliche Visualisierung (engl. *spatial visualization*). Wenn von der Definition des räumlichen Vorstellungsvermögens im Sinne von Linn und Peterson die Rede ist, ist ein mehrdimensionales kognitives Konstrukt gemeint. Dabei geht es um die effiziente mentale Verarbeitung nicht-verbaler Informationen, die sich in drei Teilaspekte gliedern lässt. (Linn & Petersen, 1985, S. 1479; 1482)

Maier (1994) zufolge wird räumliches Vorstellungsvermögen primär als eine kognitive Fähigkeit verstanden, räumliche Sachverhalte innerlich zu visualisieren und gedanklich zu verarbeiten. In seiner Literatur beschreibt der Autor die Raumvorstellung konkret als „[...] die Fähigkeit, in der Vorstellung räumlich zu sehen und räumlich zu denken“ (1994, S. 14). Maier betont in seiner Literatur zudem, dass die Raumvorstellung über die reine Sinneswahrnehmung hinausgeht. Die Eindrücke werden mental verarbeitet und in Form von Vorstellungsbildern abgespeichert, die ohne reale Objekte abgerufen werden können. Bei Bedarf können diese Bilder schließlich abgerufen, transformiert und kombiniert werden. Der Begriff *Raumvorstellung* umfasst demnach die Fähigkeit, räumliche Sachverhalte intern zu erzeugen, zu transformieren und zu manipulieren (Maier, 1994, S. 14).

Laut Maresch (2021) ist die Raumvorstellung eine reine kognitive Fähigkeit, Objekte in einem dreidimensionalen Raum gedanklich darzustellen und bestimmte Operationen mit ihnen durchzuführen. Zu diesen Operationen zählen beispielsweise das Objekt gedanklich zu drehen, zu spiegeln, zu vergrößern oder zu verkleinern. Darüber hinaus ist der Mensch in der Lage, Beziehungen zwischen mehreren Objekten herzustellen und zwischen verschiedenen mentalen Perspektiven zu wechseln (Maresch, 2021, S. 28). Der Autor betont, dass es sich beim Raumvorstellungsvermögen um eine reine kognitive Fähigkeit handelt, für die weder *reale optische Reize* noch *reale Bewegungen im Raum* erforderlich sind (2021, S. 28). Zugleich grenzt Maresch das Raumvorstellungsvermögen als Vorstufe der visuellen Wahrnehmung ab und bezeichnet die Raumvorstellung als ein reines „Gedankenspiel“ (2021, S.

29). Er fasst das räumliche Denken als Sammelbegriff für visuelle Wahrnehmung, Raumvorstellung und feinmotorische räumliche Abläufe zusammen (Maresch, 2021, S. 25).

Die Raumvorstellung ist somit keine isolierte Fähigkeit, sondern setzt sich aus mehreren Teilkompetenzen zusammen. Diese sind jedoch wiederum teilweise von der theoretischen Ausrichtung abhängig. In der direkten Gegenüberstellung betrachten alle vier Ansätze das räumliche Vorstellungsvermögen als kognitive Fähigkeit. Thurstone (1950) bezeichnet dies als Kompetenz, räumliche Konfigurationen innerlich zu erfassen, umzustrukturieren und die Perspektive zu wechseln. Linn und Petersen (1985) knüpfen daran an und bezeichnen räumliche Fähigkeiten als Kompetenzen der Repräsentation, Transformation, Generierung und des Ablaufs symbolischer, nicht-sprachlicher Informationen. Maier (1994) formuliert den Fokus didaktisch anschlussfähig um und bezeichnet die Raumvorstellung als „räumliches Sehen und Denken“ (Maier, 1994, S. 14). Schließlich schärft Maresch (2021) die kognitive Abgrenzung der Raumvorstellung, indem er die räumliche Vorstellung als rein mentale Manipulation bestimmt. Er definiert das Erkennen räumlicher Beziehungen als eine solche Manipulation und stuft den Perspektivenwechsel ebenso als Manipulation ein. Obwohl es bei den Definitionen inhaltliche Übereinstimmungen gibt, bleibt der Begriff in der Theorie sehr offen und ist stark kontextabhängig.

2.2 Modelle und Teilkompetenzen der Raumvorstellung

In diesem Kapitel werden wichtige Modelle und Teilkompetenzen des räumlichen Vorstellungsvermögens eingeordnet und der Begriff präzisiert. Durch die Gegenüberstellung der verschiedenen Modelle wird eine Grundlage für die Messung des empirischen Teils geschaffen. Aus historischer Perspektive lässt sich die Forschung zum Intelligenzbegriff sowie zum räumlichen Vorstellungsvermögen in drei Phasen der Raumintelligenzforschung unterteilen. Die erste Phase ist die *präfaktorielle Phase* (1904 - 1950), in welcher der Begriff *Intelligenz* in der Forschung an Bedeutung gewinnt. Bereits bei den früheren mehrdimensionalen Intelligenzmodellen waren die Merkmale heterogen ausgeprägt. Die Bandbreite reichte dabei von Modellen mit zwei Faktoren bis hin zu solchen mit über 120. Zu den Vertretern in der präfaktoriellen Phase zählt unter anderem Thurstone (1950) mit seinem Werk *Some Primary Abilities in Visual Thinking*. In der faktoriellen Phase (1950 - 1994) wurde die

systematische faktorenanalytische Strukturierung räumlicher Fähigkeiten untersucht und festgelegt. Wichtige Impulse in dieser Phase stammen unter anderem von Linn und Petersen (1985) sowie von Maier (1994). Seit 1994 wird die Forschung in die postfaktorielle Phase eingeordnet. Laut Maresch (2013) kennzeichnet diese Phase die Erkenntnis, dass es bisher nicht gelungen ist, klar abgrenzbare und „unabhängige Faktoren der Raumintelligenz“ (2013, S. 31) nachzuweisen. In seinem Artikel bietet der Autor eine gute Übersicht über die ersten Raumintelligenzforschungen und die damit verbundenen Intelligenzmodelle (Maresch, 2013, S. 30-32). Mit Blick auf die Forschungsfrage und die Relevanz für die empirische Untersuchung konzentriert sich die Analyse unter anderem auf das Intelligenzmodell von Thurstone (1950) in der präfaktoriellen Phase, auf Linn und Peterson (1985) sowie auf Maier (1994) in der faktoriellen Phase und auf Maresch (2013) in der postfaktoriellen Phase.

Thurstone (1950) definiert insgesamt sieben grundlegende Faktoren im Bereich des visuellen Denkens, von denen drei dieser Faktoren spezifisch mit dem räumlichen Vorstellungsvermögen in Zusammenhang stehen. Der Forscher bezeichnet diese drei Faktoren als sogenannte *space factors* und ordnet ihnen die Abkürzungen S_1 , S_2 und S_3 zu. Der erste *space factor*, auch S_1 genannt, beschreibt die Fähigkeit, ein unverändertes Objekt aus unterschiedlichen Perspektiven als identisch wahrzunehmen. Thurstone führt zwei Beispiele für S_1 an, bei denen jeweils eine Reihe von Objekten auf der rechten Seite identifiziert werden müssen, die auf der linken Seite trotz Drehung und Spiegelung abgebildet sind. Der zweite *space factor* (S_2) beschäftigt sich mit der Vorstellung mechanischer Bewegungen sowie deren Ablauf oder Formänderungen innerhalb eines Gebildes. Thurstone nennt hier das Falten eines Netzes zu einem dreidimensionalen Objekt als Beispiel. Der dritte *space factor* (S_3) bezieht sich auf die Lösung von Raumaufgaben, bei denen die Körperorientierung der beobachtenden Person eine wesentliche Rolle spielt. Thurstone veranschaulicht den dritten Faktor nicht anhand eines konkreten Beispiels. Er verweist jedoch auf Anwendungsfelder und nennt in diesem Zusammenhang unter anderem psychologische Studien von Pilot:innen, die Hand-Augen-Koordinaten sowie das Lokalisieren von Punkten im Koordinatensystem. (Thurstone, 1950, S. 517-519)

Mit ihrer meta-analytischen Studie leisteten Linn und Peterson (1985) einen weiteren Beitrag zur Einordnung und Klassifizierung räumlicher Fähigkeiten in der

faktoriellen Phase. Ähnlich wie Thurstone (1950) identifizierten sie drei Teilfaktoren des räumlichen Denkens. Laut Linn und Peterson lässt sich das räumliche Vorstellungsvermögen in drei komplementäre Teilkompetenzen unterteilen, nämlich in die räumliche Wahrnehmung (engl. *spatial perception*), die mentale Rotation (engl. *mental rotation*) und die räumliche Visualisierung (engl. *spatial visualization*). Die Autor:innen definieren die räumliche Wahrnehmung als die Fähigkeit, räumliche Beziehungen in Bezug zur eigenen Körperorientierung trotz ablenkender Informationen richtig einzuschätzen. Als Beispiel zeigen sie vier Behälter und erklären, dass es darum geht, den Behälter auszuwählen, in dem die Wasserlinie trotz der Neigung korrekt horizontal verläuft. Als zweite Kategorie erwähnen Linn und Peterson die mentale Rotation. Dabei geht es um die gedankliche Drehung zweidimensionaler oder dreidimensionaler Objekte. Die räumliche Visualisierung als dritte Kategorie fasst schließlich mehrschrittige Transformationen zusammen. Linn und Peterson nennen das mentale Falten von Papier als Beispiel. Die Lernenden erhalten eine gefaltete Papiervorlage mit einem gekennzeichneten Loch und sollen das Papier gedanklich vollständig entfalten, um die korrekte Figur auszuwählen. (Linn & Petersen, 1985, S. 1482-1485)

Maier (1994) setzte sich unter anderem auch mit der Drei-Faktoren-Hypothese von Thurstone sowie dem Modell von Linn und Petersen auseinander. Er kam zu dem Schluss, dass das Modell von Linn und Petersen eine „[...] herausragende Ergänzung [...]“ (Maier, 1994, S. 50) zum Modell von Thurstone darstellt. Maier kombinierte Thurstones Modell und die Dreiteilung von Linn und Petersen und fasste diese zu einem Intelligenzmodell mit fünf zentralen Komponenten zusammen. Dazu zählen die räumliche Wahrnehmung, die Veranschaulichung oder die räumliche Visualisierung, die Vorstellungsfähigkeit von Rotationen, die räumliche Beziehungen und die räumliche Orientierung. Laut Maier (1994) ist diese Bündelung eine Zusammenführung der beiden wichtigsten Drei-Faktoren-Modelle (Maier, 1994, S. 50-51). Roth und Wittmann bieten in dem Buch *Didaktik der Geometrie für die Sekundarstufe 1* von Wigand et al. (2018, S. 141) einen klaren Überblick zur Erfassung und Einordnung einzelner Aufgaben nach den von Maier (1994) definierten Komponenten der Raumvorstellung. In abgewandelter Form findet sich diese Abbildung auch bei Maier (1994, S. 52). Allerdings fehlt die Spalte *Einsatz*

analytischer Strategien und die *Rechts-Links-Unterscheidung* wird im Originalwerk mit *Faktor K* bezeichnet.

Wie in Abbildung 1 dargestellt, wird zunächst in der ersten Spalte unterschieden, ob sich die Person außerhalb oder innerhalb des Geschehens befindet. Im zweiten Schritt wird zwischen dynamischem und statischem Denken unterschieden. Die letzte Spalte der Matrix gibt schließlich Auskunft darüber, ob es sich um Problemstrategien handelt oder nicht. (Roth & Wittmann, 2018, S. 141)

Standpunkt der Probanden	Dynamische Denkvorgänge Räumliche Relationen am Objekt veränderlich	Statische Denkvorgänge Räumliche Relationen am Objekt unveränderlich; Relation der Person zum Objekt veränderlich	Einsatz analytischer Strategien
Person befindet sich außerhalb	Veranschaulichung	Räumliche Beziehungen	Analytische Strategien zum schlussfolgernden Denken häufig hilfreich
Person befindet sich innerhalb	Vorstellungsfähigkeit von Rotationen	Räumliche Wahrnehmung	Analytische Strategien zum schlussfolgernden Denken insbesondere im dynamischen Bereich häufig <i>nicht</i> hilfreich
	Räumliche Orientierung	Rechts-Links-Unterscheidung	

Abbildung 1 | Einordnung der Fünf-Faktor Kompetenzen nach Maier.

In: (Roth & Wittmann, 2018, S. 141)

In Maresch (2013) findet sich eine tabellarische Zusammenfassung der von verschiedenen Forscher:innen zwischen 1950 und 1994 identifizierten Faktoren der Raumvorstellung (2013, S. 32). Maresch (2015) setzte sich mit dem Modell von Maier genauer auseinander und zeigte, dass sich die Aspekte Veranschaulichung, räumliche Beziehung, räumliche Orientierung und mentale Rotation in „[...] mindestens drei bis neun weiteren Modellen [...]“ (2015, S. 38) unabhängig voneinander wiederfinden. Dabei ist eine Komponente von Linn und Petersen besonders aufgefallen. Maresch belegt, dass nur in ihrem Modell die räumliche Wahrnehmung als eigenständige Teilkompetenz behandelt wird. Im österreichischen Forschungsprojekt *GeodiKon* verzichtet Maresch auf das von Maier (1994) vorgeschlagene Fünf-Faktoren-Modell. Stattdessen entwickelt er auf Basis von Maiers (1994) Modell ein

Vier-Faktoren-Modell, in dem die räumliche Wahrnehmung keine Rolle mehr spielt (Maresch, 2015, S. 37-38).

Das Forschungsprojekt *GeodiKon* basiert daher auf vier Teilbereichen der Raumvorstellung. Diese sind die Veranschaulichung, die Darstellung räumlicher Beziehungen, die mentale Rotation und die räumliche Orientierung (Maresch, 2015, S. 37-38). Im Hinblick auf die durchgeführte empirische Untersuchung wird ebenfalls auf die vier Faktoren des räumlichen Vorstellungsvermögens Bezug gekommen.

2.2.1 Veranschaulichung

Als Veranschaulichung bezeichnet man die Fähigkeit, räumliche Operationen gedanklich durchzuführen. Hierbei handelt es sich um ein rein kognitives Verfahren ohne äußerliche Hilfen. Zu den räumlichen Operationen gehören beispielsweise das Verschieben, Falten, Zerlegen oder Ergänzen von Objekten (Hellmich & Hartmann, 2002, S. 56). Es sind somit Aufgaben, die in mehreren gedanklichen Schritten bearbeitet werden müssen (Glück, Kaufmann, Dünser, & Steinbügl, 2005, S. 4).

Der Faktor *Veranschaulichung* ist ein zentraler Bestandteil der Raumintelligenz und ist in vielen Modellen vorhanden. Maresch (2013) weist außerdem darauf hin, dass die Veranschaulichung meist andere Aspekte beinhaltet. So erwähnt er beispielsweise, dass die räumliche Wahrnehmung und die räumliche Beziehung nicht einzeln, sondern integrativ der Visualisierung zugeordnet werden (Maresch, 2013, S. 33). Thurstone (1950) ordnet die Veranschaulichung dem zweiten *space factor* zu. Laut Thurstone beschreibt dieser Faktor das Vorstellen von Bewegungen oder Veränderungen einer räumlichen Struktur. Eine typische Testaufgabe zur Messung der räumlichen Visualisierung sind Papierfaltungen (Thurstone, 1950, S. 518-519).

Eine Aufgabe zur Veranschaulichung wird in Abbildung 2 dargestellt.

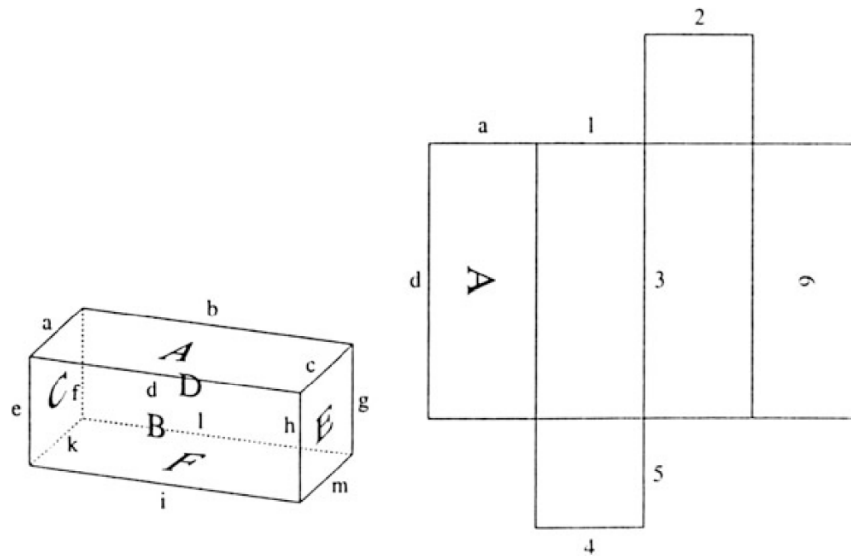


Abbildung 2 | Beispiel Veranschaulichung
In: (Roth & Wittmann, 2018, S. 139)

Die Abbildung 2 zeigt links einen Quader im Schrägriss. Seine Seitenflächen sind mit den Großbuchstaben A bis F, seine Kanten mit den Kleinbuchstaben a bis m gekennzeichnet. Neben dem Quader im Schrägriss befindet sich das dazugehörige Netz mit den zusätzlichen Ziffern 1 bis 6. Die Aufgabe besteht darin, jene Buchstaben zu finden, die den Ziffern im Netz entsprechen. Um diese Aufgabe zu bearbeiten, muss das zweidimensionale Netz in den passenden dreidimensionalen Zustand überführt werden. Dafür ist die Veranschaulichungskompetenz erforderlich. Die Einordnung erfolgt nach der Matrix laut Maier (1994), wie in Abbildung 1 ersichtlich. Das Objekt wird von außen betrachtet und das Netz wird in einen Quader transformiert. Die Kriterien für die Veranschaulichung sind damit erfüllt.

Die Lösung des Beispiels aus Abbildung 2 lautet 1f – 2a – 3l – 4h – 5m – 6B.

2.2.2 Räumliche Beziehungen

Die Teilkompetenz *Räumliche Beziehungen* bezieht sich auf das Erkennen und Interpretieren der Lagebeziehungen zwischen mehreren Objekten. Dabei ist der Blickwinkel entscheidend. Die Betrachtung erfolgt dabei von einem Punkt außerhalb der Darstellung (Hellmich & Hartmann, 2002, S. 56).

Das Drei-Faktor-Modell nach Thurstone (1950) ordnet die räumliche Beziehung dem ersten *space factor* zu. Dabei geht es um die Fähigkeit, ein starres Objekt aus

unterschiedlichen Blickwinkeln zu betrachten. In Thurstones Literatur ist als Beispiel eine Abbildung zu sehen, die eine zweidimensionale Referenzfigur und sechs weitere Figuren zeigt. Die Aufgabe besteht darin, die Figur zu finden, die der Originalreferenzfigur entspricht (Thurstone, 1950, S. 518).

Eine ähnliche Aufgabe zur räumlichen Beziehung wird in Abbildung 3 von Roth und Wittmann (2018, S. 141) gezeigt.

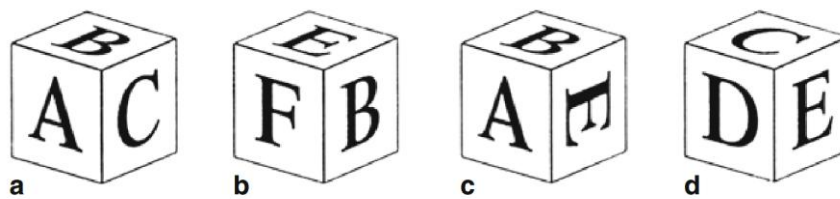


Abbildung 3 | Beispiel Räumliche Beziehungen

In: (Roth & Wittmann, 2018, S. 139)

In Abbildung 3 sind vier Würfel im Schrägriss mit Großbuchstaben dargestellt. Drei der Würfel zeigen nach Drehungen denselben Würfel, eine der Ansichten passt jedoch nicht dazu. Es geht nun darum, den falschen Würfel zu identifizieren. Wird die Abbildung 3 nach den Kriterien von Maier (siehe Abbildung 1) beleuchtet, ist sie eindeutig der räumlichen Beziehung zuzuordnen. Die Würfel werden von außen betrachtet und sie sind starr. Die Relationen der Flächen zueinander bleiben unverändert und es gibt keine Verformungen oder Faltvorgänge. Es wechselt nur die Ansicht. Damit sind alle Kriterien für räumliche Beziehungen nach Maier (1994) erfüllt.

In Abbildung 3 ist Würfel c falsch und passt somit nicht zu den anderen drei Würfeln.

2.2.3 Vorstellungsfähigkeit von Rotationen

Die Vorstellungsfähigkeit von Rotation, oft auch mentale Rotation genannt, beschreibt die Fähigkeit, zweidimensionale oder dreidimensionale Objekte um eine oder mehrere Achsen gedanklich zu drehen. Laut Maresch (2013) werden in Tests zur mentalen Rotation zweidimensionale oder dreidimensionale Objekte miteinander verglichen, um festzustellen, ob sie identisch sind. Der Autor betont außerdem, dass beim Lösen solcher Tests oft auch die Geschwindigkeit gemessen wird, die die Lernenden benötigen, um die Aufgaben zu lösen. Maresch verweist hierfür auf

Studien, die „[...] einen linearen Zusammenhang zwischen Drehwinkel und Bearbeitungszeit nachweisen“ (2013, S. 33).

Die Vorstellungsfähigkeit von Rotationen ist unter anderem eine Teilkomponente des Modells von Linn und Petersen (1985). Bei Thurstone (1950) gibt es diese Vorstellung von Rotationen jedoch nicht. Dies wird auch in der Übersichtstabelle von Maresch (2013, S. 32) deutlich. Interessanterweise stellt Maresch fest, dass die mentale Rotation bei Thurstone (1950) nicht zu den klassischen *space factors* zählt. Demnach bildet die mentale Rotation nach dem Intelligenzmodell von Thurstone keine eigenständige Komponente des räumlichen Denkens.

Eine typische Aufgabe zur mentalen Rotation ist in Abbildung 4 dargestellt.

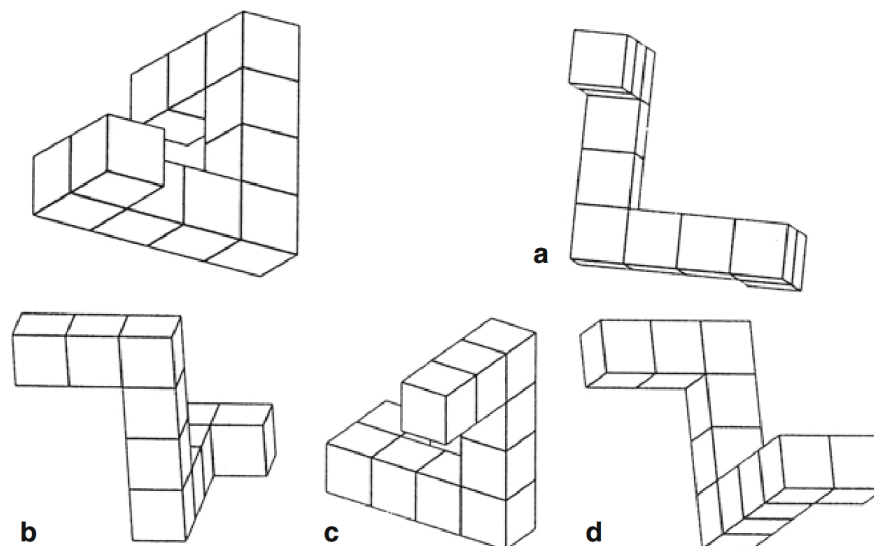


Abbildung 4 | Beispiel Vorstellungsfähigkeit von Rotationen
In: (Roth & Wittmann, 2018, S. 139)

Die in Abbildung 4 dargestellte Aufgabe ist eine klassische Aufgabe zur mentalen Rotation, bei der eine dreidimensionale Würfelschlange dargestellt ist. In der ersten Zeile oben links befindet sich die Referenzfigur, die in einer bestimmten räumlichen Anordnung dargestellt ist. Rechts daneben und in der zweiten Zeile befinden sich vier alternative Würfelschlangen, die mit den Buchstaben a bis d gekennzeichnet sind. Sie stellen eine mögliche Rotation oder Spiegelung der Referenzfigur dar. Um diese Aufgabe zu lösen, wird jede einzelne Abbildung mit der Referenzfigur

verglichen, um die gleiche Figur zu finden. Gemäß der Einordnungsmatrix nach Maier (siehe Abbildung 1) befindet sich die Person bei diesen und ähnlichen Aufgaben außerhalb des Objekts. Durch die gedankliche Drehung wird der Denkvorgang dynamisch und die räumliche Relation zum Objekt verändert sich. Somit zählt diese Aufgabe zu der Vorstellungsfähigkeit von Rotationen.

In Abbildung 4 sind die Würfelschlangen a und d richtig.

2.2.4 Räumliche Orientierung

Hellmich und Hartmann (2002) bezeichnen die räumliche Orientierung als die Fähigkeit, sich gedanklich in einem Raum zurechtzufinden. In diesem Zusammenhang ist auch wieder der Blickwinkel zu berücksichtigen. Im Gegensatz zu den räumlichen Beziehungen wird hierbei die eigene Position innerhalb der dargestellten Szene betrachtet (Hellmich & Hartmann, 2002, S. 56). Maresch (2013) ergänzt diese Definition und erwähnt, dass die räumliche Orientierung sowohl in der Vorstellung als auch im realen Raum stattfinden kann. Dazu gehört auch, sich in Gedanken durch eine Anordnung von Objekten im Raum zu bewegen (2013, S. 33-34). Diese Fähigkeit wird auch bei Thurstone (1950) erwähnt. Thurstone zählt sie zu seinem dritten *space factor* und beschreibt die räumliche Orientierung als eine Fähigkeit, bei der die Orientierung der beobachtenden Person eine zentrale Rolle spielt (Thurstone, 1950, S. 518-519). Bei Linn und Petersen (1950) wird der Faktor der räumlichen Orientierung dagegen nicht berücksichtigt.

Die in Abbildung 5 veranschaulichte Aufgabe entspricht diesem Format. Sie zeigt eine klassische Aufgabe zur räumlichen Orientierung. Dabei soll die richtige Ansicht aus einer bestimmten Position heraus anhand einer Landkarte, wie sie in Abbildung 5 zu sehen ist, erkannt werden. Auf der Landkarte sind insgesamt drei Objekte zu finden, ein Kirchturm, eine Mühle und ein Leuchtturm. Die Wellen stellen einen Fluss dar. Unterhalb der Landkarte befinden sich sechs mögliche Ansichten, die mit den Buchstaben a bis f gekennzeichnet sind. Die Abbildungen zeigen, aus welchen Entfernungen und Positionen der Kirchturm, die Mühle beziehungsweise der Leuchtturm erscheinen können. Die Aufgabe besteht darin, die Reihenfolge zu ermitteln, in der die Fotos aufgenommen wurden. Dabei befindet sich der Urlauber im Boot und fährt den Fluss von Westen kommend entlang.

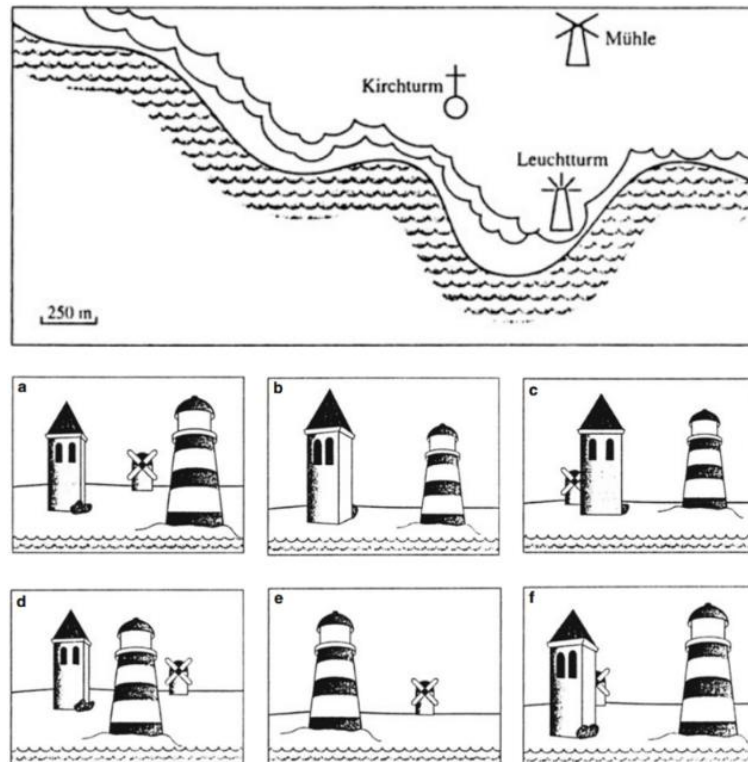


Abbildung 5 | Beispiel Räumliche Orientierung
In: (Roth & Wittmann, 2018, S. 140)

Mithilfe der Matrix nach Maier (siehe Abbildung 1) lässt sich auch diese Aufgabe in Abbildung 5 eindeutig der räumlichen Orientierung zuordnen. Um sie zu bearbeiten, müssen sich die Lernenden in die Position des Urlaubers versetzen. Diese befinden sich innerhalb der dargestellten Landschaft sowie auch im Boot. Während der Bootsfahrt verändern sich die räumlichen Beziehungen zwischen den Lernenden, dem Kirchturn, der Mühle und dem Leuchtturm fortlaufend. Diese Veränderung ist abhängig vom eigenen Standpunkt und somit ein dynamischer Denkvorgang. Somit gehört diese Aufgabe zur Teilkompetenz der räumlichen Orientierung.

Die richtige Reihenfolge lautet 1c – 2b – 3f – 4a – 5d – 6e.

2.3 Raumvorstellung im Mathematikunterricht

Die Raumvorstellung ist ein zentraler Bestandteil des Mathematikunterrichts und in den Lehrplänen der Sekundarstufe 1 der Mittelschulen sowie der Unterstufe der allgemeinbildenden höheren Schulen (kurz AHS-Unterstufe) verankert. Sie ist in allen Schulstufen zu finden. Die Lehrpläne beider Schularten folgen einem einheitlichen Kompetenzmodell. Dieses Modell deckt die vier Kompetenzbereiche (1) Zahlen und

Maße, (2) Variablen und funktionale Abhängigkeiten, (3) Geometrische Figuren und Körper sowie (4) Statistische Darstellungen und Kenngrößen ab. Die Raumvorstellung ist dabei schwerpunktmäßig im Kompetenzbereich (3) Geometrische Figuren wiederzufinden. Das Kompetenzmodell des österreichischen Lehrplans für Mathematik umfasst dabei vier Dimensionen. Diese sind Modellieren und Problemlösen, Operieren (Rechnen und Konstruieren), Darstellen und Interpretieren sowie Vermuten und Begründen. (BMBWF, 2026a, S. 84-85; BMBWF, 2026b, S. 58-59)

Die Bedeutung der Raumvorstellung wird im Lehrplan der AHS-Unterstufe deutlich. In den Mathematiklehrplänen findet sich folgende Wortlaut „Figuren und Körper sind Idealisierungen realer Objekte. Sie werden zeichnerisch dargestellt, ihre Eigenschaften und Zusammenhänge sowie ihre Lagen bzw. Lagebeziehungen werden beschrieben und untersucht. Das räumliche Vorstellungsvermögen wird im Unterricht weiterentwickelt und gefestigt. [...]“ (2026a, S. 85). In weiterer Folge kommt die Forderung hinzu, Winkel-, Längen-, Flächen- und Volumenbeziehungen zu begründen sowie den Wechsel zwischen arithmetischen und geometrischen Darstellungen zu beherrschen (BMBWF, 2026a, S. 85). Diese Anforderungen sind im Lehrplan der Mittelschulen im gleichen Wortlaut zu finden. Auch hier wird die Weiterentwicklung des räumlichen Vorstellungsvermögens im Kompetenzbereich Geometrische Figuren definiert, die ebenfalls ausdrücklich als Unterrichtsziel formuliert ist (BMBWF, 2026b, S. 59).

Die Anforderungen sind für jede Schulstufe festgelegt und bauen nach dem neuen Lehrplan inhaltlich aufeinander auf. In der fünften Schulstufe stehen dabei beispielsweise das Arbeiten mit einfachen ebenen Objekten, die Lagebeziehungen zwischen zwei Punkten, der Abstand zwischen einem Punkt und einer Geraden sowie die Bestimmung des Abstands zweier paralleler Geraden in der Ebene auf dem Programm. Hinzu kommt das Beschreiben von Lagebeziehungen zwischen Kreis und Geraden, das Konstruieren und maßstäbliche Darstellen von Rechtecken und zusammengesetzten Figuren sowie das Begründen und Anwenden von Umfangs- und Flächeninhaltsformeln. In der darauffolgenden Schulstufe, also der sechsten Schulstufe, stehen das Arbeiten im kartesischen Koordinatensystem, das Erkennen und Konstruieren achsensymmetrischer und kongruenter Figuren sowie die systematische Nutzung ihrer Eigenschaften auf dem Programm. Die siebte Schulstufe kennzeichnet das Erkennen und Konstruieren von zentrisch vergrößerter und

verkleinerter sowie ähnlicher Figuren und die Nutzung ihrer Eigenschaften. Der Übergang von der Ebene in den Raum wird thematisiert. Es werden räumliche Objekte beschrieben und dargestellt. Dabei wird auch die Ermittlung der Oberflächen- und Rauminhalte von geraden Prismen sowie der Rauminhalt von Pyramiden behandelt. In der achten Schulstufe wird schließlich der pythagoräische Lehrsatz vertieft und in diesem Zusammenhang die Länge der Raumdiagonale berechnet. Darüber hinaus wird die Beschreibung und Berechnung von Kreis und Kreisteilen sowie Drehzylinder und Drehkegel eingeführt und vertieft. Dazu kommt die Berechnung und Ermittlung der Oberflächen- und Rauminhalte von Drehzylindern und Drehkegeln. (BMBWF, 2026a, S. 87-88; BMBWF, 2026b, S. 60-62)

Das Unterrichtsfach *Geometrisches Zeichnen* in der Sekundarstufe 1 fördert das räumliche Denken zusätzlich. Je nach Schulart und Zweig ist dieses Fach entweder als eigenständiges Unterrichtsfach in der Lehrfächerverteilung angeführt oder auch nicht. Dieses ist schließlich in der 8. Schulstufe angesiedelt. An Schulen, an denen *Geometrisches Zeichnen* kein Pflichtgegenstand ist, sind die entsprechenden Kompetenzen für die integrative Vermittlung im Mathematikunterricht der 7. und 8. Schulstufe explizit aufgeführt. Für die 7. Schulstufe nennen die Kompetenzbeschreibungen unter anderem das Lesen und Anfertigen von Grund-, Auf- und Kreuzrissen sowie von Schräg- und Zentralrissen. Außerdem wird die Weiterentwicklung der Raumvorstellung mittels Raumtransformationen genannt. In der 8. Schulstufe liegt der Fokus auf Raumtransformationen und Booleschen Operationen, um verschiedene Risse zu erstellen und diese anschließend zu bearbeiten. Ebenso wird auf die Nutzung von Konstruktionszeichnungen und 3D-Software verwiesen. Die Raumvorstellung soll dabei gezielt weiterentwickelt werden. (BMBWF, 2026a, S. 98-99; BMBWF, 2026b, S. 72-73)

Grundsätzlich gilt die Raumvorstellung als ein Teil der mathematischen Kompetenz und kann trainiert werden. Zu diesem Ergebnis kommt auch die empirische Studie des österreichischen Forschungsprojekts *GeodiKon*. In der Studie wurden vier wesentliche Faktoren der Raumvorstellung untersucht, wie die Veranschaulichung beziehungsweise die räumliche Visualisierung, die räumliche Beziehungen, die mentale Rotation und die räumliche Orientierung. Das Forschungsprojekt *GeodiKon* wurde in den Jahren 2013 und 2014 in den drei österreichischen Bundesländern Niederösterreich, Salzburg und Steiermark durchgeführt. Der Lernstandzuwachs

wurde dabei mittels eines Vorher-Nachher-Tests gemessen. Insgesamt nahmen 903 Schüler:innen im Alter von 12 bis 14 Jahren aus 46 Klassen der Sekundarstufe 1 über einen Zeitraum von zwölf Unterrichtswochen an *GeodiKon* teil. In den Testklassen wurde im Fach Geometrisches Zeichnen wöchentlich rund 25 Minuten lang mit speziellen, teils eigens entwickelten Lernmaterialien gearbeitet. Die Schüler:innen der Kontrollgruppe erhielten weder Lösungsstrategien noch die entwickelten Lernmaterialien. Zudem nahmen sie nicht am Unterrichtsfach Geometrisches Zeichnen teil (Maresch, 2015, S. 38-39; 42). Über alle vier getesteten Faktoren der Raumvorstellung zeigte sich ein hochsignifikanter allgemeiner Leistungszuwachs. Dabei erwies sich der Unterrichtsgegenstand *Geometrisches Zeichnen* als besonders bedeutsam. Die Ergebnisse des Forschungsprojekts zeigen zudem, dass die Schüler:innen mit dem Unterrichtsfach *Geometrisches Zeichnen* bei den Teilkomponenten räumliche Beziehungen und mentale Rotation ein höheres Ausgangsniveau aufwiesen und einen größeren Lernzuwachs bei der Teilkomponente mentale Rotation erzielten als Lernende, die nicht an diesem Unterrichtsfach teilgenommen haben (Maresch, 2015, S. 52).

Auch die Kopfgeometrie kann dazu beitragen, das räumliche Vorstellungsvermögen zu fördern. Als Kopfgeometrie wird das gedankliche Lösen geometrischer Aufgaben ohne Zuhilfenahme zusätzlicher Hilfsmittel bezeichnet. Laut Roth und Wittmann (2018) werden beim Lösen von Kopfgeometrieaufgaben verschiedene Fähigkeiten trainiert. Dabei stellen sich die Lernenden die Figuren gedanklich vor, transformieren und kombinieren sie und wenden ihre Kenntnisse über deren Eigenschaften und Relationen an. Die Autor:innen empfehlen ein Vorgehen in drei Phasen. In der ersten Phase steht die Aufgabenstellung im Mittelpunkt, in der zweiten die räumliche Vorstellung und in der dritten das Operieren im Kopf ohne Hilfsmittel und Ergebnispräsentation. Werden Aufgaben zur Kopfgeometrie regelmäßig eingesetzt, so können sie dazu beitragen, ein grundlegendes Verständnis von Begriffen und deren Zusammenhänge zu vermitteln sowie die sichere Anwendung mathematischer Fachsprache zu fördern. (Roth & Wittmann, 2018, S. 142-143)

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Raumvorstellung kein Randthema im Mathematikunterricht ist, sondern flächendeckend in dessen Zielen, Inhalten und Prozessen verankert ist. In den Lehrplänen der AHS-Unterstufe und der Mittelschule

ist sie im Kompetenzbereich *Figuren und Körper* in allen Schulstufen inhaltlich konkretisiert und wird explizit gefordert. So werden grundlegende Lagekonzepte in der fünften Schulstufe entwickelt, die als Basis für die Raumvorstellung dienen. In der sechsten Schulstufe ist als zentraler Aspekt die mentale Transformation zu finden. In der siebten Schulstufe wird der Grundstein für die Perspektive gelegt. In der achten Schulstufe werden schließlich alle Inhalte miteinander verknüpft. Dabei ist grundlegend, dass im Mathematikunterricht das „räumliche Vorstellungsvermögen [...] weiterentwickelt und gefestigt“ (BMBWF, 2026a, S. 85; BMBWF, 2026b, S. 59) wird. Die Raumvorstellung umfasst dabei die Bereiche Modellieren, Konstruieren, Operieren, Darstellen und Interpretieren.

3 Digital Game-Based Learning

Die Methoden des Game-Based Learnings beziehungsweise des Digital Game-Based Learnings können sich gut eignen, um in ein neues Thema einzusteigen. Dabei werden zu Beginn nicht nur das Interesse und die Motivation der Schüler:innen geweckt, sondern durch die interaktive und ansprechende Gestaltung sowie durch narrative Elemente auch ihre Emotionen angesprochen. Spiele eröffnen klar strukturierte Lernräume, die sich durch definierte Regeln, transparente Ziele und Rückmeldungen auszeichnen. Die Bildungsforschung fasst diese Struktur im Ansatz des Game-Based Learnings zusammen. Dabei sind Lernhandlungen als bewusst gestaltete Spielhandlungen organisiert. Mit der Digitalisierung hat sich das sogenannte Digital Game-Based Learning entwickelt, bei dem digitale Spielmechaniken gezielt didaktisch genutzt werden (Kettler & Kauffeld, 2019, S. 251-252; Breuer, 2010, S. 11-15; Abdul Jabbar & Felicia, 2015, S. 745-746). Die beiden Begriffe Game-Based Learning und Digital Game-Based Learning bilden daher den roten Faden durch das folgende Kapitel. Zunächst wird im ersten Kapitel der Begriff Game-Based Learning definiert und im Unterkapitel 3.1 als didaktisches Konzept genauer erläutert. Hier findet auch eine Abgrenzung sowie eine Herausarbeitung der Unterschiede zwischen einer Game-Based Learning Umgebung und einer Gamification statt. Im darauffolgenden Unterkapitel 3.2 wird das Konzept des Game-Based Learnings auf digitale Spiele übertragen und der Begriff Digital Game-Based Learning genauer konkretisiert. Dabei werden auch die medienspezifischen Chancen und Grenzen digitaler Spielumgebungen beleuchtet und diese von verwandten Begriffen abgegrenzt. Ebenso werden Serious Games, Edutainment, E-Learning und Multimedia Learning definiert und eine Abgrenzung zum Konzept Digital Game-Based Learning diskutiert. Der Abschnitt 3.3 fasst schließlich die für das Lernen relevanten Merkmale digitaler Spiele zusammen. In diesem Kapitel werden die zentralen Merkmale des Digital Game-Based Learning vertieft und einzeln diskutiert. Es wird aufgezeigt, wie dieses Konzept im Schulkontext angewendet werden kann, um fachliches Denken und Handeln systematisch aufzubauen, zu reflektieren und zu überprüfen.

3.1 Game-Based Learning

Der Begriff *Game-Based Learning* bezeichnet den zielgerichteten Einsatz von regelbasierten Spielen als Lehr- und Lernmedium im Unterricht. Der Fokus liegt hierbei auf der Erreichung klar definierter Lernziele. In diesem Zusammenhang ist es wichtig, zwischen den Begriffen *Play* und *Games* zu unterscheiden. Unter dem Begriff *Play* wird ein offenes, weniger regelbasiertes Spielverhalten verstanden. Demgegenüber sind unter dem Begriff *Games* regelbasierte Spiele zu verstehen, bei denen Handlungsoptionen und Ziele durch ein System von Symbolen und Regeln festgelegt sind, um klar definierte Ziele zu erreichen (Kettler & Kauffeld, 2019, S. 250). In der Literatur von Plass, Homer und Charles (2015) wird Game-Based Learning als „[...] game play with defined learning outcomes“ beschrieben (2015, S. 259). Das bedeutet, dass es um jene Spiele geht, bei denen die Lernergebnisse klar definiert sind. Entscheidend sind dabei zwei Komponenten. Die Ausrichtung des Spiels auf inhaltliche Lernziele und die didaktische Balance zwischen Inhaltsvermittlung und Spielprozess (Plass, Homer, & Charles K., 2015, S. 259).

Kettler und Kauffeld (2019) betonen, dass eine zyklische, feedbackgesteuerte Handlungsstruktur charakteristisch für Game-Based Learning ist. Die Spieler:innen erhalten nach jeder Aktion eine Rückmeldung zu ihrem Handeln. Basierend auf dieser Information passen sie ihre nächste Handlung an, was wiederum eine erneute Rückmeldung an die Lernenden hervorruft. Dieser Prozess wiederholt sich so oft, bis das Spiel zu Ende ist. Beim Game-Based Learning werden realitätsnahe Aufgaben eingesetzt, damit das Wissen anwendbar bleibt und so einfacher in reale Kontexte übertragen werden kann. Nach der Spielphase hat zwingend eine strukturierte Nachbereitung zu erfolgen. Diese Nachbereitung dient dazu, dass die Lernenden ihr Handeln und dessen Folgen rekonstruieren können. Sie prüfen mögliche Alternativen, analysieren die Lernziele und wenden das Gelernte in der Praxis an. Wenn keine Nachbereitung stattfindet, bleibt das Lernen auf die Logik des Spiels beschränkt und es findet kein Lerntransfer statt (Kettler & Kauffeld, 2019, S. 250-252). Beim Game-Based Learning kommen neben den klassischen Spielelementen wie Spielmechaniken auch gezielt Lernziele sowie zugehörige Inhalte und Kompetenzen zum Einsatz. Darüber hinaus werden visuelle Darstellungen, Erzählungen, Anreize und Musik eingesetzt (Plass, Homer, & Charles K., 2015, S. 263). Für Game-Based Learning ist der Einsatz digitaler Technologien keine Voraussetzung. Digitale

Medien können eine Bereicherung und eine sinnvolle Ergänzung bei der Gestaltung von Lernumgebungen für Game-Based Learning sein. Sie sind jedoch nicht zwingend notwendig (Kettler & Kauffeld, 2019, S. 250).

Das Konzept des Game-Based Learnings basiert theoretisch betrachtet auf drei Kernelementen. Die Darstellung von Plass, Homer und Charles (2015) zeigt das Kernmodell des Game-Based Learnings in Form einer rekursiven Drei-Phasen-Struktur (siehe Abbildung 6). Die Lernwirksamkeit beruht vor allem auf Herausforderungen, Reaktionen und Rückmeldungen. Eine Herausforderung (engl. *challenge*) wird zum Auslöser und löst eine Reaktion (engl. *response*) der Spieler:innen aus, woraufhin diese eine direkte Rückmeldung (engl. *feedback*) erhalten. Infolgedessen kann das Feedback entweder eine neue Herausforderung darstellen oder eine Anpassung des Handelns erforderlich machen. Daraus entsteht ein kontinuierlicher Zyklus, der aus Handeln beziehungsweise einer Aktion, Rückmeldung und Bewertung besteht. Dieser beschriebene Handlungs-Feedback-Zyklus findet im sogenannten *Magic Circle* der Spielumgebung statt. Ein Blick in die Mitte der Abbildung 6 zeigt das *Game Design Feature*, das eine weitere Besonderheit des Game-Based Learnings darstellt. Anreizsysteme, Spielmechaniken, ästhetische Gestaltung, Erzählungen und Klangdesign beeinflussen, wie Herausforderungen gestaltet werden, welche Handlungsoptionen zur Verfügung stehen und wie Feedback präsentiert wird. (Plass, Homer, & Charles K., 2015, S. 262-242)

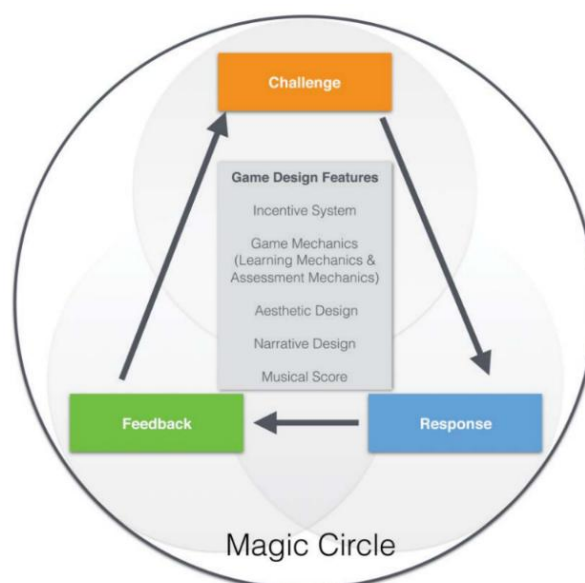


Abbildung 6 | Schlüsselemente Game-Based Learning

In: (Plass, Homer, & Charles K., 2015, S. 262)

Begrifflich ist Game-Based Learning strikt von Gamification zu unterscheiden. Letztere bezeichnet die Übertragung von Spielelementen auf eine bereits bestehende, nicht spielerische Aufgabe, um diese attraktiver zu gestalten. Plass, Homer und Charles K. (2015) nennen eine Mathematikhausaufgabe als Beispiel für Gamification. Dabei werden für die Erledigung Punkte und Sterne vergeben, um die wenig attraktive Aufgabe motivierender zu gestalten. Bei der Betrachtung desselben Beispiels auf Basis von Game-Based Learning erfolgt eine Neustrukturierung der Mathematikhausaufgabe. Diese wird zu einem Spiel mit Spielregeln und künstlichen Herausforderungen umgestaltet, um das Interesse und das Engagement der Lernenden zu steigern und die Aufgabe attraktiver zu gestalten. (Plass, Homer, & Charles K., 2015, S. 259)

Game-Based Learning bezeichnet somit einen didaktischen Ansatz, bei dem das Lernen als regelbegleitete, zielorientierte und rückmeldebasierte Spiel gestaltet ist. In der Definition werden die Lernziele, die Gestaltung des Lernens als Spielhandlung sowie das Gleichgewicht zwischen Inhaltsvermittlung und Spielprozess hervorgehoben. Der Lernprozess findet im sogenannten *Magic Circle* statt. Dieser zeichnet sich dadurch aus, dass er einen Rahmen für das Spiel bietet und dadurch die Konzentration und Aufmerksamkeit der Spieler:innen fördert. Innerhalb des *Magic Circle* wird das Lernen durch Spielregeln und Mechaniken als kontinuierlicher Kreislauf aus Handlung und Rückmeldung strukturiert. Game-Based Learning bedeutet also nicht nur Spielen im Unterricht. Es handelt sich vielmehr um eine didaktisch begründete Gestaltung von Spielsituationen. Dabei sind Aufgaben, Feedback, Erzählstruktur und Leistungsbewertung auf fachliche Kompetenzziele ausgerichtet. Hinzu kommt, dass Game-Based Learning allein medienunabhängig ist und somit überall eingesetzt werden kann.

3.2 Digital Game-Based Learning

Auf Basis von Game-Based Learning lässt sich Digital Game-Based Learning nun als jene Variante des spielbasierten Lernens beschreiben, bei der digitale Spiele als Lehr- und Lernmedium gezielt eingesetzt werden. Beim Digital Game-Based Learning werden Bildungsinhalte also systematisch mit Computerspielen verknüpft, um Lernprozesse bei den Lernenden anzustoßen und zu fördern (Breuer, 2010, S. 14-15). Game-Based Learning wird allgemein als eine handlungsorientierte

Methode beschrieben, bei der regelgeleitete Systeme mit klar definierten Zielen, Rückmeldungen und einer zyklischen Handlungsstruktur zum Einsatz kommen (Kettler & Kauffeld, 2019, S. 250). Demgegenüber zeichnet sich Digital Game-Based Learning durch Eigenschaften wie Interaktivität, Multimedialität, Adaptivität und Vernetzbarkeit aus (Breuer, 2010, S. 15-16). Breuer (2010) fasst dabei sechs kennzeichnende Eigenschaften digitaler Spiele zusammen. Zu den von ihm hervorgehobenen Merkmalen zählen Interaktivität, Multimedialität, Involvement, angemessene Herausforderungen, Belohnungen sowie soziale Interaktionen (Breuer, 2010, S. 15). Diese werden im Kapitel 3.3 einzeln behandelt. Das Lernen wird dabei nicht nur als Wissenszuwachs definiert, sondern auch als Erwerb von Fertigkeiten sowie als Veränderung von Verhalten und Einstellungen (Breuer, 2010, S. 14-15). Digital Game-Based Learning grenzt sich somit ab und ist weder zufälliges Lernen im Spiel noch die beliebige Nutzung von Spielinhalten. Hierbei geht es um die gezielte Verbindung von Unterrichtsinhalten mit digitalen Spielen, mit klaren Lernzielen und didaktischer Steuerung.

Beim Digital Game-Based Learning werden digitale Spiele gezielt und formell eingesetzt, um bestimmte Lernziele zu erreichen. Dabei ist es wichtig, zwischen informellen und formellen Lernerfahrungen zu unterscheiden. Informelle Lernerfahrungen sind Lernprozesse außerhalb des formalen Unterrichts. Im Gegensatz dazu treten formelle Lernerfahrungen durch den systematischen Einsatz von Computerspielen im Unterricht auf. Ein spielbasierter Unterricht ist dann wirksam, wenn Arrangements, Aufgaben und Lernziele passgenau aufeinander abgestimmt sind (Petko, 2008, S. 1-2). Game-Based Learning ist medial offen (Plass, Homer, & Charles K., 2015, S. 259), das heißt, es ist an kein konkretes Medium gebunden. Im Gegensatz dazu ist Digital Game-Based Learning an digitale Medien gebunden (Breuer, 2010, S. 14). Aus mediendidaktischer Perspektive ist Digital Game-Based Learning durch spezifisch digitale Merkmale gekennzeichnet, die Lernprozesse fördern. So gibt das System den Lernenden beispielsweise sofortige Rückmeldung auf ihre Entscheidungen (Prensky, 2001, S. 13). In der Literatur von Prensky wird diese wie folgt betont: „Feedback [...] in almost all games [...] is immediate. I do something; I get a result“ (Prensky, 2001, S. 13). Die Rückmeldungen an die Spieler:innen können dabei auf verschiedenste Art und Weise erfolgen, wie beispielsweise durch eine numerische Rückmeldung, ein grafisches oder ein verbales Feedback. Eine

weitere Möglichkeit ist eine haptische Geste, wie etwa das Vibrieren eines Controllers. Durch die dynamische Anpassung an die Lernenden ändert sich zudem der Schwierigkeitsgrad des Computerspiels. Dadurch bleiben die Lernenden im Flow-Zustand (Prensky, 2001, S. 13-14). Der Flow-Zustand ist ein Zustand optimaler Erfahrungen. Dieser tritt auf, wenn Lernende Aufgaben bearbeiten, die zwar anspruchsvoll, aber gerade noch zu bewältigen sind. Hierfür sind klar definierte Lernziele und ein unmittelbares Feedback zum Fortschritt erforderlich. Sind diese Voraussetzungen erfüllt, bleibt der Handlungsfluss kontinuierlich, bricht nicht ab und jeder weitere Moment schließt logisch an den vorherigen an (Nakamura & Csikszentmihalyi, 2002, S. 89-90).

Konzeptionell unterscheidet sich Digital Game-Based Learning sowohl von Gamification und Serious Games als auch von Edutainment und multimedialem Lernen. Die folgende Abbildung (Abbildung 7) von Breuer (2010) bietet eine gute Übersicht über die Abgrenzung von Digital Game-Based Learning zu anderen verwandten Begriffen. Digital Game-Based Learning (orange) erscheint darin als zentraler Schnittmengenbereich aus den Bereichen Game-Based Learning (gelb), Serious Games (violett) sowie E-Learning und Multimedia Learning (blau). Der gelbe Bereich Game-Based Learning liegt vollständig innerhalb des roten Kreises. Dieser gehört wiederum zum Bereich Entertainment Education.

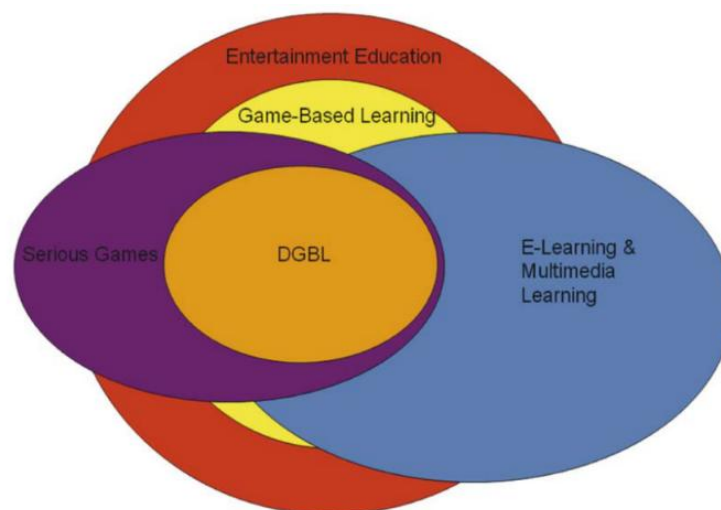


Abbildung 7 | Einordnung von Digital Game-Based Learning
In: (Breuer, 2010, S. 18)

In Abbildung 7 ist zudem zu erkennen, dass das Digital Game-Based Learning ein Teilbereich der Serious Games ist. Im weiteren Sinne umfasst der Begriff Serious Games alle digitalen Spiele, die über die reine Unterhaltung hinausgehen (Breuer, 2010, S. 14). Breuer (2010) betont in seinem Werk, dass Digital Game-Based Learning über speziell entwickelte Lernspiele hinausgeht. Der Einsatz von sogenannten *Commercial Off-the-Shelf Games* ist hier ebenfalls nicht ausgeschlossen, sofern diese didaktisch begleitet werden und klare Lernziele verfolgen (2010, S. 14). Als *Commercial Off-the-Shelf Games* werden Spiele bezeichnet, die nicht speziell für Bildungszwecke entwickelt wurden. Bei Edutainment, auch Entertainment Education genannt, geht es um die Verbindung von Lernen und Unterhaltung. Aus historischer Sicht setzt Edutainment in der Regel auf traditionelle Lernmethoden. Die unterhaltenden Elemente dienen dabei in erster Linie als Anreiz beziehungsweise zur Belohnung, um traditionelle Lernaufgaben attraktiver zu gestalten. Die Lernenden erkennen jedoch schnell, dass die Unterhaltung nur Fassade ist und es sich im Wesentlichen um traditionelle Lernprinzipien zum Tragen kommen. Beim Digital Game-Based Learning soll der Lernprozess dagegen so gestaltet werden, dass er von den Lernenden als unterhaltsam empfunden wird. Schließlich gibt es noch das E-Learning und das Multimedia Learning. Beim E-Learning beziehungsweise beim multimedialen Lernen steht die medienbasierte Vermittlung und Verarbeitung von Lerninhalten im Mittelpunkt. Der Unterhaltungswert ist dabei nur zweitrangig. Im Gegensatz dazu wird beim Digital Game-Based Learning ausschließlich mit digitalen Medien gearbeitet (Breuer, 2010, S. 17-18).

Digital Game-Based Learning lässt sich demnach im Wesentlichen als die didaktisch gestaltete Nutzung digitaler Spiele zur Erreichung klar definierter Lernziele erklären. Das Lernen findet hier in Form eines Spiels in einer digitalen Umgebung statt und wird durch verschiedene Eigenschaften dieser Systeme beeinflusst. Digital Game-Based Learning ist somit an digitale Spielumgebungen gebunden und wird systemseitig gesteuert. Beim klassischen Game-Based Learning bleibt die Medienwahl dagegen offen. Obwohl es viele Überschneidungen gibt, existieren auch klare Unterschiede. Der Unterschied zwischen Digital Game-Based Learning und Gamification liegt im Einsatz vollständiger Spiele statt bloßer Spielelemente. Im

Unterschied zu Serious Games zeichnet sich der Ansatz des Digital Game-Based Learnings durch einen engeren, bildungsbezogenen Anwendungsbereich aus.

3.3 Lernförderliche Merkmale und digitale Elemente

Aufbauend auf den begrifflichen Klärungen von Game-Based Learning und Digital Game-Based Learning gibt das folgende Kapitel nun Auskunft über die lernförderlichen Merkmale und spezifischen digitalen Elemente, die Digital Game-Based Learning auszeichnen. Dieses Kapitel befasst sich mit den Merkmalen von Digital Game-Based Learning und dessen gezielter Förderung kognitiver, emotionaler und sozialer Lernprozesse bei Schüler:innen. Breuer (2010) fasst dabei sechs kennzeichnende Eigenschaften digitaler Spiele zusammen. Zu den von ihm hervorgehobenen Merkmalen zählen Interaktivität, Multimedialität, Involvement, angemessene Herausforderungen, Belohnungen sowie soziale Interaktionen (Breuer, 2010, S. 15).

Das erste Merkmal, die Interaktivität, ist typisch für Regelspiele und zählt zu den Schlüsselementen von Computerspielen. Ohne Interaktion der Spielenden tritt keine Zustandsänderung ein, sodass das System latent bleibt. Erst durch die Eingabe der Lernenden wird das System aktiviert und das Spielgeschehen entwickelt sich (Fritz, 2011, S. 141). Die Interaktivität erzeugt eine enge Schleife aus Handlung, Rückmeldung und Anpassung. Zunächst bilden die Lernenden Hypothesen. Anschließend erproben sie diese Hypothesen und passen sie anhand der direkten Rückmeldung an oder überarbeiten ihre Vermutungen (Gee, 2003, S. 107). Eine ähnliche Beschreibung dieser Aussage findet sich in Mayers Werk. Mayer (2014) betrachtet dies auf kognitivpsychologischer Ebene und erwähnt, dass das Lernen auf drei grundlegenden kognitiven Prozessen basiert, nämlich auf Auswählen, Organisieren und Integrieren. Die Lernenden bereiten dabei die wichtigsten Informationen verbal sowie visuell auf und organisieren sie. Zum Schluss werden die verbalen und die visuellen Aufbereitungen der Informationen mit dem Vorwissen verknüpft (Mayer, 2014, S. 52-53). Dieser Interaktionszyklus bildet die Grundlage für die Diagnostik im Spiel. Auf diese Weise können Lernpfade kontinuierlich an die Leistung und die Fehlmuster des jeweiligen Lernenden angepasst werden. Es entsteht keine fixe Abfolge, sondern ein individueller Lernverlauf (Plass, Homer, & Charles K., 2015, S. 266-267). Interaktivität bindet somit die Lernenden aktiv ein. Die Spieler:innen interagieren unmittelbar mit dem Inhalt und verarbeiten ihn auf

multisensorische Weise. Zudem erhalten sie sofortige und fortlaufende Rückmeldung zu ihrem Handeln (Breuer, 2010, S. 16). Breuer (2010) nennt als Beispiel für die Interaktivität einen Eingriff am Objekt. Dieser führt zu einer sofortigen, systemseitigen Rückmeldung, die visuell, auditiv oder haptisch erfolgen kann. Dadurch werden die Auswirkungen für die Lernenden nachvollziehbar (Breuer, 2010, S. 16).

Ein weiteres wichtiges Merkmal von digitalen Spielen ist die Multimedialität. Ähnlich wie bei der Interaktivität, handelt es sich hierbei um die gezielte Verknüpfung visueller, auditiver und zunehmend auch haptischer Darstellungen. Lernende können Informationen auswählen, sie verbal und visuell ordnen und an ihr bestehendes Wissen anknüpfen. Sie erhalten wichtige Informationen parallel in mehreren aufeinander abgestimmten Darstellungsformen, die sie selbst verknüpfen müssen. Dabei ist es wichtig, dass diese Darstellung den Lernprozess sichtbar macht und die Auswahl, Strukturierung und Integration von Lerninhalten fördert. Die Darstellung soll einerseits die kognitive Last reduzieren und andererseits ästhetische Informationen vermitteln. Die Autor:innen veranschaulichen dies anhand eines ikonischen Zeichens, wie beispielsweise dem Brenner-Symbol für Wärme. Solche gegenstandsnahen, visuellen Darstellungen erleichtern das Verständnis der Schüler:innen. Neben der visuellen Ebene tragen akustische Untermalungen und Musik dazu bei, die Aufmerksamkeit zu unterstützen, Emotionen zu beeinflussen und Rückmeldung zur Leistung zu geben. Diese Signale werden oft zusätzlich durch haptisches Feedback unterstützt, zum Beispiel durch Vibrationen des Controllers (Plass, Homer, & Charles K., 2015, S. 261-268). Laut Gee (2003) gewinnen neben der Sprache insbesondere visuelle Formen wie Bilder, Symbole, Grafiken, Diagramme und Artefakte an Bedeutung. Der Autor beschreibt zudem, dass Bilder und Texte für sich genommen teils unterschiedliche Inhalte vermitteln. Erst in der Kombination von Bild und Text entsteht ein umfassenderes Verständnis (Gee, 2003, S. 13-14). Breuer (2010) verweist auf ein Lernsetting, in dem eine historische Situation audiovisuell aufbereitet wird und die Hintergrundinformationen zum interaktiven Bestandteil des Lernraums werden. Um die Zusammenhänge zu verstehen, experimentieren die Lernenden mit grafischen Objekten und vertiefen ihr Wissen mithilfe kurzer Informationstexte (Breuer, 2010, S. 16).

Ein weiteres Kernmerkmal digitaler Spiele ist die Involviertheit der Spielenden, auch *Involvement* genannt. Die Einbindung der Lernenden stabilisiert die Aufmerksamkeit und das Interesse und macht sie weniger anfällig für Störungen aus der Umgebung. Breuer (2010) nennt als Beispiel hierfür eine „spannende Story eines Spiels“ und eine „ansprechende audiovisuelle Ästhetik“ (Breuer, 2010, S. 16). Eine dynamische Anpassung des Schwierigkeitsgrads an die Fähigkeiten der Lernenden sorgt für ein stimmiges Verhältnis und begünstigt somit das Flow-Erlebnis. Dadurch lässt sich das Arbeitstempo individuell steuern, wodurch sowohl Überlastung als auch Unterforderung vermieden werden (Breuer, 2010, S. 15). Nakamura und Csikszentmihalyi (2002) beschreiben zwei wesentliche Eigenschaften für den Flow. Die Autor:innen erwähnen zunächst, dass die Herausforderungen die Lernenden weder über- noch unterfordern sollen. Die Spieler:innen sollen ein Gefühl dafür entwickeln, dass der Schwierigkeitsgrad der Herausforderungen ihren eigenen Kompetenzen entspricht. Wenn eine Aufgabe die Lernenden überfordert, entwickelt sich zwar zunächst ein Gefühl von Wachsamkeit, im Anschluss jedoch auch Angst. Ist eine Aufgabe zu leicht gestellt ist, entspannen sich die Lernenden schnell und langweilen sich. Für einen optimalen Flow-Zustand sind zudem klar definierte Ziele und sofortige Rückmeldungen entscheidend (Nakamura & Csikszentmihalyi, 2002, S. 89-90).

Auch Herausforderungen sind didaktisch bedeutsam. Sie fördern die kognitive Aktivierung und intensivieren die emotionale Bindung. Abdul Jabbar und Felicia (2015) betonen in ihrer Studie zur Wirksamkeit von Game-Based Learning, dass Herausforderungen und Konflikte als eine Art intrinsische Motivation funktionieren. Sie sind von Natur aus motivierend. Wenn die Herausforderungen auf die Wissens- und Fähigkeitsniveaus der Lernenden abgestimmt sind, können diese im Game-Based Learning Engagement zeigen. Dabei wird erneut die Wichtigkeit einer klaren Zielsetzung, eines eindeutigen Feedbacks und eines angemessenen Kontrollgefühls betont. Gleichzeitig wird aber auch vor Fehlpassungen gewarnt, die zu Frustration führen und das Engagement mindern können (Abdul Jabbar & Felicia, 2015, S. 766). Laut Gee (2003) haben die Lernenden viele Gelegenheiten, an die Grenzen ihrer Fähigkeiten zu gehen. Die Herausforderungen bleiben anspruchsvoll, sind aber nicht „unbewältigbar“ (Gee, 2003, S. 71). Auch bei Gee (2003) findet sich die klare Forderung, dass ein gutes Videospiel dynamisch an die Kompetenzen der

Spieler:innen angepasst sein sollte, wieder. Im gleichen Absatz betont der Autor: „[...] the player [...] often stays at the edge of the player's regime of competence.“ (Gee, 2003, S. 121). Dies bedeutet, dass das Anspruchsniveau oft an der Obergrenze des Könnens der Spielenden gehalten wird (Gee, 2003, S. 121). Im schulischen Kontext sollten Lernumgebungen daher so geplant werden, dass sie in Zyklen zur Automatisierung von Fertigkeiten beitragen, neue Herausforderungen eröffnen und Reflexionen einfordern. Auf diese Weise erfolgt der Kompetenzaufbau in einem geordneten Prozess. Gee beschreibt diesen Prozess als „cycle of expertise“ (Gee, 2005, S. 11).

Laut Breuer (2010) sind Belohnungen ein weiterer zentraler Baustein für digitale Spiele. Belohnungen können hierbei unterschiedlich ausfallen und sowohl spielinterne als auch subjektive Aspekte umfassen. Breuer nennt als Beispiel für spielinterne Belohnungen unter anderem den Highscore, Bonusgegenstände, Levelaufstiege sowie die Charakterentwicklung. Auf der subjektiven Ebene fördern Belohnungen das Erleben von Fortschritt und Kompetenz (Breuer, 2010, S. 15-16). Im Spielkontext kann unmittelbares Feedback selbst auch eine belohnende Wirkung entfalten. Wenn Lernende angemessen belohnt werden, steigt ihre Freude und Zufriedenheit. Dadurch nehmen sie mehr Missionen in Angriff und schließen diese häufiger ab (Abdul Jabbar & Felicia, 2015, S. 759). Laut der empirischen Studie von Abdul Jabbar und Felicia vergleichen die Schüler:innen gerne ihre Punktzahlen. Dadurch werden die Lernenden motiviert, die Ergebnisse ihrer Mitschüler:innen zu übertreffen und es erneut zu versuchen (2015, S. 759-760). Werden Punkte nach einem fragwürdigen Kriterium vergeben, rückt das Punktesammeln jedoch in den Vordergrund und der Lernfokus gerät in den Hintergrund (Abdul Jabbar & Felicia, 2015, S. 759-760). Gee (2003) weist in seiner Literatur auch auf eine ähnliche Gefahr hin. Werden Belohnungen als nicht verdient oder unfair verteilt wahrgenommen, so wird der Fokus auf extrinsische Ziele gelegt. Dadurch wird die inhaltliche Tiefe geschwächt. Wenn alle Lernenden die gleiche Belohnung erhalten, vermittelt dies den Eindruck, dass es sich um ein wenig anspruchsvolles Wissens- und Könnensgebiet handelt. Dadurch werden fachliche Bemühungen entwertet (Gee, 2003, S. 63).

Schließlich sind auch die sozialen Aspekte als Schlüsselemente digitaler Spiele zu nennen. Ein großer Teil der Spielmotivation sowie die Bereitschaft,

wiederzukommen, entstehen aus der Vorfreude auf gemeinsames Spielen und die Erwartung sozialer Interaktion. Soziale Interaktionen im Spiel beeinflussen auch die Selbstwahrnehmung. Rückmeldungen in der Gruppe können positive Gefühle wie Anerkennung, aber auch negative Gefühle wie Demotivation erzeugen. Die Identitätsbildung entsteht somit im Zusammenspiel von Fremd- und Selbstwahrnehmung und hat Einfluss auf die Selbstwirksamkeitserwartung sowie den Lernerfolg (Plass, Homer, & Charles K., 2015, S. 272-273). Plass, Homer und Charles (2015) nennen als Beispiel für soziale Handlungsfähigkeit in Spielen das Führen einer Gilde, die Zugehörigkeit zu einer Gruppe, das Schmieden von Allianzen oder die Teilnahme an Gruppenquests. Die Ziele werden gemeinsam mit anderen Mitspieler:innen oder durch deren Unterstützung erreicht. Dadurch werden keine Einzelfertigkeiten, sondern 21st-Century-Kompetenzen wie Teamarbeit, das Setzen gemeinsamer Ziele, das Erreichen individueller und gemeinsamer Ergebnisse sowie kooperatives Lernen gefördert (Plass, Homer, & Charles K., 2015, S. 274). Auch Breuer (2010) sieht diese Potenziale des Digital Game-Based Learnings. Er beschreibt die Stärken des Merkmals Soziales Erlebnis beim kollaborativen und vernetzten Lernen, bei kooperativen Lernformen, beim Austausch unter den Lernenden sowie bei der weiterführenden Anschlusskommunikation (Breuer, 2010, S. 16). Laut Plass, Homer und Charles (2015) sollte Kommunikation nicht nur erlaubt, sondern durch bestimmte Mechanismen sogar gefördert werden. Die Kommunikationsstrukturen sollen bedeutsame Kommunikation ermöglichen und kollektives Wissen sowie Vertrauen systematisch aufbauen und absichern, statt diese bloß zu gestalten. In diesem Zusammenhang erwähnen die Autor:innen personalisierte Leaderboards, die nicht nur den aktuellen Score zeigen, sondern auch den Wachstumsverlauf zu einem Highscore über die Zeit anzeigen. Die Lernenden werden so in eine Kultur des gemeinsamen Fortschritts eingebunden, wobei Zugehörigkeit und Kompetenzzuwachs deutlicher hervorgehoben werden (Plass, Homer, & Charles K., 2015, S. 276).

Über alle sechs Merkmale hinweg unterstützen zusätzliche Designelemente die didaktische Umsetzung von Game-Based Learning und Digital Game-Based Learning. Wie in Unterkapitel 3.1 erwähnt, zählen hierzu Spielmechaniken mit Lern- und Assessment-Mechaniken, visueller Ästhetik, Erzähldesign, Belohnungs- und Anreizsystemen, musikalischer Gestaltung sowie definierten Lernziele mitsamt

Inhalt (Plass, Homer, & Charles K., 2015, S. 262-263). Die erzählerischen und audiovisuellen Gestaltungselemente erfüllen dabei nicht nur eine ästhetische Funktion, sondern sind auch lernrelevant. Durch Übergangs- und Zwischensequenzen werden Aufgaben in die Erzählungen eingebettet. Die Spieler:innen haben hierbei keine Eingriffsmöglichkeiten und haben somit auch keinen Einfluss auf den Ablauf. Solche Sequenzen ermöglichen es, eine Vertrautheit mit den elementaren Bestandteilen der Spielwelt aufzubauen. Dadurch können Identifikation und Bedeutung gesteigert sowie die Engagementbereitschaft im weiteren Verlauf erhöht werden. Diese Sequenzen können jedoch auch dazu dienen, Meilensteine sichtbar zu machen und die Zielbindung zu stärken (Fritz, 2011, S. 46,49). Zudem betonen Kettler und Kauffeld (2019) mehrfach, dass bei Lernspielen generell eine anschließende Reflexionsphase stattfinden sollte. Dabei ist es das Ziel, das im Lernspiel erworbene Wissen in die Realität zu übertragen. Dieser Transfer ist Voraussetzung für nachhaltiges Lernen und einen bewussteren Umgang mit dem Gelernten. Werden Lernspiele nicht reflektiert, besteht die Gefahr, dass nur oberflächliche Aktivitäten entstehen und keine nachhaltigen Lernerfolge erzielt werden (Kettler & Kauffeld, 2019, S. 252).

Die Verknüpfung der genannten Merkmale und mit den Elementen führt zu einer *Magic-Circle* Erfahrung, also einer bewusst gestalteten Spiel-Lern-Architektur, die affektiv, verhaltensbezogen, kognitiv und soziokulturell wirkt. Diese Einbindung ist nicht als reiner Flow zu verstehen, sondern als optimiertes Engagement, das gezielt so abgestimmt ist, dass das Lernen erleichtert wird (Plass, Homer, & Charles K., 2015, S. 262). Aus didaktischer Perspektive lassen sich daraus Gestaltungsprinzipien ableiten, welche die sechs Kriterien für kognitive, emotionale und soziale Lernprozesse aktivieren. Dabei steht die Aufgabenstellung an die Lernenden im Zentrum. Wie bereits erwähnt, sollten die Herausforderungen dem jeweiligen Leistungsniveau der Lernenden entsprechen. Es sollten klare Ziele definiert und zeitnahe, aufgabenbezogene Rückmeldungen gegeben werden (Abdul Jabbar & Felicia, 2015, S. 766). Weitere wichtige Punkte sind die Gestaltung der Medien sowie die Übermittlung von Informationen in Lernspielen. Die Visualisierungen sollten so gestaltet sein, dass sie ihrer Lernfunktion entsprechen. Die Aufgabe der Visualisierung besteht darin, das Auswählen, Ordnen und Verknüpfen von Informationen zu erleichtern. Dies soll den Lernenden dabei helfen, Informationen

auszuwählen, zu ordnen und zu verknüpfen (Plass, Homer, & Charles K., 2015, S. 267). Dekorative Elemente und irrelevante Zusatzinformationen können den Lernprozess beeinträchtigen (Winkel & Ladel, 2022, S. 386). Daher sollten die Zeichen- und Darstellungsformen am Lernstand der Lernenden ausgerichtet werden (Plass, Homer, & Charles K., 2015, S. 267).

Insgesamt zeigt sich, dass beim Digital Game-Based Learning Interaktivität, multimediale Darstellung, Involvement, Herausforderungen, Belohnungsmechanismen und soziales Erleben auf spezifische Weise digital miteinander verknüpft sind. Die Lernwirksamkeit von Lernspielen entfaltet sich nur, wenn deren Merkmale integriert und auf die jeweiligen Lernziele abgestimmt sind. Um die Umsetzung in der Schule erfolgreich zu gestalten, ist es wichtig, von Anfang an einen klaren, bewussten didaktischen Rahmen zu setzen. Wie Abdul Jabbar und Felicia (2015) in ihrer Literatur beschreiben, sind Lernspiele besonders dann wirksam, wenn sie motivierend, interaktive, narrative und multimediale Gestaltungselemente enthalten. Um die Lernenden kognitiv und emotional in das Lernspiel einzubinden, sind eine klare Zielsetzung, angepasste Herausforderungen, Entscheidungsfreiheit, Handlungsmöglichkeiten, Rückmeldungen sowie Belohnungen wichtig (Abdul Jabbar & Felicia, 2015, S. 746; 766). Um den Lernenden ein anhaltendes Flow-Erlebnis zu ermöglichen, ist es emotional gesehen wichtig, eine passende Ziel-Feedback-Schleife sowie ein Gefühl der Kontrolle zu etablieren (Prensky, 2001, S. 13-14). Dadurch wird das Interesse der Schüler:innen geweckt, ihr Durchhaltevermögen gestärkt und sie erleben mehr Selbstwirksamkeit. Auf sozialer Ebene unterstützen sich die Lernenden beim Aufbau von Wissen gegenseitig, beispielsweise durch kooperative Mechaniken und Anschlusskommunikation.

4 **Minecraft Education als Lernumgebung**

Bei Minecraft Education wurde das bekannte Computerspiel Minecraft um didaktische Funktionen erweitert. Das Spiel ist somit nicht als eigenständiges Computerspiel zu betrachten, sondern als Umgebung für das Digital Game-Based Learning, in der Lerninhalte auf spielerische Weise vermittelt werden. Dadurch entsteht ein motivierender und lernförderlicher Prozess mit klaren Lernzielen, regelgeleiteten Aufgabenformaten und direkter Rückmeldung an die Lernenden. Bereits im Jahr 2011 erkannte der US-amerikanische Lehrer Joel Levin das Potenzial von Minecraft und integrierte das Computerspiel in seinen Unterricht. Dabei verwendete Levin nicht die übliche Version von Minecraft, sondern entwickelte dafür eine eigene angepasste Version des Computerspiels, die fächerübergreifend einsetzbar war. Er deckte damit alle Fächer von Sozialkunde bis Programmierung ab. Levin stellte seine Idee in einem Onlineforum namens Reddit vor und erregte damit die Aufmerksamkeit vieler Menschen. Schließlich arbeitet Levin mit dem damaligen Minecraft-Entwicklungsfirma namens Mojang zusammen und entwickelten eine spezielle Version von Minecraft namens MinecraftEDU, welche später als Minecraft Education bekannt wurde. (Evans-Thirlwell, 2024, S. 74; 140)

In Abschnitt 4.1 dieses Kapitels werden zunächst die Entstehung und Entwicklung von Minecraft im Allgemeinen sowie die Faktoren, die zu seinem Erfolg beigetragen haben, näher erläutert. Anschließend wird in Kapitel 4.2 der Frage nachgegangen, ob und warum sich Minecraft Education als Umgebung für Digital Game-Based Learning im Bildungskontext eignet. Zudem werden die Herausforderungen und Grenzen des Computerspiels im Unterricht aus pädagogischer Sicht beleuchtet und die didaktischen und technischen Funktionsweisen von Minecraft Education sowie deren Einfluss auf Lernprozesse besprochen. In diesem Unterkapitel werden außerdem die funktionalen Eigenschaften der Plattform sowie ihre didaktische Anschlussfähigkeit näher erläutert. Im darauffolgenden Kapitel werden die bisherigen Bildungs- und Forschungsansätze von Minecraft Education im Bildungsbereich dargestellt. In Kapitel 4.3 werden verschiedene Studien zum Einsatz von Minecraft im Unterricht, insbesondere im Hinblick auf die Raumvorstellung, besprochen.

4.1 Entstehung und Entwicklung von Minecraft

Minecraft ist ein blockbasiertes Computerspiel aus der Kategorie der Open-World-Sandbox-Computerspiel. Diese Kategorie zeichnet sich durch unbegrenzte Möglichkeiten aus. Die Spieler:innen können sich dabei in der Welt frei bewegen und ihrer Kreativität freien Lauf lassen (Mojang AB, 2025a). Das Videospiel Minecraft wurde im Jahr 2009 vom schwedischen Browsergame-Entwickler Markus Persson, auch bekannt unter seinem Pseudonym *Notch*, entwickelt. Im April 2009 entdeckte Persson das von Zach Barth entwickelte Spiel „Infiniminer“. Abbildung 8 zeigt einen Ausschnitt aus dem Spiel „Infiniminer“. Dabei handelte es sich um ein blockbasiertes Mehrspieler-Computerspiel, bei dem Blöcke zerstört werden konnten. Die Grundidee begeisterte den Entwickler von Minecraft sehr. Persson erkannte jedoch auch ein großes Verbesserungspotenzial und entwickelte im Mai 2009 innerhalb eines Wochenendes den ersten Minecraft-Prototypen (siehe Abbildung 9), für den er die Programmiersprache Java verwendete. Java ist eine eigenständige Programmiersprache, die ursprünglich für Browsergames verwendet wurde. Persson veröffentlichte ein Video auf YouTube, in dem er sein eignes Spiel als Infiniminer-Klon bezeichnete mit dem Originaltitel „An Infiniminer Clone“. Der Entwickler des ursprünglichen Videospiels Infiniminer, Zach Barth, gratulierte Markus Persson zu seiner abgewandelten Version des Sandbox-Spiels (Evans-Thirlwell, 2024, S. 9-11).

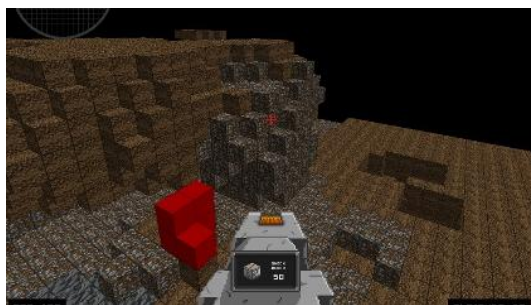


Abbildung 8 | Infiniminer

In: (Infiniminer. Minecraft Wiki, 2025)



Abbildung 9 | Minecraft Welt (v 0.0.14a_08)

In: (Versionen/Classic. Minecraft Wiki, 2025)

Die erste Version von Minecraft wurde am 13. Juni 2009 vom Unternehmen Mojang Specifications AB veröffentlicht. Sie war jedoch unvollständig und wies sehr viele Programmierfehler auf. Trotzdem kauften im ersten Jahr tausende Menschen diese erste Version des Spiels. Ein Jahr später, im Juni 2010, konnte Markus Persson dann Vollzeit an dem Computerspiel arbeiten. Er hatte das damalige Unternehmen

Mojang Specifications AB bereits im Jahr 2003 für die Entwicklung anderer Spiele gegründet. Nach einigen Jahren wurde das Unternehmen mitsamt des Computerspiels Minecraft im September 2014 von Microsoft aufgekauft (Evans-Thirlwell, 2024, S. 22; 124). Microsoft erkannte schnell das pädagogische Potenzial von Minecraft und entwickelte einen für den Schulunterricht geeignete Version des erfolgreichen Computerspiels. Im November 2016 wurde schließlich die speziell an den Bildungsbereich gerichtete Version *Minecraft: Education Edition* veröffentlicht. Sie unterstützt Lehrkräfte dabei, Lerninhalte auf spielerische Weise zu vermitteln. Im Jahr 2023 wurde die Version umbenannt und heißt seitdem *Minecraft Education* (Evans-Thirlwell, 2024, S. 140). Minecraft Education ist seither über das Microsoft 365 Konto auf allen gängigen Plattformen verfügbar (Mojang AB, 2025b).

4.2 Minecraft Education als DGBL-Umgebung

Bei Minecraft Education handelt es sich um eine für Bildungszwecke angepasste Variante des bekannten Open-World-Videospiels Minecraft. Minecraft Education fördert exploratives und kollaboratives Lernen in einer sicheren Lernumgebung und stärkt somit die Zusammenarbeit, die Problemlösekompetenz, die Kommunikationsfähigkeit sowie das systematische Denken. Über die Plattform in der Bibliothek (siehe Abbildungen 10 und 11) erhalten Lehrkräfte außerdem Zugriff auf mehr als 600 lehrplanorientierte und anpassbare Lektionen. Minecraft Education beschränkt sich nicht auf ein bestimmtes Unterrichtsfach, sondern die Lektionen können vielseitig eingesetzt werden, beispielsweise in Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik, Programmierung sowie in den Fächern Geschichte, Sprachbildung, Soziales Lernen und vielen anderen. (Mojang AB, 2025b)



Abbildung 10 | Spieleoptionen in
Minecraft Education
(Quelle: Eigene Aufnahme)

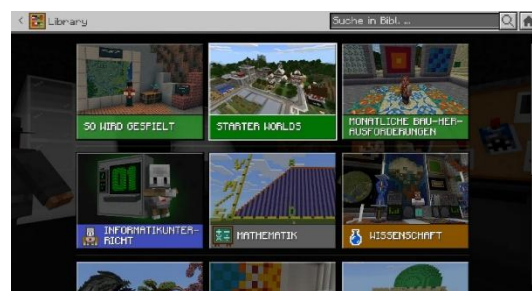


Abbildung 11 | Auswahl der Lektionen
(Quelle: Eigene Aufnahme)

Technisch zeichnet sich die vielseitige und plattformübergreifende Software durch eine breite Gerätekompatibilität und einfache Zugänglichkeit aus. Minecraft Education läuft auf Windows-Geräten, Macs, Chromebooks, iPhones, iPads sowie Android-Geräten (Mojang AB, 2025b). Eine wichtige Rolle für eine vereinfachte Umsetzung spielt dabei die Geräteinitiative in Österreich. Im Rahmen der Geräteinitiative *Digitales Lernen* werden Schüler:innen der 5. Schulstufe sowie neu hinzukommende Schüler:innen der Schulstufen 6 bis 8 seit dem Schuljahr 2021/22 mit standardisierten digitalen Endgeräten ausgestattet. Die Koordination erfolgt dabei durch den österreichischen Austauschdienst (OeAD) im Auftrag des Bundes. Der Bund übernimmt dabei 75% der Kosten für diese Endgeräte. Die restlichen 25% sind der Eigenanteil der Erziehungsberechtigten. Unter bestimmten sozioökonomischen Voraussetzungen ist sogar eine Befreiung vom Eigenanteil möglich (OeAD, 2025, S. 2-6; 8; 13).

Minecraft Education eignet sich nicht nur für den schulischen Unterricht am Vormittag, sondern auch für die Nutzung von Lerninhalten zu Hause. Die Lizenzierung über Microsoft 365 erleichtert zudem die Integration in bestehende schulische IT-Infrastrukturen (Mojang AB, 2025b). Neben der spielerischen Aufbereitung des Lernstoffs und der gezielten Förderung von Problemlösefähigkeit, Kreativität, kritischem Denken und kooperativer Zusammenarbeit bietet Minecraft Education als Werkzeug für das digitale spielbasierte Lernen im Unterricht ein hohes Potenzial. Laut Angaben von Minecraft Education (2025) haben Untersuchungen ergeben, dass sich der Einsatz der Plattform nachweislich positiv auf die Lernmotivation und das Engagement der Schüler:innen auswirkt. Die positive Wirkung des Spiels auf die Lernmotivation lässt sich durch die Selbstbestimmungstheorie von Deci und Ryan erklären (Minecraft Education, 2025, S. 1). Die Selbstbestimmungstheorie besagt, dass intrinsische und extrinsische Motivation besonders stark ausgeprägt sind, wenn Autonomie, Kompetenz und soziale Eingebundenheit gegeben sind. Aus pädagogischer Sicht folgt daraus, Lernumgebungen autonomiefördernd und kompetenzfördernd zu gestalten (Deci & Ryan, 1993, S. 229; 236). Werden die drei zentralen Punkte der Selbstbestimmungstheorie auf die digitale Lernplattform Minecraft Education übertragen, bedeutet das für den Bereich der Autonomie, dass die Spielumgebung ermöglicht, selbstbestimmt Entscheidungen zu treffen und diese kreativ zu gestalten. Im Bereich Kompetenz bedeutet dies, dass die Lernenden mit

verschiedenen Herausforderungen konfrontiert werden. Diese sollen sie dazu anregen, ihre eigenen Fähigkeiten weiterzuentwickeln. In Minecraft Education ist es auch möglich, ein kooperatives Lernsetting zu schaffen, in dem die Schüler:innen mit anderen Lernenden interagieren können. Dies fördert wiederum die soziale Eingebundenheit (Minecraft Education, 2025, S. 1-3).

Die fächerübergreifende Anwendbarkeit von Minecraft Education stellt einen weiteren positiven Punkt dar. In Mathematik fördert das blockbasierte Spiel das geometrische und proportionale Denken. Die Autor:innen des Papers *The Educational Benefits of Minecraft*, das auf der Website von Minecraft Education veröffentlicht wurde, stützen ihre Argumentation dabei auf zwei empirische Studien. Diese Studien kamen zu dem Ergebnis, dass sich die Leistungen in Bezug auf das Verständnis von Brüchen, die räumliche Vorstellung, die mentale Rotation und das Lösen von Problemen durch Minecraft Education positiv entwickeln. Die Plattform bietet im Unterrichtsfach Informatik wiederum eine anschauliche Umgebung, um in die Programmierung, ins algorithmische Denken und in die informatische Problemlösung einzusteigen. Die Software leistet zudem einen Beitrag zur inklusiven Bildung. Schüler:innen mit Lernschwierigkeiten, wie beispielsweise Dyslexie, Dyskalkulie, ADHS oder Autismus, profitieren von gezielten Fördermaßnahmen, wie beispielsweise einer anpassbaren und differenzierten Lernumgebung (Minecraft Education, 2025, S. 2-8).

Um das Digital Game Based-Learning Tool auf didaktischer und technischer Ebene beurteilen zu können, müssen zunächst die grundlegenden Funktionsweisen des Spiels betrachtet werden. Bei Minecraft Education können die Spieler:innen die Umgebung frei erkunden. Dadurch haben die Lernenden eine große gestalterische Freiheit. Zur Erstellung solcher Welten beschreiben die Autor:innen Dix und Kurzberger (2022) in ihrem Artikel *Das digitale Spiel Minecraft gestaltet (Lern-)Welten und (Erinnerungs-)Kulturen*, dass die Welten des Computerspiels prozedural generiert werden. Das bedeutet, dass sich die Landschaft zufällig aus einer Vielzahl verschiedener Blocktypen zusammensetzt, mit denen schließlich interagiert werden kann. Die Benutzer:innen haben die Möglichkeit, die Blöcke abzubauen, sie zu verändern, miteinander zu kombinieren oder sie an einer anderen Stelle zu platzieren (Dix & Kutzberger, 2022, S. 27). Minecraft Education ist leicht zu erlernen und übersichtlich strukturiert. Die folgende Funktionsbeschreibung basiert auf der eigenen

Erkundung von Minecraft Education auf einem Windows-Gerät (Version 1.21.93; Windows 11; Stand: 02.11.2025) sowie auf einem iPad (Version 1.21.93; iPadOS 26.0.1; Stand: 02.11.2025).

Unmittelbar nach dem Start von Minecraft Education erscheint das Anmeldefenster der Plattform. Die Authentifizierung erfolgt dabei über das Microsoft-Konto der Schüler:innen beziehungsweise der Lehrer:innen. Nach erfolgreicher Eingabe der Daten öffnet sich ein strukturierter Startbildschirm mit den Bereichen *Spielen*, *Neues* und *Highlights* sowie *Einstellungen*. Im Bereich *Spielen* können Nutzer:innen ihre eigene Welt erstellen und abspeichern. Außerdem können sie eine Lernlektion aus der Bibliothek (siehe Abbildungen 10 und 11) auswählen, einer Welt durch einen festgelegten Bildcode beitreten oder eine Welt ins Spiel importieren. Im Abschnitt *Neues und Highlights* werden neue Lektionen, die Empfehlung des Monats und die langfristigen Favoriten vorgestellt. In den Einstellungen stehen sprachliche, barrierefreie, netzwerktechnische sowie datenspezifische Optionen zur Verfügung. Besonders hervorzuheben sind die individuelle Skalierung der Benutzeroberfläche und die Sprachausgabefunktion für die Benutzeroberfläche sowie für den Chat. Auch die Steuerung ist individuell anpassbar. Die Nutzer:innen können die Einstellung für Tastatur und Maus, Controller oder die Eingabe über den Bildschirm ändern. Die Navigationspfade und die Benutzeroberfläche beim Starten von Minecraft Education sind auf Windows-Geräten und auf Tablets gleich gestaltet. Dadurch wird die Bedienung auf unterschiedlichen Geräten erleichtert. (Mojang AB, 2025c)

Beim Erstellen einer neuen Welt in Minecraft Education stehen neben der Vergabe des Weltennamens auch zwei verschiedene Spielmodi zur Verfügung. Es gibt den Überlebensmodus (engl. *Survival Mode*) und den Kreativmodus (engl. *Creative Mode*). Im Überlebensmodus müssen die Lernenden selbst für die Beschaffung von Materialien sorgen, sich gegen Gefahren verteidigen und die Verantwortung für ein funktionierendes Ressourcenmanagement übernehmen. Im Kreativmodus stehen den Spieler:innen alle Materialien unbegrenzt zur Verfügung. Sie können frei bauen und experimentieren, ohne dabei auf Ressourcen achten zu müssen. Die Benutzeroberfläche von Minecraft Education ist dabei übersichtlich und einfach gehalten, wie in Abbildung 12 zu sehen ist. Dabei spielt das Fadenkreuz (engl. *Crosshair*) eine zentrale Rolle. Es befindet sich in der Mitte des Bildschirms und dient unter anderem dazu, gezielt mit Blöcken zu interagieren. Am unteren Bildschirmrand befindet sich

die Inventarleiste (engl. *Hotbar*). Mithilfe der Inventarleiste können die Spieler:innen mit dem Inhalt per Ziffer, Mausekranz oder per Berührung auf einem Tablet das Item auswählen und damit interagieren. Im Gegensatz zum Kreativmodus verfügen die Spieler:innen im Überlebensmodus über eine Lebens- und eine Essensanzeige. Diese zeigen den aktuellen Gesundheitszustand und den Hungerstatus der Spieler:innen an. Zudem können die Nutzer:innen die Perspektive zwischen Ego- und zwei Third-Person-Ansichten ändern (Mojang AB, 2025c). In Abbildung 12 ist die Ego-Perspektive zu sehen, während die beiden Third-Person-Ansichten in den Abbildungen 13 und 14 dargestellt sind.

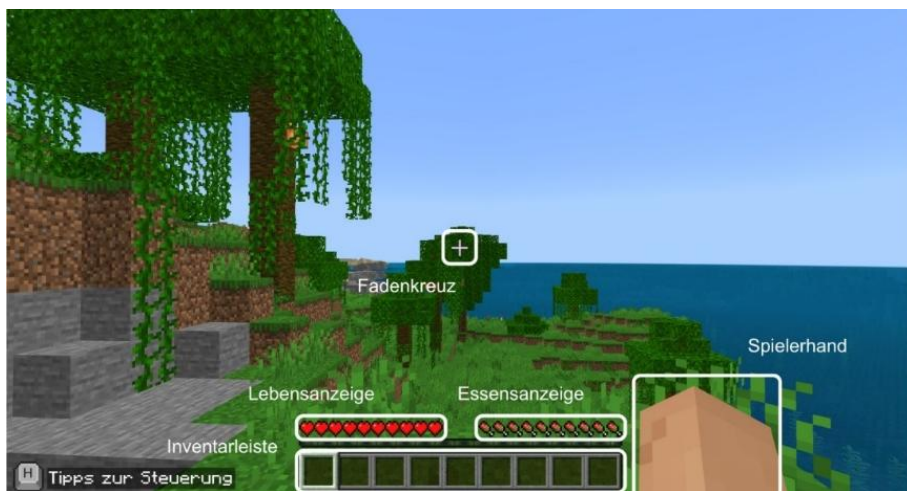


Abbildung 12 | Benutzeroberfläche Minecraft Education. Ego-Perspektive
 Inspiriert von (Dix & Kutzberger, 2022, S. 29). (Quelle: Eigene Aufnahme)



Abbildung 13 | Minecraft Third-Person-Perspektive 1 (Quelle: Eigene Aufnahme)



Abbildung 14 | Minecraft Third-Person-Perspektive 2 (Quelle: Eigene Aufnahme)

Minecraft Education bietet darüber hinaus zusätzliche Funktionen, die speziell für den Einsatz im schulischen Unterricht entwickelt wurden. Zwei dieser wesentlichen Erweiterungen sind die nicht-spielerischen Charaktere (engl. *Non-Playable-Characters*, kurz *NPCs*) und der *Code Builder*. Ein NPC ist eine Spielfigur, die nicht von

Spielenden gesteuert werden kann. Neben der Wahl des Namens und des Aussehens können Lehrkräfte NPCs nutzen, um den Schüler:innen Anweisungen zu geben. Sie können Texte anzeigen, konfigurierbare Schaltflächen öffnen, externe Ressourcen wie Links öffnen oder Kommandos des Spiels auslösen, um gezielte Lernumgebungen für die Lernenden zu schaffen. Mithilfe des Code Builders können Schüler:innen erste Erfahrungen im Programmieren sammeln. Standardmäßig wird der Code Builder mit der Taste `c` als ein andockendes Overlay geöffnet. Dabei setzt Minecraft Education auf eine blockbasierte, visuelle Programmieroberfläche. Zentrales Element ist der sogenannte Agent. Hierbei können die Schüler:innen dem Agenten im dreidimensionalen Raum Befehle zu Navigation, Platzierung, Abbau, Wiederholungen und Bedingungen geben und einen Ablauf von Befehlen programmieren.

Der *Classroom Mode* ist eine zusätzliche Lehrkraftkonsole und das zentrale Management- und Monitoringinstrument für den Unterricht mit Minecraft Education. Diese Anwendung ist für Lehrkräfte leicht zu erlernen, übersichtlich strukturiert und für Windows-Geräte verfügbar. Die folgende Funktionsbeschreibung basiert einerseits auf Informationen der offiziellen Minecraft Education Hilfeseite (Justin, 2024) und andererseits auf der eigenen Erkundung des *Classroom Mode* auf einem Windows-Gerät (Version 1.83; Windows 11; Stand: 09.11.2025). Diese Anwendung kann entweder über den offiziellen Microsoft Store oder über die Minecraft Education Website heruntergeladen werden.

Beim Starten der Classroom Mode wird die Lehrkraft aufgefordert, sich mit ihrem Microsoft-Konto anzumelden. Anschließend erscheint ein Kopierbefehl mit der Aufforderung, diesen in den Minecraft Education Chat einzugeben. Mithilfe der zusätzlichen Software können Lehrkräfte die genaue Position ihrer Schüler:innen im Spiel in einer kleinen Live-Kartenansicht verfolgen. In dieser werden die Namen der Lernenden angezeigt. In der Instruktionsphase können Lehrkräfte das Spiel der Schüler:innen vorübergehend pausieren, ohne die Welt zu schließen. Globale Parameter, wie das Ein- und Ausschalten des Chats und des Wetters, das Erscheinen von Tieren und Kreaturen, die Bau- und Zerstörrechte, der Spielerschaden sowie die Kampfrechte, sind zentral und gut ersichtlich einstellbar. (Justin, 2024)



Abbildung 15 | Screenshot von der Classroom Mode
(Quelle: Eigene Aufnahme)

Auch wenn Minecraft Education als Digital Game-Based Learning Umgebung viele Vorteile bietet, ist die Implementierung dieser Plattform mit pädagogischen Herausforderungen und Grenzen verbunden. Oft fehlt den Lernenden die nötige Spielerfahrung oder diese ist nur gering vorhanden, was die Einführung von Minecraft Education im Unterricht erschweren kann und zusätzliche Anweisungen erforderlich macht. In einer qualitativen Studie untersuchen Mayrhofer und Weinhandl (2024), welche Probleme bei Mathematikstudierende beim Navigieren in Minecraft Education während einer Mathematiklektion in der Spielumgebung haben. Um sicherzustellen, dass die Schwierigkeiten nicht auf das Fachwissen zurückzuführen sind, wählten die Autor:innen Proband:innen mit guten mathematischen Kenntnissen aus. Sie wollten bewusst untersuchen, welche Probleme bei der Nutzung der digitalen Lernumgebung auftreten, wenn man „kaum bis keine Erfahrung mit etwaigen anderen Videospielen“ (Mayrhofer & Weinhandl, 2024, S. 68) hat. Dabei identifizierten die Autor:innen fünf Hauptprobleme bei der Navigation durch die Plattform. Zunächst bemängeln sie unklare Zielstellungen und Aufgaben. Zudem kommt es häufig zu Problemen bei der Bewegung durch die virtuelle Welt. Damit verbunden stellt die räumliche Orientierung das dritte Hindernis dar. Ein weiterer Aspekt betrifft die Identifikation von Interaktionselementen. Bei vielen der lehrplanorientierten, eingebetteten und anpassbaren Lektionen steht die gezielte Interaktion mit bestimmten Stilelementen im Vordergrund. Werden diese nicht erkannt, bleibt der Zugang zu

den zentralen Spielmechaniken verwehrt. Der letzte Punkt bezieht sich auf ein Defizit in Bezug auf das Wissen über spielspezifische Handlungen und Handlungsoptionen. Dazu zählen grundlegende Spielprinzipien wie das Herstellen von Gegenständen (engl. *Crafting*), das Abbauen von Ressourcen (engl. *Mining*), die Verwendung von Inventaren oder das Bauen mit spezifischen Materialien (Mayrhofer & Weinhandl, 2024, S. 69-70). Mayrhofer und Weinhandl (2024) kommen zu dem Schluss, dass selbst fachlich kompetente Studierende Mathematiklektionen in Minecraft Education als Herausforderung empfinden. In der Diskussion schreiben die Autor:innen außerdem, dass es unerfahrenen Lernenden in der Umgebung des Digital Game-Based Learning schwerfällt, sich zurechtzufinden und Aufgaben zu lösen. Die Autor:innen führen das auf ein „unzugängliches Lektionsdesign“ (2024, S. 72) zurück (Mayrhofer & Weinhandl, 2024, S. 68-69; 72). Zudem betonen die Autor:innen, dass Lernende ohne Vorerfahrung nur durch klare, schrittweise Anweisungen dazu in der Lage sind, engagiert zu arbeiten. Mayrhofer und Weinhandl (2024) geben auf Basis der identifizierten Navigationsprobleme konkrete Empfehlungen zur Gestaltung von Minecraft Education Lektionen. Dazu gehört, vertikale Bewegungen zu vermeiden, konsistente Interaktions- und Orientierungselemente zu verwenden, die Mechanik transparent darzustellen, eine klare Trennung zwischen nützlichen und unnützen Elementen, wie beispielsweise Interaktions- beziehungsweise Dekorationselementen zu schaffen sowie etwaige notwendige Hilfestellungen bereitzustellen (Mayrhofer & Weinhandl, 2024, S. 70-71).

Zu einem ähnlichen Schluss wie Mayrhofer und Weinhandl (2014) kommt auch Jarvoll (2018). In ihrer qualitativen Fallstudie an einer norwegischen Grundschule weist sie auf eine weitere Herausforderung für den Einsatz von Minecraft im schulischen Kontext hin. Die Autorin der Studie analysierte die Spielumgebung im Mathematikunterricht von Schüler:innen im Alter von elf bis zwölf Jahren und deren Einfluss auf die Motivation. Zu Beginn der Studie wurde die Klasse in zwei Gruppen eingeteilt: Eine leistungsstarke Gruppe und eine Gruppe mit erhöhtem Förderbedarf. Beobachtungen und Interviews in der leistungsstarken Gruppe zeigten, dass die Schüler:innen ihre Mathematikaufgaben besonders schnell erledigen wollten, um anschließend noch genügend Zeit zum Herumalbern zu haben. Die Motivation, die Aufgabe zu bearbeiten, rückte dabei in den Hintergrund, während das Herumalbern in Minecraft an Bedeutung gewann. (Jarvoll, 2018, S. 73; 81). Jarvoll (2018)

interpretierte das Vorgehen der Schüler:innen schließlich als Entstehung eines neuen Handlungsobjekts, das sie als „fooling around“ (2018, S. 81) bezeichnete. Gleichzeitig machte Jarvoll deutlich, dass die Aufgaben möglicherweise nicht ausreichend mit den Spielmechaniken verbunden waren. Damit knüpft die Autorin direkt an Plass, Homer und Charles an. Laut Plass, Homer und Charles könnte diese Problematik wiederum darin begründet sein, dass die Ziele im Spiel und die zu erreichenden Lernziele nicht ausreichend miteinander verknüpft sind (Jarvoll, 2018, S. 81; Plass, Homer, & Charles K., 2015, S. 269). Auch die technischen und organisatorischen Rahmenbedingungen sind entscheidend für eine erfolgreiche Implementierung im Unterricht. So berichten unter anderem Karsenti, Bugmann und Gros in ihrer kanadischen Studie *Transferrin Education with Minecraft?* von einigen unerwarteten technischen Problemen wie beispielsweise dem plötzlichen Verlust der Verbindung zum Spiel. Die Autor:innen weisen zudem auf die Notwendigkeit hin, dass Lehrpersonen über grundlegende Spiel- und Computerkompetenzen verfügen (Karsenti, Bugmann, & Gros, 2017, S. 26).

Insgesamt wird deutlich, dass der Einsatz von Minecraft Education als Umgebung für das Digital Game-Based Learning viele Vorteile, aber auch eine Reihe pädagogischer Herausforderungen mit sich bringt. Der Einsatz von Minecraft Education im Unterricht fördert kollaboratives Arbeiten, koordiniertes Lösen von Problemen, Kommunikationsfähigkeit sowie systematisches Denken der Schüler:innen. Die motivierenden Effekte lassen sich zudem auf die Selbstbestimmungstheorie zurückführen. Andererseits zeigt die digitale Lernplattform aber auch, dass Lernerfolge nur dann zuverlässig eintreten, wenn Spielmechaniken mit didaktischen Lernzielen verknüpft werden. Eine erfolgreiche Implementierung hängt somit weniger vom Medium selbst als vielmehr von der didaktischen Planung und dem Einsatz der Spielumgebung im Unterricht ab. Für eine erfolgreiche Implementierung von Minecraft Education lässt sich schließlich ableiten, dass eine einfach zugängliche Steuerung und eine didaktische Vereinfachung der Spielumgebung wichtig sind. Damit fachliche Erfolge sichtbar werden, müssen Aufgaben, Handlungen und Rückmeldungen aufeinander abgestimmt werden. Dabei kommen nicht nur auf die Lehrpersonen, sondern auch auf die Schüler:innen Herausforderungen zu. Diese können beispielsweise infolge von fehlender Spielerfahrung bei den Lernenden auftreten. Für die Umsetzung sind zudem eine stabile technische Infrastruktur, leistungsstarke Endgeräte und klare

Regeln für das Klassenmanagement grundlegende Voraussetzungen für einen erfolgreichen Einsatz von Minecraft Education. Auch kognitive Hürden können bei den Schüler:innen auftreten. Für eine erfolgreiche Implementierung von Minecraft Education sind sowohl technische Kenntnisse als auch ein fundiertes Verständnis didaktischer Prinzipien erforderlich. Zudem ist eine kritische Reflexion der damit verbundenen Bildungsziele notwendig.

4.3 Bisherige Forschungsansätze zu Minecraft Education

Im Vergleich zu anderen Studien ist die Forschung zu Minecraft Education im schulischen Kontext noch sehr jung. In einer aktuellen systematischen Review-Studie werten Di Leo und Traetta (2025) insgesamt 18 empirische Studien zur Verwendung von Minecraft im pädagogischen Kontext vom Kindergarten bis zur Sekundarstufe 2 in unterschiedlichen Schulfächern aus, die zwischen den Jahren 2019 und 2024 durchgeführt wurden (Di Leo & Traetta, 2025, S. 1). Die Inhaltsanalyse zeigt über die gesamte Studie hinweg ein weitgehend konsistentes Muster. Es werden Studien betrachtet, in denen der Einsatz von Minecraft im Unterricht, vor allem in Mathematik und Geometrie, aber auch in naturwissenschaftlichen Fächern, Geografie und räumlicher Planung, Programmierung sowie Geschichts- und Kulturvermittlung untersucht wird. Laut Di Leo und Traetta (2025) ist in vielen der untersuchten Studien das Engagement und die Motivation der Schüler:innen der gemeinsame Nenner. Die Autor:innen gehen davon aus, dass diese Tatsache an der interaktiven Oberfläche von Minecraft liegt und das Interesse der Schüler:innen an einer aktiven Teilnahme weckt (Di Leo & Traetta, 2025, S. 14-15). Die Studien zeigen fächerübergreifend stabile, positive Effekte auf das Engagement der Schüler:innen, die kreative Gestaltung in verschiedenen Fachbereichen, das kollaborative Arbeiten sowie die Förderung ihres räumlichen Denkvermögens. Obwohl der Einsatz von Minecraft die Motivation der Schüler:innen im Allgemeinen steigert, fallen die kognitiven Lernzuwächse je nach Altersgruppe, Fach und Umsetzungsdesign unterschiedlich aus. Auch altersbezogene Unterschiede lassen sich erkennen. Laut der systematischen Studie benötigen jüngere Schüler:innen im Alter von fünf bis elf Jahren stark strukturierte, lehrpersonengeleitete Unterrichtseinheiten mit Minecraft. Ältere Schüler:innen im Alter von elf bis 14 Jahren profitieren hingegen von einer Kombination aus

strukturierten Anweisungen und kreativer Selbstentfaltung. (Di Leo & Traetta, 2025, S. 18-19)

Ein wichtiger Referenzpunkt für die Wirksamkeit von Minecraft im schulischen Kontext ist die explorative Studie von Karsenti, Bugmann und Gros (2017), die auf der offiziellen Website von Minecraft Education zu finden ist. Das Forschungsprojekt fand an einer französischsprachigen Grundschule in der Region Greater Montreal Area in der kanadischen Provinz Québec statt. Insgesamt nahmen 118 Schüler:innen der dritten bis sechsten Schulstufe im Alter von neun bis zwölf Jahren im Zeitraum von 2016 bis 2017 an der Studie teil (Karsenti, Bugmann, & Gros, 2017, S. 1). Bei diesem Projekt handelt es sich um ein gestuftes Minecraft-Projekt mit insgesamt 30 Aufgaben, die sich auf zehn Stufen verteilen. Die Autor:innen weisen auf Grundlage eines Mixed-Methods-Ansatzes auf einen breiten Nutzen hin (Karsenti, Bugmann, & Gros, 2017, S. 6-11). Die Ergebnisse der Untersuchung haben gezeigt, dass sich auch hier die Lernmotivation der Lernenden signifikant gesteigert hat. Laut Karsenti, Bugmann und Gros (2017) geben die Ergebnisse außerdem Aufschluss darüber, wie Minecraft die Selbstständigkeit und das autonome Handeln fördern kann. Ebenso wurde die Zusammenarbeit und gegenseitige Unterstützung hier positiv erwähnt. Insgesamt wurden in der Studie 25 positive Vorteile durch den Einsatz von Minecraft im Unterricht ermittelt (Karsenti, Bugmann, & Gros, 2017, S. 18-20).

Einige empirische Studien beschäftigen sich auch mit einem möglichen Zuwachs beim räumlichen Denken, bei der Raumgeometrie sowie bei ausgewählten mathematischen Konzepten, die mit Minecraft und Minecraft Education im schulischen Kontext eingesetzt werden. In einer cluster-randomisierten Studie zur Untersuchung von Minecraft hinsichtlich der Verbesserung des räumlichen Denkens bei Grundschulkindern untersuchten Slattery et al. (2024) insgesamt die Lernenden von 32 Klassen der 5. und 6. Schulstufe mit einem durchschnittlichen Alter von 11,53 Jahren in der Republik Irland. Die Gesamtstichprobe der Studie umfasste $N = 885$. Die Klassen nahmen entweder an einer curricularen Minecraft Education Intervention zum räumlichen Denken teil oder erhielten regulären Unterricht ohne der spielbasierten Lernumgebung. Die Ergebnisse der Untersuchungen ergaben, dass sich bei den standardisierten Tests zum räumlichen Denken keine signifikanten Vorteile der Interventionsgruppe gegenüber der Kontrollgruppe in der Gesamtstichprobe zeigten. Die Detailanalyse der Studie zeigt jedoch, dass vor allem die engagierten

Schüler:innen der 5. Schulstufe einen deutlichen Lernzuwachs im Bereich des räumlichen Denkens erzielt hatten. Bei den Schüler:innen der 6. Schulstufe blieb dieser Effekt hingegen aus (Slattery, et al., 2024, S. 1; 4-5; 7-8). Die Autor:innen der Studie führen diese Ergebnisse auf ein höheres Interesse und ein stärkeres Engagement der jüngeren Schüler:innen der Interventionsgruppe zurück. Langfristig angelegte Übungen zur Förderung des räumlichen Denkens sind für die Interventionsgruppe wichtig, um nachhaltig Kompetenzen zu erwerben (Slattery, et al., 2024, S. 11; 13). Aus den qualitativ durchgeführten Interviews mit neun Lehrpersonen geht zudem hervor, dass Minecraft ein wirksames Medium zur Förderung räumlicher Sprache und strategischer Planung im Unterricht ist. Viele Lehrpersonen erwähnten die Skalierung, die Visualisierung, die Navigation, die Orientierung, die Übersetzung von der zweidimensionalen Perspektive in den dreidimensionalen Raum sowie die Perspektivenübernahme als positive Lernfaktoren. Gleichzeitig wiesen einige Lehrpersonen darauf hin, dass die beobachteten positiven Fortschritte in den standardisierten Tests zum räumlichen Denken nicht vollständig sichtbar werden (Slattery, et al., 2024, S. 9-11).

Diese Perspektive wird durch die Studie von McCashin, McGarvey, Carbonaro und Yuen aus dem Jahr 2019 erweitert. In der Studie *Assessing Spatial Geometry through Digital Gameplay in a Minecraft Summer Camp* untersuchen die Autor:innen, wie neun- bis elfjährige Schüler:innen (N = 77) mit räumlichen beziehungsweise geometrischen Konzepten umgehen. Die Auswahl der Lernenden erfolgte aufgrund ihrer fehlenden Kenntnisse grundlegender mathematischer Konzepte wie Umfang, Fläche und Volumen. Das Ziel der Studie war es daher, den Schüler:innen diese grundlegenden mathematischen Konzepte zu vermitteln, ohne sie zuvor im Unterricht damit vertraut zu machen. Bei den standardisierten Vorher-Nachher-Tests zu Umfang, Flächeninhalt und Volumen sind jedoch keine signifikanten Verbesserungen festzustellen. Im Gegensatz dazu konnten die Autor:innen aber festhalten, dass die Teilnehmer:innen räumliche Konzepte in ihren Minecraft-Projekten praktisch anwenden konnten. In der Sprache und Struktur des Vorher-Nachher-Tests blieben diese jedoch unsichtbar. McCashin et al. (2019) führen dies auf die ständige, unterbewusste Interaktion in Minecraft sowie die damit verbundenen räumlichen Konzepte zurück, die von den Schüler:innen evaluiert werden. Die Autor:innen weisen darauf hin, dass sich das erlernte Wissen nicht direkt in

standardisierten Prüfungsformaten umsetzen lässt (McCashin, McGarvey, Carbonaro, & Yuen, 2019, S. 39; 48-51). In der Studie zeigte sich zwar, dass die Datenauswertung zu keiner nennenswerten Leistungssteigerung führte, die Autor:innen betonen jedoch im gleichen Satz: „[...] we could see our participants using spatial geometry concepts practically in their environment.“ (McCashin, McGarvey, Carbonaro, & Yuen, 2019, S. 51).

Klaus-Tycho Förster führte im deutschsprachigen Raum im Jahr 2012 einen Unterrichtsversuch zu einem ähnlichen Thema wie jenes von McCashin et al. (2019) durch. An der Studie nahmen insgesamt 69 Schüler:innen der Klassenstufen 5 und 6 teil. In seiner Studie *Raumgeometrie mit Minecraft: Raumvorstellung und kreative Kooperation zu Beginn der Sekundarstufe 1* untersuchte Förster, wie sich Minecraft gezielt zur Förderung der Raumvorstellung einsetzen lässt. Laut dem Autor wurde Minecraft mit dem damit verbundenen dreidimensionalen Raum sehr gut von den Schüler:innen aufgenommen. Die Lernenden konnten ihr Wissen auf den virtuellen Raum übertragen. Laut Förster (2012) ermöglicht die Ich-Perspektive in Minecraft das Konstruieren auf einer anspruchsvolleren Ebene der räumlichen Orientierung. Im Mittelpunkt dieses Unterrichtsversuchs stand das gemeinsame Erschaffen eines Bauprojekts, beispielsweise eines Kinos. Auch das gemeinsame Planen und Bauen geometrischer Objekte im Team trug zu einem besseren Verständnis geometrischer Konzepte bei. Aus didaktischer Perspektive vertritt Förster (2012) die Meinung, dass sich raumgeometrische Konzepte durch kurze Einschübe von Minecraft im Unterricht fördern lassen. (Förster, 2012, S. 275-276)

In einer Studie aus dem Jahr 2019 legen Jensen und Hanghøj den Fokus darauf, wie sich das Verständnis des dreidimensionalen Koordinatensystems mithilfe von Minecraft erforschen lässt. Die Autor:innen entwickelten hierfür eine qualitative Studie mit einem Umfang von 15 Unterrichtseinheiten an fünf Tagen in einer Woche für die 5. Schulstufe (N = 22). Dabei wurde das bereits in Minecraft integrierte kartesische Koordinatensystem als Werkzeug zur Navigation und Erkundung des Computerspiels genutzt, um Objekte im Spiel gezielt zu lokalisieren. Die durchgeführte Studie basiert dabei auf zwei Methoden. Einerseits basiert sie auf einer Domänentheorie des Lernspiels Minecraft, die insgesamt drei Bereiche, den schulischen Bereich, den Spielbereich in Minecraft und den Alltagsbereich der Schüler:innen, abdeckt. Andererseits beruht die Studie auf Analysen von

Gruppeninterviews, die nach dem Unterricht durchgeführt wurden. Erwähnenswert ist das Ergebnis eines Schülers, das Jensen und Hanghøj (2019) in ihrer Studie präsentieren. Der Schüler konnte die Koordinatenanzeige sowohl im Bereich *Gaming* als auch im Unterrichtsfach Mathematik in Minecraft einordnen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass er das Koordinatensystem gezielt nutzte, um Bauwerke beziehungsweise Objekte wiederzufinden. Die Autor:innen dieser Studie kommen zu dem allgemeinen Schluss, dass der Einsatz von Minecraft im Unterrichtsfach Mathematik zahlreiche Möglichkeiten und neue Zugänge eröffnet. (Jensen & Hanghøj, 2019, S. 356-359; 361)

In der italienischen Studie *Minecraft as an Education Tool Before, During, and After the Pandemic* untersuchten Cigognin und Nardi (2024) neben fünf Rahmenbedingungen auch die Rolle der Lehrkraft. Die Schulung der Lehrpersonen erfolgte über eine eigens eingerichtete Moodle-Plattform und war in vier Abschnitte gegliedert. Diese sind in eine Einarbeitungsphase, eine Designphase, eine Erprobungsphase sowie eine Dokumentationsphase unterteilt. Die Lehrkräfte werden somit nach der Design-Thinking-Methodik geschult, bei der papierbasierte Planung, Kompetenzorientierung und Reflexion zentral sind. Das Forschungsteam entwickelte drei Ausgaben des sogenannten *MineClass*-Projekts und schulte dabei über 300 Lehrpersonen. Im Mittelpunkt stand dabei nicht die Softwarebedienung, sondern der Erwerb spezieller didaktischer Methoden. Als ersten Punkt nennen die Autor:innen, dass jede Bauaktivität von Schüler:innen in Minecraft stets durch eine schriftliche Planung auf Papier erfolgt. Dadurch finden Problemanalyse, Ideenfindung und Planung noch vor der eigentlichen digitalen Umsetzung statt. Der zweite Punkt betrifft die Herstellung eines ausgewogenen Verhältnisses zwischen fachlichen und organisatorischen Einschränkungen und Freiheitsgraden durch Lernarrangements. Hierbei sollen die Kreativität und die Autonomie der Schüler:innen gefördert werden. In der dritten Methodik sprechen Cigognin und Nardi (2024) von einer systematischen Teamarbeit in Kleingruppen mit drei bis maximal fünf Schüler:innen. Dabei bekommt jede:r Lernende:r eine klar verteilte Rolle innerhalb der Gruppe (Cigognini & Nardi, 2024, S. 89-90). Auf dieser Grundlage war jede teilnehmende Lehrperson gebeten, eine fachcurricular angebundene Minecraft-Unterrichtsaktivität zu konzipieren. Im Anschluss war diese Aktivität auch im Unterricht zu erproben und zu reflektieren. Von den drei Durchgängen fand der zweite Durchgang in den Jahren 2019 und 2020

während der Covid-19-Pandemie statt. Diese Aktivitäten wurden teilweise so angepasst, dass sie sich auch im Homeoffice-Setting durchführen ließen (Cigognini & Nardi, 2024, S. 90). Aus den Befragungen von insgesamt 237 Lehrkräften und 2 264 Schüler:innen stellten die Autor:innen fest, dass die Lehrkräfte die Aktivitäten in Minecraft vor allem in Bezug auf Engagement, Interesse und geschätzten Kompetenzerwerb positiv bewerten. Von den 237 Lehrkräften, die am dreijährigen Projekt beteiligt waren, nahmen im Juni 2022 insgesamt 150 Lehrkräfte an einer Folgebefragung teil. Auch nach Projektende nutzten zahlreiche Lehrkräfte Minecraft weiter (Cigognini & Nardi, 2024, S. 92-93).

Die vorliegenden Studien zu Minecraft im schulischen Kontext zeigen eindeutig, dass die fachlichen Lernziele nicht primär durch das Spiel selbst erreicht werden. Vielmehr spielen hier die Rolle der Lehrperson und die damit verbundene Qualität des Unterrichts eine entscheidende Rolle. In der Analyse von Bar-El und Ringland (2021) sehen die Autor:innen Lehrpersonen als Designer:innen eines komplexen sozio-technischen Lernarrangements. Um eine sinnvolle Lernaktivität zu ermöglichen, kombinieren sie Aufgabenformate, Gruppenstrukturen, digitale und analoge Materialien sowie die Spielwelt (Bar-El & Ringland, 2021, S. 1-2; 4-8). Die Autor:innen analysierten insgesamt 159 mit Minecraft Education gestaltete Unterrichtsentwürfe von 16 Lehrer:innen (Bar-El & Ringland, 2021, S. 2). Zunächst stellten die Autor:innen sieben zentrale didaktische Gestaltungsdimensionen zusammen und hielten sie anschließend in einer Tabelle fest. Diese sieben Kriterien umfassen, ob (1) der Unterrichtsentwurf eine eigene, von der Lehrperson gebaute Welt beinhaltet, wie (2) NPCs eingesetzt werden, ob (3) ein Einzel- oder Mehrspielermodus vorgesehen ist, ob (4) die Schüler:innen selbst bauen, ob (5) zusätzlich externe Medien genutzt werden, ob (6) eine Dokumentation verlangt wird und ob (7) explizit eine Verbindung zwischen der Spielewelt und der realen Welt hergestellt wird. Im Anschluss ordneten Bar-El und Ringland (2021) die 159 Unterrichtsentwürfe den jeweiligen Gestaltungsdimensionen zu (Bar-El & Ringland, 2021, S. 3). Die Autor:innen unterschieden hierbei vier Unterrichtstypen, die sich aus den verschiedenen Kombinationen der Gestaltungsdimensionen ergeben. Die Kategorien *stations*, *expeditions*, *individual builds* und *team build* weisen unterschiedliche Grade von Strukturierung und Offenheit auf. Zudem werden die Rollenverteilungen zwischen Lehrer:innen, Schüler:innen und Spiel beschrieben (Bar-El & Ringland, 2021, S. 5-7).

Zusammenfassend zeigt sich, dass der Forschungsstand zu Minecraft Education in Bildungskontext ein konsistentes Bild abgibt. In nahezu jeder Studie werden die hohe Motivation, die starke Aktivierung und das breite Spektrum an Lerngelegenheiten beschrieben (vgl. Di Leo & Traetta, 2025; Karsenti, Bugmann & Gros, 2017; Cigognin und Nardi, 2024). Demnach ist auch die enge Verknüpfung von Lerninhalten und der Minecraft Education Einheit wichtig (vgl. Bar-El & Ringland, 2021). Hinsichtlich des räumlichen Denkens und der Raumgeometrie zeigen die vorgestellten Studien, dass Schüler:innen mithilfe von Minecraft Education räumliche Beziehungen erarbeiten, Konstruktionen erstellen und das Koordinatensystem aktiv anwenden (vgl. Slattery et al., 2024; McCashin et al., 2019; Förster, 2012; Jensen & Hanghøj, 2019). Die Effekte des Computerspiels wirken sich demnach positiv auf das räumliche Denken, die Raumgeometrie und ausgewählte mathematische Inhalte aus. Die Ergebnisse standardisierter Tests sind jedoch sehr heterogen. Obwohl Lehrpersonen positive Erfahrungen bei der Integration räumlicher Inhalte gemacht haben, wird dieser Lernzuwachs nicht automatisch in standardisierten Tests sichtbar. Diese Spannung zwischen der beobachteten Leistung der Schüler:innen in den Einheiten mit Minecraft Education und dem Ausbleiben verbesserter Testergebnisse wird in etlichen Studien thematisiert. Dabei fallen die Ergebnisse oft begrenzt beziehungsweise punktuell aus (vgl. Slattery, et al., 2024; McCashin et al., 2019). Parallel dazu zeigen qualitative Analysen und Berichte aus dem Unterricht, dass Schüler:innen in Minecraft anspruchsvolle fachliche Konzepte funktional anwenden können. Diese Leistungen werden in traditionellen Prüfformaten jedoch normalerweise nicht erfasst (vgl. McCashin et al., 2019; Förster, 2012; Jensen & Hanghøj, 2019). Weiters wird mehrfach auch auf mögliche Hürden bei der Integration von Minecraft Education in den Unterricht hingewiesen (vgl. Mayrhofer & Weinhandel, 2024).

Bei McCashin et al. 2019 geht zudem hervor, dass Schüler:innen ihre räumliche Vorstellungskraft im Verlauf der Konstruktionsaufgaben in Minecraft intuitiv weiterentwickeln. Um den Zuwachs in der Raumgeometrie im schulischen Kontext mithilfe von Minecraft und Minecraft Education genau zu beobachten und zu dokumentieren, sind standardisierte Prüfungen jedoch auch als ein ergänzendes Bewertungsverfahren erforderlich. Betrachtet man die Unterrichtsstudie von Förster (2012), so liegen keine quantitativen Wirksamkeitsnachweise vor. Die Annahme, dass

Minecraft das raumgeometrische Konzept durch kurze Minecraft-Einheiten gefördert werden kann, basiert vielmehr auf einer Schlussfolgerung am Ende seines Artikels. Aus der Studie von Jensen und Hanghøj (2019) lässt sich leider auch nicht ableiten, ob sich fachliche Lernwirkungen in messbaren Leistungszuwächsen niederschlagen. Vielmehr zeigen sich die Ergebnisse in veränderten Routinen und im Umgang mit dem Koordinatensystem.

Im Allgemeinen weisen die bisherigen Studien mehrere Forschungslücken auf, die für die vorliegende Masterarbeit von zentraler Bedeutung sind. So existieren beispielsweise nur wenige und nahezu keine Langzeitstudien, die sich mit der systematischen Förderung der Raumvorstellung und dem Training des räumlichen Denkens befassen. Hinzu kommt, dass es keine Minecraft Education Studien im Bildungskontext gibt, die sich explizit mit den vier Teilkompetenzen der Raumvorstellung (Veranschaulichung, räumliche Beziehung, Vorstellungsfähigkeit von Rotationen und räumliche Orientierung) nach Maresch (2015) auseinandersetzen. Wird der deutschsprachige Sekundarstufenbereich zu dieser Thematik betrachtet, so ist dieser ebenso stark unterrepräsentiert und die Verknüpfung der Teilkompetenzen der Raumvorstellung mit Minecraft Education wurde nur ansatzweise untersucht. Die vorliegende empirische Masterarbeit setzt genau hier an. In einer vierstündigen Unterrichtssequenz wird in jeder Stunde eine der vier zentralen Komponenten der Raumvorstellung mithilfe von Minecraft Education in der Interventionsgruppe erarbeitet und der kurzfristige Effekt analysiert. Mit dieser Unterrichtsstudie werden zwar keine Langzeitlücken geschlossen, sie leistet jedoch einen Beitrag zur Frage, ob sich das räumliche Vorstellungsvermögen von Schüler:innen der sechsten Schulstufe durch den Einsatz des Computerspiels Minecraft Education im Mathematikunterricht der Sekundarstufe 1 verbessert.

5 Empirische Untersuchung

Die vorliegende empirische Untersuchung zielt darauf ab, einen Beitrag zur Förderung des räumlichen Vorstellungsvermögens im Mathematikunterricht der Sekundarstufe 1 zu leisten. Im Mittelpunkt dieser Förderung steht die an Bildungszwecke angepasste Variante von Minecraft als digitale Lernumgebung. Der Fokus liegt auf Schüler:innen der sechsten Schulstufe zweier österreichischer Mittelschulen im Bezirk Neunkirchen in Niederösterreich. Ein Blick in den österreichischen Lehrplan zeigt, dass räumliche Kompetenzen in diesem Lernalter eine zentrale Grundlage für das Verständnis geometrischer Inhalte sowie mathematischer Kompetenzen darstellen. Zu den relevanten Aspekten zählen beispielsweise das Erkennen und Beschreiben dreidimensionaler Objekte, das Betrachten eines Objektes in unterschiedlichen Ansichten und Perspektiven, das Erlernen des kartesischen Koordinatensystems sowie das Erfassen von Symmetrie. Die theoretischen Grundlagen der Raumvorstellung sollen dabei mit Minecraft Education als didaktisches Medium vermittelt werden. Die interaktive Software dient dabei als unterstützendes Instrument, um gezielte Aufgaben wie das Bauen, Navigieren und Wechseln von Perspektiven sowie räumliche Relationen sichtbar und manipulierbar zu machen.

Auf Grundlage dessen und mit dem Ziel, eine forschungslogische Vorgehensweise sicherzustellen, werden im Folgenden die drei Leitfragen der durchgeführten empirischen Studie dargelegt.

- (1) Wie verändert sich das räumliche Vorstellungsvermögen von Schüler:innen der sechsten Schulstufe durch den Einsatz von Minecraft Education im Mathematikunterricht der Sekundarstufe 1?
- (2) Inwiefern trägt der Einsatz von Minecraft Education zur Motivation, zur aktiven Auseinandersetzung und zum Kompetenzaufbau der Schüler:innen der sechsten Schulstufe der Sekundarstufe 1 im Bereich des räumlichen Denkens bei?
- (3) Welche Herausforderungen und Grenzen ergeben sich aus Sicht der Lehrkräfte bei der Integration von Minecraft Education im Mathematikunterricht der Sekundarstufe 1?

Die vorliegende Hypothese basiert daher folglich auf der Beantwortung der Leitfragen. Aus diesem Grund hat die empirische Studie die Hypothese, dass der Einsatz von Minecraft Education das räumliche Vorstellungsvermögen von Schüler:innen in der sechsten Schulstufe der Sekundarstufe 1 verbessert. Daher wird erwartet, dass die Lernzuwächse der Interventionsgruppe im Vorher-Nachher-Test signifikant höher ausfallen als die der Kontrollgruppe. Die Kontrollgruppe erhält demnach die räumlichen Inhalte ohne digitale Lernumgebung. Der zu erwartende Lernzuwachs bezieht sich dabei auf die vier Teilkompetenzen des räumlichen Denkens nach Maresch (2015). Die Zielsetzung der vorliegenden empirischen Arbeit besteht darin, potenzielle Kompetenzzuwächse bezüglich der Raumvorstellung zu erfassen. Zu diesem Zweck erfolgt eine Gegenüberstellung der Unterrichtseinheiten mit Minecraft Education mit einem inhaltlich vergleichbaren Unterricht ohne der Software.

5.1 Beschreibung der Stichprobe

Die empirische Unterrichtsstudie wurde an zwei österreichischen Mittelschulen im Bundesland Niederösterreich in insgesamt vier Klassen mit Schüler:innen der sechsten Schulstufe durchgeführt. Zwei der vier Klassen waren Integrationsklassen, in denen Schüler:innen mit sonderpädagogischem Förderbedarf unterrichtet wurden. Diese beiden Klassen bildeten zusammen die Interventionsgruppe. Wichtig hierbei ist, dass bei der Auswertung der Vorher-Nachher-Tests, der Beobachtungsbögen sowie der Reflexionsbögen ausschließlich Datensätze ohne Schüler:innen mit sonderpädagogischem Förderbedarf herangezogen wurden. Der Hauptgrund dafür sind die unterschiedlichen Lernvoraussetzungen von Lernenden mit sonderpädagogischem Förderbedarf. Dieser Schritt dient somit, eine mögliche Verzerrung der Ergebnisse zu vermeiden. Werden die genannten Kriterien berücksichtigt, so ergibt sich für die Interventionsgruppe eine Stichprobe von insgesamt 26 Schüler:innen mit einer Geschlechterverteilung von $m = 12$ und $w = 14$. Die Kontrollgruppe besteht ebenfalls aus 26 Schüler:innen, darunter 15 Buben und 11 Mädchen. Die Stichprobe umfasst insgesamt $N = 52$ Teilnehmer:innen, welche in zwei Gruppen mit jeweils 26 gültigen Datensätzen unterteilt sind.

Die Datenerhebung fand im November und Dezember 2025 im Rahmen des regulären Mathematikunterrichts im Ausmaß von vier Unterrichtseinheiten pro Klasse statt. Damit die Intervention organisatorisch umgesetzt werden konnte, waren zuvor

technische Vorbereitungsschritte sowie eine Abstimmung der anstehenden Termine mit dem vorhandenen Stundenplan erforderlich. In der Interventionsgruppe war zudem eine zusätzliche Unterrichtseinheit notwendig, in der nur die Software Minecraft Education auf den Laptops der Schüler:innen installiert wurde. Hierbei ist zu erwähnen, dass alle Schüler:innen der Interventionsgruppe über Laptops verfügen.

5.2 Untersuchungsdesigns und Methodik

Die im Rahmen der vorliegenden empirischen Studie verwendeten Erhebungsinstrumente wurden so ausgewählt, dass sie eine mögliche Veränderung des räumlichen Vorstellungsvermögens durch den Einsatz von Minecraft Education im Mathematikunterricht der Sekundarstufe 1 nachvollziehbar machen. Für die Durchführung einer quantitativen Vergleichsstudie wird der Erfolg als abhängige Variable definiert, wobei dieser als Veränderung von Wissen oder Fähigkeiten verstanden wird. Aus diesem Grund erfolgt die Erhebung der Daten bei einer Vergleichsstudie jeweils vor und nach der Intervention (Theyßen, 2013, S. 71). In der vorliegenden Arbeit wurden drei Instrumente eingesetzt, um Messung und Wirksamkeit der digitalen Lernumgebung zu evaluieren. Als zentrales quantitatives Messinstrument wurde ein Vorher-Nachher-Test eingesetzt. Ergänzend zum Vorher-Nachher-Test wurden in der Interventionsgruppe qualitative Messinstrumente verwendet. Dazu zählten ein Reflexionsbogen sowie ein Beobachtungsbogen, um den Verlauf und den Nutzen von Minecraft Education genauer zu dokumentieren.

Bei der vorliegenden empirischen Studie wurde ein quantitativer Ansatz mit insgesamt vier Klassen verfolgt. Im Mittelpunkt steht ein eigens dafür konzipierter Vorher-Nachher-Test zur Raumvorstellung. Dieses Messinstrument deckt die Teilkompetenzen Veranschaulichung, räumliche Beziehungen, Vorstellungsfähigkeit von Rotationen und räumliche Orientierung ab. Die Darstellung der Teilkompetenzen erfolgt anhand zweier Aufgaben, die eine dichotome Bewertung ermöglichen. Dabei wird für jede richtige Lösung ein Punkt vergeben, während bei einer falschen Lösung kein Punkt gegeben wird. Aus diesem Grund ergibt sich für die Auswertung jeder Teilkompetenz ein Wertebereich von 0 bis 2 Punkte sowie eine Gesamtpunktzahl von 0 bis 8 Punkte. Mithilfe dieses Bewertungsschemas ist eine differenzierte Betrachtung der einzelnen Teilkomponenten der Raumvorstellung möglich. Darüber hinaus kann im späteren Verlauf auch die Gesamtpunktzahl der

Interventionsgruppe und die der Kontrollgruppe in den untersuchten Teilbereichen verglichen werden, um eine allgemeine Aussage zu treffen. Die Entscheidung für den Einsatz eines eigens zu diesem Zweck konzipierten Vorher-Nachher-Tests liegt darin, dass die einzelnen Aufgaben eng an die theoretischen Definitionen der einzelnen Teilkompetenzen gebunden sind. Dies ermöglicht im späteren Verlauf differenzierte Aussagen über mögliche Lernzuwächse. Ein großer Vorteil des Vorher-Nachher-Test-Designs ist zudem, dass ein Gruppenvergleich zwischen Interventions- und Kontrollgruppe möglich ist. Die Einteilung der Gruppen in die Interventions- und Kontrollgruppen erfolgte nicht zufällig, sondern basierte auf den bestehenden Klassen. Theyßen (2013) bezeichnet dieses Vorgehen als „quasi-experimentelles Design“ (2013, S. 72). Der Grund dafür ist, dass dies die Umsetzung im schulischen Alltag erleichtert und realistische Unterrichtsbedingungen geschaffen werden sollen (Theyßen, 2013, S. 71-72).

Ergänzend zur quantitativen Erhebung kommt ein eigens konzipierter Beobachtungsbogen für jede:n Schüler:in der Interventionsgruppe zum Einsatz (siehe Anhang B). Der Fokus liegt hierbei auf der Dokumentation von Unterrichtsprozessen, der Einbeziehung subjektiver Perspektiven und dem Erfassen von Arbeits- und Lernverhalten beim Umgang mit räumlichen Anforderungen. Zusätzlich erhalten die Schüler:innen der Interventionsgruppe nach Abschluss der Unterrichtseinheiten einen dafür explizit entwickelten Reflexionsbogen (siehe Anhang C). Die Lernenden sollen darin ihre persönliche Einschätzung mit dem Umgang der digitalen Lernplattform dokumentieren. Hierbei sollen Aspekte wie Verständnis, Motivation und der wahrgenommene Lerneffekt in Zusammenhang mit Minecraft Education in den Unterrichtseinheiten erfasst werden. Der Grund für die qualitative Ergänzung ist, dass Kompetenzveränderungen bei Schüler:innen im Unterricht nicht ausschließlich über standardisierte Tests erklärbar sind (vgl. Slattery, et al., 2024; McCashin et al., 2019). Die erhobenen Daten wurden systematisch erfasst und anschließend mithilfe des Statistikprogramms JASP und des Tabellenkalkulationsprogramms Microsoft Excel ausgewertet. Zur genaueren Nachvollziehbarkeit sind der Vorher-Nachher-Test, der Beobachtungsbogen und der Reflexionsbogen jeweils im Anhang beigelegt. Die Teilnahme an der vorliegenden Unterrichtsstudie erfolgte freiwillig und anonym. Aufgrund des jungen Alters der Schüler:innen war sie an eine schriftliche Einverständniserklärung der Erziehungsberechtigten gebunden.

5.3 Durchführung Interventionsgruppe

Der Ablauf der Unterrichtseinheiten erfolgte nach einem vorab durchdachten Schema. In der ersten Einheit wurde mithilfe eines Vorhertests das Vorwissen bei der Gruppen als Ausgangsmessung erhoben. Direkt im Anschluss daran folgte die erste Unterrichtssequenz zum räumlichen Vorstellungsvermögen. Sowohl die Interventions- als auch die Kontrollgruppe erhielten die Unterrichtseinheiten zu den einzelnen Teilkompetenzen der Raumvorstellung in derselben Reihenfolge. In der ersten Einheit wurde die Veranschaulichung, in der zweiten die räumliche Beziehung, in der dritten die Vorstellungsfähigkeit von Rotationen und in der vierten die räumliche Orientierung behandelt. Die Lernziele in den entsprechenden Einheiten waren in beiden Gruppen identisch. Der einzige Unterschied zeigte sich in der jeweiligen Lernumgebung. Die Interventionsgruppe erhielt die Unterrichtseinheiten mit Minecraft Education, die Kontrollgruppe erlernte die Teilbereiche in der herkömmlichen Unterrichtform. Um die Veränderungen messbar zu machen und mögliche Lernzuwächse festzustellen, wurde nach den vier Einheiten ein Nachher-Test durchgeführt.

Für die Interventionsgruppe wurde in Minecraft Education eine flache Welt erstellt und entsprechend vorbereitet. In dieser wurden zahlreiche Bauplattformen mit den Maßen 9x9x2 Blöcken und einer Baufläche von 5x5 Blöcken errichtet. Die rote Plattform kennzeichnet dabei die Vorzeigepattform, die grauen im Gegensatz dazu sind für die Schüler:innen vorgesehen (siehe Abbildungen 16 und 17).

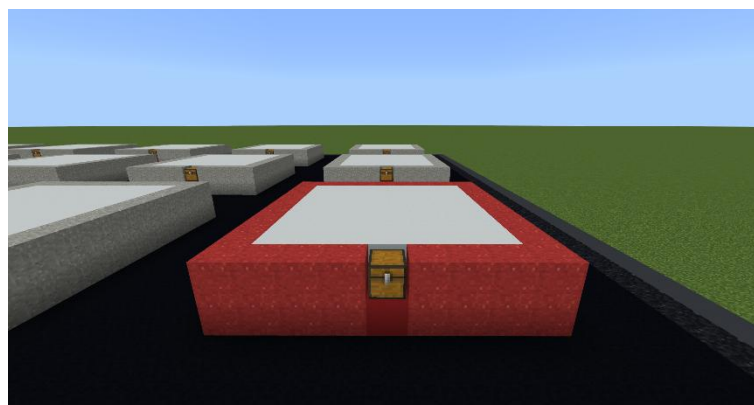


Abbildung 16 | Vorzeigepattform in Minecraft Education
(Quelle: Eigene Aufnahme)

In der Kiste befindet sich der entsprechende Block, der in der jeweiligen Unterrichtseinheit zum Bauen bestimmt ist.

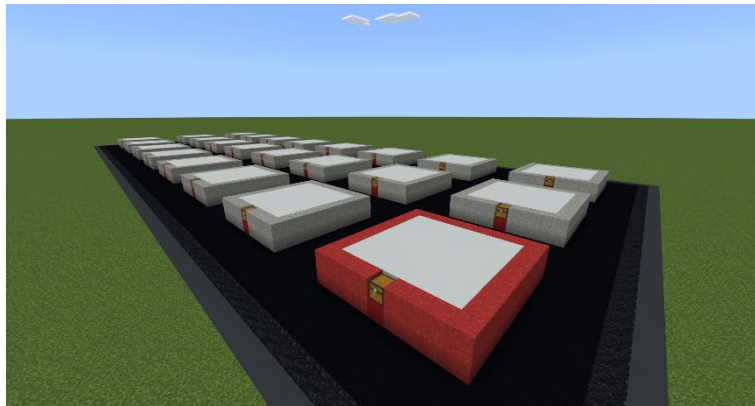


Abbildung 17 | Plattformen in Minecraft Education
(Quelle: Eigene Aufnahme)

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen somit nicht die Ergebnisse im Sinne des durchgeführten Vorher-Nachher-Tests, sondern den inhaltlichen Schwerpunkt der jeweiligen Einheit.

In der ersten Einheit wurde nach Durchführung des Vorher-Tests die Veranschaulichung im Plenum erarbeitet. Aufgrund der geringen Restzeit wurde Minecraft Education gemeinsam mit den Schüler:innen durch exploratives Entdecken erkundet, um die erste Teilkompetenz in der ersten Einheit zu fördern. In einer Klasse der Interventionsgruppe traten massive technische Probleme auf. Die Internetverbindung war zu Beginn nicht funktionsfähig, sodass nur wenige Schüler:innen die vorbereitete Minecraft Education Welt betreten konnten. Nach wiederholtem Ausprobieren konnte schließlich die Verbindung wiederhergestellt werden. In der Folge verkürzte sich der Lerninhalt zur ersten Teilkompetenz in dieser Gruppe.

Die erste Aufgabe bestand darin, einen Würfel mit einer Kantenlänge von drei Blöcken zu bauen. Die Abbildung 18 veranschaulicht die Ausgangsvorgabe der Lehrperson und zeigt einige Bauwerke der Schüler:innen. Da das Ergebnis unmittelbar sichtbar wurde, konnten die Lernenden ihre Resultate sofort sehen. Anschließend sollten sie mit ihrem Sitznachbarn darüber diskutieren, wie diese Figur am besten beschrieben werden kann. Fortgeschrittene Schüler:innen durften nach Zustimmung der Lehrkraft einen Quader bauen und diesen ebenfalls mit ihrem Sitznachbarn besprechen.



Abbildung 18 | Veranschaulichung in Minecraft Education. Klasse 2a
(Quelle: Eigene Aufnahme)

In der zweiten Unterrichtseinheit stand die Erarbeitung von räumlichen Beziehungen im Mittelpunkt. Die Schüler:innen lernten, ein Bauwerk aus diversen Blickrichtungen zu betrachten und den Perspektivenwechsel zwischen Grund-, Auf- und Seitenriss umzusetzen. Zunächst durfte jede:r Schüler:in ein beliebiges Kunstwerk mit maximal fünf beliebigen Blöcken bauen. Im Anschluss daran fertigten die Schüler:innen jeweils einen Screenshot vom Grund-, Auf- und Seitenriss ihres Objektes an. Die Schüler:innen fügten die Screenshots nebeneinander im Textverarbeitungsprogramm Word ein und zeigten sie ihrem jeweiligen Sitznachbarn. Nun sollten die Lernenden das Bauwerk hinter der grünen Wand anhand der Screenshots nachbauen. Nach erfolgreicher Bauphase erfolgte eine Überprüfung der Ergebnisse auf Richtigkeit. In Abbildung 19 sind die Plattformen im Grundriss dargestellt. Die hellgrüne Strecke kennzeichnet dabei die Sichtschutzwand zu den anderen Plattformen.



Abbildung 19 | Räumliche Beziehung in Minecraft Education. Klasse 2a
(Quelle: Eigene Aufnahme)

In der dritten Einheit wurde die Vorstellungsfähigkeit von Rotationen erarbeitet. Zu diesem Zweck wurde zunächst der Begriff *Rotation* eingeführt. Die in Abbildung 20, 21 und 22 dargestellten Screenshots zeigen die Figur der Lehrperson sowie die drei darauffolgenden Aufgabenschritte. In dieser Einheit erhielt jede:r Schüler:in insgesamt drei Bauplattformen, um diese Aufgabe zu bewältigen. Nach Erarbeitung des Begriffs *Rotation* bekamen die Lernenden Zeit, ein einfaches Bauwerk zu bauen. Im zweiten Schritt sollten die Schüler:innen das soeben gebaute Objekt erneut bauen, allerdings unter der Bedingung, es um 90° nach rechts zu drehen. Im letzten Schritt sollten die Lernenden das ursprüngliche Objekt auf der ersten Plattform um 90° nach vorne kippen. In dieser Lerneinheit lag der Fokus auf der Betrachtung des Objekts aus verschiedenen Blickwinkeln in der digitalen Lernumgebung.

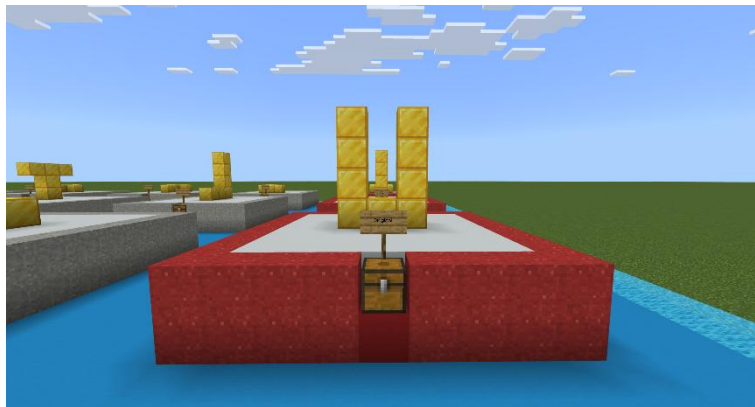


Abbildung 20 | Mentale Rotation in Minecraft Education 1
(Quelle: Eigene Aufnahme)

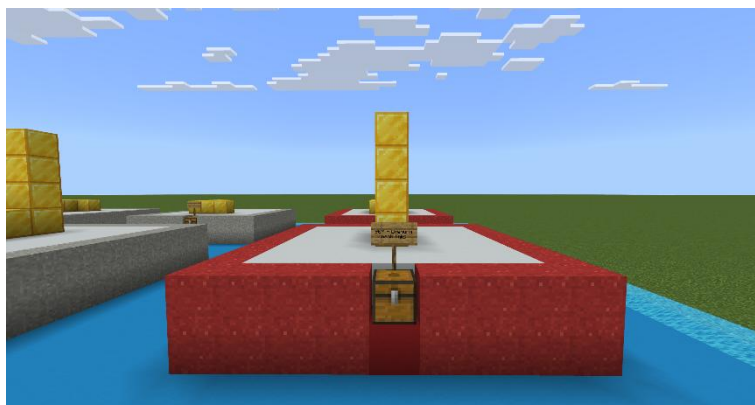


Abbildung 21 | Mentale Rotation in Minecraft Education 2
(Quelle: Eigene Aufnahme)

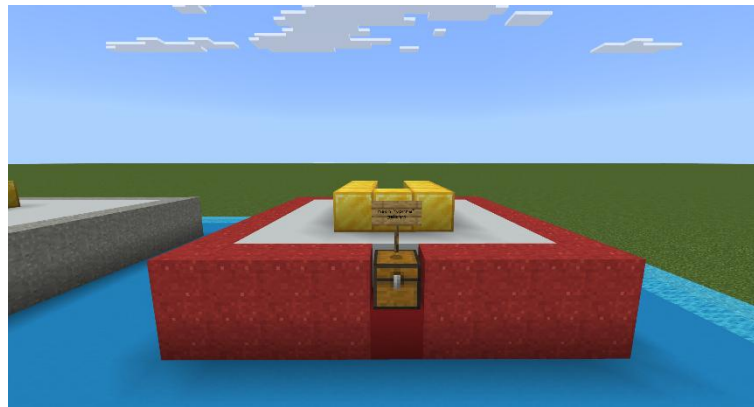


Abbildung 22 | Mentale Rotation in Minecraft Education 3
(Quelle: Eigene Aufnahme)

In der letzten Unterrichtseinheit wurde die räumliche Orientierung der Schüler:innen gefördert. Zunächst wurde das dreidimensionale Koordinatensystem von Minecraft Education besprochen und gemeinsam im Plenum erarbeitet. Anschließend setzten die Lernenden ihr gewonnenes Wissen in der digitalen Lernumgebung um. Abbildung 23 zeigt einen Screenshot des kartesischen Koordinatensystems innerhalb der digitalen Lernumgebung. Es befindet sich in der linken oberen Hälfte der digitalen Lernumgebung. Die Schüler:innen stellten einander Fragen und navigierten zu unterschiedlichen Positionen. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die Reihenfolge der Koordinatenachsen zwar der bekannten Reihenfolge (x,y,z) entspricht, wobei in Minecraft Education die mittlere Koordinate die Höhe kennzeichnet.

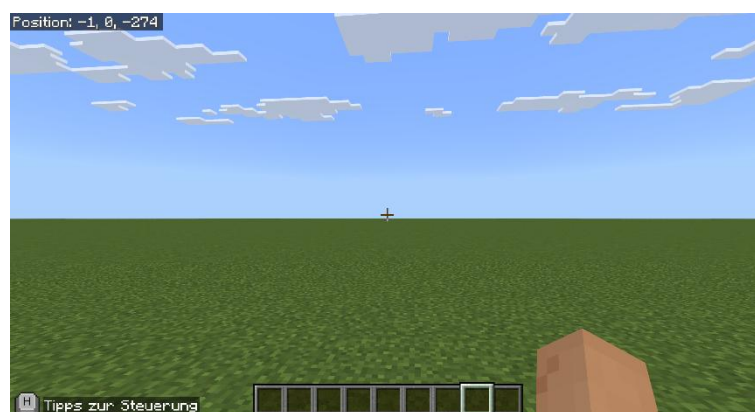


Abbildung 23 | Räumliche Orientierung in Minecraft Education
(Quelle: Eigene Aufnahme)

Aufgrund der Durchführung des Nachher-Tests sowie das Ausfüllen eines Reflexionsbogens verkürzte sich die Erarbeitungsphase der letzten Unterrichtseinheit.

Mithilfe der Reflexionsbögen sollen die Einschätzungen der Schüler:innen im Umgang mit der digitalen Lernumgebung im schulischen Kontext erfasst werden. Während der Einheiten wurden auffällige Beobachtungen sowie die verschiedenen Strategien der Schüler:innen mithilfe eines Beobachtungsbogens festgehalten, um den Lernprozess zu dokumentieren.

5.4 Statistische Auswertungen und Ergebnisse

Die erhobenen Datensätze wurden einer systematischen Aufbereitung unterzogen und im Tabellenkalkulationsprogramm Microsoft Excel zusammengefasst. Die Datenaufbereitung umfasste dabei nicht nur die Ergebnisse des Vorher-Nachher-Tests, sondern auch die Einträge aus den Beobachtungsbögen sowie die Einträge aus den Reflexionsbögen. Im Tabellenkalkulationsprogramm wurden schließlich die jeweiligen Daten kodiert, bereinigt und in auswertbare Zahlen überführt. Die Ergebnisse wurden anschließend in das Statistikprogramm JASP hochgeladen und in Form von deskriptiven Kennzahlen dargestellt. Die jeweiligen Berechnungen wurden unter Verwendung von JASP (Version 0.95.4) und Microsoft Excel (Version 2601) durchgeführt.

5.4.1 Deskriptive Statistik der Vorher-Nachher-Tests

Für die Auswertung des Vorher-Nachher-Tests standen in der Interventions- sowie in der Kontrollgruppe jeweils 26 gültige Testbögen zur Verfügung. Insgesamt umfasste der eingesetzte Vorher-Nachher-Test acht Aufgaben. Bei richtiger Beantwortung einer Aufgabe wird ein Punkt vergeben, bei falscher Lösung null Punkte. Für jede der vier Teilkompetenzen der Raumvorstellung wurden zwei Aufgaben entwickelt. Aus diesem Grund konnte jede:r Schüler:in beim Vorher-Nachher-Test in Summe acht Punkte erzielen. Die dargestellten Ergebnisse beider Tests werden aus den errechneten Mittelwerten der jeweiligen Teilkompetenzen der Raumvorstellung ermittelt. Die Berechnung der Mittelwerte der einzelnen Teilkompetenzen ergibt ein Intervall zwischen 0 und 2 Punkte. Die Berechnung des Zuwachses erfolgt durch Subtraktion der Ergebnisse des Nachher-Tests von denen des Vorher-Tests. Für die Vergleiche der Vorher-Nachher-Tests innerhalb und zwischen Interventions- und Kontrollgruppe wird zudem der absolute Zuwachs der Ergebnisse betrachtet.

Tabelle 1

Ergebnisse des Vorher-Nachher-Tests in der Interventionsgruppe

Kompetenz	Vorher	Nachher	Zuwachs
Veranschaulichung	+ 0,9615	+ 1,0000	+ 0,0385
Räumliche Beziehungen	+ 1,0000	+ 1,2308	+ 0,2308
Mentale Rotation	+ 0,7308	+ 1,1154	+ 0,3846
Räumliche Orientierung	+ 0,5769	+ 1,0000	+ 0,4231
Summe	+ 3,2692	+ 4,3462	+ 1,0770

Anmerkung. Interventionsgruppe (n = 26). Vorher = Vorher-Tests. Nachher = Nachher-Tests.

Die Ergebnisse der Interventionsgruppe zeigen einen durchgängig positiven Lernzuwachs in allen erhobenen Teilkompetenzen der Raumvorstellung. Bei der Auswertung der ersten Teilkompetenz des räumlichen Denkens, der Veranschaulichung, wurde im Vorher-Test ein Mittelwert von 0,9615 Punkten ermittelt. Im Nachher-Test stieg dieser Wert auf 1,0000 Punkte an. Dies entspricht somit einem positiven Zuwachs von 0,0385 Punkten. Im Bereich der räumlichen Beziehungen wurde ein Mittelwert von 1,0000 Punkten erzielt. Der Nachher-Test wies einen höheren Mittelwert von 1,2308 Punkten auf. Der Leistungszuwachs in diesem Bereich betrug somit 0,2308 Punkte. Die Interventionsgruppe erzielte im Bereich der mentalen Rotation einen Mittelwert von 0,7308 Punkten im Vorher-Test und 1,1154 Punkten im Nachher-Test. Die Vorstellungsfähigkeit von Rotationen ist somit um durchschnittlich 0,3846 Punkte angestiegen. Den größten Lernzuwachs erzielte die Interventionsgruppe im Bereich der räumlichen Orientierung. Der Mittelwert des Vorher-Tests stieg hier von 0,5769 Punkten auf 1,0000 Punkte im Nachher-Test. Dies entspricht einer Zunahme in der räumlichen Orientierung von 0,4231 Punkten.

Um die einzelnen Teilkompetenzen in Bezug auf den gesamten Vorher-Nachher-Test der Interventionsgruppe einzuordnen, wurden die Werte aller Teilkompetenzen addiert und dann miteinander verglichen. Dadurch ergab sich ein Gesamtmittelwert im Bereich von 0 bis 8 Punkten. Der Gesamtmittelwert der Interventionsgruppe im Vorher-Test beträgt 3,2692 Punkte. Beim Nachher-Test stieg dieser Wert auf 4,3462 Punkte an, was einem durchschnittlichen Gesamtzuwachs von 1,0770 Punkten entspricht. Die in Tabelle 1 sowie in Abbildung 24 präsentierten Ergebnisse zeigen den einzelnen Lernzuwachs in den Teilkompetenzen der Raumvorstellung des Vorher-Nachher-Tests der Interventionsgruppe in übersichtlicher Form.

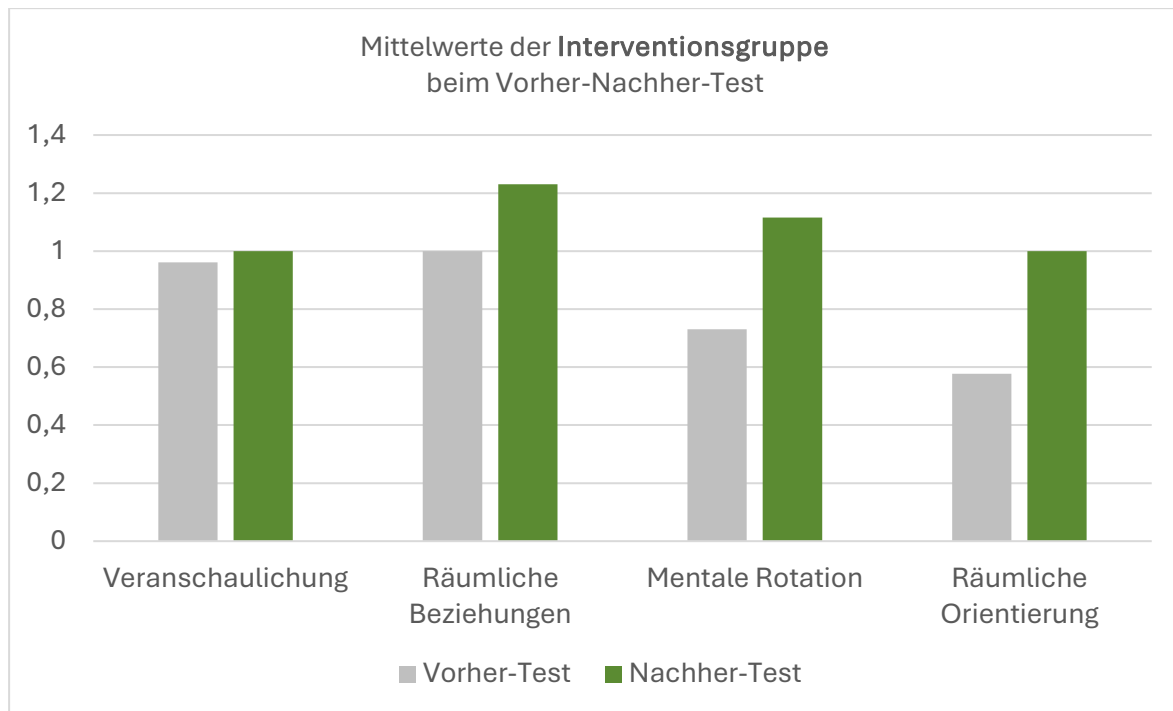


Abbildung 24 | Vergleich des Lernzuwachses der Interventionsgruppe mit $n = 26$

Werden die Ergebnisse des Vorher-Nachher-Tests der Kontrollgruppe betrachtet, so werden auch hier Veränderungen in den einzelnen Teilbereichen der Raumvorstellung sichtbar. Die nachfolgende Tabelle präsentiert die Mittelwerte der Vorher-Nachher-Tests der Kontrollgruppe (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2

Ergebnisse des Vorher-Nachher-Tests in der Kontrollgruppe

Kompetenz	Vorher	Nachher	Zuwachs
Veranschaulichung	+ 0,7308	+ 0,7692	+ 0,0385
Räumliche Beziehungen	+ 0,8846	+ 0,8462	– 0,0385
Mentale Rotation	+ 0,5385	+ 0,7692	+ 0,2308
Räumliche Orientierung	+ 0,3077	+ 0,5000	+ 0,1923
Summe	+ 2,4616	+ 2,8846	+ 0,4231

Anmerkung. Kontrollgruppe ($n = 26$). Vorher = Vorher-Tests. Nachher = Nachher-Tests.

Im Bereich der Veranschaulichung erreichte die Kontrollgruppe im Vorher-Test einen Mittelwert von 0,7308 Punkten und im Nachher-Test einen Mittelwert von 0,7692 Punkten. Dieser Wert entspricht einem Zuwachs von durchschnittlich 0,0385 Punkten. Bei der Teilkompetenz im Bereich der räumlichen Beziehungen hingegen sank der Mittelwert. Die Schüler:innen erzielten im Vorher-Test einen Mittelwert von 0,8846 Punkten und im Nachher-Test einen Mittelwert von 0,8462 Punkten. Daraus

ergibt sich eine Abnahme von 0,0385 Punkten. Im Bereich der mentalen Rotation wurde in der Kontrollgruppe im Vorher-Test ein Mittelwert von 0,5385 Punkten und im Nachher-Test ein Mittelwert von 0,7692 Punkten erreicht. Dieser Wert entspricht somit einem durchschnittlichen Zuwachs von 0,2308 Punkten. Bei der räumlichen Orientierung wurde im Vorher-Test ein Mittelwert von 0,3077 Punkten und im Nachher-Test ein Mittelwert von 0,5000 Punkten erzielt, was einem Zuwachs von 0,1923 Punkten entspricht. Bei der Kontrollgruppe zeigt sich in drei der vier Teilkompetenzen der Raumvorstellung ein Zuwachs. Diese sind die Veranschaulichung, die mentale Rotation sowie die räumliche Orientierung. Ein leichter Rückgang ist bei der räumlichen Beziehung zu verzeichnen.

Bei der Betrachtung des Gesamtmittelwerts ergibt sich für die Kontrollgruppe im Vorher-Test ein Durchschnitt von 2,4616 Punkten. Im Nachher-Test wurde ein Anstieg des Gesamtmittelwerts auf 2,8846 Punkte beobachtet. Dieser Wert entspricht somit einem durchschnittlichen Gesamtzuwachs von insgesamt 0,4231 Punkten. In der Abbildung 25 wird der Unterschied zwischen dem Ausgangswert und dem Endwert der jeweiligen Teilkompetenzen der Raumvorstellung der Kontrollgruppe veranschaulicht.

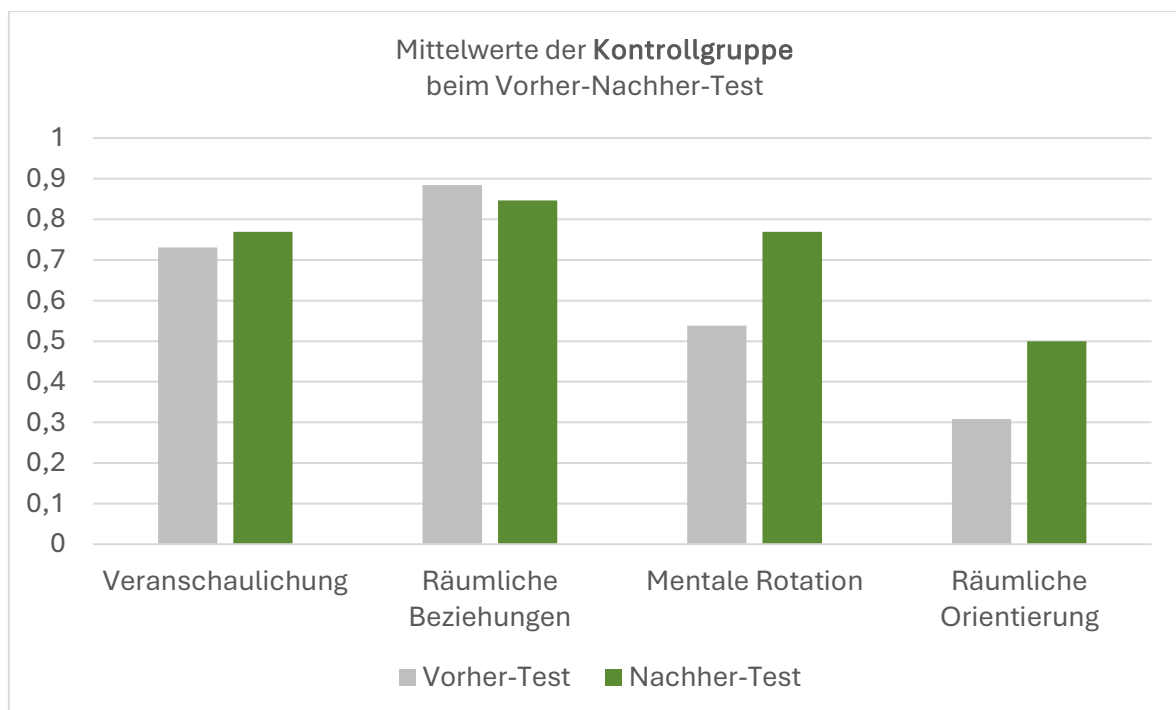


Abbildung 25 | Vergleich des Lernzuwachses der Kontrollgruppe mit n = 26

Zur besseren Übersicht wird die Interventionsgruppe mit dem Buchstaben A und die Kontrollgruppe mit dem Buchstaben B abgekürzt.

Ein direkter Vergleich der Mittelwerte der Interventions- mit denen der Kontrollgruppe verdeutlicht die Unterschiede und macht die Zuwächse sichtbar. Im Bereich der Veranschaulichung erzielten beide Gruppen den exakt identischen Wert. Beide Gruppen verzeichneten einen durchschnittlichen Zuwachs von 0,0385 Punkten (Tabelle 3. A: + 0,0385; B: + 0,0385). In den übrigen Teilkompetenzen der Raumvorstellung konnte eine höhere Zunahme der Interventionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe festgestellt werden. Die Differenz der durchschnittlichen Zuwächse zwischen der Interventions- und der Kontrollgruppe im Bereich der räumlichen Beziehungen beträgt 0,2693 Punkte (Tabelle 3. A: + 0,2308; B: – 0,0385). Der Unterschied im Bereich der mentalen Rotation zwischen den beiden Gruppen beläuft sich auf insgesamt 0,1538 Punkte (Tabelle 3. A: + 0,3846; B: + 0,2308). Der größte Unterschied zeigt sich im Bereich der räumlichen Orientierung. Die Interventionsgruppe erzielte einen Mittelwert von 0,4231 Punkten, während die Kontrollgruppe einen Mittelwert von 0,1923 Punkten erzielte. Es zeigt sich somit eine Differenz von 0,2308 Punkten (Tabelle 3. A: + 0,4231; B: + 0,1923).

Tabelle 3

Direkter Vergleich der Vorher-Nachher-Testergebnisse

Kompetenz	Zuwachs A	Zuwachs B	Differenz
Veranschaulichung	+ 0,0385	+ 0,0385	± 0,0000
Räumliche Beziehungen	+ 0,2308	– 0,0385	+ 0,2693
Mentale Rotation	+ 0,3846	+ 0,2308	+ 0,1538
Räumliche Orientierung	+ 0,4231	+ 0,1923	+ 0,2308
Summe	+ 1,0770	+ 0,4231	+ 0,6539

Anmerkung. A = Interventionsgruppe. B = Kontrollgruppe. Differenz = Zuwachs von A minus Zuwachs von B.

Die räumliche Orientierung verzeichnet somit den größten absoluten Zuwachs in beiden Gruppen, während die räumliche Beziehung den stärksten allgemeinen Zuwachs aufweist. Die Betrachtung der Gesamtmittelwerte beider Gruppen ergibt ebenfalls Unterschiede. Die Interventionsgruppe zeigte im gesamten Vorher-Nachher-Test einen Zuwachs von durchschnittlich 1,0770 Punkten auf, während die Kontrollgruppe lediglich einen Zuwachs von 0,4231 Punkten verzeichnete. Mit einem Unterschied von insgesamt 0,6539 Punkten ist der durchschnittliche Lernzuwachs der Interventionsgruppe höher als der der Kontrollgruppe (siehe Tabelle 3).

5.4.2 Ergebnisse des Vorher-Nachher-Tests

Um eine Veränderung des räumlichen Vorstellungsvermögens bei den Schüler:innen feststellen zu können, wurde eine inferenzstatistische Auswertung der Zuwächse zwischen Interventions- und Kontrollgruppe durchgeführt. Mithilfe der inferenzstatistischen Auswertung soll die Signifikanz einer potenziellen Wirksamkeit von Minecraft Education als digitale Lernumgebung ermittelt werden. Die Werte des Vorher-Nachher-Tests pro Schüler:in in den vier Teilkompetenzen der Raumvorstellung dienen dabei als Grundlage. Da die Lernenden pro Kompetenz höchstens zwei Punkte erreichen konnten, weist diese Skala einen geringen Wertebereich auf und ist somit diskret. Aus diesem Grund wurden für die inferenzstatistische Auswertung zwei nicht-parametrische Verfahren eingesetzt. Zur Analyse der Ergebnisse des Vorher-Nachher-Tests innerhalb der Gruppe wurde der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test eingesetzt (Bortz & Schuster, 2010, S. 133-135; 600), während zur Analyse der Differenzwerte beim direkten Gruppenvergleich der Mann-Whitney-U-Test Anwendung fand (Bortz & Schuster, 2010, S. 130-133; 597-600). Im Anschluss wurden alle Werte mithilfe des Statistikprogramms JASP ermittelt und mithilfe der in Bortz und Schuster (2010) beschriebenen Vorgehensweise in Microsoft Excel rechnerisch überprüft (2010, S. 130-135; 597-600). Bei beiden Testmethoden wurde für die Bestimmung der Signifikanz ein konventionelles Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ gewählt (Bortz & Schuster, 2010, S. 101). Im Anhang E und im Anhang F befindet sich jeweils eine Darstellung der mittels JASP durchgeführten Berechnungen.

Für die folgende Analyse standen jeweils 26 gültige Datensätze des Vorher-Nachher-Tests der Interventions- und der Kontrollgruppe zur Verfügung. Im ersten Schritt wurden die Veränderungen der einzelnen Teilkompetenzen mittels Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test innerhalb der Gruppen analysiert.

In der Interventionsgruppe zeigte sich bei der Veranschaulichung keine statistisch bedeutsame Veränderung zwischen den Werten des Vorher- und Nachher-Tests. Obwohl der Mittelwert des Vorher-Tests von 0,9615 Punkten auf 1,0000 Punkte im Nachher-Test anstieg, zeigte der Wilcoxon-Test keine Signifikanz ($W = 36.0000$; $z = -0,2353$; $p = .8296$; $r = .0461$). Bei den räumlichen Beziehungen konnte zwar ein deutlicher Anstieg in der Interventionsgruppe beobachtet werden, jedoch war dieser aus inferenzstatistischer Sicht nicht signifikant ($W = 11.0000$; $z = -1,618$;

$p = .0658$; $r = .3298$). Ein signifikanter Unterschied beim Vorher-Nachher-Test zeigte sich bei der mentalen Rotation in der Interventionsgruppe. Hierbei erhöhte sich der Mittelwert des Vorher-Tests von 0,7308 Punkten auf 1,1154 Punkte beim Nachher-Test. Dieser signifikante Unterschied vom Vorher-Messwert zum Nachher-Messwert wird auch durch den Wilcoxon-Test bestätigt ($W = 5.5000$; $z = -2,4450$; $p = .0087$; $r = .4795$). Ebenfalls eine signifikante Verbesserung konnte im Bereich der räumlichen Orientierung festgestellt werden. Der Mittelwert stieg von 0,5769 Punkte auf 1,0000 Punkte ($W = 24.0000$; $z = -2,2752$; $p = .0126$; $r = .4462$). Die einzelnen Ergebnisse des Wilcoxon-Tests für die Interventionsgruppe sind in der nachfolgenden Tabelle (Tabelle 4) dargestellt.

Tabelle 4

Ergebnisse des Wilcoxon-Tests der Interventionsgruppe

Kompetenz	W	z	p	r
Veranschaulichung	36,0000	– 0,2353	.8269	.0461
Räumliche Beziehung	11,0000	– 1,6818	.0658	.3298
Mentale Rotation	5,5000	– 2,4450	.0087	.4795
Räumliche Orientierung	24,0000	– 2,2752	.0126	.4462

Anmerkung. Wilcoxon-Test. Werte der Interventionsgruppe mit $r = \frac{|z|}{\sqrt{n}}$ und $n = 26$.

Die gruppeninternen Untersuchungen der Kontrollgruppe zeigte hingegen in keiner Teilkompetenz einen signifikanten Vorher-Nachher-Unterschied. Im Bereich der Veranschaulichung erhöhte sich der Mittelwert zwar von 0,7308 Punkten auf 0,7692 Punkte. Durch den Wilcoxon-Test konnte jedoch keine signifikante Veränderung nachgewiesen werden ($W = 25.0000$; $z = -0,2548$; $p = .8244$; $r = .05$). Bei der räumlichen Beziehung sank der Mittelwert von 0,8846 Punkten auf 0,8462 Punkte. Auch hier konnte durch den Wilcoxon-Test keine signifikante Ausprägung in der Kontrollgruppe festgestellt werden ($W = 25.0000$; $z = 0,2962$; $p = .7897$; $r = .0581$). Bei der mentalen Rotation wurde ein Anstieg des Mittelwerts von 0,5385 Punkten auf 0,7692 Punkte beobachtet. Der Wilcoxon-Test ergab keinen signifikanten Unterschied zum Vorher-Nachher-Vergleich ($W = 26.0000$; $z = -1,3628$; $p = .1439$; $r = .2673$). Im Bereich der räumlichen Orientierung wurde ein Anstieg des Mittelwerts von 0,3077 Punkten auf 0,5000 Punkte beobachtet. Aus inferenzstatistischer Sicht konnte jedoch kein signifikanter Unterschied festgestellt werden ($W = 18.0000$; $z = -1,3337$; $p = .1450$; $r = .2616$). Die durch den Wilcoxon-Test ermittelten Werte der Kontrollgruppe sind in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5

Ergebnisse des Wilcoxon-Tests der Kontrollgruppe

Kompetenz	W	z	p	r
Veranschaulichung	25,0000	– 0,2548	.8244	.05
Räumliche Beziehung	25,0000	0,2962	.7897	.0581
Mentale Rotation	26,0000	– 1,3628	.1439	.2673
Räumliche Orientierung	18,0000	– 1,3337	.1450	.2616

Anmerkung. Wilcoxon-Test. Werte der Kontrollgruppe mit $r = \frac{|z|}{\sqrt{n}}$ und $n = 26$.

Für die Beantwortung der Forschungsfrage nach einer potenziellen Verbesserung der Raumvorstellung durch den Einsatz von Minecraft Education im Mathematikunterricht der Sekundarstufe 1 ist der Vergleich der Zuwächse in den beiden Gruppen ebenfalls von entscheidender Bedeutung. Dabei soll geprüft werden, ob die Differenzwerte der Zuwächse der Interventionsgruppe höher ausfallen als die der Kontrollgruppe. Zu diesem Zweck wurde für jede Teilkompetenz der nicht-parametrische Mann-Whitney-U-Test pro Teilkompetenz durchgeführt.

Beim direkten Gruppenvergleich konnte bei der Teilkompetenz der Veranschaulichung kein signifikanter Unterschied festgestellt werden ($U = 337,5000$; $p = 1,0000$). Sowohl die Interventions- als auch die Kontrollgruppe erreichten exakt denselben mittleren Zuwachs von 0,0385 Punkten auf. In der Interventionsgruppe wurde eine Standardabweichung von $SD = 0,7736$ ermittelt, während die Kontrollgruppe eine Abweichung von $SD = 0,7200$ aufwies. Im Bereich der räumlichen Beziehungen verzeichnete die Interventionsgruppe einen mittleren Zuwachs von 0,2308 Punkten mit einer Standardabweichung von $SD = 0,5870$. Die Kontrollgruppe hingegen wies bei der räumlichen Beziehung eine Abnahme von 0,0385 Punkten mit einer Standardabweichung von $SD = 0,5987$ auf. Obwohl die räumliche Orientierung in beiden Gruppen den größten absoluten Zuwachs aufwies, konnte inferenzstatistisch keine Signifikanz festgestellt werden ($U = 413,0000$; $p = .1105$). Bei der mentalen Rotation fiel der Zuwachs des Mittelwerts in der Interventionsgruppe von 0,3846 Punkten mit einer Standardabweichung von $SD = 0,6373$ höher aus als der Zuwachs in der Kontrollgruppe. Die Kontrollgruppe erreichte dabei einen Mittelwert von 0,2308 Punkten und eine Standardabweichung von $SD = 0,7646$. Der Mann-Whitney-U-Test zeigte auch in diesem Fall keinen signifikanten Unterschied ($U = 374,0000$; $p = .4699$). Den größten allgemeinen Zuwachs erzielte die Interventionsgruppe im Bereich der räumlichen Orientierung. Hier wurde für die Interventionsgruppe ein Mittelwert von

0,4231 Punkten mit einer Standardabweichung von $SD = 0,7575$ berechnet, während die Kontrollgruppe einen Mittelwert von 0,1923 Punkten erreichte, was eine Standardabweichung von $SD = 0,6337$ ergibt. Es konnte auch beim letzten Gruppenvergleich im Bereich der räumlichen Orientierung keine signifikanten Unterschiede durch den Mann-Whitney-U-Test festgestellt werden ($U = 399,5000$; $p = .2206$). In der nachfolgenden Tabelle (Tabelle 6) werden die Werte des Mann-Whitney-U-Tests zusammenfasst.

Tabelle 6*Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests*

Kompetenz	Gruppe	Differenz	SD	p
Veranschaulichung	Interventionsgruppe	+ 0,0385	0,7736	1,0000
	Kontrollgruppe	+ 0,0385	0,7200	
Räumliche Beziehung	Interventionsgruppe	+ 0,2308	0,5870	.1105
	Kontrollgruppe	– 0,0385	0,5987	
Mentale Rotation	Interventionsgruppe	+ 0,3846	0,6373	.4699
	Kontrollgruppe	+ 0,2308	0,7646	
Räumliche Orientierung	Interventionsgruppe	+ 0,4231	0,4231	.2206
	Kontrollgruppe	+ 0,1923	0,1243	

Anmerkung. Mann-Whitney-U-Test. Interventionsgruppe $n = 26$ und Kontrollgruppe $n = 26$

Zur Veranschaulichung werden in der nachfolgenden Abbildung 26 die Ergebnisse von Tabelle 6 nach dem Mann-Whitney-U-Test grafisch dargestellt. Dabei werden die Differenzwerte des Vorher-Nachher-Tests jeder Teilkompetenz sowohl von der Interventions- als auch von der Kontrollgruppe visualisiert.

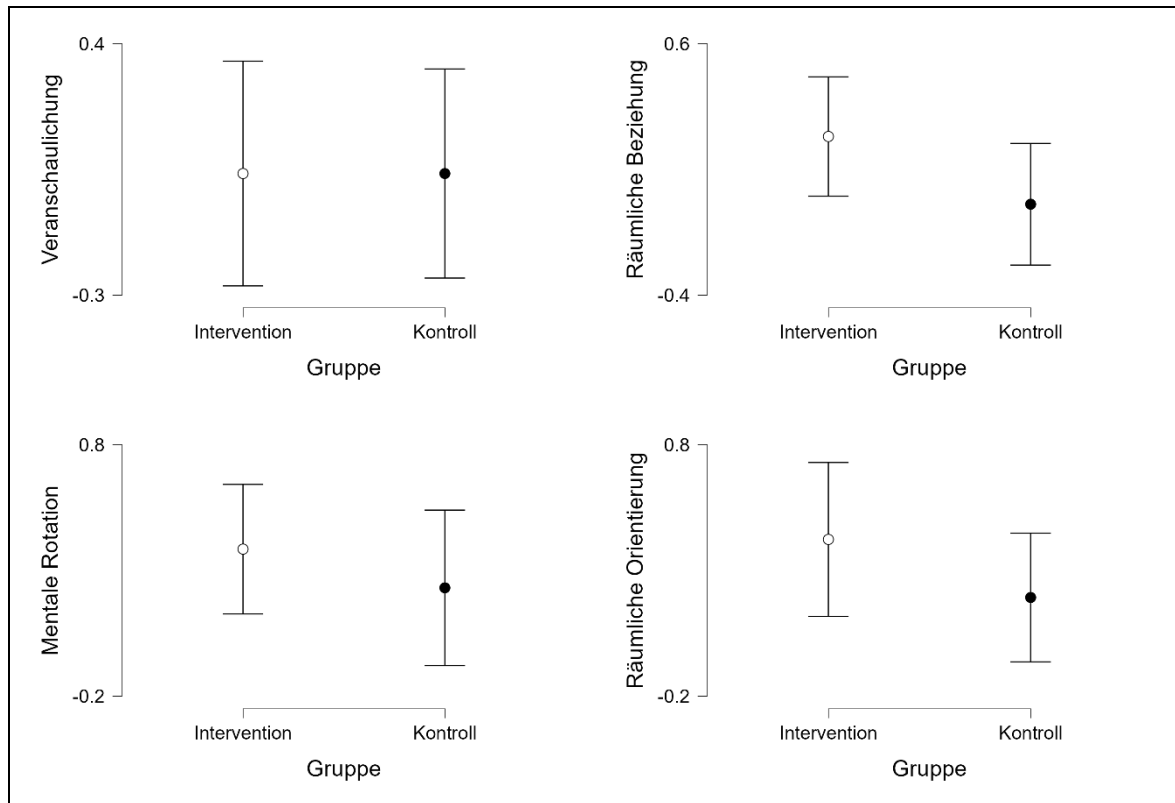


Abbildung 26 | Darstellung der Werte nach dem Mann-Whitney-U-Test mit einem 95%-Konfidenzintervall

Die Interventionsgruppe zeigte somit innerhalb der Gruppe eine signifikante Verbesserung im Bereich der mentalen Rotation und der räumlichen Orientierung. In der Kontrollgruppe konnte dagegen in keinem der Teilbereiche ein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Die Analyse der Lernzuwächse zwischen den Gruppen ergab, dass sich in keinem Teilbereich der Raumvorstellung statistisch signifikante Unterschiede nachweisen lassen. Der Grund hierfür ist, dass alle p-Werte größer als das Signifikanzniveau ($p > 0,05$) sind.

5.4.3 Auswertung Beobachtungsbögen der Interventionsgruppe

In zahlreichen Studien wurde bereits darauf hingewiesen, dass die Ergebnisse standardisierter Tests zum Einsatz von Minecraft Education im Bildungskontext hinsichtlich der Raumvorstellung nicht allein aussagekräftig sind (vgl. Slattery, et al., 2024; McCashin et al., 2019). Daher wurden in der Interventionsgruppe ergänzend Beobachtungsbögen eingesetzt, um die Leistungen der Schüler:innen zu erfassen. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden 26 gültige Beobachtungsbögen erfasst und ausgewertet. Bei den Beobachtungen wurde der Fokus auf die Bereiche des räumlichen Denkens, des Problemlöseverhaltens und des Arbeitsverhaltens gelegt.

Diese drei Bereiche wurden noch einmal in vier Unterbereiche gegliedert. Der Beobachtungsbogen ist im Anhang B zu finden.

Der erste Bereich umfasste dabei das räumliche Denken. Insgesamt gelang es 21 der 26 Schüler:innen, die räumliche Lage der Blöcke in Minecraft Education korrekt zu erfassen. Bei den übrigen fünf Schüler:innen konnte diese Beobachtung nur teilweise festgestellt werden. Beim räumlichen Denken wurde ebenfalls ein Fokus auf die Nutzung eines gezielten Perspektivenwechsels gelegt. In diesem Kontext wendeten 21 der 26 Schüler:innen einen Perspektivenwechsel gezielt an, um sich innerhalb der digitalen Lernumgebung zu orientieren und Interaktionen durchzuführen. Bei den übrigen fünf Schüler:innen konnte dies hingegen nur bedingt beobachtet werden. Das Erfassen von Strukturen, wie beispielsweise Symmetrie oder Anzahl der Ebenen, konnten 19 Schüler:innen korrekt anwenden. Die übrigen sieben Schüler:innen hatten dabei leichte Schwierigkeiten und daher konnte dies nur teilweise bei ihnen festgestellt werden. Beim letzten Unterpunkt des räumlichen Denkens lag der Fokus auf der groben Erfassung von Abständen, Größen oder Mengen. Dabei wurde beobachtet, dass 17 Schüler:innen die Abstände richtig einschätzten, während sieben Schüler:innen diese Einschätzung nur teilweise gelang und zwei Lernende die Abstände gar nicht einschätzen konnten. In der nachstehenden Tabelle (siehe Tabelle 7) werden sämtliche Werte des ersten Bereichs in übersichtlicher Form dargestellt.

Tabelle 7

Auswertung der Beobachtungsbögen. Bereich räumliches Denken

Beschreibung	Ja	Teilweise	Nein
Erfasst Raumlagen von Blöcken korrekt	21	5	0
Nutzt Perspektivenwechsel gezielt	21	5	0
Erfasst die Struktur des Models korrekt	19	7	0
Kann Abstände, Größen oder Mengen ...	17	7	2

Anmerkung. Erster Bereich des Beobachtungsbogens. Räumliches Denken. (n = 26)

Deutliche Unterschiede wurden hingegen im zweiten Bereich, dem Problemlöseverhalten, festgestellt. Hierbei konnte beobachtet werden, dass 12 der insgesamt 26 Schüler:innen ihre Konstruktionen vor dem Bauen planten. Bei acht Schüler:innen fiel diese Planung nur teilweise aus, während die übrigen sechs Schüler:innen ohne Planung in die Bauphase starteten. Demgegenüber wurde das schrittweise Bauen von 19 Schüler:innen bewusst durchgeführt. Bei vier Schüler:innen konnte diese

Beobachtung nur teilweise festgestellt werden und bei drei Schüler:innen war ein schrittweises Bauen nicht zu beobachten. Darüber hinaus zeigten 19 Schüler:innen eine positive Reaktion auf Hinweise zu Fehlern, wie beispielsweise einer falschen Vorgehensweise beim Bauen. Die übrigen sieben Schüler:innen hingegen wiesen ein neutrales Verhalten auf. Der letzte Punkt im Bereich des Problemlöseverhaltens bezog sich auf eine Anpassung der Strategien im Falle von Schwierigkeiten. Bei 19 von 26 beobachteten Schüler:innen kam es zu einer Anpassung der Strategien nach aufgetretenen Schwierigkeiten, nachdem die Schüler:innen darauf aufmerksam gemacht wurden. Sechs der Teilnehmer:innen haben ihre Strategien nur teilweise geändert und bei einem Lernenden konnte keine Veränderung der Strategie bei Herausforderungen festgestellt werden. Eine Übersicht zur Auswertung des Problemlöseverhaltens ist in der nachstehenden Tabelle 8 dargestellt.

Tabelle 8

Auswertung der Beobachtungsbögen. Bereich Problemlöseverhalten

Beschreibung	Ja	Teilweise	Nein
Plant vor dem Bauen	12	8	6
Baut bewusst Schritt für Schritt	19	4	3
Reagiert konstruktiv auf Fehler	19	7	0
Ändert Strategie bei Schwierigkeiten	19	6	1

Anmerkung. Zweiter Bereich des Beobachtungsbogens. Problemlöseverhalten (n = 26)

Der letzte Bereich des Beobachtungsbogens umfasste das Arbeitsverhalten der Lernenden während der durchgeführten Unterrichtsstunden mit der digitalen Lernumgebung Minecraft Education. Dabei konnte beobachtet werden, dass mehr als die Hälfte der Schüler:innen, nämlich 18 der 26 Schüler:innen, in der digitalen Lernumgebung konzentriert arbeiteten, ohne sich dabei ablenken zu lassen. Bei vier der Teilnehmer:innen konnte diese Beobachtung nur teilweise festgehalten werden. Die übrigen vier Schüler:innen hatten Schwierigkeiten, sich in der digitalen Lernumgebung zu konzentrieren. Im Gegensatz dazu wurde jedoch ein hoher Anteil an selbstständigem Arbeiten in Minecraft Education beobachtet. In diesem Kontext arbeiteten daher insgesamt 20 der 26 Schüler:innen selbstständig, während dies bei sechs nur teilweise der Fall war. Der hohe Anteil der Selbstständigkeit spiegelt sich auch im nächsten Unterbereich wider. Dabei wurde bei 19 Schüler:innen vermerkt, dass sie sich gezielt an die Lehrkraft oder an Mitschüler:innen wandten, um sich Unterstützung zu holen. Fünf der 26 beobachteten Lernenden zögerten

nachzufragen und zwei holten sich über den gesamten Zeitraum der Unterrichtseinheiten hinweg keine Hilfe. Im letzten Punkt des Beobachtungsbogens wurde der Fokus auf den zeitlichen Umgang bei der Bearbeitung von Aufgaben in Minecraft Education gelegt. Demnach wurden bei 22 Schüler:innen der vorgegebene zeitliche Rahmen eingehalten, während vier Lernende etwas länger gebraucht haben. Die Beobachtungsbögen zeigten außerdem, dass keine:r der Lernenden deutlich mehr Zeit benötigt hat. Die Ergebnisse des Arbeitsverhaltens des dritten und letzten Bereichs des Beobachtungsbogens sind in der nachfolgenden Tabelle 9 dargestellt.

Tabelle 9

Auswertung der Beobachtungsbögen. Bereich Arbeitsverhalten

Beschreibung	Ja	Teilweise	Nein
Arbeitet konzentriert und ohne Ablenkung	18	4	4
Arbeitet selbstständig	20	6	0
Holt sich bei Bedarf Hilfe	19	5	2
Bleibt im Zeitrahmen	22	4	0

Anmerkung. Dritter Bereich des Beobachtungsbogens. Arbeitsverhalten (n = 26)

Neben den festgehaltenen Beobachtungen der Schüler:innen wurden unter dem Bereich *Notizen / Besonderheiten (optional)* auf den Beobachtungsbögen Besonderheiten, wie beispielsweise kreative Vorgehensweisen bei der Verwendung von Minecraft Education im Unterricht, vermerkt. Bei einigen Schüler:innen konnten mehrfach kreative Lösungen oder die Entwicklung eigener Strategien festgestellt werden. Darüber hinaus wurde bei vielen Schüler:innen beobachtet, dass sie großen Wert auf Genauigkeit legten (*möchte es schön bauen*). Einige Schüler:innen zeichneten sich durch eine rasche und fokussierte Bearbeitung der Aufgabenstellung aus (*hatten sofort den Blick darauf*), während nur wenige Lernende Schwierigkeiten bei der Benutzung der digitalen Lernumgebung (*war unsicher bei der Benutzung*) hatten.

5.4.4 Auswertung Reflexionsbögen der Interventionsgruppe

In der letzten Unterrichtseinheit mit Minecraft Education und im Anschluss des Nachher-Tests, füllte die Interventionsgruppe zusätzlich einen Reflexionsbogen aus. Für die vorliegende Arbeit wurden die Reflexionsbögen anonymisiert ausgewertet und systematisch in Microsoft Excel für die Analyse vorbereitet. In diesem Fall wurden ebenfalls 26 gültige Reflexionsbögen von Schüler:innen erfasst. Der

vorliegende Reflexionsbogen wurde selbst erstellt und umfasst dabei sieben Fragen, die in Anhang C dargestellt sind. Bei der ersten Frage bestand die Möglichkeit, mehrere Antworten anzukreuzen. Bei den darauffolgenden fünf Fragen war nur eine Antwortmöglichkeit erlaubt und die letzte Frage war eine optional auszufüllende, offene Frage.

In der ersten Frage sollten die Schüler:innen ihre Vorgehensweise beim Bauen eines Objektes in Minecraft Education reflektieren. Diese Frage war zudem die einzige Frage des Reflexionsbogens, bei der die Schüler:innen eine Mehrfachauswahlmöglichkeit hatten. Insgesamt wählten 14 Schüler:innen bei dieser Frage die Option aus, das Modell vor dem Bauprozess genau angeschaut zu haben, bevor es von ihnen gebaut wurde. Acht Schüler:innen gaben im Reflexionsbogen an, dass sie eine Skizze oder einen Plan angefertigten. Im Gegensatz dazu entschieden sich 15 Schüler:innen gegen die Erstellung eines Plans und begannen unmittelbar mit dem Bau in der digitalen Lernumgebung. Auf die Frage, ob die Schüler:innen öfter die Perspektive gewechselt haben, kreuzten insgesamt vier Lernende diese Option an. Elf Schüler:innen gaben an, aus dem Gefühl heraus mit dem Bau begonnen zu haben, ohne sich zuvor Gedanken über das Bauwerk zu machen.

Um einen besseren Überblick über die Ergebnisse zu bekommen, wird die Auswertung der ersten Frage des Reflexionsbogens durch die Abbildung 27 unterstützt.

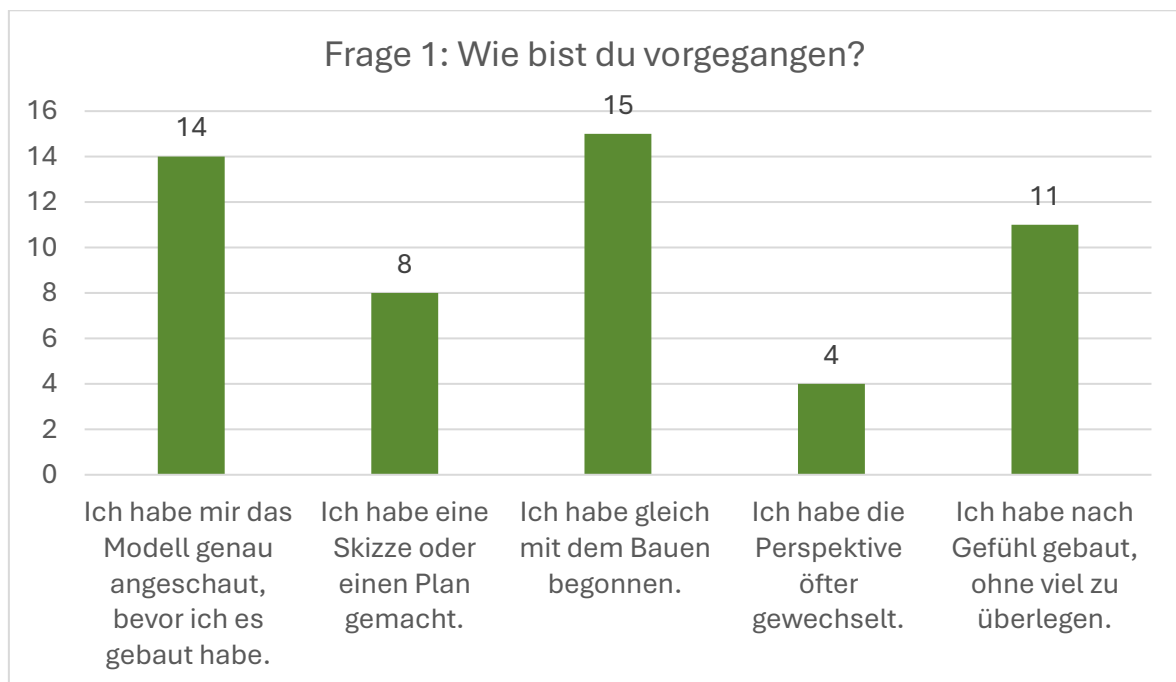


Abbildung 27 | Auswertung der ersten Frage des Reflexionsbogens (Mehrfachauswahl)

Bei den Fragen zwei bis sechs des Reflexionsbogens war lediglich eine Antwortmöglichkeit erlaubt. Bezüglich der zweiten Frage, die sich auf die persönliche Einschätzung der Arbeit in der digitalen Lernumgebung Minecraft Education bezog, gaben 17 der 26 befragten Schüler:innen an, dass ihnen die Arbeit in der digitalen Lernumgebung *sehr einfach* fiel. Sieben Schüler:innen empfanden das Arbeiten in Minecraft Education als *eher einfach* und zwei Schüler:innen stufen es als *mittel* ein. Hierbei stufte keiner der Lernenden das Arbeiten mit der digitalen Lernumgebung als *eher schwer* oder *sehr schwer* ein.

In der dritten Frage zur mentalen Vorstellungskraft gaben 14 der 26 Schüler:innen an, sich das Modell sehr gut vorstellen zu können, weshalb sie die Antwortoption *trifft voll zu* ankreuzten. Sechs Schüler:innen kreuzten *trifft eher zu* und fünf von ihnen *trifft teilweise zu* an. Die Option *trifft eher nicht zu* wurde lediglich einmal ausgewählt.

Die vierte Frage des Reflexionsbogens fokussierte sich auf die Erfassung des räumlichen Denkens sowie der damit verbundenen räumlichen Orientierung in Minecraft Education. In diesem Kontext gaben insgesamt 17 Schüler:innen an, dass sie sich immer zurechtfinden. Diese Angabe wurde im Reflexionsbogen mit *Ja, immer* gekennzeichnet. Fünf der 26 Schüler:innen wählten *meistens* aus und zwei von ihnen *manchmal*. Zwei Fragebögen blieben bei dieser Frage unbeantwortet und konnten somit nicht eingeordnet werden.

In der fünften Frage sollten die Schüler:innen darüber reflektieren, ob sie das Objekt im Hinblick auf die erste und zweite Unterrichtseinheit gut nachbauen konnten. In diesem Fall wurden 19 Antworten mit *Ja, ganz genau* und sechs Antworten mit *fast richtig* abgegeben. Ein:e Schüler:in gab an, das Objekt nur *teilweise* gut nachgebaut zu haben. Auch bei dieser Frage wurde von keiner Schülerin beziehungsweise keinem Schüler die Option *eher nicht* oder *gar nicht* ausgewählt.

Die vorletzte Frage des Reflexionsbogens beinhaltete das Themengebiet Sicherheit beim Denken im Minecraft-Raum. Dabei haben 14 der 26 Schüler:innen angegeben, sich *sehr sicher* bei der Nutzung der digitalen Lernumgebung zu fühlen. Die übrigen zwölf Schüler:innen äußerten dahingegen, dass sie sich *ziemlich sicher* bei der Nutzung von Minecraft Education fühlen. In diesem Kontext wurde von niemandem angegeben, sich *unsicher* oder *sehr unsicher* zu fühlen.

Um mögliche Lücken zu schließen, ging es bei der letzten Frage des Reflexionsbogens darum, welche Aspekte die Schüler:innen als *einfach* beziehungsweise als *schwierig* empfunden haben. Dabei ergab die Auswertung der offenen Fragen überwiegend positive Rückmeldungen zum Einsatz der digitalen Lernumgebung im Unterricht. So formulierten viele Schüler:innen sehr kurze, aber eindeutige Antworten, wie beispielsweise *Alles war leicht* oder *Nichts war schwierig*. Es wurden jedoch auch konkrete Herausforderungen im Hinblick auf die räumliche Orientierung und die Handhabung der Perspektive in Minecraft Education genannt. Unter anderem wurde das Wechseln der Blickrichtung und das damit verbundene Drehen in der digitalen Lernumgebung als schwierig empfunden. So schrieb ein:e Schüler:in beispielsweise *Schwer war es sich zu drehen [...]*. Des Weiteren wurden das Vermeiden von Fehlern, das Nachbauen aus dem Gedächtnis und die räumliche Umsetzung von zweidimensionalen Skizzen in Minecraft Education genannt. Darüber hinaus gab es auch Schwierigkeiten bei der Orientierung sowie Probleme bei der Steuerung der digitalen Lernumgebung, insbesondere im Flugmodus. So wurde in einem Fall angegeben, dass es am schwierigsten war, rechts und links zu gehen, in einem anderen Fall wurde die Schwierigkeit beschrieben, beim Fliegen in Minecraft Education wieder herunterzukommen. Erfreulicherweise haben insgesamt 24 der 26 Schüler:innen eine Antwort bei der offenen Frage notiert, während zwei Schüler:innen keine Antwort abgegeben haben. Die Antworten der offenen Frage aller Schüler:innen sind in unveränderter sowie in grammatikalisch richtiger Form im Anhang D zu finden.

5.5 Diskussion der Ergebnisse

Die Ergebnisse dieser Unterrichtsstudie, einschließlich der Ergebnisse des Vorher-Nachher-Tests, der Auswertung der Beobachtungsbögen sowie der Auswertung der Reflexionsbögen weisen darauf hin, dass der gezielte Einsatz von Minecraft Education im Mathematikunterricht das räumliche Vorstellungsvermögen von Schüler:innen der sechsten Schulstufe im Allgemeinen fördern kann. Werden die vier Teilkompetenzen der Raumvorstellung einzeln betrachtet, so ergeben sich jedoch große Unterschiede. Während in der Interventionsgruppe signifikante Verbesserungen in zwei Teilbereichen der Raumvorstellungen festgestellt werden konnten, konnte beim allgemeinen Vergleich zwischen den beiden Gruppen in keiner

Teilkompetenz ein Signifikanzniveau unter $p < .05$ erreicht werden. Mithilfe des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test konnte somit eine deutliche Schwerpunktbildung innerhalb der Interventionsgruppe festgestellt werden. Der Fokus hierbei liegt auf der Teilkompetenz der Raumvorstellung, die stark in Verbindung mit der räumlichen Orientierung steht und folglich auch mit dem dreidimensionalen Koordinatensystem sowie der mentalen Rotation verbunden ist.

Die Schüler:innen der Interventionsgruppe erzielten im Bereich der mentalen Rotation einen signifikanten Unterschied innerhalb der Gruppe. Dieser zeigte sich zwischen den Ergebnissen des Vorher- und Nachher-Tests und wurde durch das Signifikanzniveau von $p = .0087$ bestätigt. Die Berechnung des Korrelationskoeffizienten r ergibt im Bereich der mentalen Rotation einen Wert von $r = .4795$, was auf einen mittleren bis eher großen Effekt hindeutet (Krüger, Parchmann, & Schecker, 2014, S. 291). Der Grund für diesen signifikanten Lernzuwachs der Interventionsgruppe lässt sich höchstwahrscheinlich darauf zurückführen, dass Minecraft Education nicht nur über visuelle Elemente kommuniziert, sondern auch interaktive Spielelemente umfasst. Minecraft Education erfordert einen kontinuierlichen Perspektivenwechsel und ermöglicht es, Drehungen und Positionsänderungen zu erleben. Eine physische Bewegung im Raum ist dabei nicht erforderlich. Die räumlichen Operationen in Minecraft Education werden somit als Handlungen ausgeführt. Die Schüler:innen haben dabei die Möglichkeit, ihre Gedankenschritte anhand der in Echtzeit sichtbaren Ergebnisse nachzuvollziehen.

Diese Annahme wird zudem durch die Auswertung der Beobachtungsbögen der Interventionsgruppe bestätigt. Während der Unterrichtseinheiten mit Minecraft Education nutzten mehr als die Hälfte der Schüler:innen gezielt und selbstbewusst einen Perspektivenwechsel, um die gestellten Aufgaben zu lösen. Bei den übrigen fünf Schüler:innen konnte diese Tatsache lediglich *teilweise* festgestellt werden, da sie entweder bei der Lehrperson oder bei vielen Mitschüler:innen nachfragten. In Bezug auf die Erfassung der Raumlage von Blöcken und Symmetrie sowie von Ebenen konnte ebenfalls beobachtet werden, dass 21 der 26 Lernenden die Situation gut erfasst haben, während fünf Schüler:innen dies nur *teilweise* schafften. Die Ergebnisse des Vorher-Nachher-Tests sowie die Beobachtungen weisen darauf hin, dass die Lernenden die Kernfunktion der digitalen Lernumgebung gezielt als Strategie anwenden. Die Auswertung des Reflexionsbogens ergab zudem, dass auch hier

der Großteil der 26 Schüler:innen in der Lage war, sich das Modell mental vorzustellen.

Im Bereich der räumlichen Orientierung wurde innerhalb der Interventionsgruppe ein signifikanter Unterschied zwischen den Ergebnissen des Vorher- und Nachher-Tests festgestellt. Die Werte des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests sind dabei in Tabelle 4 dargestellt. Der signifikante Unterschied im Bereich der räumlichen Orientierung ist insofern interessant, dass diese Teilkompetenz unmittelbar vor dem Nachher-Test in der letzten Unterrichtssequenz behandelt wurde. Daher erhielten die Schüler:innen bei der Erarbeitung der räumlichen Orientierung eine deutlich kürzere Input- und Erarbeitungsphase in Minecraft Education, während die anderen Unterrichtseinheiten deutlich länger dauerten. Um die praktische Relevanz der räumlichen Orientierung einzuordnen, wurde der Korrelationskoeffizient auf Basis der z-Werte berechnet. Wird der Korrelationskoeffizient $r = .4462$ betrachtet, so deutet dieser auf einen mittleren bis eher großen Effekt hin (Krüger, Parchmann, & Schecker, 2014, S. 291). Der signifikante Zuwachs ist höchstwahrscheinlich auf die kontinuierliche Evaluierung des Videospiels in Bezug auf die Blickrichtung, die Lagebeziehungen und die Bewegungen innerhalb von Minecraft Education zurückzuführen. Die räumliche Orientierung kann durch die Verwendung einer dreidimensionalen, begehbaren Umgebung gefördert werden. Genau diese Aktivierung wird den Schüler:innen in der digitalen Lernumgebung geboten. Die in Abbildung 5 dargestellte Grafik zur räumlichen Orientierung veranschaulicht und bekräftigt ebenfalls diese Überlegung. Die räumliche Orientierung konnte in den letzten Unterrichtseinheiten, in denen die anderen Kompetenzen erarbeitet wurden, durch eine explorative Auseinandersetzung mit Minecraft Education passiv trainiert worden. Ergänzend zu dieser Überlegung wird dies auch bei der Auswertung der Reflexionsbögen sichtbar. Die Ergebnisse des Vorher-Nachher-Tests zeigen eine Übereinstimmung mit den Selbsteinschätzungen der Schüler:innen. So gaben 17 der 26 Schüler:innen an, sich *immer* in der digitalen Lernumgebung zurechtzufinden, wenn es um die Orientierung in Minecraft Education geht. Des Weiteren gaben 14 der 26 Schüler:innen an, sich im Minecraft-Raum *sehr sicher* zu fühlen. Die übrigen 12 Lernenden bestätigten dies mit *teilweise*. Diese Kombination aus Sicherheit und geringem subjektivem Aufwand könnte darauf hindeuten, dass die Schüler:innen ihre Aufmerksamkeit nicht auf die Probleme der Steuerung richten, sondern auf räumliche

Inhalte. Im gleichen Moment äußerten einzelne Schüler:innen jedoch im Rahmen der offenen Frage des Reflexionsbogens Schwierigkeiten bei der Orientierung in der digitalen Lernumgebung oder der Steuerung, insbesondere im Flugmodus in Minecraft Education. Diese Tatsache ist von besonderem Interesse, da die größten absoluten Lernzuwächse genau in diesem Bereich der räumlichen Orientierung verzeichnet wurden, in dem die Schüler:innen von Herausforderungen berichten.

Obwohl der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test bei den übrigen zwei Teilkompetenzen der Raumvorstellung keine signifikante Verbesserung aufzeigt, sollten diese Ergebnisse dennoch diskutiert werden. Interessanterweise hat der Bereich der Veranschaulichung sowohl in der Interventionsgruppe als auch in der Kontrollgruppe um exakt den gleichen Wert zugenommen, nämlich um jeweils 0,0385 Punkte. Dies führt zu einer Gesamtdifferenz von 0,0000 Punkten. Einerseits könnte dieses Ergebnis darauf hindeuten, dass das Erlernen der Veranschaulichung stärker an den allgemeinen Unterricht geknüpft ist. Demzufolge wären mehr Unterrichtseinheiten erforderlich, um einen eindeutigen Lernzuwachs zu gewährleisten. Andererseits besteht die Möglichkeit, dass die beiden im Vorher-Nachher-Test eingesetzten Aufgaben bereits ihre Höchstgrenze erreicht haben. Ein Vergleich der anderen Werte des Vorher-Tests innerhalb der Interventionsgruppe beziehungsweise der Kontrollgruppe in den einzelnen Teilkompetenzen zeigt, dass der Ausgangswert insbesondere bei der Veranschaulichung hoch war. Die Teilkompetenzen mit den niedrigsten Ausgangswerten beim Vorher-Test erzielten den größten absoluten Lernzuwachs beim Nachher-Test. Das Ergebnis des Vorher-Nachher-Tests könnte demnach auf einen potenziellen Deckeneffekt der Aufgabenformate und folglich auf eine Grenze der Messsensitivität zurückzuführen sein. Laut Krüger, Parchmann und Schecker (2014) kann der Deckeneffekt dann auftreten, wenn die Aufgaben zu leicht oder zu schwer gestaltet sind (Krüger, Parchmann, & Schecker, 2014, S. 399). Dies würde auch erklären, dass ab einem bestimmten Zeitpunkt keine zusätzlichen Lernfortschritte mit dem Instrument erzielt werden können.

Ebenfalls nicht zu vernachlässigen ist der Unterschied innerhalb der Interventions- beziehungsweise der Kontrollgruppe im Bereich der räumlichen Beziehung. Innerhalb der Interventionsgruppe wurde ein durchschnittlicher Lernzuwachs von 0,2308 Punkten beobachtet, während in der Kontrollgruppe ein Rückgang von 0,0385 Punkten verzeichnet wurde. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte in der

unterschiedlichen Gestaltung der Unterrichtseinheiten und der zu bearbeitenden Aufgaben im Hinblick auf die räumliche Beziehung liegen. In Minecraft Education werden die Begriffe rund um die Teilkompetenz der räumlichen Beziehungen nicht nur als theoretisches Wissen vermittelt, sondern die Schüler:innen haben die Möglichkeit, diese Eigenschaften selbst zu konstruieren oder durch Veränderungen des Objekts sichtbar zu machen. Die Lernenden erlangen somit nicht nur ein Verständnis für abstrakte Begriffe wie *daneben*, *darüber*, *darunter* oder *symmetrisch*, sondern erleben diese auch in der digitalen Lernumgebung. Somit kann der Leistungszuwachs im Bereich der räumlichen Beziehung darauf zurückzuführen sein, dass die Schüler:innen die Relationen verschiedener Objekte durch das Bauen und gleichzeitige Überprüfen von Strukturen in Minecraft Education erforschen können.

Die Ergebnisse der Beobachtungsbögen der Interventionsgruppen sprechen auch in diesem Kontext für sich. So konnte bei 19 Schüler:innen beobachtet werden, dass sie die Modellstruktur überwiegend korrekt erfassen. Diese Beobachtung könnte ein möglicher Grund sein, warum die durchschnittlichen Punkte bei den Aufgaben zu räumlichen Beziehungen für die Interventionsgruppe zwar positiv ausfallen, aber nicht so stark wie bei der räumlichen Orientierung. Aufgabenstellungen, die sich auf die Teilkompetenz der räumlichen Beziehungen fokussieren, benötigen eine starke didaktische Herangehensweise, im Gegensatz zu den Aufgabenstellungen, die sich mit der räumlichen Orientierung beschäftigen.

Statistisch gesehen weisen die Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests in zwei von vier Teilkompetenzen der Raumvorstellung auf einen signifikanten Unterschied innerhalb der Interventionsgruppe hin, während innerhalb der Kontrollgruppe kein signifikanter Unterschied festgestellt werden konnte. Dennoch sollte diskutiert werden, wie wirksam Minecraft Education in beiden Gruppen ist. Der Mann-Whitney-U-Tests fokussiert sich dabei explizit auf die Differenzwerte der einzelnen Teilkompetenzen im Vergleich der Interventions- und Kontrollgruppe. Die Ergebnisse dieses Tests ergaben keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen, da das Signifikanzniveau von $p < .05$ nicht erreicht wurde. Die Werte des Mann-Whitney-U-Tests sind dabei in Tabelle 6 zu finden.

Bei der Teilkompetenz der Veranschaulichung war das Ergebnis für die Überprüfung einer möglichen Signifikanz eindeutig. Beide Gruppen erzielten jeweils einen

durchschnittlichen Zuwachs von 0,0385 Punkten, was zur Gesamtdifferenz von 0,0000 Punkten führte. Die Veranschaulichung ergab einen p-Wert von $p = 1.0000$. Im Bereich der räumlichen Beziehung wies die Interventionsgruppe einen positiven Lernzuwachs von durchschnittlich 0,2308 Punkten auf, während die Kontrollgruppe einen Abnahme von 0,0385 Punkten verzeichnete. Die Auswertung des Mann-Whitney-U-Tests ergab jedoch, dass der Unterschied zwischen der Interventions- und der Kontrollgruppe mit einem p-Wert von $p = .1105$ statistisch nicht signifikant war. Obwohl bei der mentalen Rotation ebenfalls ein deutlicher mittlerer Zuwachs von 0,3846 Punkten in der Interventionsgruppe gegenüber 0,2308 Punkten in der Kontrollgruppe verzeichnet wurde, blieb auch hier der Mann-Whitney-U-Test mit einem p-Wert von $p = .4699$ alles andere als signifikant. Dieser Trend spiegelt sich ebenfalls in der letzten Teilkompetenz der Raumvorstellung, der räumlichen Orientierung, wider. Mit einem p-Wert von $p = .2206$ weist auch dieser Gruppenvergleich keine Signifikanz auf.

Dass beim Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test zwei signifikante Bereiche herauskommen, beim Mann-Whitney-U-Test jedoch keiner der Vergleiche signifikant ist, liegt daran, dass es sich um zwei unterschiedliche Auswertungsmethoden handelt. Diese Nicht-Signifikanz des Mann-Whitney-U-Tests bedeutet nicht, dass die digitale Lernumgebung zu keinem Lernzuwachs führt. Aufgrund der Gruppengröße von jeweils $n = 26$ Schüler:innen in der Interventions- sowie in der Kontrollgruppe und der groben Punkteskala ist es schwierig, statistisch eindeutige Unterschiede zwischen der Minecraft-Gruppe und der Kontrollgruppe nachzuweisen. Obwohl die Interventionsgruppe im Durchschnitt einen größeren Zuwachs erzielte, ist diese kleine Stichprobe mit einer großen Streuung nicht ausreichend, um einen signifikanten Gruppenvergleich zu ermöglichen.

6 Schlussfolgerung

Die Ergebnisse der Unterrichtsstudie, ob der Einsatz von Minecraft Education im Mathematikunterricht der 6. Schulstufe zur Förderung der Raumvorstellung beiträgt, lassen sich weder als wirksam noch als nicht wirksam einstufen. Die Schüler:innen nehmen Minecraft Education auch als Lernumgebung wahr und nicht nur als Videospiel. In der Folge könnte der Einsatz von Minecraft Education einen positiven Effekt auf die Förderung des räumlichen Vorstellungsvermögens in der Sekundarstufe 1 aufweisen.

Auf Basis des Vorher-Nachher-Tests zeigten sich innerhalb der Interventionsgruppe signifikante Unterschiede in den Bereichen der mentalen Rotation und der räumlichen Orientierung. Dabei ergab im Bereich der mentalen Rotation mittels Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test ein Signifikanzniveau von $p = .0087$. Der Korrelationskoeffizient $r = .4795$ deutet zudem auf einen mittleren bis eher großen Effekt hin. Eine ebenfalls signifikante Änderung zeigt sich im Bereich der räumlichen Orientierung mit einem p -Wert von $p = .0126$ und $r = .4462$. Diese Ergebnisse sprechen dafür, dass der Einsatz von Minecraft Education im Mathematikunterricht das räumliche Vorstellungsvermögen trainieren kann. Dazu zählen vor allem der kontinuierliche Perspektivenwechsel, die räumliche Navigation und die fortlaufende Evaluierung des Videospiels in Bezug auf die Blickrichtung und der Lagebeziehungen. Die Auswertung der Reflexionsbögen bestätigt diese Annahme. So stuften insgesamt 24 der 26 Schüler:innen die Arbeit mit der digitalen Lernumgebung als *sehr einfach* ein, während die übrigen zwei Lernenden sie als *eher einfach* bewerteten. Ein Großteil der Schüler:innen konnte gut durch Minecraft Education navigieren und fühlte sich bei der Benutzung sicher.

Dennoch ist zu berücksichtigen, dass die Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests nicht ignoriert werden dürfen. Daher ist die Beantwortung der Frage, ob der Einsatz von Minecraft Education tatsächlich einen Zusatzeffekt bei der Erarbeitung der einzelnen Teilkompetenzen der Raumvorstellung aufweist, mit Vorsicht zu beantworten. Werden die Zuwächse zwischen der Interventions- und der Kontrollgruppe verglichen, so zeigt der Mann-Whitney-U-Test in keiner der Teilkompetenzen ein Signifikanzniveau unter $p < 0,05$. Wenn schließlich nur der Mann-Whitney-U-Test

betrachtet wird, so kann kein statistisch signifikanter Unterschied in Bezug auf die Lernzuwächse zwischen den Gruppen festgestellt werden.

Der Einsatz von Minecraft Education kann somit innerhalb der Interventionsgruppe zu Verbesserungen der Raumvorstellung von Schüler:innen führen. Es konnte jedoch nicht bestätigt werden, dass die digitale Lernplattform zu einer allgemeinen signifikanten Verbesserung der Raumvorstellung der Schüler:innen im Vergleich zur Kontrollgruppe führt und sich somit über das Niveau der Kontrollgruppe hinaus verbessert. Ein Grund hierfür könnte der geringe Stichprobenumfang von $n = 26$ pro Gruppe sein. Obwohl in beiden Gruppen jeweils ein ausgewogener Stichprobenumfang von 26 Schüler:innen berücksichtigt wurde, ist diese Stichprobe insgesamt dennoch als sehr gering zu betrachten. Zudem stammen drei der vier Klassen aus derselben Schule, sodass die Möglichkeit besteht, dass die Beobachtungen und Ergebnisse des Vorher-Nachher-Tests klassen- sowie kontextabhängig sind. Zu den potenziellen Einflussfaktoren zählen beispielsweise das Unterrichtsklima, gruppendynamische Aspekte oder die heterogenen Lernvoraussetzungen pro Klasse. Die Schüler:innen spielen somit auch eine wesentliche Rolle bei der Verwendung von Minecraft Education als digitale Lernumgebung im schulischen Kontext. Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass die Lernenden bei der Gestaltung des Unterrichts und dem Verlauf der Unterrichtseinheiten ebenfalls eine wichtige Rolle einnehmen. Diese Faktoren lassen sich bei einem quasi-experimentellen Design leider nicht vollständig kontrollieren und erfassen. Ein weiterer Faktor für die nicht signifikanten Ergebnisse dieser Studie könnte in der Messung der Aufgaben im Vorher-Nachher-Test liegen. Die erhobenen Werte der Aufgaben erfolgten in sehr grober Form, da die erreichbaren Punkte der Schüler:innen sich hierbei auf maximal zwei Punkte pro Teilkompetenz beliefen. In der Folge ist ein Lernzuwachs in den einzelnen Bereichen nur schwer sichtbar.

Nichtsdestotrotz bleiben einige Punkte ungeklärt, was unter anderem auf die Stichprobenstruktur und die angewandten Ausschlusskriterien zurückzuführen ist. Um eine Verzerrung der Auswertungen zu vermeiden, wurde bewusst darauf verzichtet, Datensätze von Schüler:innen mit sonderpädagogischem Förderbedarf in die Studie einzubeziehen. Die vorliegenden Ergebnisse erlauben keine Schlussfolgerung hinsichtlich der Wirksamkeit von Minecraft Education in Bezug auf die Förderung des räumlichen Denkens von Schüler:innen mit sonderpädagogischem

Förderbedarf in der Sekundarstufe 1. In diesem Kontext bleibt die Frage unbeantwortet, welchen Einfluss der Einsatz von Minecraft Education auf die Erreichung der Lernziele im inklusiven Bereich hat und welche Maßnahmen zur Unterstützung in der Folge notwendig wären.

Letztlich bleibt die Frage, inwieweit sich die in Minecraft Education erlernten Kompetenzen zur Raumvorstellung tatsächlich nachhaltig auf den Mathematikunterricht umsetzen lassen. Die erhobenen Daten zeigen, dass das Nachbauen in der digitalen Lernumgebung aus subjektiver Sicht sehr gut gelingt. Gleichzeitig wurde bei der offenen Frage der Feedbackbögen von zahlreichen Schüler:innen angegeben, dass sie Schwierigkeiten mit dem Perspektivenwechsel oder der Steuerung hatten. Aus didaktischer Perspektive bleibt daher die Frage unbeantwortet, wie sich das erlernte Wissen über die einzelnen Teilkompetenzen zur Raumvorstellung nachhaltig auf eine analoge Aufgabenstellung übertragen lässt. Zudem ist unklar, ob die Schüler:innen in der Lage sind, geometrische Argumentationen richtig anzuwenden. Die Ergebnisse der vier durchgeführten Unterrichtseinheiten mit Minecraft Education weisen in zwei Teilbereichen auf eine signifikante Verbesserung in den Bereichen der mentalen Rotation und der räumlichen Orientierung innerhalb der Gruppe hin. Die Nachhaltigkeit des Wissens sowie dessen Übertragbarkeit auf alternative, papierbasierte Aufgaben sind jedoch noch unklar.

Die vorliegenden Ergebnisse weisen demnach in erster Linie auf ein potenzielles Medium für den Einsatz von Minecraft Education zur Verbesserung der Raumvorstellung im Mathematikunterricht in der Sekundarstufe 1 hin. Es kann aber keine abschließende Aussage darüber getroffen werden, ob die Software tatsächlich zu verlässlichen Kompetenzzuwächsen führt. Eine zukünftige Untersuchung dieses Themas erfordert eine umfangreichere Stichprobe, eine ausgedehntere Erarbeitungsphase, längere Nachbeobachtungen, explizite Aufgaben mit Transferbezug sowie differenzierte Messinstrumente. In diesem Kontext wäre auch eine zufällige Zuweisung auf Klassenebene zu bedenken, um potenzielle Einflussfaktoren zu berücksichtigen. Nur auf diese Weise lässt sich überprüfen, ob der Einsatz von Minecraft Education im Mathematikunterricht der Sekundarstufe 1 tatsächlich zu einer Förderung der Raumvorstellung führt, die nicht nur kurzfristig motiviert, sondern auch langfristig zum Aufbau mathematischer und geometrischer Kompetenzen beiträgt.

7 Literaturverzeichnis

- Abdul Jabbar, A. I., & Felicia, P. (2015). Gameplay Engagement and Learning in Game-Based Learning: A Systematic Review. *Review of educational research*, 85 (4), S. 740-779. doi: <https://doi.org/10.3102/0034654315577210>
- Bar-El, D., & Ringland, K. E. (2021). Teachers Designing Lessons with a Digital Sandbox Game: The Case of Minecraft Education Edition. *15th European Conference on Game Based Learning ECGBL 2021*. Brighton, UK. Abgerufen am 02. 09. 2025 von ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/354563191_Teachers_Designing_Lessons_with_a_Digital_Sandbox_Game_The_Case_of_Minecraft_Education_Edition
- BMBWF. (31. 01 2026a). *Lehrpläne - allgemeinbildende höhere Schulen*. Abgerufen am 31. 01. 2026 von Rechtsinformationssystem des Bundes: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568>
- BMBWF. (31. 01 2026b). *Lehrpläne der Mittelschulen*. Abgerufen am 31. 01. 2026 von Rechtsinformationssystem des Bundes: <https://www.ris.bka.gv.at/NormDokument.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20007850&Artikel=&Paragraf=&Anlage=1&Uebergangsrecht=>
- Bortz, J., & Schuster, C. (2010). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler* (Bde. 7., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Breuer, J. (01. 12 2010). *Spielend lernen? Eine Bestandsaufnahme zum (Digital) Game-Based Learning*. Abgerufen am 19. 08. 2025 von ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/263539012_Spielend_lernen_Eine_Bestandsaufnahme_zum_Digital_Game-Based_Learning
- Cigognini, M., & Nardi, A. (2024). Minecraft as an Educational Tool Before, During, and After the Pandemic: A Case Study Research Project. *European Journal of Open, Distance and E-Learning.*, 26(1), 87-103. doi:<https://doi.org/10.2478/eurodl-2024-0011>
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik* 39, 223-238. doi:<https://doi.org/10.25656/01:11173>
- Di Leo, N., & Traetta, L. (2025). Crafting knowledge block by block: A systematic review on the educational potential of Minecraft in schools. *Italian Journal of Educational Technology*. doi:<https://doi.org/10.17471/2499-4324/1379>
- Dix, P., & Kutzberger, M. (2022). Das digitale Spiel Minecraft gestaltet (Lern-) Welten und (Erinnerungs-)Kulturen. *Medien & Zeit. Kommunikation in Vergangenheit Und Gegenwart*, 37(3), 24-47. Abgerufen am 28. 09. 2025 von <https://journals.univie.ac.at/index.php/mz/article/view/8143>

- Evans-Thirlwell, E. (2024). *The World of Minecraft: A Visual History of the Global Phenomenon*. Random House Worlds.
- Förster, K.-T. (2012). Raumgeometrie mit Minecraft: Raumvorstellung und kreative Kooperation zu Beginn der Sekundarstufe 1. In M. Ludwig, & M. Kleine, *Beiträge zum Mathematikunterricht 2012 Digital. Beiträge zur 48. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik vom 05. bis 09. März 2014 in Weingarten* (Bd. 1, S. 273-276). Weingarten: Gesellschaft für Didaktik der Mathematik. doi:<http://dx.doi.org/10.17877/DE290R-6587>
- Fritz, J. (2011). *Wie Computerspieler ins Spiel kommen. Theorien und Modelle zur Nutzung und Wirkung virtueller Spielwelten*. Abgerufen am 03. 09. 2025 von Fachportal Pädagogik: <https://www.fachportal-paedagogik.de/literatur/vollanzeige.html?FId=3131245>
- Gee, J. P. (2003). *What video games have to teach us about learning and literacy*. New York: ALGRAVE MACMILLAN. Abgerufen am 08. 09. 2025 von <https://blog.ufes.br/kyriafinardi/files/2017/10/What-Video-Games-Have-to-Teach-us-About-Learning-and-Literacy-2003.-ilovepdf-compressed.pdf>
- Gee, J. P. (2005). Learning by Design: good video games as learning machines. *E-Learning and Digital Media*, 5-16. doi:<https://doi.org/10.2304/elea.2005.2.1.5>
- Glück, J., Kaufmann, H., Dünser, A., & Steinbügl, K. (2005). Geometrie und Raumvorstellung – Psychologische Perspektiven. *Informationsblätter Der Geometrie (IBDG)*, 24(1), 4-11. Abgerufen am 01. 08. 2025 von <https://eplus.uni-salzburg.at/ibdg/periodical/titleinfo/6787430>
- Hellmich, F., & Hartmann, J. (2002). Aspekte einer Förderung räumlicher Kompetenzen im Geometrieunterricht. *ZDM*, 34(2), 56-61. doi:<https://doi.org/10.1007/BF02655705>
- Infiniminer. *Minecraft Wiki*. (2025). Abgerufen am 03. 09. 2025 von <https://minecraft.fandom.com/de/wiki/Infiniminer>
- Jarvoll, A. (2018). "I'LL HAVE EVERYTHING IN DIAMONDS!" STUDENTS' EXPERIENCES WITH MINECRAFT AT SCHOOL. *Studia Paedagogica*, 23(4), 67-89. doi:<https://doi.org/10.5817/SP2018-4-4>
- Jensen, E. O., & Hanghøj, T. (2019). Math in Minecraft: Changes in Students' Mathematical Identities When Overcoming In-Game Challenges. *European Conference on Games Based Learning*, 355–362. doi:<https://doi.org/10.34190/GBL.19.087>
- Justin. (2024). *Get Started with Classroom Mode*. Von Minecraft Education Support: <https://edusupport.minecraft.net/hc/en-us/articles/360047116652-Get-Started-with-Classroom-Mode> abgerufen
- Karsenti, P. T., Bugmann, J., & Gros, P.-P. (2017). *Transforming Education with Minecraft. Results of an exploratory study conducted with 118 elementary-school students*. Montréal: CRIFPE. Abgerufen am 13. 08. 2025 von

- https://education.minecraft.net/content/dam/education-edition/software-downloads/Minecraft_Research_Report_Karsenti-Bugmann_2017.pdf
- Kettler, C., & Kauffeld, S. (2019). Game-based Learning. In S. Kauffeld, & J. Othmer (Hrsg.), *Handbuch Innovative Lehre* (S. 249-253). Wiesbaden : Springer Fachmedien. doi:<https://doi.org/10.1007/978-3-658-22797-5>
- Krüger, D., Parchmann, I., & Schecker, H. (2014). *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. doi:<https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0>
- Linn, M. C., & Petersen, A. C. (1985). Emergence and Characterization of Sex Differences in Spatial Ability: A Meta-Analysis. *Child Development*, 56(6), 1479-1498. doi:<https://doi.org/10.2307/1130467>
- Linzer-Sommer, I. (23. 07 2022). Raumvorstellungsvermögen als Prädiktor für Karrieren im MINT-Bereich: Förderung der Raumvorstellung im Geometrieunterricht. *R&E-SOURCE*, S. 1-6. doi:<https://doi.org/10.53349/resource.2022.iS23.a1092>
- Maier, P. H. (1994). *Räumliches Vorstellungsvermögen : Komponenten, geschlechtsspezifische Differenzen, Relevanz, Entwicklung und Realisierung in der Realschule*. Frankfurt am Main : Wien [u.a.]: Lang.
- Maresch, G. (2013). Raumintelligenz – Die Phasen der Raumintelligenzforschung. *Informationsblätter der Geometrie*, 32(1), 30-35. Abgerufen am 08. 08. 2025 von <https://eplus.uni-salzburg.at/ibdg/periodical/titleinfo/6787439>
- Maresch, G. (2015). Wie kann die Raumintelligenz gefördert werden? Faktoren, Strategien und geschlechtsspezifische Befunde. *Mathematik im Unterricht*, 36-55. doi:10.25598/miu/2015-6-4
- Maresch, G. (August 2021). Struktur des Räumlichen Denkens. *Informationsblätter der Geometrie (IBDG)*, 40(1), 23-36. Abgerufen am 01. 08. 2025 von <https://eplus.uni-salzburg.at/ibdg/periodical/titleinfo/6215039>
- Mayer, R. E. (2014). *Computer games for learning : an evidence-based approach*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Mayrhofer, J., & Weinhandl, R. (Dezember 2024). Navigationsprobleme von Lernenden ohne Vorerfahrung in Minecraft Education. *Mathematik im Unterricht*(15), 65-73. doi:10.25598/miu/2024-15-6
- McCashin, L. Q., McGarvey, L., Carbonaro, M., & Yuen, C. (2019). Assessing Spatial Geometry through Digital Gameplay in a Minecraft Summer Camp. *Ubiquitous Learning*, 12(4), 37-57. doi:<https://doi.org/10.18848/1835-9795/CGP/v12i04/37-57>
- Minecraft Education. (2025). *The Educational Benefits of Minecraft*. Abgerufen am 03. 09. 2025 von Minecraft Education: https://education.minecraft.net/content/dam/education-edition/learning-experiences/research_folder/Minecraft%20Educational%20Benefits%20Whitpaper.pdf

- Mojang AB. (03. 08. 2025a). *Minecraft für Anfänger*. Abgerufen am 03. 08. 2025 von Minecraft: https://www.minecraft.net/de-de/minecraft-tips-for-beginners#before_you_begin
- Mojang AB. (03. 08. 2025b). *Was ist Minecraft Education Edition?* Abgerufen am 03. 08. 2025 von Minecraft Education: <https://education.minecraft.net/de-de/discover/what-is-minecraft>
- Mojang AB. (2025c). *Minecraft Education (Version 1.21.93) [Computer Software]*. Von Minecraft Education: <https://education.minecraft.net/de-de> abgerufen
- Nakamura, J., & Csikszentmihalyi, M. (2002). The Concept of Flow. In C. R. Snyder, & S. J. Lopez, *Handbook of Positive Psychology* (S. 89-105). Oxford University Press. Abgerufen am 21. 08. 2025 von http://www.ldysinger.com/@books1/Snyder_Hndbk_Positive_Psych/Snyder_Lopez_Handbook_of_Positive_Psychology.pdf
- OeAD. (2025). *Die Geräteinitiative Digitales Lernen. Broschüre für Erziehungsberechtigte*. Wien: Bundesministerium für Bildung. Abgerufen am 30. 10. 2025 von https://digitaleslernen.oead.at/fileadmin/Dokumente/digitaleslernen.oead.at/BMB_Geraeteinitiative_DL_Broschuere_fuer_Erziehungsberechtigte_SJ2025_26.pdf
- Petko, D. (07. 11. 2008). Unterrichten mit Computerspielen: Didaktische Potenziale und Ansätze für den gezielten Einsatz in Schule und Ausbildung. *MedienPädagogik*, 15/16, 1-15. doi:<https://doi.org/10.21240/mpaed/15+16/2008.11.07.X>
- Plass, J., Homer, B., & Charles K., K. (2015). Foundations of Game-Based Learning. *Educational Psychologist*, 50(4), 258-283. doi:<https://doi.org/10.1080/00461520.2015.1122533>
- Prensky, M. (2001). *Marc's essays & articles*. Abgerufen am 19. 08. 2025 von Marc Prensky archive: <https://www.marcprensky.com/writing/Prensky%20-%20Digital%20Game-Based%20Learning-Ch5.pdf>
- Roth, J., & Wittmann, G. (2018). Ebene Figuren und Körper. In H.-G. Weigand, A. Filler, R. Hölzl, S. Kuntze, M. Ludwig, J. Roth, . . . G. Wittmann, *Didaktik der Geometrie für die Sekundarstufe I* (Bd. 3rd ed. 2018, S. 107-147). Springer Berlin Heidelberg: Springer Spektrum. doi:<https://doi.org/10.1007/978-3-662-56217-8>
- Slattery, E. J., Butler, D., Marshall, K., Barrett, M., Neeve, H., O'Leary, M., & McAvinue, L. P. (2024). Effectiveness of a minecraft education intervention for improving spatial thinking in primary school children: A mixed methods two-level cluster randomised trial Learning and Instruction. *Learning and Instruction*, 94. doi:<https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2024.102003>
- Theyßen, H. (2013). Methodik von Vergleichsstudien zur Wirkung von Unterrichtsmedien. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker, *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 67-79). Berlin: Springer-

Verlag Berlin Heidelberg 2014. doi:<https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0>

Thurstone, L. (1950). Some Primary Abilities in Visual Thinking. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 94(6), 517-521. Abgerufen am 02. 08. 2025 von <https://www-jstor-org.uaccess.univie.ac.at/stable/3143593?sid=primo&seq=1>

Versionen/Classic. *Minecraft Wiki*. (2025). Abgerufen am 03. 08. 2025 von https://minecraft.fandom.com/de/wiki/Versionen/Classic#Late_Classic_Creative

Winkel, K., & Ladel, S. (2022). Heterogenen Lernvoraussetzungen digital gerecht werden. Digitale Werkzeuge zur Unterstützung des Arbeitsgedächtnisses im Mathematikunterricht der Grundschule. In B. Brandt, L. Bröll, H. Dausend, & H. Dausend (Hrsg.), *Digitales Lernen in der Grundschule III. Fachdidaktiken in der Diskussion* (S. 381-393). Münster: Waxmann Verlag GmbH.

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Einordnung der Fünf-Faktor Kompetenzen nach Maier.....	9
Abbildung 2 Beispiel Veranschaulichung.....	11
Abbildung 3 Beispiel Räumliche Beziehungen	12
Abbildung 4 Beispiel Vorstellungsfähigkeit von Rotationen	13
Abbildung 5 Beispiel Räumliche Orientierung	15
Abbildung 6 Schlüsselemente Game-Based Learning	22
Abbildung 7 Einordnung von Digital Game-Based Learning.....	25
Abbildung 8 Infiniminer	35
Abbildung 9 Minecraft Welt (v 0.0.14a_08).....	35
Abbildung 10 Spieleoptionen in Minecraft Education	36
Abbildung 11 Auswahl der Lektionen	36
Abbildung 12 Benutzeroberfläche Minecraft Education. Ego-Perspektive.....	40
Abbildung 13 Minecraft Third-Person- Perspektive 1	40
Abbildung 14 Minecraft Third-Person- Perspektive 2	40
Abbildung 15 Screenshot von der Classroom Mode	42
Abbildung 16 Vorzeigepattform in Minecraft Education	57
Abbildung 17 Plattformen in Minecraft Education	58
Abbildung 18 Veranschaulichung in Minecraft Education. Klasse 2a	59
Abbildung 19 Räumliche Beziehung in Minecraft Education. Klasse 2a.....	59
Abbildung 20 Mentale Rotation in Minecraft Education 1	60
Abbildung 21 Mentale Rotation in Minecraft Education 2	60
Abbildung 22 Mentale Rotation in Minecraft Education 3	61
Abbildung 23 Räumliche Orientierung in Minecraft Education.....	61
Abbildung 24 Vergleich des Lernzuwachses der Interventionsgruppe	64
Abbildung 25 Vergleich des Lernzuwachses der Kontrollgruppe.....	65
Abbildung 26 Darstellung der Werte nach dem Mann-Whitney-U-Test	71
Abbildung 27 Auswertung der ersten Frage des Reflexionsbogens	75

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Ergebnisse des Vorher-Nachher-Tests in der Interventionsgruppe	63
Tabelle 2 Ergebnisse des Vorher-Nachher-Tests in der Kontrollgruppe.....	64
Tabelle 3 Direkter Vergleich der Vorher-Nachher-Testergebnisse	66
Tabelle 4 Ergebnisse des Wilcoxon-Tests der Interventionsgruppe	68
Tabelle 5 Ergebnisse des Wilcoxon-Tests der Kontrollgruppe	69
Tabelle 6 Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests	70
Tabelle 7 Auswertung der Beobachtungsbögen. Bereich räumliches Denken	72
Tabelle 8 Auswertung der Beobachtungsbögen. Bereich Problemlöseverhalten .	73
Tabelle 9 Auswertung der Beobachtungsbögen. Bereich Arbeitsverhalten	74

10 Anhang

Anhang A Vorher-Nachher-Test

Liebe Schülerinnen und Schüler!

Im Rahmen meiner Masterarbeit an der Universität Wien im Fach Mathematik führe ich eine kleine Unterrichtsstudie mit eurer Klasse durch.

Dazu bekommst du jetzt einen kurzen Test mit Aufgaben, bei denen es darum geht, wie gut du dir Objekte im Raum (z.B. Klassenzimmer) vorstellen kannst. Bitte arbeite selbstständig und konzentriert.

Hinweis: Dieser Test hat keinen Einfluss auf deine Leistungsbeurteilung. Das bedeutet, dass die Ergebnisse nicht in deine Schulnote miteinfließen. Sie dienen ausschließlich der internen Auswertung im Rahmen der Masterarbeit.

Wichtig: Während des Tests dürfen keine Fragen gestellt werden. Wenn du etwas nicht ganz verstehst, versuche es trotzdem zu lösen!

Schreibe mit einem nicht radierbaren Stift (z.B. Kugelschreiber oder Fineliner). Wenn du Nebenrechnungen oder Konstruktionen benötigst, lösche sie nicht!

Erlaubte Hilfsmittel: Geodreieck

Aufgabe 1: Würfelgebilde. Gegeben sind drei Bilder von einem Würfelhaus.

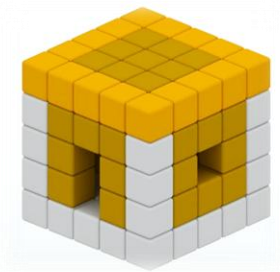


Abbildung 1 | Schrägriss Haus

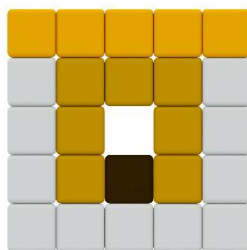


Abbildung 1 | Vorderansicht Haus

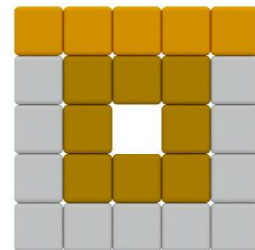


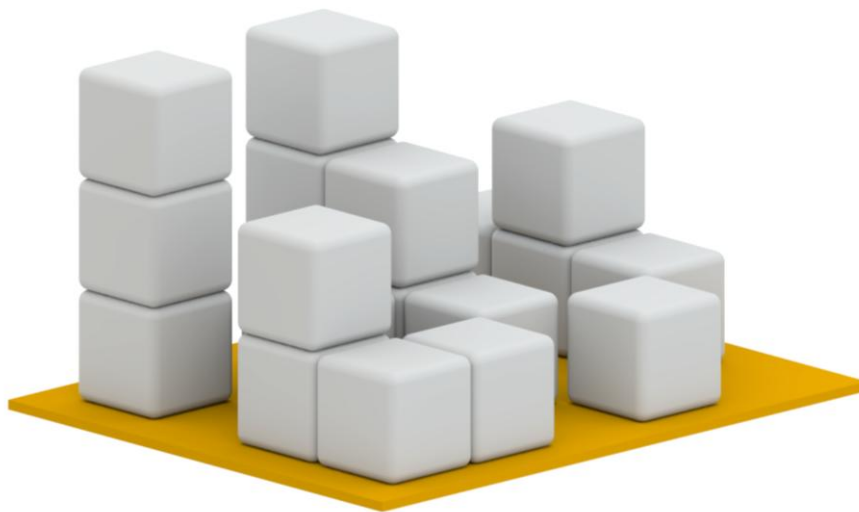
Abbildung 1 | Seitenansicht Haus

Aufgabenstellung 1: Wie viele Blöcke sind in diesem Bauwerk insgesamt verbaut?

_____ Blöcke

Aufgabe 2: Perspektivenwechsel

Du siehst ein Würfelgebilde im Schrägriss

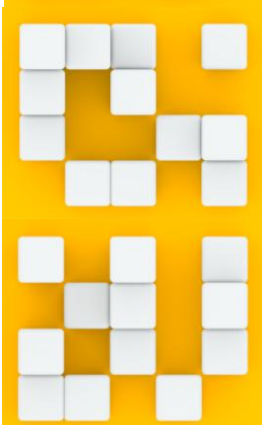


Aufgabenstellung 2: Wie schaut das Würfelgebilde von oben aus? Kreuze das richtige Bild an!

a)


☐

b)


☐

c)


☐

d)


☐

e)

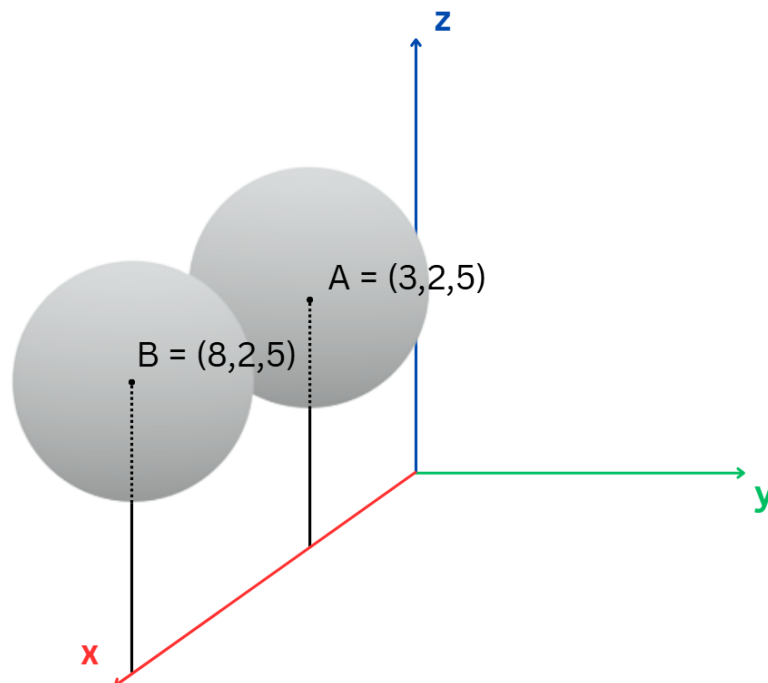

☐

Aufgabe 3: Koordinaten im Raum

Aus dem Mathematikunterricht kennst du sicher schon das Koordinatensystem mit zwei Zahlen. Die erste Zahl nennt man x-Koordinate, die zweite ist die y-Koordinate.

Um Objekte im Raum zu beschreiben, kann das Koordinatensystem erweitert werden. Dazu wird eine dritte Achse hinzugefügt. Diese wird z-Achse genannt. Sie beschreibt, ob das Objekt hoch oder tief liegt.

In der Abbildung siehst du zwei Kugeln (und Punkte) im Raum. Punkt A hat die Koordinaten $A = (3,2,5)$ und einen zweiten Punkt B .



Aufgabenstellung 3a: Wie viele Einheiten (z.B. Meter) liegen zwischen den beiden Punkten?

_____ Einheiten

Aufgabenstellung 3b: Welche Achse hast du dabei betrachtet? Kreuze richtig an!

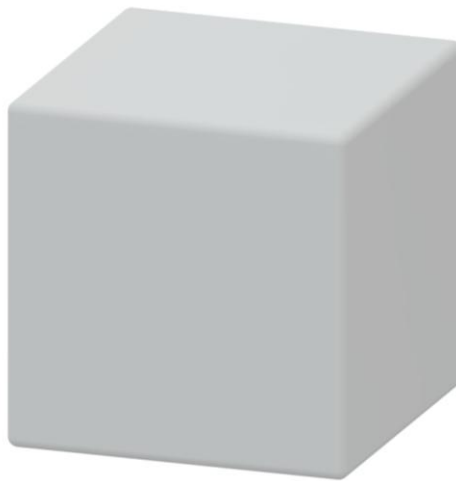
☐ x-Achse

☐ y-Achse

☐ z-Achse

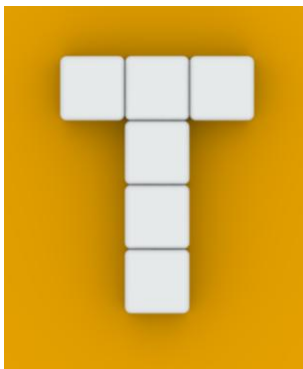
Aufgabe 4: Körpernetz

In der folgenden Abbildung siehst du einen Würfel.



Aufgabenstellung 4: Welches der folgenden Netze ergibt KEINEN Würfel? Kreuze die richtige Antwort an.

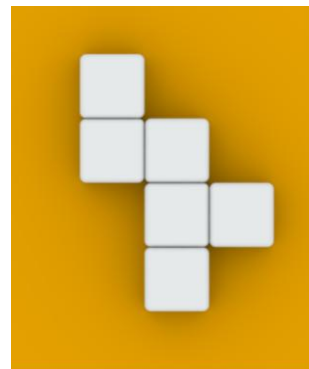
a)



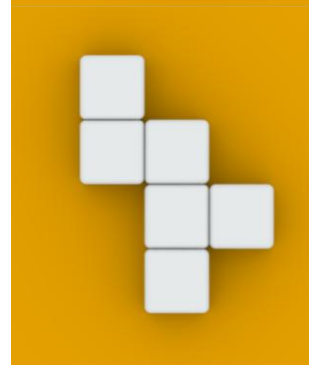
b)



d)

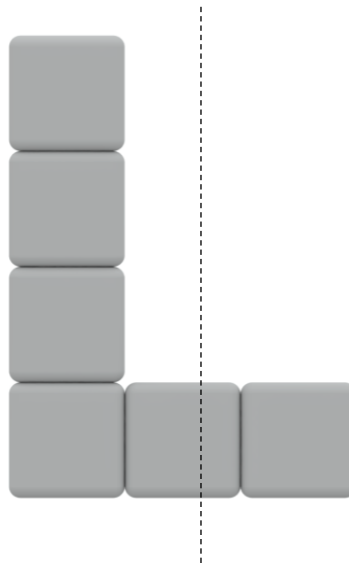


e)



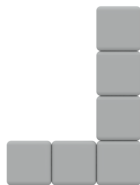
Aufgabe 5: Rotation eines Körpers

Du siehst einen L-förmigen Körper.



Aufgabenstellung 5: Wie sieht der Körper nach einer Drehung um 90° nach rechts (also um die gestrichelte Achse) aus?

a)



d)



b)



e)

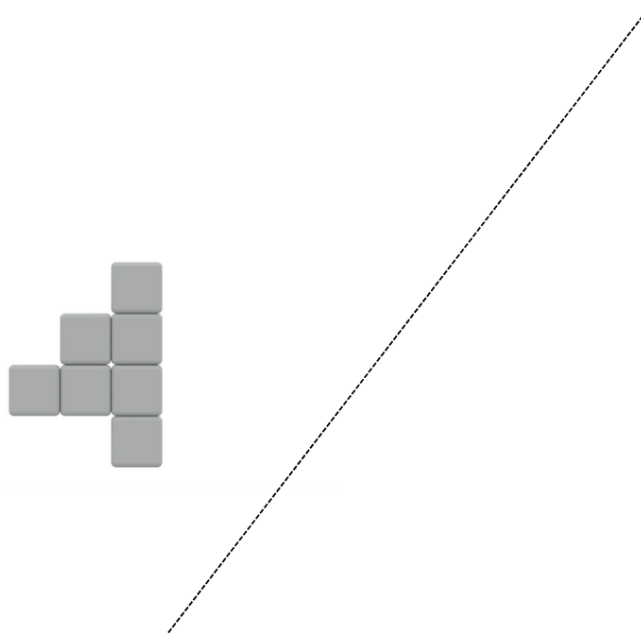


c)



Aufgabe 6: Spiegelung

In der folgenden Abbildung siehst du eine Figur und eine gestrichelte Spiegelachse.



Aufgabenstellung 6: Welche der folgenden Figuren ist die richtig gespiegelte Version?

a)



d)



b)

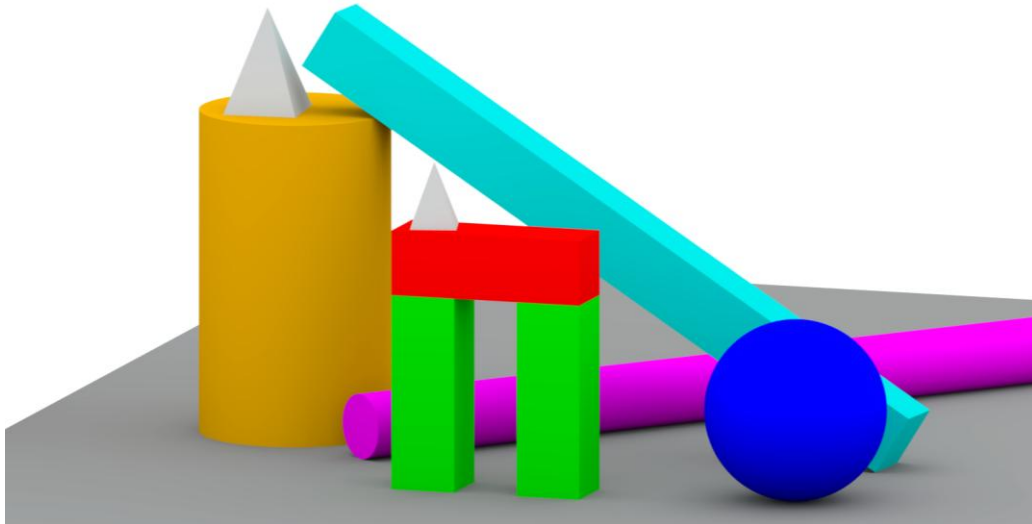


e)



Aufgabe 7: Körper erkennen

Schau dir die abgebildeten Figuren genau an.



Aufgabenstellung 7: Aus welchen geometrischen Grundkörpern bestehen sie?

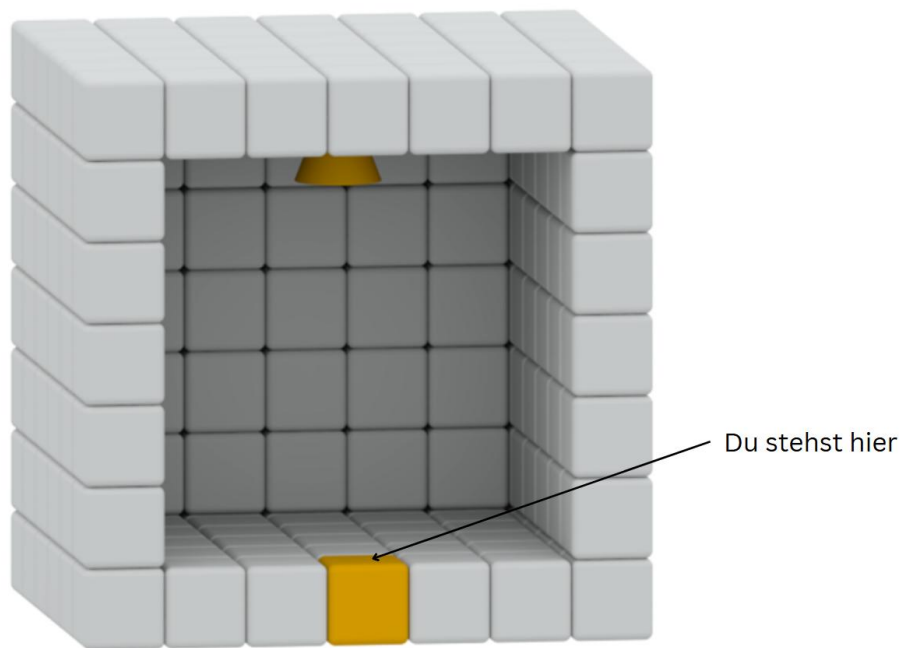
Kreuze die richtige(n) Aussage(n) an.

a) Kugel	☐
b) Kreis	☐
c) Würfel	☐
d) Zylinder	☐
e) Quader	☐
f) Rechteck	☐
g) Quadrat	☐
h) Pyramide	☐
i) Dreiecke	☐

Aufgabe 8: Vorstellungskraft in 3D-Räumen.

Stell dir vor, du stehst auf dem gelb markierten Block in einem würfelförmigen Raum mit den Maßen (5 x 5 x 5). Dieser hat die Position (0, 2, 0).

Genau in der Mitte des Raums, an der Decke, hängt eine Laterne. Sie befindet sich an der Position (2, 2, 5).



Aufgabenstellung 7: Wie viele Blöcke müsstest du insgesamt durchqueren, wenn du dich auf einem geraden Weg entlang der Achsen zu dieser Laterne bewegst, also beispielsweise nach rechts und dann vorwärts?

_____ Blöcke

Lehrerhinweis (abgefragte Kompetenz):

Aufgabe	Kompetenz
1	Räumliche Beziehung
2	Räumliche Beziehung
3	Räumliche Orientierung
4	Veranschaulichung
5	Mentale Rotation
6	Mentale Rotation
7	Veranschaulichung
8	Räumliche Orientierung

Anhang B

Beobachtungsbogen

Angaben Schüler:in

Kennzahl der Schülerin / des Schülers: _____
Biologisches Geschlecht: ☐ männlich ☐ weiblich ☐ divers
Klasse: _____
Datum der Beobachtung: _____

Bereich 1: Räumliches Denken (z.B. bei Zeichnen, Modellieren, Bauen, ...)

Verhalten / Merkmal	Ja	Teilweise	Nein
Erfasst Raumlagen von Blöcken korrekt (z.B. Höhe, Tiefe, Richtung)	☐	☐	☐
Nutzt Perspektivenwechsel gezielt (z.B. drehen)	☐	☐	☐
Erfasst die Struktur des Models korrekt (z.B. Symmetrie, Ebenen)	☐	☐	☐
Kann Abstände, Größen oder Mengen grob einschätzen	☐	☐	☐

Bereich 2: Problemlöseverhalten

Verhalten / Merkmal	Ja	Teilweise	Nein
Plant vor dem Bauen (z.B. durch beobachtete Skizzen)	☐	☐	☐
Baut bewusst Schritt für Schritt	☐	☐	☐
Reagiert konstruktiv auf Fehler (z.B. Abbauen, Neudenken)	☐	☐	☐
Ändert Strategie bei Schwierigkeiten	☐	☐	☐

Bereich 3: Arbeitsverhalten

Verhalten / Merkmal	Ja	Teilweise	Nein
Arbeitet konzentriert und ohne Ablenkung	☐	☐	☐
Arbeitet selbstständig	☐	☐	☐
Holt sich bei Bedarf Hilfe	☐	☐	☐
Bleibt im Zeitrahmen	☐	☐	☐

Notizen / Besonderheiten (optional)

Anhang C

Reflexionsbogen

Liebe Schülerinnen und Schüler!

Im Rahmen meiner Masterarbeit an der Universität Wien im Fach Mathematik habe ich eine kleine Unterrichtsstudie mit eurer Klasse durchgeführt.

Bitte beantwortet die folgenden Fragen ehrlich. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten. Es geht darum, wie du die Aufgaben und die Unterrichtsstunden mit Minecraft Education erlebt hast.

Hinweis: Dieser Reflexionsbogen hat keinen Einfluss auf deine Leistungsbeurteilung. Das bedeutet, dass die Ergebnisse nicht in deine Schulnote miteinfließen. Sie dienen ausschließlich der internen Auswertung im Rahmen der Masterarbeit.

Wichtig: Schreibe mit einem nicht radierbaren Stift (z.B. mit einem Kugelschreiber beziehungsweise mit einem Fineliner).

Frage 1: Wie bist du vorgegangen (*Mehrfachauswahl möglich*)

☐	Ich habe mir das Modell genau angeschaut, bevor ich es gebaut habe.
☐	Ich habe eine Skizze oder einen Plan gemacht.
☐	Ich habe gleich mit dem Bauen begonnen.
☐	Ich habe die Perspektive öfter gewechselt.
☐	Ich habe nach Gefühl gebaut, ohne viel zu überlegen

Frage 2: Das Arbeiten in *Minecraft Education* fand ich... (*nur ein Kreuz*)

☐	... sehr einfach.
☐	... eher einfach.
☐	... mittel.
☐	... eher schwer.
☐	... sehr schwer.

Frage 3: Ich konnte mir das Modell gut im Kopf vorstellen. (*nur ein Kreuz*)

☐	Trifft voll zu.
☐	Trifft eher zu.
☐	Trifft teilweise zu.
☐	Trifft eher nicht zu.
☐	Trifft gar nicht zu.

Frage 4: In *Minecraft Education* wusste ich meistens, wo vorne, hinten, oben und unten ist. (*nur ein Kreuz*)

☐	Ja, immer.
☐	Meistens.
☐	Manchmal.
☐	Selten.
☐	Gar nicht.

Frage 5: Ich konnte das Gebäude gut nachbauen. (*nur ein Kreuz*)

☐	Ja, ganz genau.
☐	Fast richtig.
☐	Teilweise.
☐	Eher nicht.
☐	Gar nicht.

Frage 6: Wie hast du dich beim Denken im *Minecraft*-Raum gefühlt? (*nur ein Kreuz*)

☐	Sehr sicher.
☐	Ziemlich sicher.
☐	Unsicher.
☐	Sehr unsicher.

Frage 7: Was war für dich einfach / schwierig? (*Antwort; optional*)

Vielen Dank für deine Unterstützung!

Christoph Wodel, BEd

Anhang D

Antworten der Schüler:innen des Reflexionsbogens

Die nachfolgenden Antworten der Schüler:innen stammen aus den von ihnen ausgefüllten Reflexionsbögen in unveränderter Form. Zwei der 26 Schüler:innen haben keinen Antwort gegeben.

1. Mir war es einfach zu denken was ich bauen soll. Und es war für mich schwer zu bauen.
2. Alles war leicht.
3. Diesen Villager Haus nach memory nachbauen war schon schwer, aber das bewegen und suchen war leicht.
4. Einfach war es war nicht schwer zu bauen aber das schwere ist manchmal kaput zu machen und wieder zu bauen.
5. Für mich wahr schwierig, dass ich immer kleine Fehler mache.
6. Einfach war Alles!
7. Nichts war schwierig und alles wahr einfach.
8. Alles war für mich einfach (spiele seit 7 Jahren Minecraft).
9. Bei mir war es schwierig, wo ich diese Skizze 90° nach oben zeichnen musste.
10. Alles war ziemlich einfach.
11. Für mich war das Bauen des Gebäudes einfach.
12. Das bauen war sehr leicht und ich finde das nichts so schwer war.
13. Bauen und Rechnen.
14. Das bauen war einfach. Für mich war nix wirklich schwierig.
15. Nichts
16. Wenn ich baue ist es einfach und abauen auch.
17. Es war alles einfach.
18. Aufgaben sind sehr einfach.
19. Es war alles einfach.
20. Für mich war alles einfach und schwierig war das ich beim fliegen wieder runter gehen.
21. Alles war einfach nichts war schwierig.
22. Das schwierige ist das wenn man bauen will das es dann immer abbaut.

23. Die blocke hinzustellen war bisschen schwierig mit ohne Maus und sonst war alles leicht.
24. Für mich war das nachbauen einfach und am schwierigsten fand ich es rechts und links zu gehen.

Um das Verständnis zu erleichtern, wurden die Antworten der Schüler:innen in grammatikalisch richtige Form gebracht.

1. Mir fiel es leicht, zu überlegen, was ich bauen soll. Aber teilweise war es auch schwer.
2. Alles war leicht.
3. Dieses *Villager Haus* aus dem Gedächtnis nachzubauen war schon schwer, aber das Bewegen und Suchen war leicht.
4. Es war nicht schwer, etwas abzubauen. Manchmal aber ist es jedoch schwer, etwas kaputtzumachen und es wieder aufzubauen.
5. Für mich war es schwierig, dass ich keine Fehler mache.
6. Einfach war alles.
7. Nichts war schwierig und alles war einfach.
8. Alles war für mich einfach (spiele seit 7 Jahren Minecraft).
9. Bei mir war es schwierig, wo ich diese Skizze (90°) nach oben bauen musste.
10. Alles war ziemlich einfach.
11. Für mich war das Bauen des Gebäudes einfach.
12. Das Bauen war sehr leicht und ich finde, da war nichts schwierig.
13. Bauen und Rechnen.
14. Das Bauen war einfach und für mich war nichts wirklich schwierig.
15. Nichts.
16. Wenn ich baue, ist es einfach und abbauen auch.
17. Es war alles einfach.
18. Aufgaben waren sehr einfach.
19. Es war alles einfach.
20. Für mich war alles einfach und schwierig war, dass ich beim Fliegen wieder hinunterkomme.
21. Alles war einfach und nichts war schwer.
22. Das Schwierige ist, wenn man bauen will, dass es dann immer abbaut.
23. Die Blöcke hinzustellen war ohne Maus etwas schwierig, aber sonst war alles leicht.
24. Für mich war das Nachbauen einfach und am schwierigsten fand ich es, rechts und links zu gehen.

Anhang E

Berechnungen des Wilcoxon-Tests mittels JASP

Interventionsgruppe

Paired Samples T-Test

Measure 1		Measure 2	W	z	df	p
V_Veranschaulichung	-	N_Veranschaulichung	36.0000	-0.2353		.8296
V_RäumlicheBeziehung	-	N_RäumlicheBeziehung	11.0000	-1.6818		.0658
V_MentaleRotation	-	N_MentaleRotation	5.5000	-2.4450		.0087
V_RäumlicheOrientierung	-	N_RäumlicheOrientierung	24.0000	-2.2752		.0126

Note. Wilcoxon signed-rank test.

Descriptives

	N	Mean	SD	SE	Coefficient of variation
V_Veranschaulichung	26	0.9615	0.7736	0.1517	0.8045
N_Veranschaulichung	26	1.0000	0.6928	0.1359	0.6928
V_RäumlicheBeziehung	26	1.0000	0.5657	0.1109	0.5657
N_RäumlicheBeziehung	26	1.2308	0.6516	0.1278	0.5294
V_MentaleRotation	26	0.7308	0.7776	0.1525	1.0640
N_MentaleRotation	26	1.1154	0.7114	0.1395	0.6378
V_RäumlicheOrientierung	26	0.5769	0.7027	0.1378	1.2181
N_RäumlicheOrientierung	26	1.0000	0.5657	0.1109	0.5657

Kontrollgruppe

Paired Samples T-Test

Measure 1		Measure 2	W	z	df	p
V_Veranschaulichung	-	N_Veranschaulichung	25.0000	-0.2548		.8244
V_RäumlicheBeziehung	-	N_RäumlicheBeziehung	25.0000	0.2962		.7897
V_MentaleRotation	-	N_MentaleRotation	26.0000	-1.3628		.1439
V_RäumlicheOrientierung	-	N_RäumlicheOrientierung	18.0000	-1.3337		.1450

Note. Wilcoxon signed-rank test.

Descriptives

	N	Mean	SD	SE	Coefficient of variation
V_Veranschaulichung	26	0.7308	0.7243	0.1420	0.9912
N_Veranschaulichung	26	0.7692	0.7646	0.1500	0.9940
V_RäumlicheBeziehung	26	0.8846	0.6528	0.1280	0.7380
N_RäumlicheBeziehung	26	0.8462	0.3679	0.0722	0.4348
V_MentaleRotation	26	0.5385	0.5818	0.1141	1.0804
N_MentaleRotation	26	0.7692	0.5870	0.1151	0.7632
V_RäumlicheOrientierung	26	0.3077	0.4707	0.0923	1.5297
N_RäumlicheOrientierung	26	0.5000	0.5831	0.1144	1.1662

Anhang F

Berechnungen des Mann-Whitney-U-Tests mittels JASP

Veranschaulichung

Independent Samples T-Test

	U	df	p
D_Veranschaulichung	337.5000		1.0000

Note. Glass' delta uses the standard deviation of group Kontroll of variable Gruppe.

Note. Mann-Whitney U test.

Group Descriptives

	Group	N	Mean	SD	SE	Coefficient of variation	Mean Rank	Sum Rank
D_Veranschaulichung	Intervention	26	0.0385	0.7736	0.1517	20.1137	26.4808	688.5000
	Kontroll	26	0.0385	0.7200	0.1412	18.7211	26.5192	689.5000

Räumliche Beziehung

Independent Samples T-Test

	U	df	p
D_Räumliche Beziehungen	413.0000		.1105

Note. Glass' delta uses the standard deviation of group Kontroll of variable Gruppe.

Note. Mann-Whitney U test.

Group Descriptives

	Group	N	Mean	SD	SE	Coefficient of variation	Mean Rank	Sum Rank
D_Räumliche Beziehungen	Intervention	26	0.2308	0.5870	0.1151	2.5438	29.3846	764.0000
	Kontroll	26	-0.0385	0.5987	0.1174	-15.5666	23.6154	614.0000

Mentale Rotation

Independent Samples T-Test

	U	df	p
D_Mentale Rotation	374.0000		.4699

Note. Glass' delta uses the standard deviation of group Kontroll of variable Gruppe.

Note. Mann-Whitney U test.

Group Descriptives

	Group	N	Mean	SD	SE	Coefficient of variation	Mean Rank	Sum Rank
D_Mentale Rotation	Intervention	26	0.3846	0.6373	0.1250	1.6570	27.8846	725.0000
	Kontroll	26	0.2308	0.7646	0.1500	3.3133	25.1154	653.0000

Räumliche Orientierung

Independent Samples T-Test

	U	df	p
D_Räumliche Orientierung	399.5000		.2206

Note. Glass' delta uses the standard deviation of group Kontroll of variable Gruppe.

Note. Mann-Whitney U test.

Group Descriptives

	Group	N	Mean	SD	SE	Coefficient of variation	Mean Rank	Sum Rank
D_Räumliche Orientierung	Intervention	26	0.4231	0.7575	0.1486	1.7905	28.8654	750.5000
	Kontroll	26	0.1923	0.6337	0.1243	3.2951	24.1346	627.5000