MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Außerschulische Lernorte im Mathematikunterricht – Umsetzungsmöglichkeiten mit besonderem Fokus auf die Anwendung der *Math City Map* in der sechsten Schulstufe"

Verfasst von / submitted by

Ben Matthias Balnik, BEd

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of

Master of Education (MEd)

Wien, 2021 / Vienna 2021

Studienkennzahl lt. Studienblatt / degree programme code as it appears on the student record sheet:	UA 199 511 520 02
Studienrichtung lt. Studienblatt / degree programme as it appears on the student record sheet:	Masterstudium Lehramt Sek (AB) UF Geschichte, Sozialkunde, Politische Bildung UF Mathematik
Betreut von / Supervisor:	Ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Stefan Götz

Abstract

Das Ausbrechen aus dem klassischen Frontalunterricht gewann in den letzten Jahren an Wichtigkeit, weshalb auch außerschulische Lernorte im Mathematikunterricht Platz finden müssen.
In der Mathematik ist der Anwendungsbezug besonders relevant, um die Schüler*innen für das Fach begeistern zu können. Diesem Anwendungsbezug wird sich in dieser Arbeit mit zwei Projekten genähert, wobei ein Projekt auch empirisch untersucht wird. Die Vorstellung der beiden Projekte *Koordinatensystem* und *Math City Map* soll einen Einblick geben, wie diese im Regelunterricht der sechsten Schulstufe umgesetzt werden können.
Im empirischen Teil der quantitativen Untersuchung wird der Frage nachgegangen, inwiefern sich Aktivität, Motivation und Wettbewerbssituation der Schüler*innen durch die Anwendung der *Math City Map* verändern.
Die qualitative Untersuchung soll das Verbesserungspotenzial der Anwendung der *Math City Map* zeigen und die Perspektive der Schüler*innen in den Fokus stellen. Dabei wird zwischen positiven und negativen Rückmeldungen unterschieden, die bei der nächsten Durchführung umgesetzt beziehungsweise vermieden werden können. Ziel ist es, Ideen zu außerschulischen Lernsequenzen zu geben und diese mit dem empirischen Teil zu verbinden, um somit bestmöglich auf die Bedürfnisse der Schüler*innen eingehen zu können.
Im Zuge der Untersuchung wurden 38 Schüler*innen aus der sechsten Schulstufe sowohl quantitativ als auch qualitativ befragt. Die Ergebnisse der Untersuchung sprechen für eine Nutzung der *Math City Map* im Mathematikunterricht in Hinblick auf Motivation und Aktivität. Darüber hinaus wird auch durch Korrelationen ein Zusammenhang zwischen einzelnen Items deutlich, der genutzt werden sollte, um noch mehr Metawissen der Lehrenden und Begeisterung der Lernenden zu schaffen.

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich eidesstattlich und mit bestem Wissen sowie Gewissen, dass ich die vorliegende Masterarbeit eigenständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen benutzt habe. Die Stellen der Masterarbeit, die diesen Quellen im Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen wurden, sind durch Angaben des Fundortes kenntlich gemacht. Dies gilt auch für bildliche Darstellungen sowie für Quellen aus dem Internet. Die Fundortangaben folgen Richtlinien wissenschaftlichen Zitierens, ggf. sind sie durch Klammern oder Fußnoten gekennzeichnet. Die vorliegende Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfbehörde vorgelegt und wurde in gedruckter sowie elektronischer Version abgegeben. Die Versionen sind identisch.

Wien, Dezember 2021.

Danksagung

Die folgenden Zeilen richten sich an alle Menschen, die mich durch meine Studienzeit begleiteten und somit auch mitverantwortlich für meinen Abschluss waren. Sie haben mich immer unterstützt und neu motiviert, auf die verschiedensten Weisen.

Herauszuheben ist dabei meine Familie, die mir immer mit Rat und Tat zur Seite stand. Vielen Dank an meine Mutter, die durch ihre unaufgeregte Art und ihren Humor stets für gute Laune sorgte, auch in schwierigen Phasen. Meinen Geschwistern, Sophie und Ronie, gebührt ebenfalls ein besonderer Dank, denn sie haben mich mathematisch immer gefordert und unterstützt.

Ich bedanke mich auch bei meinen Freunden, die die nötige Ablenkung in meine Studienzeit brachten und mir halfen, an Wochenenden abzuschalten und das Leben zu genießen.

Ein großer Dank geht an meinen Betreuer Herr Professor Götz für die produktive Betreuung und das detaillierte Feedback in jeder Hinsicht. Der rasche Austausch und das angenehme Klima bei Videokonferenzen waren für mich nicht selbstverständlich.

Zu guter Letzt möchte ich auch meinem Vater einen Dank aussprechen, der immer wollte, dass ich eine Lehre mache und „etwas Gescheites lerne“. Er würde sich heute trotzdem mit mir freuen.

Danke!

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung

Wie viele Stunden haben sowohl Lernende als auch Lehrende in den vier Wänden des jeweiligen Klassenzimmers verbracht? Früher war klar, wie Unterricht stattfinden soll: Die Lehrkraft steht vorne und die Schüler*innen hören zu und schreiben mit. Noch heute wird der Klassenraum in vielen Schulen nur selten verlassen und somit wird in einigen Fällen auf die Möglichkeiten außerschulischer Lernorte verzichtet.

„So viel Unterricht wie möglich soll im Freien stattfinden. Das betrifft nicht nur Singen und Turnen." (Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung, S. 2).

Diese Worte richtete Bildungsminister Heinz Faßmann am 17. August 2020 im Pressegespräch zum Thema Schulstart an die Öffentlichkeit. Auch wenn sich die Aussage um das Coronavirus dreht, so kann sie trotzdem als Hinweis genommen werden, den Unterricht mehr ins Freie zu verlegen.

Passend dazu soll diese Arbeit konkrete Möglichkeiten aufzeigen, den Mathematikunterricht an außerschulischen Lernorten abzuhalten. Die nachhaltige Festigung des Erlernten, die Entwicklung von Motivation und die eigenständige Tätigkeit sind nur einige Vorteile vom Unterricht im Freien, im Speziellen der Nutzung der *Math City Map* (Umweltdachverband, 2020). Das Programm der *Math City Map* wird täglich populärer und zieht immer mehr Nutzer*innen an.

Aufgrund des Bedarfs an abwechslungsreichem Unterricht in Mathematik und den ständigen Begleitern der Motivation und Aktivität sollen in dieser Arbeit folgende Forschungsfragen beantwortet werden:

1.) Inwiefern wirkt sich die Nutzung der Math City Map auf die Motivation der Schüler*innen aus?

2.) Inwiefern wirkt sich die Nutzung der Math City Map auf die Aktivität der Schüler*innen aus?

3.) Inwiefern wirkt sich die Nutzung der Math City Map auf den Wettbewerb der Schüler*innen aus?

Darüber hinaus soll auch geklärt werden, wie außerschulische Lernorte, unter anderem das Programm *Math City Map,* bestmöglich in den Unterricht integriert werden können. Dazu werden zwei konkrete Möglichkeiten zur Umsetzung vorgestellt.

Die Anwendung und Wirkung der *Math City Map* sollen in der vorliegenden Masterarbeit empirisch untersucht werden. Erstens gibt es eine quantitative Analyse zur Motivation, Aktivität und Wettbewerbssituation, zweitens eine qualitative Analyse zur Verbesserung der Umsetzung der App. Des Weiteren sollen auch Bezüge hergestellt werden, um die App bestmöglich zu nutzen, sowohl bei der Durchführung als auch in der Vor- und Nachbereitung.

Die Arbeit ist in vier Inhaltsbereiche aufgeteilt. Im ersten Kapitel werden außerschulische Lernorte, deren Möglichkeiten und dazu passende Begrifflichkeiten mit Hilfe von Literatur behandelt. Es folgt eine ausgearbeitete und reflektierte Umsetzungsmöglichkeit für den Mathematikunterricht zum Thema Koordinatensysteme. Im Anschluss findet man eine Erläuterung des Programms *Math City Map* und eine Umsetzungsidee für die sechste Schulstufe dazu. In den letzten Kapiteln wird die Anwendung der *Math City Map* quantitativ und qualitativ untersucht und versucht, Ergebnisse und Folgerungen herauszuarbeiten.

2 Außerschulische Lernorte

In den nachfolgenden Abschnitten sollen Aspekte beleuchtet werden, die bei außerschulischen Lernorten nicht außer Acht zu lassen sind. Die theoretischen Hintergründe, die bei der Durchführung der Projekte beachtet werden müssen, werden ebenfalls vorgestellt. Im Grunde genommen soll die Verbindung zwischen Theorie und Praxis im Mittelpunkt stehen, die bei den Projektideen eine wichtige Rolle spielt. Dem Input von Sekundärliteratur folgt ein Bezug auf die Projekte und außerschulischen Lernorte.

2.1 Definition und Rahmen

Bevor man sich dem Thema der außerschulischen Lernorte näher widmen kann, bedarf es einer Definition des Begriffs. Das Verlassen des Klassenzimmers ist kein neues Phänomen, denn schon während der Reformpädagogik unter Comenius, Rousseau und Pestalozzi gab es eine Orientierung in diese Richtung, oftmals in Verbindung mit Wanderungen, Schulreisen, Besichtigungen oder Exkursionen (Burk & Claussen, 1998, S. 16).

Aufgrund der großen Auswahl an Begrifflichkeiten ist es schwierig, eine klare Begrenzung des Begriffs „außerschulischer Lernort" vorzunehmen. Das liegt vor allem an der Bandbreite außerschulischer Lernorte und an der Vielfältigkeit der Ideen, die heute existieren (Gaedtke-Eckardt, 2007, S. 21 ff.).

Nach Burk, Rauterberg und Schönknecht (2008, S. 11 ff.) lassen sich außerschulische Lernorte in zwei Kategorien unterteilen: in jene mit direktem Bildungsauftrag und jene ohne. Lernorte mit direktem Bildungsauftrag bieten eine pädagogisch-didaktische Aufbereitung an. Orte ohne direkten Bildungsauftrag müssen erst didaktisch behandelt werden, indem sie auf den Unterricht zugeschnitten werden. Dadurch können alle Orte, an denen man lernen kann, zu einem außerschulischen Lernort werden (Sitter, 2019, S. 68 f.). Somit sind die Orte der in dieser Arbeit vorgestellten Projekte - Koordinatensystem und auch der Ort zur *Math City Map* - ebenfalls als außerschulische Lernorte zu betiteln.

Die zunehmende Bedeutung von außerschulischen Lernorten spiegelt sich auch in der Mathematik wider. So findet man im Lehrplan der Sekundarstufe 1 bezüglich der Motivierung von Schüler*innen Folgendes:

> „Mit Hilfe von Problemstellungen aus Themenkreisen, die den Erfahrungen und Interessen der Schülerinnen und Schüler entsprechen, sollen mathematisches Wissen und Können entwickelt und gefestigt werden. Dabei soll die Nützlichkeit der Mathematik in verschiedenen Lebens- und Wissensbereichen erfahren werden. […] Selbstständiges Entdecken und Erfolgserlebnisse sind ein wesentlicher Beitrag zur Motivation." (Bundeskanzleramt Österreich, Zugriff 05.04.2021, S. 57).

Hier wird ausdrücklich auf den lebensweltlichen Bezug hingewiesen, der in den vorgestellten Projekten eine große Rolle spielt. Das zeigt auch folgender Ausschnitt des Lehrplans noch einmal:

> „Die Schülerinnen und Schüler sollen praxisorientierte Aufgaben unter dem Aspekt der Modellbildung möglichst oft rechnerisch, geometrisch und graphisch darstellen, lösen und kritisch betrachten können. Dabei sollen sie von ihrer unmittelbaren Erlebniswelt ausgehen und ihre Erfahrungen auch in fächerübergreifende Vorhaben einbringen." (Bundeskanzleramt Österreich, Zugriff 05.04.2021, S. 59).

Im Teilrahmenplan Mathematik in Rheinland-Pfalz wird das noch deutlicher gemacht, so sollen hier „ausgewählte Elemente geometrischer Figuren und deren Beziehungen in der Umwelt wiedererkannt und benannt werden" (Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Weiterbildung und Kultur, 2014, S. 20 f.). Weiters sind Lehrer*innen „dazu aufgerufen, mit außerschulischen Einrichtungen zu kooperieren" (Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Weiterbildung und Kultur, 2014, S. 37).

In dieser Arbeit stehen Orte ohne direkten Bildungsauftrag im Zentrum. Außerschulische Lernorte sollen hier aufbereitet als Anregungen für den Regelunterricht gesehen und integriert werden, um diesen abwechslungsreicher zu gestalten. Die Berücksichtigung der Lebenswelt der Schüler*innen spielt dabei eine zentrale Rolle.

In diesem Zusammenhang ist auch die Wichtigkeit der Chancen von außerschulischen Lernorten zu erwähnen. Das Ermöglichen von Erfahrungen aus erster Hand ist dabei ein Vorteil, den die vereinfachten Inhalte im Regelunterricht nicht bieten. Die angemessene Anwendung im Alltag ist durch dieses „Herunterbrechen" oftmals nicht gegeben und sollte intensiver trainiert werden (Sitter, 2019, S. 73). Dass der Kontext unverändert bleibt, sieht auch Kohler (2011) positiv, denn sie schreibt: „Diese Echtheit und Lebensnähe machen das Lernen für die Kinder subjektiv bedeutsam" (Kohler, 2011, S. 168) und geht damit direkt auf die Bedürfnisse der Schüler*innen ein. Die Begriffe *forschendes* und *entdeckendes Lernen*, auf die im späteren Verlauf der Arbeit noch genauer eingegangen wird, passen hierzu. Erfahrungen von außerschulischen Lernorten können gut in den Regelunterricht integriert werden, indem immer wieder Verweise hergestellt werden können. Dazu könnte man beispielsweise darauf eingehen, dass es in unserer unveränderten Umwelt keinen Idealkörper aus dem Mathematikbuch gibt (Sitter, 2019, S. 73). Den Schüler*innen muss bewusst gemacht werden, dass viele Elemente des Regelunterrichts konstruiert, verändert oder angepasst wurden, um Aufgaben zu erleichtern. Es ist allerdings wichtig, auch unveränderte Elemente in den Unterricht zu integrieren und dazu bieten außerschulische Lernorte viele Möglichkeiten.

Darüber hinaus darf auch die emotionale und körperliche Komponente nicht außer Acht gelassen werden, die bei außerschulischen Orten eine größere Rolle spielt als im Klassenzimmer. Der Austausch von Vorgehensweisen und Ideen unter Gleichaltrigen soll dabei forciert und intensiviert werden. Dadurch steigert man auch die Argumentationskompetenz. Die Vorteile von Gruppenarbeiten, die in den Projekten eine zentrale Rolle spielen, werden hier nicht explizit beleuchtet (Dühlmeier, 2014, S. 28). Die Gruppenarbeit selbst und Feedback dazu kommen in Kapitel 6 ausführlich vor.

Das Lernklima verändert sich bei außerschulischen Lernorten meist in eine positive Richtung, da die Erfahrungen oftmals mit schönen Erinnerungen verknüpft sind (Scherer & Rasfeld, 2010, S. 6).

Zusammenfassend gehören beide Lernorte, außerschulisch und im Klassenzimmer, zu einem abwechslungsreichen Unterricht. Denn beide können miteinander in Beziehung gesetzt werden und gerade diese Chance auf ein Zusammenspiel sollte genutzt werden. Die Vernetzung der beiden Lernorte kann die Motivation der Schüler*innen steigern und ihnen neue Seiten der Mathematik aufzeigen, in dem Wissen, dass es auch den Regelunterricht im Klassenzimmer dafür braucht. Die Authentizität der außerschulischen Lernorte bietet den Schüler*innen andere Perspektiven als die adaptierten Aufgaben in Schulbüchern.

2.2 Mathematik und Realität

Laut Büchter und Henn (Bruder et al., 2015, S. 19) bedarf es für einen zeitgemäßen und vor allem effektiven Mathematikunterricht einer Herstellung von Realitätsbezügen. Auch historisch betrachtet sind mathematische Problemstellungen aus alltagsrelevanten Fragestellungen entstanden und wurden im Wechselspiel von Theorie und Anwendung weiterentwickelt. „Die Analyse von mathematischen Lehr- und Lernprozessen zeigt darüber hinaus, dass nicht nur Mathematik zum Verstehen der uns umgebenden Welt beitragen kann, sondern dass die Anwendungen ihrerseits das Verstehen von Mathematik befördern können” (Bruder et al., 2015, S. 19). In diesem Satz wird bereits die Intention dieser Arbeit herauskristallisiert, denn in den vorgestellten Projekten geht es genau um Anwendungen der Mathematik im Alltag. Dabei ist vor allem wichtig, dass die Schüler*innen die Bedeutung von Begriffen, Zusammenhängen und Verfahren aus verschiedenen Perspektiven betrachten. Außerschulische Lernorte eignen sich optimal dafür, Realitätsbezüge herzustellen, wenngleich das nicht sofort einen erfolgreicheren Unterricht garantiert. Dazu gehören die passende Einarbeitung in diese außerschulischen Lernorte und die Erfahrungen, die dabei gemacht werden. Das Reflektieren der gemachten Erfahrungen ist ein zentraler Punkt, dem im Klassenzimmer in der Nachbereitung eine wichtige Bedeutung zukommt.

Wenn von der Realität gesprochen wird, dann wird der Begriff meist mit der Abgrenzung zur Mathematik verwendet. Dabei ist laut Büchter und Henn (Bruder et al., 2015, S. 19 f.) erkenntnistheoretisch klar, dass Mathematik nicht einfach in der Realität existiert, sondern von uns Menschen in sie hineingedacht wird, beispielsweise um Fragen zu beantworten. Allerdings widerspricht das nicht der Tatsache, dass viele Dinge und Prozesse aus dem Alltag eng mit mathematischen Inhalten verbunden sind und diese daher erst Bedeutung für die Schüler*innen bekommen können, wenn sie im unmittelbaren Umfeld wahrgenommen werden. Diese Bedeutung soll im Laufe der Projekte immer wieder sichtbar und auch reflektierbar werden.

Wenn man nun Mathematik und Realität in Verbindung setzen möchte, dann bedarf es der sogenannten Anwendung, wobei dafür bereits eine mathematische Handlungskompetenz vorhanden sein muss. Darüber hinaus bedarf der Zusammenhang von Mathematik und Realität nicht nur des Vorwissens und der Vorkenntnisse, sondern bietet gleichzeitig auch die Möglichkeit, neue Handlungsfähigkeiten zu erlangen.

Mathematik ist historisch betrachtet aus realen Problemen entstanden. Die Menschen haben sie entwickelt, um Lösungen und Antworten zu finden. Für die Erleichterung des Handels braucht es beispielsweise Arithmetik und Algebra, aber auch das Vermessen von Ländern wird beziehungsweise wurde mathematisch gelöst. Es gibt viele wissenschaftliche Bereiche, die die Mathematik benötigen, die aber auch gleichzeitig zu ihrer Weiterentwicklung beigetragen haben (Bruder et al., 2015, S. 22). Aus den realitätsnahen, bekannten Konzepten der Problemlösung hat sich auf akademischer Ebene eine rein geistige Beschäftigung mit der Mathematik entwickelt. Diese Loslösung von der Realität macht es möglich, durch logische Schlüsse allgemeingültige Aussagen treffen zu können, ohne jeden Schritt konkret ausführen zu müssen. Beide Aspekte, sowohl die formale Struktur als auch die Anwendungen beschreiben den dualen Charakter der Mathematik (ebd.).
Ein ausgewogener Mathematikunterricht muss sich an beiden Faktoren orientieren und sie für Schüler*innen erfahrbar machen. Wichtig ist dabei aber, dass es keine überwiegende Tendenz in die eine, noch in die andere Richtung gibt. Eine rein theoretische Auseinandersetzung ist nicht ausreichend für ein umfassendes mathematisches Verständnis. Besonders relevant ist dieses Wechselspiel beim Einsatz von Computern geworden, die einen großen Anteil an den mathematischen Anwendungen der heutigen Zeit haben (Bruder et al., 2015, S. 23).

> „Denn wer die Formeln der Zinseszinsrechung gelernt hat, ist noch lange nicht in der Lage, dies für ein anstehendes Problem anzuwenden [...]. Der Prozess des Anwendens von Mathematik auf die reale Welt muss in der Schule gelernt werden; die zugehörige Kompetenz kann nur durch eigene Aktivität erworben werden” (Bruder et al., 2015, S. 25).

Das klare Ziel der Projekte, nämlich die Mathematik selbst anzuwenden, soll über dem Erlernen der Angewandten Mathematik stehen, wie es Freudenthal schon formuliert hat (Freudenthal, 1973). Die eigene Aktivität der Schüler*innen bei der Anwendung der *Math City Map* wird auch in Abschnitt 5.1 und Abschnitt 5.4 noch einmal explizit herausgestrichen und analysiert.

Durch die Einbeziehung realitätsnaher Probleme im Mathematikunterricht können Schüler*innen erleben, dass

- „Mathematik zum Verstehen der uns umgebenden Welt beitragen kann,
- Anwendungen zum Verstehen von Mathematik beitragen können und
- Anwendungen zum Entstehen neuer mathematischer Konzepte anregen können“ (Bruder et al., 2015, S. 26).

Die in der Schule, vor allem im Unterrichtsfach Mathematik, gestellte Sinnfrage, soll durch dieses Wechselspiel von Anwendung und Theorie geklärt werden. Ohne die Umsetzung im alltäglichen und teilweise auch außerschulischen Rahmen wird dies nicht möglich sein, wodurch im Unterricht der Realitätsbezug verloren gehen kann.
Viele mathematische Konstrukte können sehr abstrakt wirken und Schüler*innen haben daher öfter Schwierigkeiten, sie nachzuvollziehen. Wenn aber an die Vorstellungen der Schüler*innen angeknüpft wird und die mathematischen Fragen für sie nachvollziehbar werden, dann können Schüler*innen eine Verbindung zu den thematisierten fachlichen Gegenständen aufbauen. Es liegt an den Lehrpersonen, geeignete Inhalte so zu vermitteln, dass ein individuelles Verständnis der Schüler*innen von mathematischen Inhalten entstehen kann (Bruder et al., 2015, S. 26 ff.). Aufgrund dieser Tatsache ist das Zusammenspiel von Theorie und Umsetzung unumgänglich und muss Platz im Mathematikunterricht finden. Das Abholen der Schüler*innen durch realitätsbezogene Aufgaben soll zum mathematischen Verständnis und zur eigenständigen Anwendung der Mathematik beitragen. Darüber hinaus schreiben Büchter und Henn (Bruder et al., 2015) bezüglich Motivation Folgendes:

> „Die lernpsychologischen Argumente weisen darauf hin, dass mit realitätsnahen Problemen das Verstehen mathematischer Inhalte und der Aufbau adäquater Grundvorstellungen unterstützt werden kann. Insbesondere können durch geeignete Anwendungen Schülerinnen und Schüler zur Beschäftigung mit Mathematik motiviert werden“ (Bruder et al., 2015, S. 29).

Auf diesen Punkt wird im Laufe der Arbeit noch genauer eingegangen, denn die Motivation im Mathematikunterricht kann wiederum zu einem schnelleren Verständnis führen. In Abschnitt 5.1 und in den Kapiteln 6 und 7 wird auf die Veränderung der Motivation der Schüler*innen durch außerschulische Lernorte detailliert eingegangen.

Der Begriff „realitätsnah“, der in diesem Kapitel häufige Anwendung findet, soll auch in Richtung außerschulische Lernorte lenken. Denn es liegt auf der Hand, dass Schüler*innen außerhalb des Schulgebäudes noch mehr Realität vorfinden können als im eigenen Klassenzimmer, in dem sie sechs Stunden pro Tag verbringen. Dieses Klassenzimmer ist auf Schüler*innen zugeschnitten, während außerhalb der Schule Raum für individuelle Ansichten und realitätsbezogene Fragestellungen bleibt.

2.3 Modellierung

> „Unter Modellieren versteht man das Beschreiben oder Darstellen eines außermathematischen Sachverhalts bzw. einer innermathematischen Struktur durch ein geistiges Konstrukt oder ein materielles Objekt, mit dem wesentliche Merkmale des Sachverhalts bzw. der Struktur erfasst werden“ (Sill, 2019, S. 171 f.).

Henze (2012) beschreibt den Begriff des Modells anhand wichtiger Aspekte von stochastischen Modellen. Demnach bildet ein Modell einen Sachverhalt in der mathematischen Sprache nach. Es ist zum Beispiel mit einer Modelleisenbahn vergleichbar, denn “natürlich kann ein Modell nicht jede Einzelheit des Originals aufweisen; ein gutes Modell sollte aber alle wesentlichen Merkmale des Originals besitzen” (Henze, 2012, S. 1).

Wenn die Probleme der realen Welt mit Mathematik lösbar werden sollen, so müssen diese beiden Bereiche zusammengeführt werden. Die Modelle stellen dabei die Brücken zwischen den Gebieten dar. Dabei ist es notwendig, Mathematik und den Rest der Welt nicht analytisch getrennt zu betrachten, sondern es zu einem Modellierungskreislauf kommen zu lassen. Daher kommt es beim Modellierungsprozess darauf an, geeignete Annahmen zu machen, so dass es zu einem Wechselspiel zwischen der realen Welt und der Mathematik kommen kann. Ein mathematisches Modell verbindet also eine außermathematische Fragestellung mit einem Gebiet der Mathematik (Bruder et al., 2015, S. 369 f.). Dabei muss bestimmt werden, welche Bereiche der realen Welt relevant sind und welche unwesentlichen Details ignoriert werden können. Die wichtigen Details müssen dann objektiviert und meist passend vereinfacht werden, damit sie anschließend den Anforderungen des mathematischen Gebiets zugeordnet werden können. Im Modellierungsprozess muss also entschieden werden, welcher Teil der realen Welt relevant für die Beantwortung der Fragestellung ist und welcher weggelassen werden kann. Büchter und Henn (Bruder et al., 2015, S.32) führen als

ein alltägliches Beispiel einer Modellierung eine Landkarte an, wo die Beziehung zwischen den realen Straßen und der Karte schnell zu sehen ist.
Die Subjektivität von Modellierungen muss immer beachtet werden. Denn je nach Modellierer*in werden andere Details der realen Welt vernachlässigt und daher kommt es zu unterschiedlichen Lösungen der ursprünglichen, außermathematischen Problemstellung. Die Validität eines mathematischen Modells für eine reale Fragestellung kann daher immer nur eingeschränkt erreicht werden. Deshalb besteht auch immer die Gefahr der Missinterpretation, des Missbrauchs oder der Manipulation mithilfe eines Modells. Modelle kritisch zu beurteilen und danach zu fragen, wem und wozu ein Modell dient, sollte daher grundsätzlich auch Platz im Mathematikunterricht finden. Um als Lehrkraft kritische Fragestellungen erwarten zu können, ist die Betrachtung der Welt mit mathematischen Augen vorteilhaft (Bruder et al., 2015, S. 376 f.). Diese individuelle Anschauung soll mithilfe der Projekte trainiert und intensiviert werden, um den Schüler*innen zu helfen, zu kritischen Bürger*innen zu werden.
Die Modellmethode wird nach Sill (2019) in allen Sachaufgaben angewendet und ist eine spezielle Art der Problemlösung. Ihm zufolge gibt es folgende fünf Hauptschritte der Anwendung der Modellmethode:

“1. Bilden eines Realmodells, z. B. durch Vereinfachen der Situation, Vernachlässigen von Bedingungen
2. Bilden eines mathematischen Modells (Mathematisierung)
3. Finden einer Lösung im mathematischen Modell
4. Interpretieren der Lösung im realen Sachverhalt
5. Überprüfen (Validieren) der Lösung, eventuell Verbessern des Modells” (Sill, 2019, S. 172).

Das Bilden eines Realmodells findet im Normalfall im Unterricht kaum Platz. Nach Sill (2019, S. 172) wird dieser Punkt meistens implizit auf eine Sachaufgabe und die Interpretation der Lösung auf einen Antwortsatz reduziert. Um mathematische Modelle bilden zu können bedarf es bereits mathematischem Wissen und Können (Sill, 2019, S. 174). Die Theorieverweise auf das Projekt sind in Kapitel 3.1 zu finden. Dass eine Modellbildung an außerschulischen Lernorten besonders sinnvoll ist, steht außer Frage, denn gerade dort ist die Übertragung von Realität in ein Modell gefragt. Im

Lehrplan der Sekundarstufe 1 kommt die Modellbildung auch nicht zu kurz: „Das Bilden mathematischer Modelle und das Erkennen ihrer Grenzen soll zu einem verantwortungsvollen Umgang mit Aussagen führen, die mittels mathematischer Methoden entstanden sind“ (Bundeskanzleramt Österreich, Zugriff 05.04.2021, S. 54).

2.4 Begriffsbildung

> „In der Mathematik werden Begriffe durch Definitionen festgelegt oder durch bereits vorher definierte Begriffe beschrieben. […] Bei Definitionen ist man einerseits bestrebt, nur die Eigenschaften anzugeben, die für die Festlegung des Begriffs unbedingt erforderlich sind. Definitionen sind also eine Art Minimalerläuterung. Andererseits sollen Definitionen aber auch einprägsam sein und Vorstellungen über die definierten Begriffe erlauben“ (Bruder et al., 2015, S. 256).

Ein Ziel ist somit die Mischung aus vorgegebenen Begriffsmerkmalen und selbst konstruierten Vorstellungen, die dabei helfen sollen, den Begriff verständlicher zu machen, ohne ihn zu verfälschen. Nicht außer Acht zu lassen ist laut Weigand das Verweisen auf Vorerfahrungen, worauf dann aufgebaut werden kann, um nicht beim Anfang beginnen zu müssen (Bruder et al., 2015, S. 275 f.).
Für eine konkrete Vorstellung wird der Ablauf der Begriffsbildung des Projekts „Koordinatensystem“ in Abschnitt 3.3 detaillierter beschrieben.

Um sich dem langfristigen Lehren und Lernen mathematischer Begriffe zu nähern, ist es sinnvoll, sich grob an ein Modell zu halten. Das soll helfen, das Verständnis mathematischer Objekte und Zusammenhänge zu fördern. Ein zentraler Punkt bei der Einführung von Begriffen sind dabei auch Verweise auf Vorerfahrungen und intuitive Vorstellungen (Bruder et al., 2015, S. 275 f.). Im Folgenden wird das Vierstufenmodell zur Begriffsbildung langfristiger Termini kurz beschrieben, um dann im Kapitel 3.3 nochmals aufgegriffen und mit der Praxis verknüpft zu werden.

1. Stufe: Intuitives Begriffsverständnis: Charakteristische Eigenschaften spielen noch keine Rolle, es geht nur um den Begriff als Phänomen.
2. Stufe: Inhaltliches Begriffsverständnis: Auf dieser Stufe kommen erstmals Eigenschaften zum Tragen, die den Schüler*innen bei Tätigkeiten helfen sollen.

3. Stufe: Integriertes Begriffsverständnis: Beziehungen zwischen mathematischen Begriffen können hergestellt werden. Die Vernetzung von zusammenpassenden Termini ist für ein ausgeprägtes Verständnis unumgänglich.
4. Stufe: Formales Begriffsverständnis: Einzelne Komponenten sollen beschrieben und begründet werden können, so wie es bei Tests der Fall sein kann (Bruder et al., 2015, S. 275).

Diese Modelle können beim Aufbau des Unterrichts helfen, da gleichzeitig Ziele vorgegeben werden, die im Zuge der Begriffsentwicklung erreicht werden sollen. Darüber hinaus ist es für die Lehrperson möglich, einen Perspektivenwechsel herbeizuführen und zu erkennen, was bei der Begriffsbildung kritisch hinterfragt werden muss (Bruder et al., 2015, S. 256). Natürlich ist bei der Begriffsbildung immer darauf Rücksicht zu nehmen, ob es sich um Leitbegriffe, Schlüsselbegriffe oder Standardbegriffe handelt, denn je nachdem können unterschiedliche Modelle verwendet werden. Dementsprechend wird dann unterschieden zwischen langfristigen, mittelfristigen und kurzfristigen Begriffen, die im Laufe des Mathematikunterrichts ungleich häufig vorkommen.

2.5 Aspekte des geometrischen Denkens

„Ich glaube, dass die Elementargeometrie, wenn sie geeignet unterrichtet wird, die Ausbildung der menschlichen Wahrnehmungs- und Gestaltungsfähigkeit entscheidend fördern kann”, schreibt Wittmann (1987, S. V) und spielt auf den Bezug und die Beziehung von Mathematik zum Leben an. Hentig (1972) äußert sich dazu folgendermaßen: „Die wissenschaftspropädeutische Chance der Mathematik scheint demnach gerade in dem zu bestehen, was die Mathematiker – bisher – scheuen, wenn nicht verachten: In der Übersetzung von realen Beziehungen in mathematische Sprache und umgekehrt” (Hentig, 1972, S. 80 f.).
Freudenthal sagt dazu: „Geometrie als logisches System ist ein Mittel – sie ist das mächtigste Mittel –, Kinder die Kraft des menschlichen Geistes fühlen zu lassen, das heißt die Macht ihres eigenen Geistes“ (Freudenthal, 1973, S. 380).
Im Vordergrund steht die Translation von alltagsnahen Situationen in mathematische Zusammenhänge. Das Ziel ist es also, Themen aus dem Alltag der Schüler*innen in den Mathematikunterricht zu bringen, die dann helfen sollen, die Allgemeinbildung und

das Erkennen von Verknüpfungen in der Welt zu fördern. Die Geometrie bietet viele Möglichkeiten, den Schüler*innen Mathematik näherzubringen.
Ein Modell, das die Schüler*innen im Laufe des Unterrichts zeichnen, muss die jeweilige Situation nicht vollständig wiedergeben. Wichtiger ist, dass die wesentlichen Teile brauchbar dargestellt werden. Beispielsweise kann Unwichtiges weggelassen, an Einzelteile herangezoomt oder Eigenschaften in den Mittelpunkt gestellt werden (Wittmann, 1987, S. 47). Dabei kann auch auf die Abschnitte 2.3 und 3.1 verwiesen werden.
Nicht außer Acht gelassen werden darf die Entwicklung des räumlichen Vorstellungsvermögens, das als einer der fünf Aspekte geometrischen Denkens aufgelistet wird (Bruder et al., 2015, S. 194). Das ist ein wichtiges Ziel des Mathematikunterrichts, da es für viele Berufsgruppen unbedingt vorhanden sein muss. Im Projekt wird von der reinen Vorstellungsebene auf die Umsetzungsebene gewechselt und dabei die Komponente K1 "Lesen und Anfertigen von räumlichen Darstellungen" von Sill berücksichtigt (Sill, 2019, S. 299 f.).
Dadurch soll die Mathematik im Alltag noch besser wahrgenommen und verstanden werden. Außerschulische Lernorte und die vorgestellten Projekte stellen Möglichkeiten dar, den geometrischen Blick der Schüler*innen detaillierter und realitätsnäher zu schulen.

2.6 Pädagogische Aspekte

Über die Bedeutung der Motivation im Unterricht muss nicht diskutiert werden, das betrifft das Fach Mathematik im Besonderen. In Hinblick auf die vorgestellten Projekte werden vor allem folgende Lernmotive angesprochen: das *Erkenntnismotiv* und das *Erlebnismotiv*. Die Freude am selbstständigen Lösen eines Problems, sei es rechnerisch oder geometrisch, ist eine enorme Hilfestellung für den Unterricht und schafft es, viele Schüler*innen ins Boot zu holen (Sill, 2019, S. 66). Der, laut Sill (2019), bekannten Tatsache, dass "nur reines Anhören eines Lehrervortrags eine geringe Lernwirkung hat" (Sill, 2019, S. 68), wird damit entgegengewirkt, indem die Schüler*innen selbst nach Lösungen suchen und sich mit Problemen auseinandersetzen müssen. Das *Lebenszweckmotiv* spielt für die Schüler*innen eine zentrale Rolle, da die Verknüpfung mit ihrer eigenen Lebenswelt zu einer höheren Produktivität und Motivation führen kann. Das wird in Abschnitt 5.1 noch einmal quantitativ erforscht. Es kann dabei

auch auf die Interessen der unterschiedlichen Klassen eingegangen werden, um beim *Lebenszweckmotiv* anzuschließen. Das Streben nach Bewältigung zukünftiger Aufgaben soll bereits im Unterricht angeschnitten werden (Sill, 2019, S. 66). Die Offenlegung und der transparente Umgang mit Zielen sollte ebenso in den außerschulischen Unterricht integriert werden, denn ein Ziel, das sich die Kinder auch selbst setzen, wird leichter erreicht als ein vorgegebenes Ziel der Lehrkraft. Den Schüler*innen soll bewusst gemacht werden, was sie nach der jeweiligen außerschulischen Einheit können sollten, denn dann wird gleichzeitig deutlich gemacht, was erwartet wird. Dazu muss auch klargemacht werden, warum diese Projekte durchgeführt werden und was mit den neuen Fähigkeiten und Fertigkeiten noch passieren wird. In Hinblick darauf wird auch versucht, mit einzelnen Teilzielen zu arbeiten. Das Erreichen dieser Teilziele soll im Anschluss zu einer gesteigerten Motivation und einem Gefühl des Erfolgs der Schüler*innen führen (Sill, 2019, S. 71).
Zum Thema Langzeitmotivierung schreibt Sill (2019, S. 78), dass Erwachsenen oftmals besondere Erlebnisse oder eigene Aktivitäten positiv in Erinnerung bleiben. Dazu zählt auch das gemeinsame, mit Erfolg verknüpfte, Anfertigen von Unterrichtsmitteln, das bei außerschulischen Projekten oftmals gegeben ist. Laut Sill (2019, S. 78 f.) stellen auch Projekte Möglichkeiten zur Langzeitmotivierung dar. Dabei geht er vor allem auf die Vermessung im Gelände ein, die beim vorgestellten Projekt in Abschnitt 3 zentral ist.

3 Projekt Koordinatensystem

3.1 Beschreibung des Projekts

Das Projekt „Koordinatensystem“ kann laut Lehrplan in einer 2. Klasse der Sekundarstufe 1 angewendet werden. Es wird in drei Phasen unterteilt, die inhaltliche Erarbeitung, die Durchführung am außerschulischen Lernort und die Festigung am außerschulischen Lernort. Die örtliche Realisierung für die Phasen 2 und 3 kann in diesem Fall flexibel gehalten werden, da das Projekt an vielen verschiedenen öffentlichen Orten umsetzbar ist. In dieser konkreten Vorstellung liegt der Fokus auf der Umsetzung in einem Park.

In Vorbereitung auf das Projekt findet in Phase 1 eine einstündige Einführung im Klassenzimmer statt, was ein Koordinatensystem ist und wie man es zeichnet. Wichtig ist dabei auch, dass alle Komponenten erklärt werden. Die Schüler*innen sollen selbstständig ein Koordinatensystem vollständig zeichnen können, genauso wie das Einzeichnen und Herauslesen von Punkten bereits vor der Projektdurchführung gelingen soll. Dazu gehören vor allem Achsenmarkierungen, Pfeile, Achsenbeschriftungen und der Ursprung. An dieser Stelle wird auf Abschnitt 2.2 verwiesen, wo die zugrundeliegende Theorie bezüglich Vorkenntnissen und Handlungskompetenzen bereits ausführlich erläutert wurde. Somit findet sowohl die inhaltliche Festigung als auch das Entwickeln eines tieferen Verständnisses des Koordinatensystems und des Maßstabs bereits im Klassenzimmer statt und wird dann als Phase 1 bezeichnet, denn in Abschnitt 2.3 heißt es, „um mathematische Modelle bilden zu können bedarf es bereits mathematischem Wissen und Können“ (Sill, 2019, S. 174).

In Phase 2 kommt dann die Flexibilität des Durchführungsortes zu tragen. Zu empfehlen sind beispielsweise der Schulhof, die Schulterrasse oder ein Park, der bei dieser Projektbeschreibung im Zentrum stehen soll. Ziel in Phase 2 ist es, den außerschulischen Ort möglichst maßstabsgetreu in einem selbst gezeichneten Koordinatensystem wiederzugeben. Phase 2 wird im Gegensatz zu Phase 1 optimalerweise in Gruppen von drei Personen durchgeführt. Die Gruppen können entweder von der Lehrkraft eingeteilt werden oder die Klasse teilt sich selbst in Gruppen ein. In den gefundenen Dreier-Teams sollen die Schüler*innen in 50 Minuten ein Koordinatensystem zeichnen, welches den Schulhof, den Park oder die Schulterrasse in einem geeigneten Maßstab wiedergibt. Der Maßstab wird von der Lehrperson gewählt und vorab in

Phase 1 nochmal erklärt, wobei der Maßstab 1:100 meist am sinnvollsten ist. Alle Gruppen benötigen ein glattes A4-Papier, einen Bleistift, ein großes Geodreieck, einen Radiergummi und ein Maßband am Durchführungsort. In Abschnitt 2.6 wird die Freude am selbstständigen Arbeiten erwähnt, die in diesem Projekt in Form von Gruppenarbeit stattfindet. Durch diese Eigenständigkeit und den Verweis auf die Lebenswelt der Schüler*innen schafft man es eher, selbige zu motivieren.

Es sollen Details, wie zum Beispiel Tische, Bänke, Blumentöpfe, Stiegen oder Pflanzen eingezeichnet werden, um das Koordinatensystem beziehungsweise den entstehenden Plan so real wie möglich zu gestalten. Mithilfe dieser Details sollte das Koordinatensystem bei allen Gruppen Ähnlichkeiten aufweisen. Hier kann auf Abschnitt 2.3 verwiesen werden, denn zu einer geeigneten Modellierung gehört auch die Entscheidung der Schüler*innen, welche Details der realen Welt für das Projekt relevant sind und welche außer Acht gelassen werden können. Dabei handelt es sich um einen wichtigen Schritt, um die alltägliche Umgebung in einen zweidimensionalen Raum zu transformieren. Der erste der fünf Hauptschritte nach Sill (2019, S. 172) in Abschnitt 2.3 spielt hier eine große Rolle, denn zur Bildung eines Realmodells ist das Vereinfachen und Vernachlässigen von Bedingungen unumgänglich. Dabei wird kleineren Objekten oft nur wenig Relevanz im Koordinatensystem beigemessen, beispielsweise können Bäume auch auf Punkte im System reduziert werden. Anschließend kommt es durch das Anfertigen eines Koordinatensystems zu einer Mathematisierung des Parks oder des Innenhofs.

Am Durchführungsort wird für das Wiederholen der Arbeitsanweisung und das Zeichnen des Koordinatensystems (Phase 2) eine Unterrichtsstunde einberechnet, da die Lehrkraft auch auf Fehler aufmerksam machen und für etwaige Fragen zur Verfügung stehen muss.

Nachdem alle Gruppen ein geeignetes Koordinatensystem inklusive Details (Bäume, Bänke, Tische) gezeichnet haben, werden von jeder Dreier-Gruppe fünf Punkte in ihrem eigenen Koordinatensystem eingezeichnet und mit A, B, C, D und E beschriftet. Daneben sollen auch die Koordinaten dieser Punkte vermerkt werden. Phase 2 schließt nun mit den erstellten Koordinatensystemen der Dreier-Teams und den jeweils fünf eingezeichneten Punkten darin ab.

Vor Phase 3, dem Inselhüpfen, wird dann von der Lehrperson ein Vorlage-Koordinatensystem desselben Ortes mit dem Programm Geogebra gezeichnet und für jede

Gruppe einmal ausgedruckt. Dieses Koordinatensystem soll die individuellen Koordinatensysteme der Dreier-Teams vergleichbar machen und wird als Vorlage für Phase 3 benötigt. Es inkludiert Achsenbeschriftungen, Achsenmarkierungen und vor allem alle Gegenstände, die im Koordinatensystem zu finden sein sollten.

In der dritten Phase des Projekts wird dann das Inselhüpfen gestartet und die eingetragenen Punkte der Dreier-Teams von *A* nach *B* bis hin zu *E* aufgesucht. Es spielen jeweils zwei Gruppen gegeneinander, weshalb es vorteilhaft ist, wenn bei der Gruppeneinteilung Wert daraufgelegt wird, dass die Anzahl der Gruppen gerade ist. Es beginnt beispielsweise Gruppe 1, die ihr erstelltes Koordinatensystem und die darauf eingezeichneten Koordinaten aus Phase 2 bei sich trägt, und gibt Gruppe 2 die Koordinaten des ersten Punktes *A*. Wenn Gruppe 2 diese Koordinaten im Hof, im Park oder auf der Schulterrasse mithilfe des Maßbandes erreicht hat, wird der Punkt mit einer Straßenkreide mit einem X versehen. Neben dem Kreuz sollen die dazugehörigen Koordinaten vermerkt werden.
Darüber hinaus wird der Punkt und dessen Koordinaten auch im Vorlage-Koordinatensystem der Lehrperson eingezeichnet. Das Einzeichnen im Vorlage-Koordinatensystem ist wichtig, um das Projekt in irgendeiner Art festzuhalten und um der Lehrkraft die Möglichkeit zu geben, die Koordinaten nochmal zu überprüfen.
Erst nachdem die Koordinaten doppelt eingetragen wurden darf Gruppe 1 die Koordinaten des Punktes *B* an Gruppe 2 weitergeben. Wenn alle Koordinaten in der richtigen Reihenfolge markiert und beschriftet (sowohl mit Straßenkreide als auch im Vorlage-Koordinatensystem) wurden, hat Gruppe 2 die Aufgabe gemeistert.
Im Anschluss ist Gruppe 1 dran, die vorgegebenen Koordinaten von Gruppe 2 zu finden und einzuzeichnen. Wichtig ist, dass die jeweils andere Gruppe als Kontrollorgan wirkt und sicherstellen kann, dass die Aufgaben richtig gelöst werden.

Auf den Inseln *A*, *B*, *C*, *D* und *E* ist es den Gruppen erlaubt, sich länger aufzuhalten. Wenn die Gruppen aber am Weg von Punkt *A* nach Punkt *B* sind, ist es das Ziel, möglichst kurz unterwegs zu sein, da man sich nur auf den Inseln erholen und orientieren kann. Der Weg soll das Meer sein und dabei wird versucht, rasch von einem Punkt zum nächsten zu gelangen. Das ist zielführend, da sich die Schüler*innen so bereits vorab Gedanken machen, wo sie in etwa hinmüssen und sich mit Hilfe der

Angabe orientieren. Sie sind somit auch „Teil des Koordinatensystems“, was die Umsetzung noch realer macht. Angelangt bei Punkt *E* wird die Lehrperson informiert, die dann den Weg von *A* nach *E* mit Hilfe der Kreuze nachvollziehen kann und den Erfolg bestätigt. Die eingezeichneten Koordinaten im Vorlage-Koordinatensystem der Lehrkraft sollen ebenfalls überprüft werden. Dieses A4-Blatt mit den richtigen Punkten *A*, *B*, *C*, *D* und *E* kann dann im Anschluss als Plakat in der Klasse aufgehängt werden.

Vorbereitung des Projekts zusammengefasst:

- Vorzeichnen eines Vorlage-Koordinatensystems mit Details (Bänke, Tische, …) mithilfe von Geogebra (jede Gruppe bekommt eines, um beim Inselhüpfen die Koordinaten einzuzeichnen in Form einer Karte)
- Eventuell: Ausmessen von Hof, Park oder Schulterrasse und mit Kreide die Achsen bzw. Markierungen einzeichnen (nicht verpflichtend, funktioniert auch ohne)
- Einführung Koordinatensystem in Phase 1
- Gruppeneinteilung – entweder vorgeben oder den Schüler*innen überlassen
- Mitbringen
    - Maßband, Straßenkreiden, leere A4-Blätter

Als Mehrwert dieses Projekts wird erwartet, dass die Schüler*innen ihr Umfeld bewusst mathematischer wahrnehmen und erkennen. Das Projekt soll helfen, Dinge aus dem Alltag mit Mathematik zu verknüpfen. Darüber hinaus sind die Schüler*innen Teil eines Konstrukts, wo sie sich selbst mittendrin wiederfinden, und das könnte die Arbeit mit Koordinatensystemen für die Zukunft erleichtern. Es wurde ein Thema aus der Elementargeometrie gewählt, bei dem die Schüler*innen selbst nah am Geschehen sind, da diese Orte Teil des Alltags der Jugendlichen sind.
Es soll ein Angstverlust durch eine spielerische Komponente sichergestellt werden, denn aus Erfahrung ist bekannt, dass manche Lernende mit spielerischen Mitteln leichter für Mathematik zu begeistern sind. Wie in Abschnitt 2.2 bereits angeführt, kommt der Perspektivenwechsel und das Einbetten eines realen Umfelds in ein Koordinatensystem, genauso wie die aktive Teilnahme und Bewegung in diesem hier zum Einsatz (Bruder et al., 2015, S. 41).
Einen weiteren Mehrwert kann auch die unterbewusste Einführung von Vektoren darstellen, wobei das, dem Feedback (Kapitel 6) zufolge, nur in Ausnahmen passiert.

Während die Schüler*innen von einem Punkt zum Nächsten gelangen, bewegen sie sich sozusagen im Koordinatensystem und arbeiten das erste Mal mit Vektoren, auch wenn ihnen das gar nicht bewusst ist.
Das Koordinatensystem eignet sich gut für ein Projekt, da es die Klasse bis zur Matura begleitet und somit langfristig Teil des Unterrichts ist. Später kann auch wieder auf dieses Projekt verwiesen und die Erinnerung dazu eingebunden werden. Ein ausgeprägtes Verständnis vom Koordinatensystem ist vor allem auch deshalb unumgänglich, da es in Form von Grafiken und Diagrammen immer wieder vorkommt und eine große Rolle spielt – auch in anderen Fächern.

Der Maßstab, der bereits in der 1. Klasse am Lehrplan steht, wird bei diesem Projekt alltagsnah wiederholt und eingesetzt. Darüber hinaus ist das saubere Zeichnen mit einem gespitzten Bleistift, vor allem in der Sekundarstufe 1, immer wieder wichtig zu wiederholen.
Die Zielorientierung, die bereits im Abschnitt 2.6 erläutert wurde, soll den Schüler*innen durch die transparente und offene Darlegung des Mehrwerts nähergebracht werden. Die Formulierung von Zielen hilft bei den einzelnen Phasen des Projekts und vermittelt den Schüler*innen gleichzeitig ein Gemeinschaftsgefühl, denn sie arbeiten alle an den formulierten Zielen und können sich dabei gegenseitig unterstützen. Eine Möglichkeit dafür ist das Setzen von Teilzielen, im Fall des Projekts beispielsweise Beschriftung des Koordinatensystems, Ausmessen von Orten, Wählen eines Maßstabs, Eindeutigkeit von Koordinaten, …, da mehrere Erfolgserlebnisse oft zu einer steigernden Motivation führen.

3.2 Durchführung des Projekts

3.2.1 Allgemeines

Die Projektidee wurde, wie eingangs beschrieben, in der Schule umgesetzt und mit zwei Klassen der sechsten Schulstufe im Dezember 2020 durchgeführt. Es handelt sich hierbei um eine private NMS in Wien. Wie bereits erwähnt umfasst das gesamte Konzept drei Unterrichtsstunden für die drei verschiedenen Phasen: Einführung des Koordinatensystems, Zeichnen des Koordinatensystems, Inselhüpfen.
Phase 1 wurde in beiden Klassen im jeweiligen Klassenzimmer abgehalten.

In der 2A wurde Phase 2 auf der Schulterrasse durchgeführt, da das Klassenzimmer direkten Zugang hat und es an diesem Tag regnete. In der 2B konnte, wie ursprünglich geplant, der Park aufgesucht werden.
Phase 2, das Vermessen und Zeichnen des Koordinatensystems, dauerte auf der Schulterrasse 50 Minuten und im Park 60 Minuten. Das liegt daran, dass Hin- und Rückweg jeweils rund fünf Minuten ausmachen. Im Fall der 60 Minuten wurde die Pause dazu genommen und mit der nächsten Lehrkraft bereits im Vorfeld eine Absprache getroffen.
Phase 3, das Einzeichnen von Koordinaten im Koordinatensystem und in der Realität, nahm auf der Schulterrasse 20 Minuten und im Park 30 Minuten in Anspruch. Im Park wurde problemlos Straßenkreide zum Einzeichnen verwendet, während das auf der Schulterrasse nicht möglich war. Deshalb wurden Post-its verwendet, die mit den notierten Koordinaten auf den Boden oder auf betroffene Gegenstände geklebt werden konnten.
Im Anschluss daran wurden sowohl die gezeichneten Koordinatensysteme der Dreier-Gruppen als auch die Vorlage-Koordinatensysteme in der Klasse als Plakate aufgehängt, um an das Projekt zu erinnern.

3.2.2 Beobachtungen

Bezüglich der Beobachtungen wird mit einem Klassenvergleich begonnen. Ein Vergleich gestaltet sich schwierig, da beide Klassen an unterschiedlichen Orten gearbeitet haben. Das liegt auf der einen Seite am Wetter, auf der anderen Seite daran, dass so noch mehr Ergebnisse in die Reflexion einfließen können. Trotzdem soll versucht werden, die beiden Klassen in Bezug auf das Projekt gegenüberzustellen.

Während in der 2A kaum Fragen gestellt wurden, lief die Phase 2 in der 2B konträr ab. Im Park wurde oft nachgefragt, meist aufgrund von Unsicherheiten. Da die Klassen ansonsten ähnlich agieren, was Persönlichkeiten und Leistungsniveau betrifft, wäre die ungewohnte Lernumgebung ein möglicher Auslöser für die unsichere Vorgangsweise. Die 2A verließ ihre gewohnte Umgebung nur minimal, indem sie sich durch die Verbindungstür auf die Terrasse begaben, während die 2B in den fünf Minuten entfernten Park ging und sich dort vermutlich erst zurechtfinden musste. Abgesehen davon waren in Hinblick auf die beiden Klassen in der Qualität und der Umsetzung der Zeichnungen kaum Unterschiede erkennbar. Bezüglich der verschiedenen Gruppen waren aber deutliche Abweichungen erkennbar, was Genauigkeit, Sauberkeit und Vollständigkeit betrifft. Im Vergleich der Klassen konnte hier kein Leistungsabfall festgestellt werden.

Um den Fokus stärker auf die Beobachtungen legen zu können, wurde versucht, sich im Hintergrund zu halten. Nachdem am Anfang von Phase 2 der Arbeitsauftrag noch einmal komprimiert zusammengefasst wurde, konnte sich während der Arbeitsphase mehr der Analyse gewidmet werden.
Besonders auffällig war das Ungleichgewicht der Aufgabenverteilung in manchen Gruppen. In Dreier-Gruppen waren teilweise nur zwei Teammitglieder engagiert und in den Zweier-Gruppen gab es immer vor allem eine treibende Kraft. Das ist bei Gruppenarbeiten aber nichts Neues und wird sich in der Form auch nur schwer ändern lassen. Während dem Projekt wurde aufgrund der Beobachtungstätigkeit nur selten auf die Arbeitsteilung geachtet und diesbezüglich freie Hand gelassen.

Eine weitere Beobachtung war, dass viele Messungen durchgeführt wurden, die für das in den Dreier-Teams selbst zu zeichnende Koordinatensystem irrelevant waren. Beispielsweise wurden Umfang von Baumstämmen oder die Größe der Mitschüler*innen gemessen. Es ist vorstellbar, dass die seltene Nutzung von Maßbändern im Alltag den Einsatz schmackhafter macht. Auch hier wurde nur eingeschritten, wenn die gestellten Aufgaben in den Hintergrund gerieten, was nur selten der Fall war.
Bezüglich Maßbändern ist noch Folgendes festzuhalten: Das Verwenden von Maßbändern macht den meisten Schüler*innen irrsinnig Spaß und sie wünschen sich einen häufigeren Einsatz. Gleichzeitig ist das Einziehen des Maßbandes aber auch gefährlich und kann zu kleinen Schnittverletzungen führen. In Abschnitt 3.4 wird näher darauf eingegangen.
Wie bereits angeschnitten ist die Auffassung von Genauigkeit grundverschieden. Manche Teams rundeten des Öfteren bei Messungen, während bei manchen zentimetergenau gearbeitet wurde. Selbiges gilt für die Sauberkeit und die Vollständigkeit der Zeichnungen. Da aber auf diesen Punkt im Vorfeld nicht detailliert eingegangen wurde, war das auch zu erwarten.
Wie die Genauigkeit ist auch die Herangehensweise der Schüler*innen beim Messen grundverschieden. Es gab Gruppen, die sich immer am Ursprung orientierten und von

dort aus die Messungen durchführten. Andere Gruppen nahmen sich bereits eingezeichnete Gegenstände zur Hilfe und verknüpften so die einzelnen Gegenstände des Koordinatensystems miteinander und ersparten sich damit die langen Messungen.

Die letzte auffällige Beobachtung war der Spaßfaktor, der in nahezu allen Gruppen deutlich zu sehen und zu spüren war. Die Schüler*innen schienen eine große Freude bei der Durchführung zu haben und beschäftigten sich gleichzeitig mit dem Koordinatensystem und dessen Komponenten. Die eine oder andere Verschnaufpause, in der dann andere Dinge gemessen und ein bisschen geplaudert wurde, trug ihren Teil zu einer spaßigen und gleichzeitig erfolgreichen Unterrichtseinheit bei.

3.2.3 Material

Das Vorlage-Koordinatensystem der Lehrkraft, das die Schüler*innen benutzen, um die Punkte A, B, C, D, E der anderen Gruppe nicht nur vor Ort sondern auch auf dem Blatt A4-Papier einzuzeichnen, sieht beispielsweise wie in Abbildung 1 aus. Das passende Koordinatensystem einer Dreier-Gruppe ist in Abbildung 2 zu sehen. Grundlage für die beiden Abbildungen ist ein vorher besprochener und abgesteckter Abschnitt des Parks, der wiedergegeben werden sollte.
Wichtig ist, dass die Achsen, sowie die Hindernisse richtig eingezeichnet sind, da das für die Orientierung hilfreich ist. Danach kann das Vorlage-Koordinatensystem mit den eingezeichneten und beschrifteten Punkten im Klassenzimmer aufgehängt werden und die verschiedenen Routen des Inselhüpfens können jederzeit bestaunt werden. Darüber hinaus ist ein Vergleich zwischen dem ursprünglichen selbstgezeichneten Koordinatensystem von Gruppe A und dem ausgefüllten Vorlage-Koordinatensystem von Gruppe B möglich.

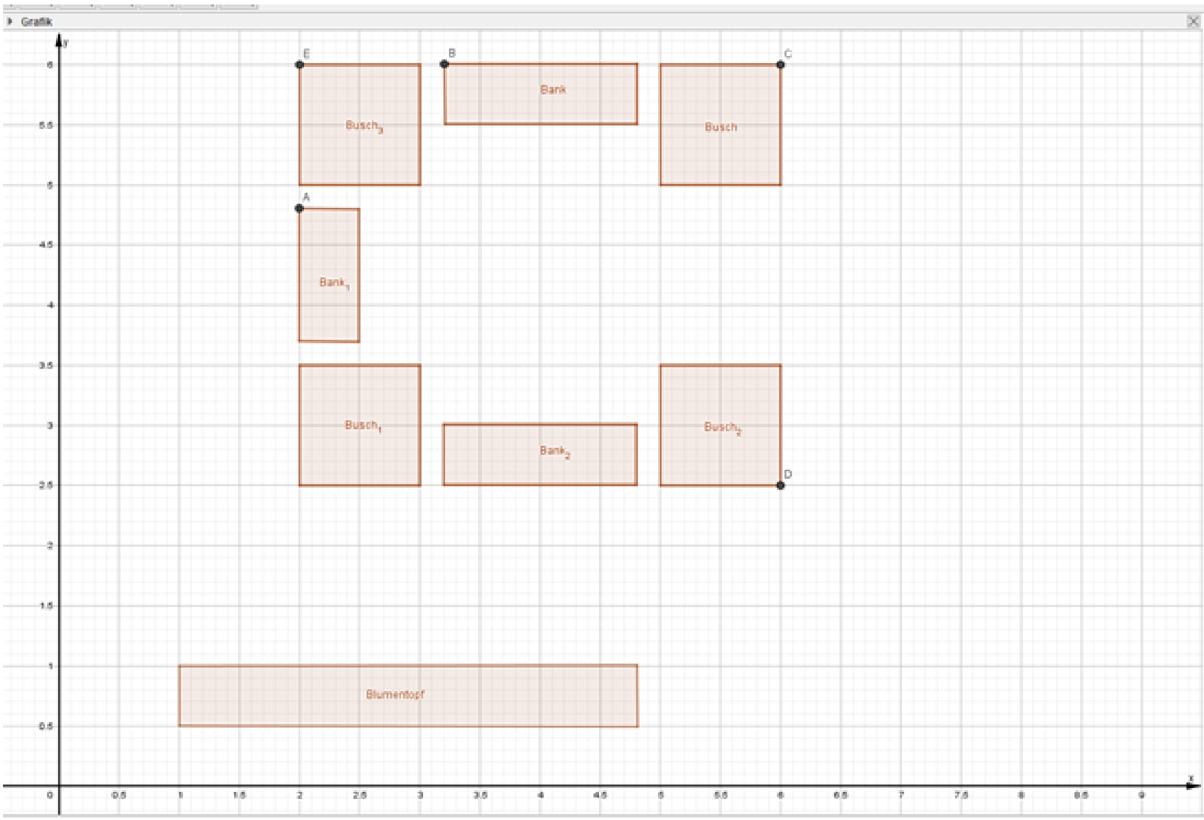

Abbildung 1 – vorgefertigtes Koordinatensystem der Lehrperson mithilfe von Geogebra

Eine gezeichnete Version von Schüler*innen des Koordinatensystems inklusive den eingezeichneten Punkten für Phase 3 sieht wie in Abbildung 2 aus.

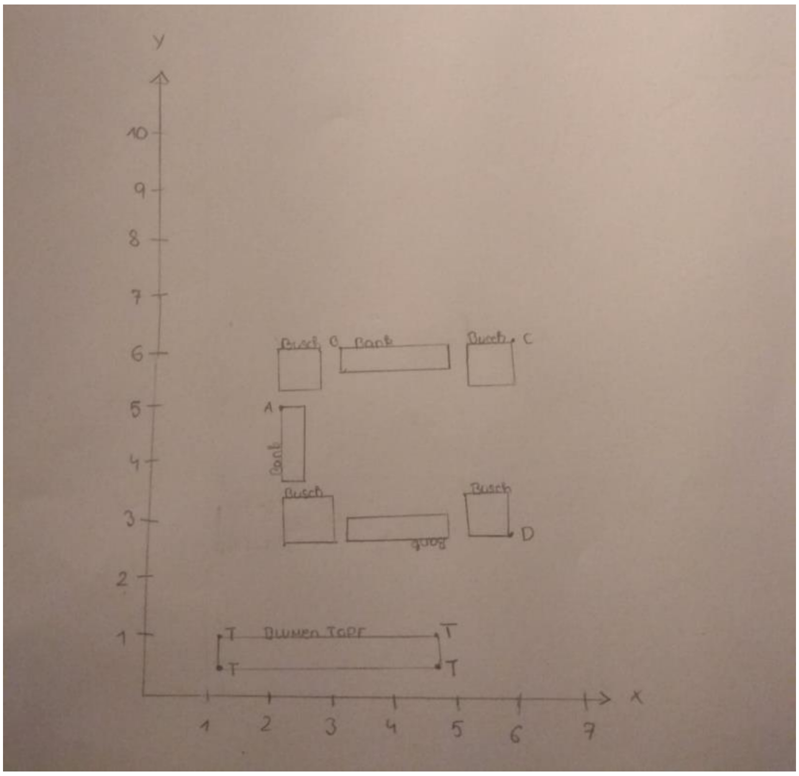

Abbildung 2 – Koordinatensystem einer Gruppe von Schülerinnen

Es lassen sich sofort Gemeinsamkeiten zwischen dem Vorlage-Koordinatensystem und jenem von einer Schülerinnengruppe (vgl. Abbildung 2) feststellen, die beide einen Ausschnitt des Parks zeigen. Die Büsche und Bänke helfen bei der Orientierung und können auch die Messungen erleichtern, da sie Anhaltspunkte darstellen.

3.3 Begriffsbildung

Grundsätzlich findet die erste Objektbegriffsbildung zum Koordinatensystem schon in der Volksschule statt. Es kommen immer wieder Gitter und das Einzeichnen von Gitterpunkten vor, was durchaus als Vorläufer gesehen werden kann. Auch das Schachbrett oder das Spielfeld zu „Schiffe versenken" kann als analog bezeichnet werden.
Das kartesische Koordinatensystem ist nach Rene Descartes (1596-1650) benannt, der im Lateinischen unter Cartesius bekannt war. Hintergrundinformationen wie diese können erfahrungsgemäß auch bei der Einordnung und Festigung des Begriffs helfen. Gleichzeitig mit dem Koordinatensystem muss auch der Begriff der Koordinate eingeführt werden, um den Schüler*innen beim Begriffsverständnis zu helfen (Graumann, 2012, S. 76 f.).

Die Begriffsbildung des (kartesischen) Koordinatensystems kommt in diesem Projekt auf klassische Weise vor. Denn vor der Durchführung des Projekts geht es in Phase 1 um die Erarbeitung eines Koordinatensystems, die auch zwei Zahlenstrahlen als x-Achse und y-Achse, einen gemeinsamen Anfangspunkt 0 (Koordinatenursprung) und eindeutig festgelegte Punkte beinhaltet. Diese Unterrichtseinheit wird zu einem großen Teil als Frontalunterricht abgehalten, um die Schüler*innen mit einem ähnlichen Vorwissen in das Projekt zu schicken, das in der Stunde darauf mit Phase 2 draußen fortsetzt. Dafür können auch neue Medien eingesetzt werden, die in der Sekundarstufe 1 erfahrungsgemäß gut ankommen. Darüber hinaus müssen die Schüler*innen wissen, dass die Koordinatenachsen dieses Systems normal aufeinander stehen und die Lage der Punkte eindeutig bestimmt werden kann. Das Ablesen und Eintragen von Punkten in das Koordinatensystem muss ebenfalls eine Rolle spielen und selbst durchgeführt werden können. Essentiell ist auch der Input der Lehrperson, dass die Achsen nicht gleich lang sein müssen und angepasst werden dürfen, vor allem in Hinblick darauf, dass der Schulhof womöglich nicht quadratisch ist. Darüber hinaus muss

noch einmal explizit darauf eingegangen werden, dass die Reihenfolge der ersten und zweiten Koordinate unbedingt beachtet werden muss.
Zur Begriffsbildung ist darauf zu verweisen, dass die einzelnen Punkte *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, die die Schüler*innen in das Koordinatensystem einzeichnen, nicht nur zur Beschreibung der Zahlenpaare dienen, sondern auch zur Beschreibung von Pfeilen und Verschiebungen. Sie bewegen sich von Insel zu Insel, wodurch Vektoren bereits eine Rolle spielen (Wittmann, 1987, S. 390 ff.).
Aus der fünften Schulstufe können passend dazu noch einmal die Begriffe Normalabstand, Strahl, Strecke, Normale und Punkt wiederholt werden. Natürlich wird in dieser Einführungseinheit immer wieder auf Bekanntes verwiesen und Gittermuster oder Ähnliches können in den Unterricht integriert werden, um das Verständnis zu erleichtern.

Es wird versucht, sich an das Vierstufenmodell der Begriffsentwicklung von Bruder zu halten, das in Abschnitt 2.4 bereits ausführlich erläutert wurde. Auf der ersten Stufe geht es um den Begriff als Phänomen, wo charakteristische Eigenschaften noch nicht vorkommen, sondern das Koordinatensystem als Ganzes erkannt wird. Dabei finden noch keine Verknüpfungen statt. Auf Stufe 2 geht es um den Begriff als Träger von Eigenschaften, wobei die Schüler*innen begründen können, wann es sich um ein Koordinatensystem handelt und was ein solches ausmacht. Die neu gewonnenen Eigenschaften können gleichzeitig zur Erstellung von Koordinatensystemen verwendet werden. Auf der dritten Stufe steht der Begriff als Teil eines Beziehungsgefüges im Fokus, wo Beziehungen zwischen Objekten thematisiert werden. Hierbei kann auch auf die Beziehung zwischen dem gezeichneten Koordinatensystem und dem Schulhof oder dem Park verwiesen werden. Zu guter Letzt geht es um den Begriff als formales Objekt. Dazu sollen am Ende des Projekts die einzelnen Komponenten beschrieben und begründet werden können. Besonders im Fokus steht hierbei auch das Wechselspiel zwischen zwei- und dreidimensionalem Raum und die Voraussetzungen dafür.
Das Projekt soll teilweise nach dem Vierstufenmodell der Begriffsbildung ablaufen und immer wieder Details aufgreifen und am Ende noch einmal abrunden (Bruder et al., 2015, S. 275).

Ziel ist, dass die Schüler*innen nach Ablauf des Projekts die verschiedenen Komponenten eines Koordinatensystems kennen. Es liegt nach der Erklärung bereits auf der

Hand, dass die Begriffsbildung nicht von heute auf morgen passiert, denn es handelt sich um einen langwierigen Prozess (Abschnitt 2.4), der immer wieder reflektiert und ergänzt werden muss (Sill, 2019, S. 32 f.).
Winter schreibt zur Begriffsbildung folgendes: „Begriffe kann man im Grunde nicht einführen […], der Begriffserwerb ist vielmehr ein aktiver, schöpferischer Prozess des lernenden Individuums“ (Winter, 1983, S. 186).
Das zeigt noch einmal in aller Deutlichkeit, dass ein Projekt bei der Begriffsbildung helfen kann, denn dabei ist die Aktivität der Schüler*innen gegeben.

3.4 Reflexion

Dieser Abschnitt nimmt einen wichtigen Teil des gesamten Projekts ein, damit die eventuelle Durchführung in den kommenden Schuljahren noch reibungsloser und erfolgreicher verläuft. Ein Punkt, auf den bei Projekten im Freien immer geachtet werden muss, ist das Wetter. Da man darauf keinen Einfluss hat, ist es wichtig, sich einen Plan B zurechtzulegen. Im beschriebenen Fall war es das Ausweichen auf die Schulterrasse, da die Schüler*innen hier zumindest im Trockenen zeichnen konnten, auch wenn die Messungen selbst im Nieselregen stattfanden. Mit Abstand betrachtet ist die Durchführung im Park aber noch geeigneter, falls das Wetter mitspielt, da die Klasse hier die Lernumgebung komplett wechselt und für kurze Zeit den Fokus wirklich auf das Projekt legen kann.

Nachdem das Projekt in drei Phasen geteilt werden kann, ist es wichtig, diese Phasen auch verschwimmen zu lassen. Beispielsweise ist eine kurze Wiederholung des Koordinatensystems am Anfang von Phase 2 wichtig, obwohl die Einführung in Phase 1 schon stattfand. Dafür reichen fünf Minuten vor dem Zeichnen und Messen am Anfang der Stunde, um die Einzelheiten noch einmal in Erinnerung zu rufen.

Ein weiteres Detail zur Verbesserung für kommende Versuche fiel während der Durchführung auf. Vermutlich wäre es zielführend, das Projekt in einer Kalenderwoche umzusetzen, denn es war auffällig, dass über das Wochenende Wissen und möglicherweise auch ein wenig Interesse verloren geht. Unter der Woche bleibt die Spannung eher aufrecht und die Schüler*innen entwickeln mehr Vorfreude auf das Projekt. Das war in einer Klasse nicht möglich und in der anderen schon und in Hinblick darauf konnten diese kleinen Unterschiede festgestellt werden.

Nicht außer Acht zu lassen ist der sorgfältige Umgang mit dem Maßband. Man sollte sich als Lehrkraft auf jeden Fall zwei bis drei Minuten nehmen, um der Klasse zu zeigen, wie man mit einem Maßband arbeitet. Allen voran das Einziehen ist von Bedeutung, da die Schüler*innen dies lustig finden und damit spielen. Es sollte die Verletzungsgefahr angesprochen werden und auch Funktionen der einzelnen Maßbänder (festmachen, einziehen) thematisiert werden. Dieser Aspekt wurde bei der Durchführung in einer der Klassen unterschätzt.

Bezüglich der Gruppengröße sind Dreier-Teams empfehlenswert. Dies ergibt sich primär deshalb, weil das Messen meist zwei Personen beansprucht und das Zeichnen eine Person. Bei der Durchführung in Zweier-Teams war es für einige Schüler*innen zeitlich doch etwas stressig.

Darüber hinaus soll noch auf den eingangs erwähnten Mehrwert des Projekts eingegangen werden. Einige Ziele konnten meiner Meinung nach zufriedenstellend erreicht werden, unter anderem das Wahrnehmen des Umfelds in mathematischer Hinsicht und die Verknüpfung zwischen Mathematik und Alltag. Die spielerische Komponente und die Wiederholung und Anwendung des Maßstabs können ebenfalls als gelungen eingestuft werden. Die unterbewusste Auseinandersetzung mit Vektoren erscheint im Laufe des Projekts nur bei ganz wenigen Schüler*innen Thema gewesen zu sein. Es wurde doch mehr an Punkte als an Pfeile gedacht.

Am Ende der Reflexion wird noch ein kurzes Feedback in Form von Schüler*innen-aussagen angeführt. Das Feedback wurde mithilfe eines Padlets durchgeführt und die Aussagen anonym abgegeben. Die im Anschluss angeführten Aussagen greifen auch den Mehrwert des Projekts noch einmal auf.

1.) *„Man kann auch draußen lernen“*
2.) *„See the world in a mathematical way“*
3.) *„Die Koordinatensysteme im Buch sind nur 2D, die Terrasse war irgendwie realer“*

4.) „Mir war das zu kompliziert“

5.) „Ich musste fast alles alleine machen, xy hat mir nicht geholfen“

6.) „Mega cool! Ich probier das heute in meinem Garten“

In mehreren Aussagen sind Aspekte des geometrischen Denkens verortet, beispielsweise bei der Übersetzung in eine mathematische Sprache. Mathematik und Realität sind ebenfalls deutlich im Feedback der Schüler*innen erkennbar. Die neue Lernumgebung ist als positiv aufgefasst worden und der Realitätsbezug ist den meisten in Erinnerung geblieben. Damit ist die Abwechslung eines außerschulischen Lernortes einigen Schüler*innen positiv aufgefallen. Doch es gab auch Feedback, das zu weiteren Überlegungen anregt, wie die Arbeitsaufteilung aus Aussage 5 und die Komplexität aus Aussage 4. In Bezug darauf kann die Gruppeneinteilung noch einmal überdacht werden.

Zusammenfassend gab es zu einem großen Teil positives Feedback und auch ein paar Aussagen, die Raum für Verbesserungen bieten.

4 Projekt Math City Map

4.1 Vorstellung

In diesem Abschnitt soll das Anwendungsprogramm *Math City Map* näher beleuchtet werden und im Zuge dessen auch die wichtigsten Überlegungen zur Anwendung eben jener. Die App wurde von Vortragenden der Goethe Universität in Frankfurt am Main mit der Intention ins Leben gerufen, außerschulische Lernorte noch näher an den Regelunterricht zu bringen. Über das Potenzial außerschulischer Lernorte wurde im Abschnitt 2.1 bereits detailliert geschrieben. Grundsätzlich bietet die *Math City Map* die Möglichkeit, sogenannte *Trails*, die verschiedene Aufgaben beinhalten, mit Schüler*innen durchzuspielen. Diese Trails können auch als mathematische Wanderpfade gesehen werden, mit deren Hilfe man Mathematik an interessanten Plätzen entdecken kann. Erstmals kam die Idee dieser Trails 1984 in Australien auf, die Umsetzung im deutschsprachigen Raum ließ aber bis vor wenigen Jahren auf sich warten (Ludwig, 2019, S. 6).
Diese Trails können überall stattfinden und können deshalb zu den Lernorten ohne Bildungsauftrag gezählt werden. Die Anzahl der Aufgaben der einzelnen Trails kann variieren, wichtig zu erwähnen ist aber, dass die Aufgaben auf einer Online-Karte der Applikation gezeigt werden, sobald der Trail runtergeladen wurde. Dafür benötigt es nach dem Download des Trails auch keine Internetverbindung mehr. Die einzelnen Aufgaben sind dann im Portal auffindbar, wo alle weiteren Informationen übersichtlich gezeigt werden. Dazu gehört die genaue Fragestellung, Hinweise zur Beantwortung der Frage, eine Musterlösung und auch die Art der Lösung. Die von den Schüler*innen im Smartphone eingegebene Lösung wird dann von der App überprüft. Bei der Art der Lösung gilt es zwischen vier Formaten zu unterscheiden: „Exakte Lösung, Multiple Choice, Intervalle, Positionserkennung“ (Ludwig, 2019, S. 27).
Die Möglichkeiten für verschiedene Aufgaben werden im Abschnitt 6.2 anhand von konkreten Beispielen näher beleuchtet.
Bei der Bearbeitung eines *Math City Map* Trails ist die Lösungsfindung in Gruppen naheliegend, am besten bestehend aus drei Schüler*innen. Jede Gruppe benötigt für die Durchführung des Trails einen Block, ein Maßband, einen Stift und ein Smartphone, auf dem der Trail runtergeladen wurde. Die Rollen der Schüler*innen können getauscht werden, grundsätzlich setzt sich ein Team aus einer navigierenden Person,

einer messenden Person und einer schreibenden Person zusammen (Ludwig, 2019). Der Navigator leitet dann die Gruppe mithilfe der App zu den verschiedenen Standorten der Aufgaben. Bei einer richtigen Lösungseingabe wird dann der Ort der nächsten Aufgabe gezeigt. Lösungsabgaben werden dann in folgende Kategorien eingeteilt: „sehr gute Lösung, gute Lösung, falsche Lösung" (Ludwig, 2019, S. 33). Gestufte Hinweise können ebenso verwendet werden wie die Funktion des Überspringens einer Aufgabe (Ludwig, 2019, S. 33).
Das digitale Klassenzimmer bietet der Lehrkraft die Möglichkeit, mit den Schüler*innen zu kommunizieren. Darüber hinaus lässt sich auch der Standort und der Bearbeitungsfortschritt der einzelnen Gruppen eruieren. Vorteilhaft ist dabei auch ein Evaluierungsprozess, der durch die Sichtbarkeit der Fehler möglich gemacht wird (ebd.).

Auf das Thema Datenschutz wird folgendermaßen von Seiten der Verantwortlichen eingegangen:

> „Die erhobenen Daten sind nicht personenbezogen. Keine Registrierung für SuS notwendig. Identifikation geschieht temporär über zufälligen Schlüssel (keine Klarnamen oder E-Mails notwendig). Verschlüsselte Übermittlung der Daten (SSL). MathCityMap hält sich an die Bestimmungen der DSGVO" (Ludwig, 2019, S. 42).

Dieser Punkt spielt heutzutage eine wichtige Rolle und erleichtert die Nutzung der *Math City Map* für Lehrkräfte enorm, da die Anonymität gewährleistet wird.
Lehrkräfte können selbst Trails erstellen, dafür ist jedoch, im Gegensatz zur reinen Nutzung der Schüler*innen, eine Registrierung nötig. Für einen Trail werden dann mehrere Aufgaben, mit kurzer Distanz dazwischen, zusammengefasst. Eigens erstellte Trails sind grundsätzlich privat und können für Schulklassen genutzt werden. Die Möglichkeit zur Veröffentlichung ist jedoch gegeben, wobei der Trail zuvor von der Universität Frankfurt genehmigt werden muss (Ludwig, 2019, S. 51 f.).
Die Aufgaben werden auf mehrere Kriterien geprüft, bevor sie veröffentlicht werden. Das Kriterium der Eindeutigkeit zielt darauf ab, dass zu jeder Aufgabe ein Bild sichtbar sein muss, um das Objekt der Aufgabe deutlich zu erkennen.
Aufgaben sollen so konzipiert sein, dass sie ausschließlich vor Ort gelöst werden können (siehe Aufgabe 4 in Abschnitt 4.2). Bild oder Text dürfen somit nicht zur Beantwortung der Frage ausreichen. Die Schüler*innen müssen beim Lösen der Aufgabe aktiv sein, das kann beispielsweise zählen oder messen sein.

Erst wenn diese drei Kriterien von der Universität Frankfurt als erfüllt bezeichnet werden, ist der Trail für die gesamte Öffentlichkeit aufrufbar (Ludwig, 2019, S. 52). Darüber hinaus soll gewährleistet sein, dass die Aufgaben auf verschiedene Arten gelöst werden können und auch einen Anwendungsbezug haben. Hinweise zu den einzelnen Aufgaben sind ebenfalls Voraussetzung für eine Veröffentlichung. Diese können der Reihe nach freigeschalten werden, um den Schüler*innen den Lösungsweg näherzubringen (Ludwig, 2019, S. 25).

Zusammenfassend ist bei der Nutzung der *Math City Map* wichtig, dass die Aufgaben nur vor Ort lösbar sein sollten und die Schüler*innen sich die Rollen in ihrer Gruppe einteilen. Darüber hinaus ist die Erreichbarkeit der Lehrkraft unumgänglich, um in Notfallsituationen helfen zu können.

Die Anwendung der *Math City Map* ist hauptsächlich zur Festigung von bereits Gelerntem gedacht und weniger zur Erarbeitung neuer Themen. Die verschiedenen Aufgaben können optimal zur Wiederholung dienen, sprechen aber auch Themen an, die schon deutlich länger zurückliegen. Bei der Durchführung der *Math City Map* spielt vor allem das *Lebenszweckmotiv* eine Rolle, denn die Technik und damit ein zentraler Punkt in der Lebenswelt vieler Schüler*innen wird in diesem Projekt eingebunden. An dieser Stelle wird auf Abschnitt 2.6 verwiesen, wo die zugrundeliegende Pädagogik bereits erläutert wurde. Darüber hinaus wird in Abschnitt 6.2.3 noch einmal auf die Wichtigkeit der Technik für die Schüler*innen eingegangen.

4.2 Math City Map „Wien 1180 Rundgang”

Der für die vorliegende Untersuchung erstellte Rundgang besteht aus neun Aufgaben, die im Ebner-Eschenbach-Park und dessen Umgebung im 18. Wiener Gemeindebezirk zu lösen sind. Der Trail ist so konzipiert, dass er für die sechste Schulstufe innerhalb des zweiten Semesters umsetzbar ist. Die Aufgaben reichen von der Berechnung des Volumens, über Längen- und Flächenmaße bis hin zu Dreiecken und Brüchen. Es handelt sich dabei um den ersten veröffentlichen Trail der *Math City Map* in Wien. Der Trail sollte in 60 bis 90 Minuten machbar sein, je nach Leistungsniveau der einzelnen Gruppen. Zu jeder der neun Aufgaben gibt es mindestens zwei Lösungshinweise, die die Schüler*innen bei Schwierigkeiten auf den richtigen Weg bringen sollen. Auffindbar ist der Trail, nach Installation der Applikation, unter folgendem Code, der auf der *Math City Map* Startseite einzugeben ist: 574323. Eine andere Möglichkeit ist die Suchmaske, wo man bei der kürzesten Entfernung des nächsten Trails direkt auf „Wien 1180 Rundgang“ stößt, da es der einzige in Wien ist.

Alle Fragen, Bilder, Hinweise und Lösungen werden aus Gründen der Übersichtlichkeit auch in dieser Arbeit inkludiert, damit die Leser*innen eine konkrete Vorstellung zum *Math City Map* Rundgang haben. Vor den einzelnen Aufgaben wird wie in Abbildung 3 zusätzlich ein Bild der Startseite gezeigt, um die Maske der *Math City Map* kennenzulernen. Dabei sind die Standorte der einzelnen Orte sichtbar, sowie Titel, Schulstufe und Code des Trails.

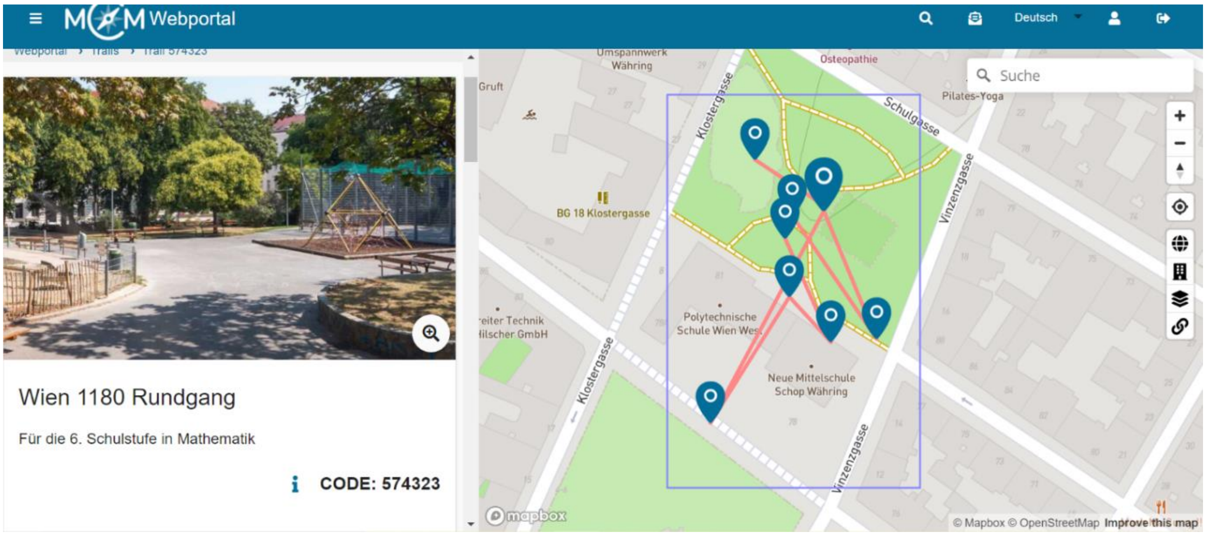

Abbildung 3 - Maske der Math City Map für den „Wien 1180 Rundgang“

<u>Aufgabe 1 „Kletterspaß“:</u>

„Wie viele gleichseitige Dreiecke, mit gelben Stangen als Seiten, sind hier zu erkennen?“ (Abbildung 4)

Hinweis 1: Die gelben Stangen sind alle gleich lang.

Hinweis 2: Nur ein Dreieck, das von drei gelben Stangen begrenzt wird, wird als gleichseitiges Dreieck bezeichnet.

Musterlösung: Es sind vier gleichseitige Dreiecke im unteren Bereich und vier gleichseitige Dreiecke im oberen Bereich zu sehen, die gelbe Stangen als Seiten haben. Insgesamt somit acht gleichseitige Dreiecke.

Abbildung 4 – Aufgabe 1 „Kletterspaß“

Lösung: exakter Wert (8)

Aufgabe 2 „Tischtennis-Service“:

„Wie viel m² hat ein Spieler beim Doppel zur Verfügung, wenn er beim Service auf die richtige Fläche treffen soll? Gib in Quadratmeter an!“ (Abbildung 5)

Hinweis 1: Man darf beim Service nur auf eine Seite des gegnerischen Feldes spielen, nämlich jene, die diagonal gegenüberliegt.

Hinweis 2: Ziel ist es also, ein Viertel der gesamten Platte auszurechnen.

Musterlösung: Der Ball darf nur auf eine Seite der gegnerischen Hälfte gespielt werden, die Maße einer Hälfte der Hälfte sind 76 cm x 137 cm. Flächeninhalt: $A = l \cdot b = 76\ cm \cdot 137\ cm = 10412\ cm^2 = 1{,}0412\ m^2$

Abbildung 5 – Aufgabe 2 „Tischtennis-Service“

Lösung: Intervall (0,999 m² - 1,08 m²)

Aufgabe 3 „Fenster der Schule“:

Wie viele rechteckige Fenster sind auf dieser Seite der Polytechnischen Schule zu sehen (ohne Türen)? (Abbildung 6)

Hinweis 1: Achtung: es zählen die großen Fenster, die aus mehreren Gläsern bestehen, als ein Fenster!

Hinweis 2: Der erste, zweite und dritte Stock haben alle gleich viele Fenster.

Musterlösung: Erdgeschoss: 18 Fenster, 1. Stock: 20 Fenster, 2. Stock: 20 Fenster, 3. Stock: 20 Fenster, das ergibt insgesamt 78 Fenster

Abbildung 6 – Aufgabe 3 „Fenster der Schule“

Lösung: MC (74, 76, **78**, 80)

Aufgabe 4 „Ballspielen im Hof verboten“:

Wie viele spiegelsymmetrische Achsen haben die Buchstaben des Wortes "Ballspiele" zusammen? (Abbildung 7)

Hinweis 1: Symmetrieachsen können waagrecht, senkrecht (oder auch diagonal) verlaufen.

Hinweis 2: Es kommen Buchstaben mit 0,1 oder 2 Symmetrieachsen vor.

Musterlösung: B = 1 Symmetrieachse, A = 1 SA, L = 0 SA, L = 0 SA, S = 0 SA, P = 0 SA, I = 2 SA, E = 1 SA, L = 0 SA, E = 1 SA; Insgesamt: 6 Symmetrieachsen

Lösung: exakter Wert (6)

Abbildung 7 – Aufgabe 4 „Ballspielen vor dem Schulgebäude verboten“ (abgeschnitten, da die Aufgabe vor Ort zu lösen sein soll)

Aufgabe 5 „Geheimnisvolle Box“:

Wie viel m³ Wunderwasser passen in diese blaue Box? Gib in m³ an! (Abbildung 8)

Hinweis 1: Du benötigst die Formel für das Volumen.

Hinweis 2: $V = l \cdot b \cdot h$

Hinweis 3: Wandle entweder am Anfang in m oder am Ende in m³ um.

Musterlösung: Länge: 1,26 m, Breite: 0,705 m, Höhe: 0,62 m, Volumen: $l \cdot b \cdot h = 0{,}55\ m^3$

Lösung: Intervall (0,45 m³ - 0,65 m³)

Abbildung 8 – Aufgabe 5 „Geheimnisvolle Box“

Aufgabe 6 „Geburtstagspicknick“:

Herr und Frau Johnson haben 4 Kinder. Heute feiert die älteste Tochter Geburtstag, weshalb sie im Park ein Picknick machen möchten. Sie laden dazu auch noch Oma, Opa und Onkel ein. Die Erwachsenen der Familie sind im Durchschnitt 38 Zentimeter breit, die Kinder 28 Zentimeter. Passt die gesamte Familie an einen Tisch mit zwei Bänken? Der Lösungsweg ist aufzuschreiben! (Abbildung 9)

Hinweis 1: Es ist nur ein Maß der Bank entscheidend (Länge oder Breite oder Höhe).

Hinweis 2: Es müssen beide Bänke zum passenden Tisch berücksichtigt werden und die Aufteilung der Personen muss für jede Bank passen.

Hinweis 3: Wie viele Erwachsene passen auf eine Bank? Wie viele Kinder? Wie teilt man die Personen auf?

Abbildung 9 – Aufgabe 6 „Geburtstagspicknick“

Musterlösung: Breite einer Bank = 160 cm; fünf Erwachsene zu je 38 cm = 190 cm; vier Erwachsene zu je 38 cm = 152 cm. Somit vier Erwachsene auf einer Bank!
Breite der zweiten Bank = 160 cm; vier Kinder zu je 28 cm = 112 cm; vier Kinder zu je 28 cm und ein Erwachsener zu 38 cm = 150 cm; Somit vier Kinder und ein Erwachsener auf einer Bank.
Damit sitzen auf einer Bank vier Erwachsene und auf der anderen Bank vier Kinder und ein Erwachsener.

Lösung: C (**Ja**, Nein)

Aufgabe 7 „Fahrradparkplatz“:

Wie viele Fahrräder stehen hier, wenn 40 % aller Plätze belegt sind? Achtung: Ein Platz für ein Fahrrad ist es nur, wenn auch unten auf der waagrechten Stange eine Form zum Anschließen ist! Die Fahrräder dürfen nicht kreuz und quer angehängt werden. (Abbildung 10)

Hinweis 1: Konzentriere dich auf die waagrechte Stange und die vorgesehenen Vorrichtungen für Fahrräder.

Hinweis 2: Du kannst die 40 % bzw. 2/5 auch erweitern auf Zehntel.

Hinweis 3: An den äußeren Rändern ganz links und ganz rechts darf kein Fahrrad angehängt werden, da die Vorrichtung unten dafür fehlt.

Abbildung 10 – Aufgabe 7 „Fahrradparkplatz“

Musterlösung: Es sind auf der waagrechten Stange zehn Vorrichtungen für Fahrräder gegeben. 2/5 von 10 sind 4. Somit sind dann vier Fahrräder angehängt.

Lösung: MC (3, **4**, 5, 6)

Aufgabe 8 „Stangen“:

Wie lange wäre die Strecke, wenn man alle gelben Stangen des Klettergerüsts aneinanderreiht? Gib in m an! (Abbildung 11)

Hinweis 1: Versucht die Länge einer Stange zu zweit zu messen.

Hinweis 2: Alle Stangen sind gleich lang.

Musterlösung: Eine Stange hat eine Länge von 2,6 m. Alle Stangen sind gleich lang. Es sind 16 Stangen. 16 · 2,6 m = 41,6 m

Lösung: Intervall (38,4 m – 44,8 m)


Abbildung 11 – Aufgabe 8 „Stangen“

Aufgabe 9 „Marterpfahl des Apachen“:

Wie lange (m) muss ein Seil sein, das fünfmal um den Pfahl gewickelt werden soll? (Abbildung 12)

Hinweis 1: Miss den Umfang des Pfahls weit unten.

Hinweis 2: Wandle am Anfang oder am Ende in Meter um.

Musterlösung: Der Umfang des Pfahls beträgt ca. 78 cm. 78 cm · 5 = 390 cm = 3,9 m

Lösung: Intervall (3,5 m – 4,3 m)

Abbildung 12 – Aufgabe 9 „Marterpfahl des Apachen“

4.3 Methodik

Ziel der quantitativen Analyse ist es herauszufinden, ob außerschulische Lernorte, speziell jene zur *Math City Map*, zu einer gesteigerten Motivation der Schüler*innen führt und ob sie sich dadurch mehr bemühen. Weiters gilt es zu eruieren, ob der Wettbewerb als positiv empfunden wird und ob die Sinnhaftigkeit einer Anwendung für die Schüler*innen erkennbar ist.

Dafür wird eine quantitative Forschungsmethode in Form eines geschlossenen Fragebogens gewählt. Als Antwortformat für eine 6. Schulstufe scheint die vierstufige Auswahlmöglichkeit sinnvoll zu sein. Da der Fokus auf einer jüngeren Altersgruppe liegt, sollte die Durchführung des Fragebogens zeitnah erfolgen und in das Unterrichtskonzept der *Math City Map* integrierbar sein. Dementsprechend wurden die Fragebögen gleich in der Anschlusseinheit an die ersten beiden Einheiten ausgefüllt.

Hypothesen:

1.) Die Nutzung der Math City Map führt zu einer gesteigerten Motivation der Schüler*innen im Unterricht.

2.) Die Nutzung der Math City Map führt zu einer gesteigerten Aktivität der Schüler*innen im Unterricht.

3.) Die Wettbewerbssituation wirkt leistungsfördernd für die Schüler*innen.

Die Hypothesen sollen mithilfe der folgenden Leitfragen bestätigt oder widerlegt werden:

- Finden Schüler*innen das Verlassen des Klassenzimmers zur Erarbeitung und Festigung von mathematischen Inhalten sinnvoll?
- Kann der Nutzen der *Math City Map* in Unterrichtseinheiten aufgezeigt werden?

Die Bewertung der Ergebnisse der einzelnen Fragen sollen Aufschluss darüber geben, ob die Anwendung der *Math City Map* im Unterricht sinnvoll ist. Der Fragebogen inklusive Ergebnissen ist im Anhang zu finden.

Für die Auswertung des Fragebogens können der vierstufigen Likert-Skala Zahlen zugeordnet werden, von denen dann das arithmetische Mittel und die Standardabweichung berechnet werden können. Aus den vierstufigen Skalen (1 = trifft zu, 2 = trifft eher zu, 3 = trifft eher weniger zu, 4 = trifft nicht zu) kann das arithmetische Mittel mit 2,5 Hinweise darauf geben, ob eine positive (< 2,5) oder eine negative (> 2,5) Tendenz zu den einzelnen Fragen vorliegt. Es lässt sich also für arithmetische Mittel < 2,5 eine Befürwortung der Aussage und für arithmetische Mittel > 2,5 tendenziell eine Ablehnung der Aussage feststellen (Grünwald, 2018). Bei Frage 7 sind die jeweiligen Richtungen zu vertauschen, da die Frage negativ formuliert ist.

5 Ergebnisse zur quantitativen Forschung

Insgesamt nahmen 38 (20 m und 18 w) Schüler*innen an den Unterrichtseinheiten zur *Math City Map* teil. Davon waren 19 Schüler*innen aus der Klasse 2A und 19 Schüler*innen aus der Klasse 2B. Das arithmetische Mittel der gelösten Aufgaben lag bei 6,8 von insgesamt neun Aufgaben, was für eine passende Zeiteinteilung spricht. 62 % aller Schüler*innen konnten alle Aufgaben lösen, keine Gruppe konnte weniger als vier Aufgaben lösen. Die Standardabweichung liegt mit ein paar wenigen Ausnahmen bei den meisten Items zwischen 0,8 und 1,0. Die Ergebnisse der Abschnitte 5.1, 5.2 und 5.3 sind vorrangig der deskriptiven Statistik zuzuordnen, die für den Zweck dieser Arbeit mit dem arithmetischen Mittel und der Standardabweichung passende Elemente bietet. In Abschnitt 5.4 werden mithilfe der Regression Korrelationen zwischen den einzelnen Items festgestellt und im Anschluss der Mehrwert der Zusammenhänge erläutert. In Kapitel 7 folgt dann die ausführliche Analyse zu den Ergebnissen. Alle Ergebnisse der arithmetischen Mittel sind auf Seite 76 in Form einer Tabelle zu sehen.

5.1 Ergebnisse der Gesamtheit

Bei Frage 1 zeigt sich, dass Mathematik (2,4) sich im Mittelfeld der Lieblingsfächer bewegt, was für die Analyse der restlichen Fragen vorteilhaft ist. Dadurch kann der Zusammenhang zwischen Lieblingsfach und *Math City Map* besser wahrgenommen werden, da eine Tendenz in eine Richtung aufgrund der Beliebtheit nicht gegeben ist.

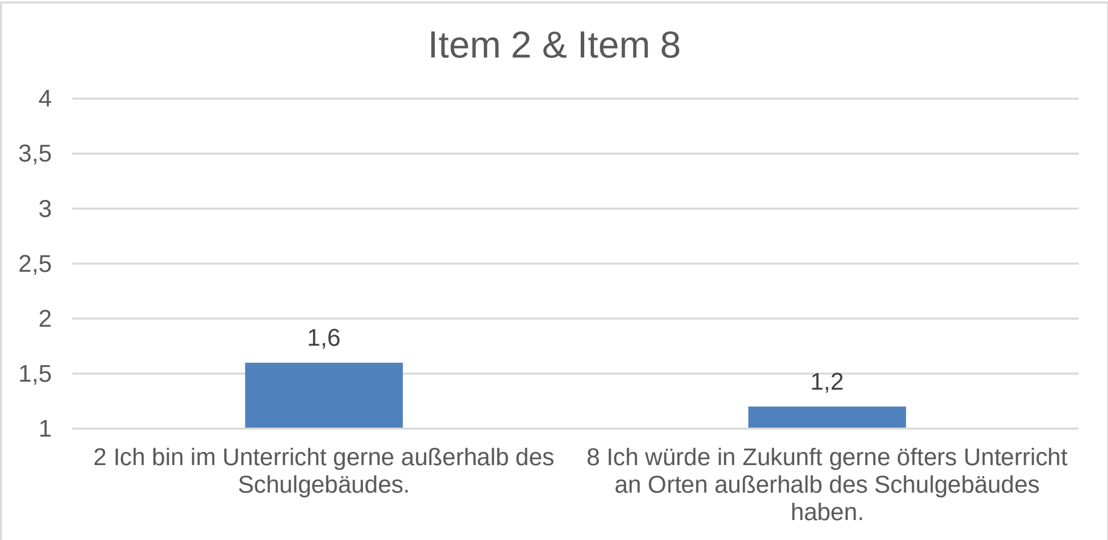

Abbildung 13 – Arithmetische Mittel von Item 2 und Item 8

Eine stark positive Antworttendenz lässt sich in Abbildung 13 zu den Fragen 2 (1,6) und 8 (1,2) verorten, die sich mit außerschulischen Lernorten beschäftigen. Es wird deutlich, dass die Schüler*innen sich im Regelmathematikunterricht gerne außerhalb der Schule aufhalten und das Klassenzimmer verlassen, um zu lernen. Die Befürwortung dieser beiden Fragen schlägt sich auch in den offenen Fragen nieder, denn mehrmals wurde erwähnt, dass „*es besonders Spaß gemacht hat, weil es draußen war*" und dass „*es gut war, weil es mal keine genau strukturierte Mathematikstunde in der Klasse war*". Die Standardabweichung war bei Item 8 besonders niedrig (0,6), was vor allem mit dem niedrigen arithmetischen Mittel und der häufigen Antwort „trifft zu" in Verbindung gebracht werden kann.

Wie in Abbildung 14 sichtbar, weist Item 5 (2,1) eine positive Antworttendenz auf, die auf eine gesteigerte Motivation durch die Anwendung der App hindeutet. Die Wettbewerbssituation aus Item 6 (2,5) wirkt sich laut Schüler*innen jedoch nicht auf ihre Aktivität und Bemühungen aus. Bei Item 7 (3,0) zeigt sich eine negative Antworttendenz, die mit der negativen Aussage des Items verknüpft werden kann. Somit lässt sich eine steigernde Aktivität durch die Anwendung der *Math City Map* feststellen. Die Motivation und Aktivität werden auch in den offenen Fragen angeschnitten, beispielsweise haben Schüler*innen angemerkt, dass sie mehr gearbeitet haben, weil „*die Handys und eine App benutzt werden durften*" und weil „*selbstständig in den Gruppen gearbeitet werden durfte*". Darüber hinaus ist die Standardabweichung (1,1) bei Item 7 noch zu erwähnen, die hier größer als bei den anderen Items ist. Das kann mit der negativen Formulierung der Aussage zusammenhängen, die möglicherweise bei manchen Schüler*innen für Verwirrung sorgte.

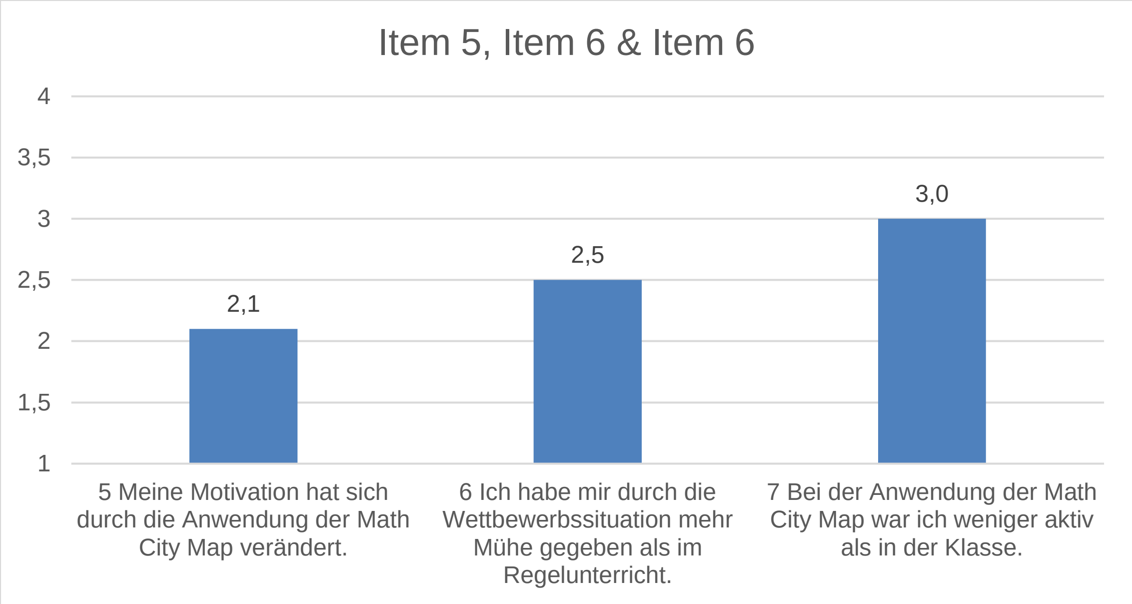

Abbildung 14 – Arithmetische Mittel von Item 5, Item 6 und Item 7

Die Mittelwerte der Items 3 und 4, die auf tiefergehende und langfristige Veränderungen abzielen, sind in Abbildung 15 zu sehen und wurden von der Gesamtheit leicht positiv beantwortet. Im Vergleich mit den Ergebnissen anderer Items sind diese beiden aber eher neutral zu bewerten. In den offenen Fragen findet man dazu, dass die Unterrichtsstunden positiv waren, weil „*die Fragen mit dem Leben zu tun hatten*“, aber gleichzeitig auch, dass „*die Aufgabe zu den Brüchen im Leben kaum gebraucht wird*“.

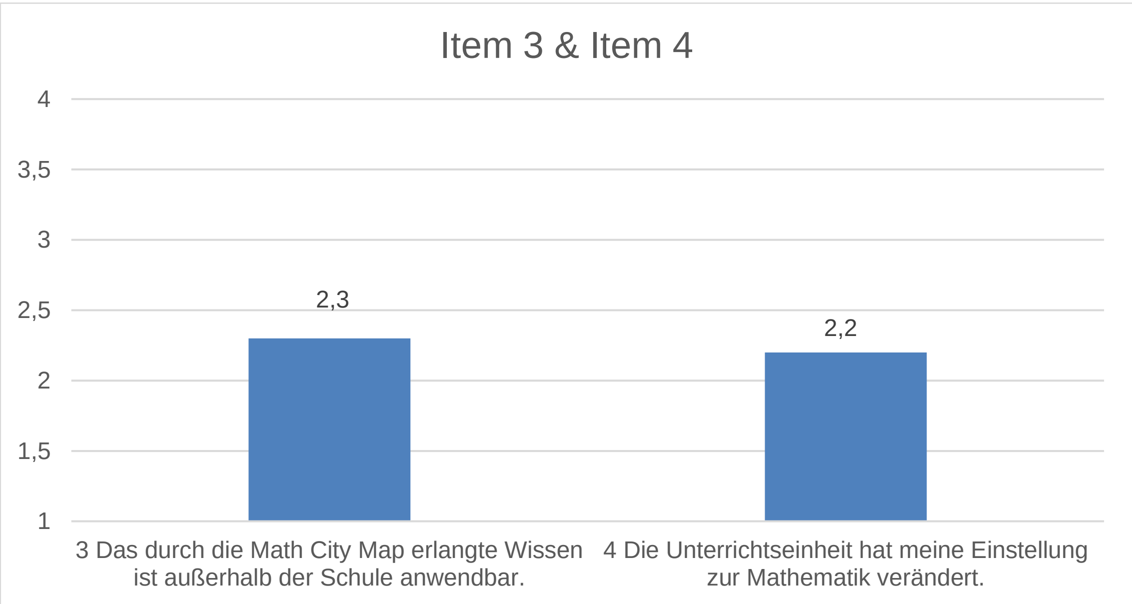

Abbildung 15 – Arithmetische Mittel von Item 3 und Item 4

5.2 Ergebnisse nach Geschlecht

Trennt man die Ergebnisse nach Geschlecht, lassen sich bei einigen Items große Differenzen feststellen. Das Fach Mathematik ist bei Schülern (1,9) deutlich beliebter als bei Schülerinnen (2,9). Das sollte auch bei den Ergebnissen der anderen Items berücksichtigt werden, dazu aber mehr in Abschnitt 5.4. Die durchschnittlich absolvierten Aufgaben lagen bei den Jungen bei 6,9 und bei den Mädchen bei 6,7 und weisen damit nur kleine Differenzen auf. Um die Signifikanz der Unterschiede verdeutlichen zu können, wird für die Effektstärke *d* das Maß von Cohen angewendet. Die Formel sieht folgendermaßen aus: $d = \frac{\overline{x_1} - \overline{x_2}}{\sqrt{\frac{(s_1{}^2 + s_2{}^2)}{2}}}$.

Für Cohen (Gniewosz, 2011, S. 128 f.) haben Werte für $|d|$ < 0,2 einen schwachen, für 0,2 ≤ $|d|$ ≤ 0,8 einen mittleren und für $|d|$ > 0,8 einen starken statistischen Effekt. Er geht davon aus, dass unterschiedliche Mittelwerte im Vergleich zur Varianz der beiden Ergebnisse gesehen werden müssen. Dadurch lässt sich der Effekt des Unterschieds feststellen und man spricht auch von statistischer Signifikanz (ebd.).

Darüber hinaus werden fallweise auch *t*-Tests für unabhängige Stichproben hinzugezogen und in Abschnitt 5.2 und Abschnitt 5.3 bei „großen“ Unterschieden aufgegriffen. Ein *t*-Test setzt die arithmetischen Mittel in Relation zum Standardfehler des Mittelwerts. Die Frage, der nachgegangen wird, lautet: Gibt es einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Mittelwerten zweier Gruppen? Der Betrag des Wertes der *t*-Statistik wird mit dem *t*-Wert verglichen. Wenn der *t*-Wert kleiner ist, liegt ein signifikanter Unterschied vor (Flandorfer, 2020).

In Abbildung 16 ist der deutliche Unterschied der arithmetischen Mittel und die hohe Effektstärke zwischen den Geschlechtern mit $|d|$ = 1,1 für das Item 1 hervorragend zu sehen. Der Wert der *t*-Statistik ist mit -3,1 negativ und zeigt, dass das arithmetische Mittel der Mädchen höher ist als jenes der Jungen. Der kritische *t*-Wert beträgt 1,7 und ist damit kleiner als | -3,1|, was einen signifikanten Unterschied aufzeigt.

Die geschlechterspezifischen Unterschiede bei Mathematik als Lieblingsfach wirken sich in weiterer Folge auch auf die Antworttendenzen der anderen Items aus, worauf in Abschnitt 5.4 und in Kapitel 7 noch einmal detailliert eingegangen wird.

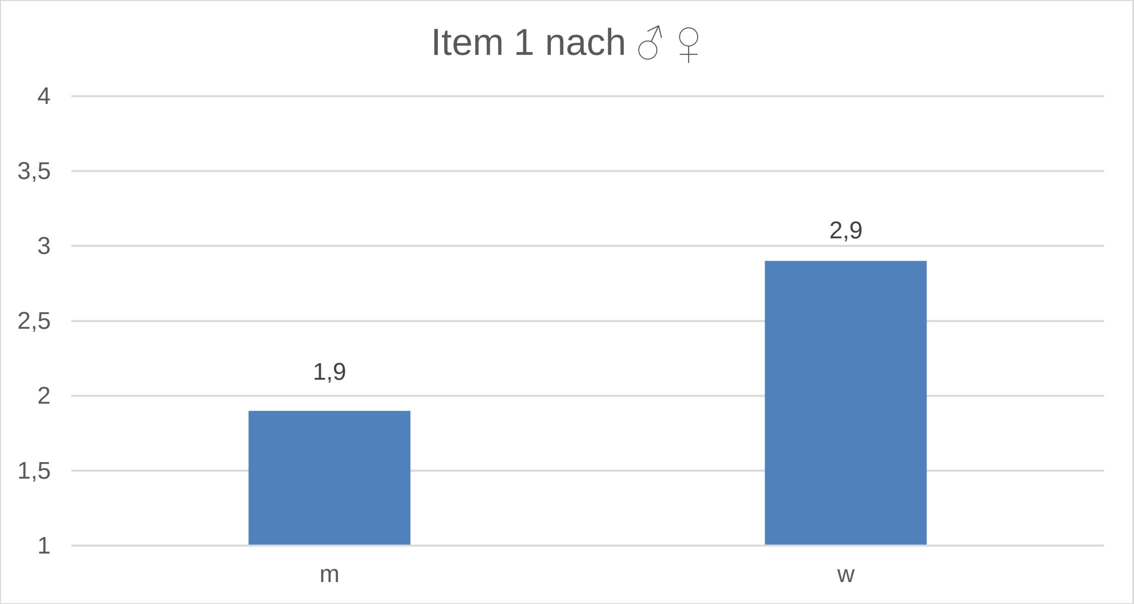

Abbildung 16 – Vergleich der arithmetischen Mittel von Jungen und Mädchen für Item 1

In Abbildung 17 werden die Items 5, 6 und 7 in Hinblick auf die Mittelwerte von Jungen und Mädchen gezeigt. Bei Item 5 zeigt die Anwendung der *Math City Map* bei Schülern (1,9) eine größere Förderung der Motivation als bei Schülerinnen (2,2), während bei Item 6 zu sehen ist, dass sich die Bemühungen der Schülerinnen (2,4) durch die Wettbewerbssituation im Vergleich zu den Schülern (2,6) deutlicher gesteigert haben. Der *t*-Test weist für Item 5 mit dem *t*-Statistikwert -0,9 und dem *t*-Wert 1,7 aber keine signifikanten Unterschiede auf. Bei Item 7 zeigt das Diagramm der arithmetischen Mittel große Unterschiede zwischen Jungen (3,2) und Mädchen (2,7), was auf die größere Steigerung der Aktivität der Schüler durch die Anwendung der *Math City Map* hindeutet. Die Signifikanz der erkennbaren Unterschiede der arithmetischen Mittel kann durch den *t*-Test mit dem Statistikwert 1,2 und dem *t*-Wert 1,7 nicht bestätigt werden. In Hinblick auf die Mittelwerte der Items 5, 6 und 7 ist erkennbar, dass die Schüler laut Fragebogen ihrer Meinung nach mehr von der Anwendung der *Math City Map* profitierten als die Schülerinnen, wenn es um Motivation und Aktivität geht. Die Effektstärken betragen $|d|$ = 0,4 für Item 5, $|d|$ = 0,2 für Item 6 und $|d|$ = 0,4 für Item 7. Damit entsprechen die Antwortdifferenzen einem schwachen bis mittleren Effekt.

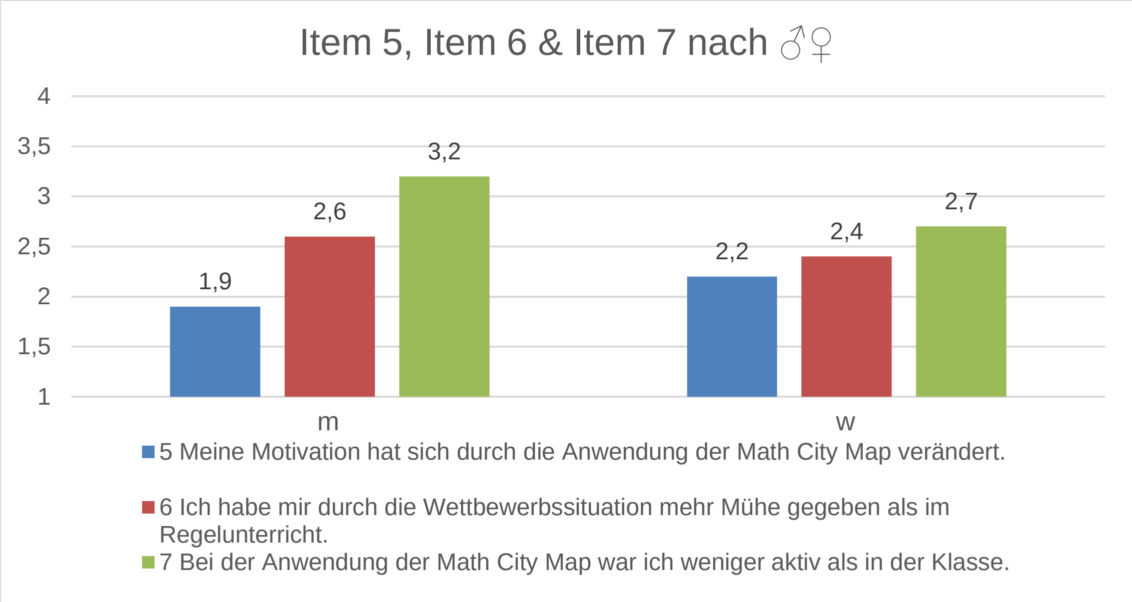

Abbildung 17 – Vergleich der arithmetischen Mittel von Jungen und Mädchen für die Items 5, 6 und 7

Auch in Abbildung 18 lassen sich bei Item 3 und vor allem bei Item 4 geschlechterspezifische Unterschiede feststellen. Schüler (2,1) denken tendenziell, dass das Wissen, das bei der Anwendung der *Math City Map* gebraucht wird, eher im Alltag anwendbar ist, während Mädchen dem neutral (2,5) gegenüberstehen. Die Einstellung zur Mathematik hat sich durch die App bei den Mädchen nicht verändert (2,5), bei den Jungen lässt sich durch den Fragebogen eine klar positive Veränderung der Einstellung feststellen (1,9).

Der Vergleich des *t*-Statistikwertes (-1,8) mit dem kritischen *t*-Wert (1,7) von Item 4 unterstreicht die Signifikanz des Unterschiedes der beiden Mittelwerte. Die Differenz beider Gruppen für Item 3 ist mit $|d|$ = 0,46 beinahe eine halbe Standardabweichung und kann damit als mittlerer Effekt eingestuft werden. Bei Item 4 kann mit dem Maß von Cohen, $|d| = 0{,}7$, ebenfalls ein mittlerer Effekt festgestellt werden, der die Veränderung der Einstellung der Jungen zum Positiven durch die *Math City Map* noch einmal zeigt.

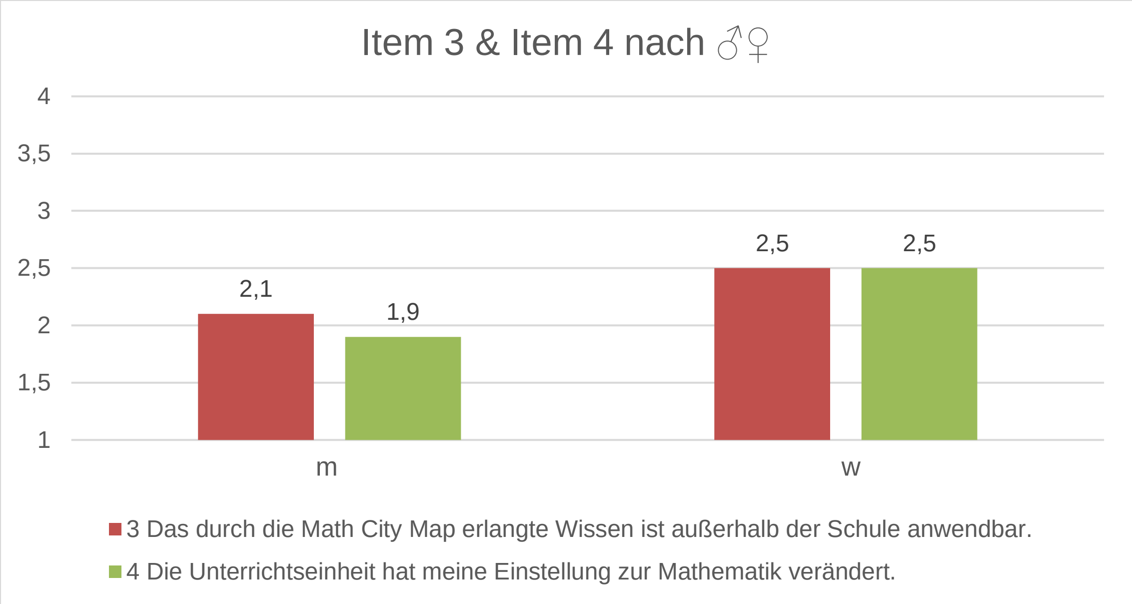

Abbildung 18 – Vergleich der arithmetischen Mittel von Jungen und Mädchen für die Items 3 und 4

5.3 Ergebnisse nach Klassen

Weiters können die Ergebnisse nach den beiden Klassen getrennt werden, um auf unterschiedliche Erkenntnisse zu stoßen. In diesem Abschnitt wird primär auf besonders auffällige Differenzen eingegangen, Gemeinsamkeiten spielen eine untergeordnete Rolle. Mathematik als eines der Lieblingsfächer (2,3 vs. 2,4) weist kaum Differenzen auf, weshalb umso mehr auf die Unterschiede der anderen Items eingegangen werden kann, da diesbezüglich mit ähnlichen Voraussetzungen gestartet wird. Überblicksmäßig ist sofort erkennbar, dass die Antworten der 2B im Durchschnitt positiver ausfallen als jene der 2A. Besonders deutlich wird das beispielsweise in Abbildung 19 bei Item 4, bei dem nach der Veränderung der Einstellung zur Mathematik gefragt wird. Die Antworten der 2B (1,9) weisen hier eine deutlich positivere Veränderung auf als jene der 2A (2,4). Auch die Effektstärke nach Cohen zeigt mit $|d| = 0{,}6$ einen Unterschied mittlerer Stärke.

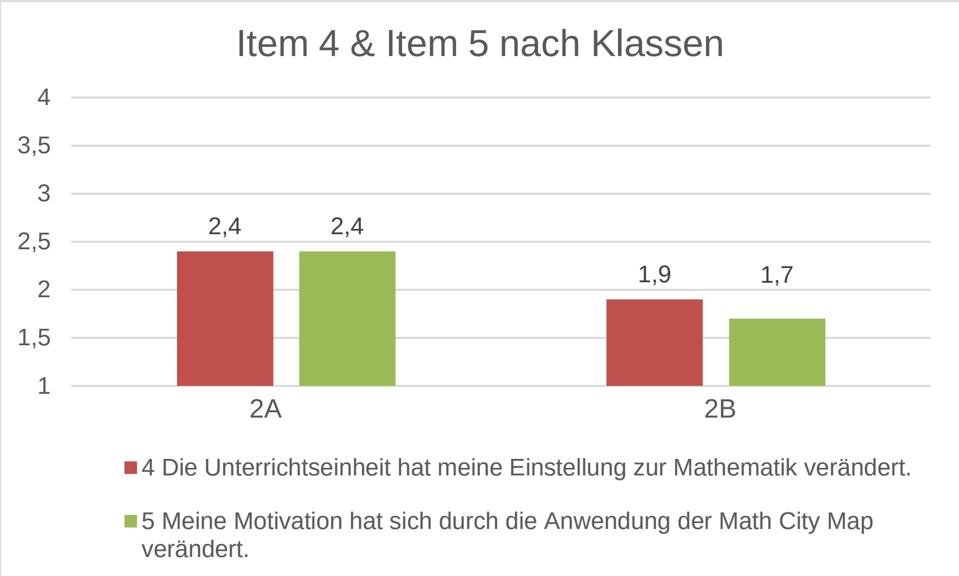

Abbildung 19 – Vergleich der arithmetischen Mittel von 2A und 2B für die Items 4 und 5

Ähnlich sieht es bei Item 5 in Abbildung 19 aus, denn hier ist erkennbar, dass sich die Motivation durch die Anwendung der *Math City Map* in der 2B (1,7) mit einer stark positiven Antworttendenz deutlicher änderte als die Motivation der 2A (2,4) mit einer neutralen Antworttendenz. Der starke Mittelwertsunterschied schlägt sich auch bei der Signifikanz nieder, die mit $|d| = 0{,}9$ eine starke Wirkung aufweist. Beim *t*-Test zeigt sich eine statistische Signifikanz der unterschiedlichen arithmetischen Mittel beider Klassen bezüglich Item 5 (*t*-Statistikwert:1,7 und kritischer *t*-Wert 1,7), die darauf hinweist, dass sich die Motivation der Schüler*innen durch das Projekt in der 2B deutlicher zum Positiven veränderte als in der 2A.

Die positiveren Wahrnehmungen der 2B bezüglich einiger Items sind, neben dem ausgeglichenen Item 1, insofern interessant, als sich die durchschnittlich gelösten Aufgaben beider Klassen deutlich unterscheiden. Die 2A (7,3) konnte in der gleichen Zeit mehr Aufgaben lösen als die 2B (6,4). Auf die Unterschiede der Klassen und deren mögliche Ursachen wird in den Abschnitten 5.4.1 und 7 noch näher eingegangen.

5.4 Regressionen

5.4.1 Ergebnisse

In diesem Abschnitt werden vorrangig offensichtliche und validierte Zusammenhänge zwischen einzelnen Items genauer herausgearbeitet. Einige davon wurden schon beim Maß von Cohen und den *t*-Tests angeschnitten und im Anschluss noch einmal detaillierter behandelt. Bei manchen Items gibt es keine auffällige Korrelation, bei anderen sind die Antworten klar miteinander in Verbindung zu bringen. Die Regressionsgeraden werden hier nur selten angeführt, es wird hauptsächlich mit R, R^2 und dem p-Wert argumentiert, um Zusammenhänge festzustellen. Der Korrelationskoeffizient R gibt die Stärke des linearen Zusammenhangs an und der Determinationskoeffizient R^2 gibt an, wie die Varianz der abhängenden Variable durch die unabhängigen Variablen gedeutet werden kann. R liegt immer zwischen -1 und 1, während R^2 immer zwischen 0 und 1 liegt, wobei mit dem Wert 1 die gesamte Varianz der abhängigen Variablen erklärt werden könnte (Flandorfer, 2020). Im Fall der Items dieser Arbeit liegen die Werte für R^2 zwischen 0 und 0,3. Der Wert von R^2 kann mit 100 multipliziert werden, um auf prozentuelle Werte zu kommen. Zweistellige prozentuelle Werte sind beim Determinationskoeffizienten teilweise bereits so zu interpretieren, dass die Varianz des abhängigen Items mit dem unabhängigen Item in Verbindung gebracht werden kann. Neben den beiden Koeffizienten spielt auch der p-Wert im Vergleich mit α (= 0,05) eine Rolle, denn er gibt neben dem *t*-Test aus Abschnitt 5.2 und 5.3 über die statistische Signifikanz der Korrelation Auskunft. Ist $p \leq \alpha$ kann man von einer signifikanten Korrelation sprechen, ist $p > \alpha$, dann ist die Korrelation statistisch nicht signifikant. Der Wert von α gibt an, dass das Risiko einer falschen Schlussfolgerung, dass eine Korrelation vorhanden sei, die es tatsächlich nicht ist, bei fünf Prozent liegt (Flandorfer, 2020). Die unterschiedlichen Werte für den Korrelationskoeffizienten R können keiner einheitlichen Richtlinie zur Bewertung zugeordnet werden. Es gibt lediglich Vorschläge in der Literatur, wie stark der Zusammenhang für verschiedene Werte für R ist. Eine Möglichkeit ist, die Werte für R folgendermaßen einzuteilen:

$0{,}0 \leq R \leq 0{,}2$ kein - geringer linearer Zusammenhang,

$0{,}2 < R \leq 0{,}5$ schwacher - mäßiger linearer Zusammenhang,

$0{,}5 < R \leq 0{,}8$ deutlich linearer Zusammenhang,

$0{,}8 < R \leq 1{,}0$ hoher - perfekter linearer Zusammenhang (Von Hehn, o. J.).

Darüber hinaus wird auch auf die Ergebnisse der arithmetischen Mittel verwiesen, wo in Abschnitt 5.2 und 5.3 bereits Vergleiche, vor allem in Hinblick auf Geschlecht und Klasse, angestellt wurden. Auffälligkeiten und Zusammenhänge zu den Gesamtergebnissen der einzelnen Items werden am Ende dieses Abschnitts diskutiert.

Begonnen wird mit dem geschlechterspezifischen Vergleich, der bereits in Abschnitt 5.2 diskutiert wurde. Das Maß von Cohen (Gniewosz, 2011, S. 128) zeigte mit $|d|$ = 1,1 bei Item 1 einen starken Effekt des Unterschiedes zwischen Mädchen und Jungen. Das kann man auch unter Berücksichtigung des Korrelationskoeffizienten *R* und des *p*-Wertes feststellen. *R* kann mithilfe folgender Formel berechnet werden:

$R_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}$ (bei dichotomen Merkmalen ist $x_i \in \{0, 1\}$ oder $y_i \in \{0, 1\}$).

Tabelle 1 - Korrelationskoeffizient R und p-Wert aller Items im Zusammenhang mit dem Geschlecht

Item (m & w)	***R* (Korrelationskoeffizient)**	***p*-Wert**
Item 1	0,51*	0,004*
Item 2	0,20	0,28
Item 3	0,22	0,22
Item 4	0,32	0,07
Item 5	0,16	0,38
Item 6	-0,11	0,54
Item 7	-0,21	0,26
Item 8	0,14	0,44

In Tabelle 1 ist mit *R* = 0,51 ist ein deutlicher Zusammenhang zwischen dem Geschlecht und dem Lieblingsfach Mathematik erkennbar, der durch die Signifikanz von $p = 0{,}004 < 0{,}05$, wie bereits in Abschnitt 5.2 durch den *t*-Test angeschnitten, bestätigt werden kann. Darüber hinaus kann mit dem Determinationskoeffizient $R^2 = 0{,}25$ davon ausgegangen werden, dass die Varianz der Variable „Geschlecht" 25 % der Varianz des Lieblingsfaches der Schüler*innen erklärt. Das ist eine mögliche Vermutung für die positiveren Antworten der Jungen im Vergleich zu den Mädchen bei den anderen Items, die bereits in Abschnitt 5.2 und später auch in Kapitel 7 eine Rolle spielen. Die

Korrelation zeigt, wie auch die unterschiedlichen arithmetischen Mittel, dass das Geschlecht und Mathematik als Lieblingsfach eng verknüpft sind.

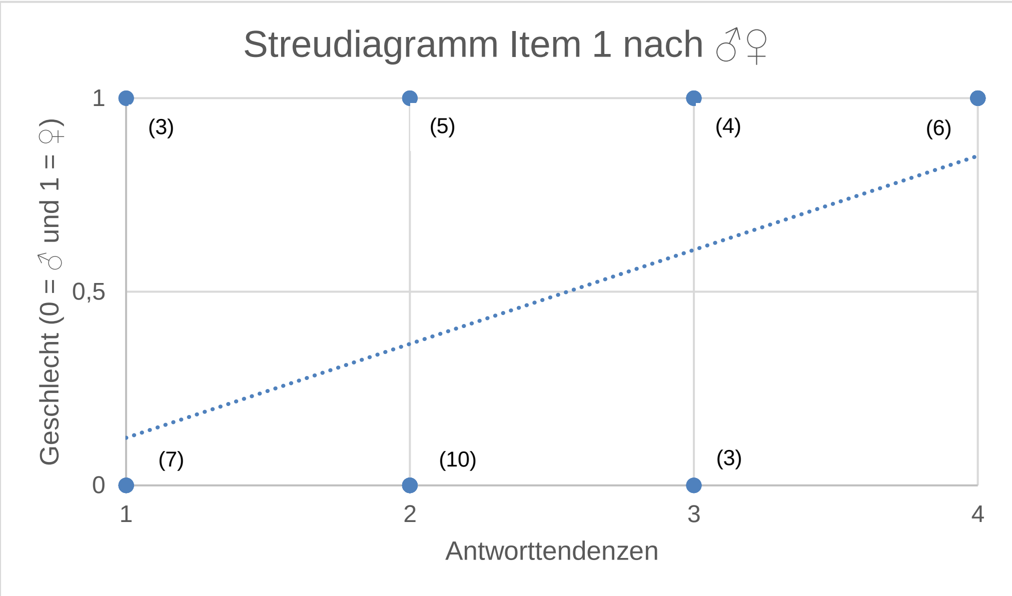

Abbildung 20 – Streudiagramm zu Item 1 von Jungen (=0) und Mädchen (=1)

Das Streudiagramm aus Abbildung 20 zeigt die Regressionsgerade zu Item 1 nach Geschlecht. Dafür wurden die Schüler mit der Zahl „0“ versehen und die Schülerinnen mit der Zahl „1“. Die Eintragungen des Diagramms zeigen auch, dass kein männlicher Teilnehmer des Fragebogens bei Item 1 „trifft nicht zu“ antwortete. Insgesamt kann es bei den Streudiagrammen dieses Abschnitts maximal acht verschiedene Eintragungen geben, jeweils vier für Schülerinnen und vier für Schüler. Darüber hinaus ist anhand der Nennungen erkennbar, dass mehr als die Hälfte der Schülerinnen Mathematik nicht zu ihren Lieblingsgegenständen zählt, während 85 % der Schüler Mathematik als eines ihrer Lieblingsfächer sehen. Der Korrelationskoeffizient $R = 0{,}51$ zeigt diesen Zusammenhang ebenfalls.

Bei den anderen Items ist in manchen Fällen ein mäßiger Zusammenhang durch die eingangs im Abschnitt erwähnte Klassifikation von R zu erkennen, der aber durch den p-Wert als nicht signifikant eingestuft werden kann. Vor allem bei den Items 4 und 7 ist das bezogen auf die unterschiedlichen arithmetischen Mittelwerte aus Abschnitt 5.2 erwähnenswert.

Tabelle 2 für den Vergleich der beiden Klassen sieht folgendermaßen aus:

Tabelle 2 - Korrelationskoeffizient R und p-Wert aller Items im Zusammenhang mit der Klasse

Item (2A & 2B)	***R* (Korrelationskoeffizient)**	***p*-Wert**
Item 1	0,04	0,82
Item 2	-0,44*	0,01*
Item 3	0,07	0,69
Item 4	-0,30	0,10
Item 5	-0,38*	0,03*
Item 6	0,04	0,80
Item 7	-0,03	0,87
Item 8	-0,30	0,10

Bei Tabelle 2 stechen die Items 2 und 5 besonders ins Auge, bei denen sich die Antworten beider Klassen deutlich unterscheiden. Mit dem Koeffizienten R = - 0,44 und p = 0,01 für Item 2 sind Zusammenhang und Signifikanz gegeben. Der negative Wert für R lässt sich dadurch erklären, dass Variable 1 steigt (1 für die Klasse 2B und 0 für 2A) und Variable 2 fällt (Kinder der 2B sind lieber außerhalb des Schulgebäudes). Der Wert für R^2 = 0,20 zeigt, dass 20 % der Schüler*innen, die gerne den Unterricht draußen verbringen, durch die Klasse, die sie besuchen, erklärt werden können (Flandorfer, 2020). Ebenso funktioniert das für Item 5 und die Werte R = - 0,38 und p = 0,03, denn auch hier wurden von der 2B signifikant positivere Antworten gegeben. Das bedeutet, dass die 2B, verglichen mit der 2A, bezüglich dieser beiden Items tendenziell motivierter und lieber außerhalb des Schulgebäudes ist. Die beiden Items werden auch durch das Cohen Maß mit $|d|$ = 0,6 und $|d|$ = 0,9 bestätigt.

Abbildung 21 zeigt die lineare Regressionsgerade von Item 2 mit dem negativen Korrelationskoeffizienten im Streudiagramm. Es wird auch deutlich, dass aus der Klasse 2B (=1) niemand mit „trifft eher nicht zu“ und „trifft nicht zu“ antwortete. Durch die Gerade lässt sich eine Tendenz erkennen, die zeigt, dass je höher die Zahl für die Klasse wird (2A = 0 und 2B = 1), desto niedriger wird die Antworttendenz. Die positivere Einstellung der 2B zu außerschulischen Lernorten im Vergleich ist durch die Anzahl der jeweiligen Eintragungen im Streudiagramm nicht zu übersehen.

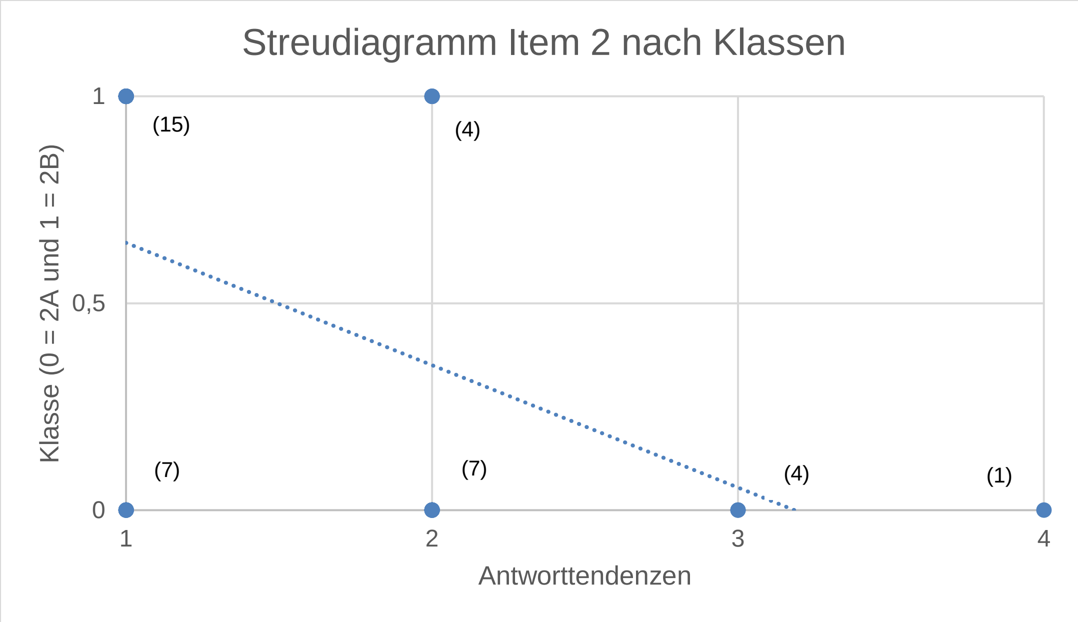

Abbildung 21 – Streudiagramm zu Item 2 nach Klassen (2A = 0 und 2B = 1)

Die abweichenden Antworttendenzen der beiden Klassen sind teilweise so signifikant (siehe auch Abschnitt 5.3), dass mögliche Gründe hier angeführt werden. Außerschulische Tätigkeiten lösen bei den Schüler*innen unterschiedliche Emotionen aus, die zu unterschiedlichen Antworttendenzen führen können, die mithilfe des Fragebogens aber nicht endgültig geklärt werden können. In der qualitativen Analyse wird in Hinblick auf positive Nennungen zu außerschulischen Lernorten noch einmal sichtbar, dass diese in den Aufsätzen der Schüler*innen der 2B mehr Berücksichtigung fanden als in den Texten der 2A. Darüber hinaus kann das Verhalten der Lehrperson ebenfalls eine Rolle bei den quantitativen Einschätzungen der Schüler*innen spielen und diese möglicherweise verfälschen. Eine weitere Möglichkeit, die Unterschiede zu erklären, kann die grundsätzliche Meinung der Schüler*innen zu Gruppenarbeiten sein, die in der 2B meist bevorzugt werden, da das Klassenklima besser ist als in der 2A. Man kann daraus schließen, dass außerschulische Lernorte für unterschiedliches Empfinden sorgen, das sich durch Kommunikation der Schüler*innen untereinander auch klassenweise bilden kann. Im Fall dieser beiden Klassen wurde auch schon während der Durchführung und Beobachtung des Trails klar, dass die 2B mehr Begeisterung an den Tag legte. Die Erkenntnisse über unterschiedliche Klassenstrukturen sollten beim nächsten *Math City Map* Projekt integriert werden und sind Thema des Abschnitts 5.4.1.

Tabelle 3 – Korrelationskoeffizient R der einzelnen Items der Gesamtheit

R	**Item 1**	**Item 2**	**Item 3**	**Item 4**	**Item 5**	**Item 6**	**Item 7**	**Item 8**
Item 1	-	0,04	0,07	0,40*	0,20	0,05	- 0,02	- 0,19
Item 2		-	0,03	0,15	0,30	- 0,05	- 0,41*	0,52*
Item 3			-	0,09	0,33	0,17	- 0,05	0,37*
Item 4				-	0,35	- 0,01	0,16	0,20
Item 5					-	0,15	0,00	0,28
Item 6						-	- 0,39*	- 0,25
Item 7							-	- 0,27

Natürlich sollen neben den geschlechter- und klassenspezifischen Unterschieden auch die einzelnen Items miteinander in Verbindung gebracht werden, um etwaige Gemeinsamkeiten zwischen ihnen zu finden. Hierbei wird auf Tabelle 3 verwiesen und das Hauptaugenmerk auf die signifikanten Zusammenhänge einzelner Items gelegt. Signifikante lineare Zusammenhänge werden mit einem Stern hinter dem Korrelationskoeffizienten gekennzeichnet.

Mit R = 0,40 und p = 0,03 ist eine Beziehung zwischen Item 1 und Item 4 erkennbar, es ist R^2 = 0,16. Das Lieblingsfach Mathematik steht in einem mäßigen linearen Zusammenhang mit der Änderung der Einstellung durch die *Math City Map*. Bei Schüler*innen, die Mathematik mehr mögen, kann tendenziell auch eher eine positive Entwicklung der Einstellung erwartet werden.

Ein weiterer Zusammenhang lässt sich zwischen Item 2 und Item 7 feststellen, hier ist der Regressionskoeffizient R = - 0,41 und p = 0,02. R ist negativ und damit ist die Regressionsgerade in Abbildung 22 fallend, weil das Item 7 im Fragebogen negativ formuliert ist. Die Beziehung ist mäßig linear und zeigt, dass Schüler*innen, die den Unterricht gerne außerhalb des Schulgebäudes verbringen, tendenziell in diesen Einheiten aktiver sind.

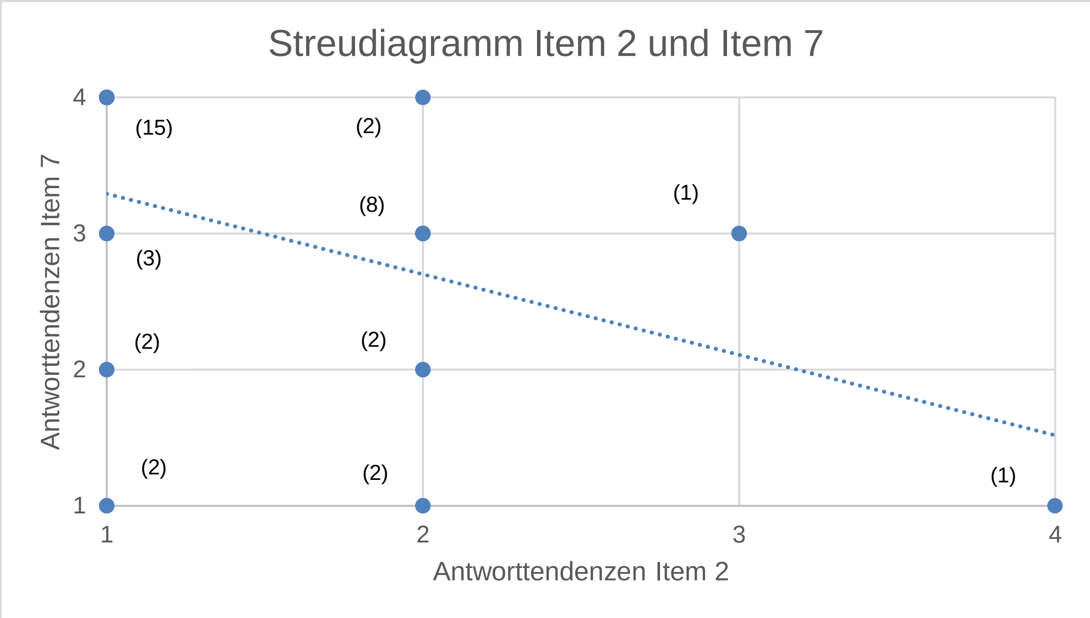

Abbildung 22 – Streudiagramm zu Item 2 und Item 7

Exemplarisch soll ein Streudiagramm angeführt werden, das den Zusammenhang zwischen Item 2 und Item 7 auch bildlich zeigt. Es ist deutlich zu sehen, dass besonders viele Schüler*innen (15) Antwort 1 bei Item 2 und Antwort 4 bei Item 7 angekreuzt haben, was auf einen Zusammenhang zwischen der Freude an außerschulischen Lernorten und der Aktivität schließen lässt.

Auf der Hand liegt auch die Verbindung zwischen Item 2 und Item 8 mit den Werten R = 0,52, p = 0,003 und R^2 = 0,27. Die Beziehung kann als deutlich linear beschrieben werden und verweist auf die Beliebtheit außerschulischer Einheiten und auf den Wunsch, das in Zukunft noch häufiger zu tun.

Die Items 3 und 8 sind mit R = 0,37 und p = 0,04 mäßig linear zusammenhängend. Schüler*innen, die denken, dass das durch die *Math City Map* erlangte Wissen auch außerhalb der Schule anwendbar ist, würden in Zukunft tendenziell gerne öfter das Schulgebäude zum Lernen verlassen. Hier wird auf Kapitel 7 und die dort erwähnte Sinnfrage verwiesen und vor allem darauf, dass in der Vor- und Nachbereitung ein größerer Fokus auf die Herstellung von Realitätsbezügen gelegt wird, um gleichzeitig auch die Begeisterung für außerschulische Lernorte zu erhöhen.

Nicht zuletzt können auch die Items 6 und 7 einen auffälligen Regressionskoeffizienten mit R = - 0,39 aufweisen, der mit p = 0,03 eine signifikante Korrelation zeigt. Wieder ist R aufgrund des negativ formulierten Items 7 negativ. Der Wert sagt aus, dass Schüler*innen, die sich aufgrund der Wettbewerbssituation mehr Mühe gegeben haben, tendenziell auch aktiver bei der Anwendung der *Math City Map* waren.

In Hinblick auf die erledigten Aufgaben lassen sich keine signifikanten Zusammenhänge mit anderen Items finden. Die Anzahl der geschafften Aufgaben spielt für die Items hier kaum eine Rolle und eine Korrelation mit der Motivation, Aktivität oder der Einstellung ist nicht festzustellen.

Dieser Abschnitt soll aufzeigen, dass die einzelnen Items miteinander verknüpft werden können, manche mit hoher linearer Korrelation, manche mit niedriger bis keiner. Das bedeutet, dass durch die richtige Vor- und Nachbereitung der Unterrichtseinheit mit der *Math City Map* auch auf die Bedürfnisse der Schüler*innen eingegangen werden kann, die diese bereits teilweise im Fragebogen äußerten. Die Einstellung steht in Verbindung zum Lieblingsfach, die Aktivität zum Lernort oder die Anwendbarkeit zum Wunsch nach Abwechslung. Ergänzt mit dem Wissen über die Bedürfnisse unterschiedlicher Klassen und Geschlechter, die sich in dieser Arbeit bereits mehrmals herauskristallisierten, kann jede Unterrichtseinheit mit der *Math City Map* adaptiert werden. Die Werkzeuge zur Regression sollen die Zusammenhänge aufzeigen, die im Unterricht noch enger verknüpft werden können. Die Ergebnisse sollen auch eine Hilfe in Hinblick auf die Reflexion, sowohl für Lehrer*innen als auch für Schüler*innen, geben. Dadurch kann die Verknüpfung einzelner Elemente noch klarer in die Vor- und Nachbereitung der *Math City Map* einfließen. Die bestehenden Zusammenhänge können zum Vorteil genutzt werden, um die Schüler*innen bezüglich Motivation, Aktivität oder Reflexion zu fördern.

5.4.2 Handlungsableitungen

Dieser Abschnitt soll die Nutzungsmöglichkeiten der eben dargelegten Ergebnisse aus Kapitel 5 und vor allem aus Abschnitt 5.4 aufzeigen. Die offensichtlichen Zusammenhänge, die durch den Korrelationskoeffizienten, den p-Wert und den t-Test bestätigt wurden, sollen dabei in den Unterricht und vor allem in das Projekt der *Math City Map* integriert werden.

Begonnen wird dabei mit auffälligen Korrelationen zu den Geschlechtern. Es ist nicht von der Hand zu weisen, dass in diesem Fall die Schüler verglichen mit den Schülerinnen Mathematik eher als ihr Lieblingsfach sehen. Das kann insofern genutzt werden, indem man bei der Gruppeneinteilung auch auf Geschlechter Rücksicht nimmt und darauf achtet, diese durchzumischen. Wenn eine Gruppe ausschließlich aus Personen besteht, die Mathematik nicht zu ihren Lieblingsfächern zählen, wird es schwierig, sie zu motivieren. Dementsprechend sind Gruppen mit beiden Geschlechtern vorteilhaft, da die Regression zeigt, dass Jungen dieser Klassen tendenziell Mathematik eher mögen. Ähnliches gilt auch bei Item 4 zur Veränderung der Einstellung gegenüber Mathematik. Eine heterogene Gruppe kann zu einem regen Austausch führen, bei dem alle Mitglieder des Teams reflektieren und ihre Einstellung zur Mathematik durch die Nutzung außerschulischer Lernorte zum Positiven verändern. Die Reflexion ist ein wichtiger Faktor bezüglich Item 4 in der Nachbereitung, denn sie kann helfen, sich dem Gelernten bewusst zu werden. Die anderen Korrelationskoeffizienten zu den Geschlechtern waren nicht weiter auffällig.

Der Vergleich der beiden Klassen bietet ebenfalls einige Möglichkeiten, die in Hinblick auf das Projekt integriert werden können. Der Korrelationskoeffizient bei Item 2 sticht mit R = - 0,44 besonders heraus, denn hier zeigt sich, dass 2B im Unterricht deutlich lieber außerhalb des Schulgebäudes ist. Das kann insofern bei der Vorbereitung berücksichtigt werden, dass die Lehrperson in der 2A noch einmal explizit auf die Vorteile außerschulischer Lernorte hinweist. Bei einem weiteren Fragebogen kann dann überprüft werden, ob sich dadurch die Antworttendenzen veränderten. Wenn das nicht der Fall ist, ist es auch möglich, dass die einzelnen Schüler*innen der 2B einfach mehr Freude an außerschulischen Lernorten haben. Durch die Erkenntnisse der Fragebögen tut sich auch eine weitere Option auf, denn es können auch die Klassen gemischt werden. Die bereits angesprochene Heterogenität kann damit nochmal auf ein anderes Level gebracht werden, um zu sehen, wie sich das auf die Motivation und Aktivität auswirkt. Das Ziel ist es, dass begeisterte Schüler*innen ihre Einstellung auf die anderen übertragen können. Bei Item 5 bezüglich der Motivation ist hier bei der neuen Idee der Gruppeneinteilung anzuschließen. Möglicherweise können motiviere Schüler*innen der 2B auch Schüler*innen der 2A ermuntern, sich mehr Mühe zu geben.

Neben den unterschiedlichen Eindrücken der Geschlechter und Klassen gibt es auch einzelne Items, die miteinander in Verbindung gebracht werden können. Interessant sind alle Zusammenhänge mit Item 2, die genutzt werden können, um Schüler*innen noch mehr zu motivieren und ihre Aktivität während des Projekts zu steigern. Dabei ist es zielführend, die Lernenden von außerschulischen Lernorten zu überzeugen, denn es zeigt sich, dass Schüler*innen, die im Unterricht gerne außerhalb des Schulgebäudes sind, tendenziell motivierter und aktiver sind und genau das kann als Ziel der *Math City Map* genannt werden. Es bedarf noch mehr Fokus auf außerschulische

Lernorte in der Vorbereitung und das inkludiert auch die Vorteile und Möglichkeiten, die sie bieten. Die Anwendbarkeit im Alltag ist ein weiterer Punkt, der in der Vorbereitung nicht zu kurz kommen darf. Das Bewusstmachen dieser Faktoren vor der Durchführung des Projekts kann auf eine höhere Motivation und Aktivität abzielen, wie auch die Korrelation von Item 3 und Item 5 zeigt.

Ein weiteres exemplarisches Beispiel zu den Zusammenhängen dreht sich um die Items 6 und 7. Der Korrelationskoeffizient R = - 0,39 zeigt, dass Schüler*innen, die sich der Wettbewerbssituation bewusst waren, auch aktiver während der Projektdurchführung waren. Um diese Verbindung zu nutzen, kann der Wettbewerb im Vorfeld noch expliziter herausgestrichen werden. Dabei sollten dann nicht nur die richtig beantworteten Fragen zählen, sondern auch die erreichten Punkte (Feedback dazu im Abschnitt 6.2.3). Als Anreiz sollte es für das Gewinnerteam oder für das Podest einen Preis geben, beispielsweise einen Hausübungsgutschein oder Ähnliches. Durch das Erkennen des Wettbewerbs werden dann möglicherweise auch zurückhaltendende Schüler*innen noch aktiver.

Darüber hinaus gibt es die Möglichkeit, fächerübergreifenden Unterricht zu forcieren, im Besonderen für Schüler*innen, die bei Item 1 eher negativ geantwortet haben. Die Zusammenarbeit mit anderen Fächern wie Physik oder Biologie kann sich ebenfalls positiv auf die Motivation auswirken und dafür eignet sich das Konzept der *Math City Map* gut. Durch die Zusammenhänge mit anderen Fächern kann auch die Anwendbarkeit der Aufgaben noch einmal herausgestrichen werden.

6 Ergebnisse zur qualitativen Forschung

6.1 Begriffsdefinition und Methode

Zu Beginn dieses Kapitels muss der Begriff der qualitativen Forschung geklärt werden, um damit arbeiten und die richtigen Schlüsse daraus ziehen zu können.

„Qualitative Forschung ist die Erhebung nicht-standardisierter Daten und deren Analyse mit speziellen, nicht statistischen Verfahren“ (Bohnsack, 2008, S. 13 ff.).

Die nicht-standardisierten Daten sind in diesem Fall schriftliche Rückmeldungen mit möglichst wenigen Vorgaben zur Arbeit mit der *Math City Map* in Form von Aufsätzen.

> „Qualitatives Forschen ist der Versuch herauszufinden, wie Menschen einen Sachverhalt sehen, welche individuelle Bedeutung er für sie hat und welche Handlungsmotive in diesem Zusammenhang auftreten. Daraus werden Theorien konstruiert und Folgerungen für die Praxis gezogen“ (Gniewosz, 2011, S. 109).

Die Folgen für die Praxis in zukünftigen Unterrichtseinheiten festzustellen ist das zentrale Ziel dieses Kapitels, das mithilfe der Analyse von individuellen Rückmeldungen erreicht werden soll. Die Subjektivität der Antworten kann dann für die Verbesserung von Details genutzt werden, denn diese kommen in den quantitativen Ergebnissen (Kapitel 5) oftmals zu kurz.

Die Daten für die qualitative Analyse entstanden aus dem Auftrag an die Schüler*innen, in Einzelarbeit einen Text zu ihren Eindrücken bezüglich der *Math City Map* zu schreiben. Dieser Auftrag wurde unterschiedlich ausgeführt, denn die Vorgaben beschränkten sich auf die Länge des Aufsatzes. Ziel war lediglich, rund eine A4-Seite ohne konkrete Themenvorgaben über das Projekt der *Math City Map* zu verfassen. Dementsprechend wurde über eine breite Palette an Bereichen geschrieben, die im Anschluss noch genauer analysiert wird. Wetter, Gruppen, Aufgaben oder auch Smartphones waren häufige Themen, die eine umfangreiche Rückmeldung ausmachten.
Der Grundgedanke der Methode dieser Einzelarbeit ist, dass die Ergebnisse dann miteinander in Einklang gebracht werden können, wie auch Mayring schreibt:

„Die Einzelfallanalyse will sich während des gesamten Analyseprozesses den Rückgriff auf den Fall in seiner Ganzheit und Komplexität erhalten, um so zu genaueren und tiefgreifenderen Ergebnissen zu gelangen“ (Mayring, 2002, S.42).

Um besser mit den qualitativen Daten arbeiten zu können, werden die qualitativen Methoden mit quantitativen Methoden kombiniert. Dabei wurden gleiche und ähnliche Formulierungen der Schüler*innen zusammengefasst, um die Übersichtlichkeit zu gewährleisten. Die absolute Nennungshäufigkeit zu den einzelnen Themen spiegelt also das Gesamtbild der Rückmeldungen wider. Die Tabelle, die im Anhang (10.3) zu finden ist, ist in positive und negative Resonanz aufgeteilt, um Vergleiche anstellen zu können. Die Idee dieser qualitativen Methode in Kombination mit quantitativen Elementen ist, dass die Ergebnisse aus Kapitel 5 verifiziert oder ergänzt werden können und neue Erkenntnisse übersichtlich zu erfassen sind, die möglicherweise in der quantitativen Untersuchung zu kurz kamen. Dass sich die absolute Nennungshäufigkeit nicht auf die Anzahl der Schüler*innen ergänzt, liegt auf der Hand, denn die Themen waren nicht vorgegeben und durften nach Belieben gewählt werden. Diese Freiheit der Themenwahl sorgte für neue Erkenntnisse und für Hinweise zu Verbesserungsmöglichkeiten. Die Spalte der absoluten Häufigkeit der Nennungen ist aussagekräftig, weil dadurch offensichtlich ist, welche Themen den Schüler*innen besonders im Gedächtnis geblieben sind. Gleichzeitig ist auch zu sehen, in welchen Bereichen bereits überwiegend positive Resonanz herrscht und in welchen Bereichen noch ausreichend Potenzial für Verbesserungen steckt.

6.2 Interpretation der Ergebnisse

Die detaillierteren Ergebnisse der Auswertung zeigen zusätzliche Themenbereiche, die in Kapitel 5 noch keine Rolle spielten. Dazu gehört unter anderem das Feedback zum Wetter, zur Betreuung oder zur App selbst. Einige Themen lassen sich aber auch mit der quantitativen Forschung und der Literatur aus Kapitel 2 in Verbindung bringen. Das Ziel der Analyse ist das Erlangen tieferer Erkenntnisse zur Vor- und Nachbereitung und zur Durchführung der *Math City Map.* Abschnitt 6.2 ist nicht repräsentativ für die Gesamtheit aller Schüler*innen, soll jedoch mit 38 Rückmeldungen helfen, das Projekt zu verbessern und Bereiche zu finden, in denen es laut Schüler*innen noch

Luft nach oben gibt. Die Motivation der qualitativen Analyse ist auch, neue Forschungsansätze herauszufinden, wie zum Beispiel die Benutzerfreundlichkeit der App oder auch das System der Punktevergabe, die in dieser Arbeit nicht ausreichend berücksichtigt wurden und einer intensiveren Nachfrage bedürfen.
Für einen besseren Lesefluss wurden manche Nennungen in Hinblick auf Ausdruck und Rechtschreibung adaptiert, da es sich um sehr junge Probandinnen und Probanden handelt.

6.2.1 Arbeit in der Gruppe

Begonnen werden soll mit der positiven Resonanz zur Arbeit in der Gruppe, die mit 35 Nennungen besonders im Fokus der Schüler*innen stand. Auffällig ist auch, dass es zur Arbeit in der Gruppe lediglich sieben negative Aussagen gab. Nur fünf Personen orteten Verbesserungspotenzial in Hinblick auf die Gruppengröße, während elf Personen mit der Anzahl der Teammitglieder zufrieden waren und diese als „gut gewählt" oder „fair" bezeichneten. Die eigenständige Gruppeneinteilung der Schüler*innen kam sehr gut an, denn 16 Personen empfanden das als „gut" und „fair" und erwähnten das explizit in ihrem Aufsatz. Zwei Personen sahen in der selbstständigen Einteilung Fairnessprobleme und hätten das lieber der Lehrperson überlassen. Die überwiegend positive Resonanz auf die Gruppeneinteilung zeigt deutlich, dass die Größe und Zusammensetzung der Teams gut aufgenommen wurden und diesbezüglich keine großen Veränderungen nötig sind. Wie in Abschnitt 5.4.1 erwähnt, ist eine Mischung der Gruppen und Klassen aber eine Option, die nicht außer Acht gelassen werden sollte, um eventuell Heterogenität sicherzustellen. Die Gruppenarbeit kann auch dazu beigetragen haben, dass die arithmetischen Mittel aus Kapitel 5 oft unter 2,5 sind, da sie bei der qualitativen Analyse so eine große und positive Rolle für die Schüler*innen spielt. Diesbezüglich gab es allerdings keine konkrete Frage im Fragebogen. Dennoch kann die Gruppenarbeit möglicherweise mit Item 6 der quantitativen Analyse in Verbindung gebracht werden, das sich mit der Wettbewerbssituation beschäftigt. Die Gruppenarbeit kann zu einer höheren Motivation und Aktivität führen, die in den Items 5 und 7 vorkommen, das wird auch in der Literatur und in Kapitel 2 bestätigt. Acht Personen strichen noch einmal die Freude an der Arbeit im Team hervor, denn ihnen „hat gut gefallen, dass wir im Team arbeiten durften". Zu den Vorteilen des Gruppenunterrichts gibt es ausreichend Literatur, die den Rahmen der vorliegenden Arbeit überschreiten würde. Der Aufbau von Selbstvertrauen in kooperativ lernenden Gruppen, die Steigerung der Sozialkompetenz, fachspezifische Lernerfolge und das gemeinsame Entwickeln von Lösungsstrategien sind nur wenige Gründe, weshalb Schüler*innen die Gruppenarbeit schätzen (Weidner, 2006). Die qualitativen Forschungsergebnisse zeigten noch einmal deutlich, dass die Gruppenarbeit ein wesentlicher Faktor für die Beliebtheit der *Math City Map* ist.

6.2.2 Aufgaben

Anders als die Arbeit in Gruppen, die eindeutig positiv bewertet wurde, wurden die neun Aufgaben des *Math City Map* Trails ziemlich ausgeglichen beurteilt. 28 positiven Rückmeldungen stehen 33 negative gegenüber, jedoch muss bei diesem Thema in kleinere Bereiche differenziert werden.
Auf beiden Seiten gibt es Feedback zu expliziten Aufgaben von jeweils acht Personen. Eine mehrfache negative Nennung hatte die Aufgabe 2 mit dem Tischtennistisch (4), die bei den Schüler*innen nicht gut ankam. Das kann an der Aufgabe selbst liegen, an der Formulierung oder auch daran, dass die Aufgabe geografisch deutlich abgeschottet von den anderen Aufgaben zu finden war. Weiters waren Aufgabe 5 mit drei Nennungen und Aufgabe 3 mit einer Nennung im Feedback zu finden. Bei Aufgabe 5 wurde auch angegeben, dass die Aufgabe zur Berechnung des Volumens deshalb als nicht gut empfunden wurde, „weil wir das schon am Anfang des Schuljahres gemacht haben und es lange her ist“.

Besonders positiv wurden Aufgabe 1 und Aufgabe 8 zu den Stangen bewertet (4). Weiters gab es jeweils eine Stimme zu Aufgabe 2, 3, 5 und 7. Somit kommt es, wie in Abschnitt 2.2 erwähnt, unter anderem auf die Realitätsnähe der Aufgabenstellung an, aber auch auf die Auswahl der Themen und die geografische Umgebung. Wie in Kapitel 7 ausgeführt, muss ein Bezug zur Anwendbarkeit im Alltag auf jeden Fall sichergestellt werden. Die beiden Aufgaben mit den Stangen fanden auch deshalb Anklang, weil sie das Klettern beim Lösen der Aufgaben mit sich brachten.
Der Schwierigkeitsgrad der Aufgaben wurde in Kapitel 5 bereits mit dem arithmetischen Mittel der gelösten Aufgaben angerissen und scheint aufgrund der Anzahl an richtigen Antworten auch gut gewählt zu sein. Die Ausgeglichenheit der Rückmeldungen zur Schwierigkeit (6 vs. 4) zeigt, dass die Aufgaben mit dem Leistungsvermögen vieler Schüler*innen in Einklang gebracht werden können und es auf beiden Seiten

Ausreißer gibt. Zwei Schüler*innen gaben an, den Schwierigkeitsgrad als „gut geeignet“ und „perfekt“ zu sehen. Das unterschiedliche Leistungsniveau der Schüler*innen zeigt sich beim Feedback zum Schwierigkeitsgrad besonders und muss bei der Aufgabenerstellung berücksichtigt werden.

Die Anzahl der Aufgaben wurde von sieben Personen negativ aufgegriffen, wovon jeweils drei Personen die Anzahl als „zu viele“ und „zu wenige“ bezeichneten. Dementsprechend ist es problematisch, Schlüsse daraus zu ziehen. Eine Möglichkeit wäre, noch mehr Aufgaben zur Verfügung zu stellen, um leistungsstarke Gruppen nicht zu unterfordern. Dann muss allerdings im Vorfeld darauf eingegangen werden, dass es schwierig ist, alle Aufgaben zu schaffen, um andere Gruppen nicht zu demotivieren.
Weitere Verbesserungsvorschläge gab es bezüglich der Länge der Aufgaben, die etwas kürzer sein sollten oder auch bezüglich der Formulierung der Aufgaben. Das Feedback zur Formulierung kann allerdings auch daran liegen, dass es sich um eine bilinguale Schule handelt und manche Schüler*innen Schwierigkeiten mit der Unterrichtssprache Deutsch haben. Jedenfalls muss bei der Formulierung der Aufgaben genau darauf geachtet werden, die Sprache der Schüler*innen und ihren Wortschatz zu treffen. Die Genauigkeit des Lösungsintervalls wurde auch zweimal aufgegriffen, denn „bei manchen Aufgaben musste man zu präzise sein.“ Der Eindruck entstand während der Beobachtung der Aufgaben 2 und 5 ebenfalls und das Feedback kann leicht für die nächste Durchführung berücksichtigt werden.
Die unterschiedlichen Lösungsformate kamen bei acht Schüler*innen im Aufsatz vor, wobei das Multiple Choice Format von fünf Personen bevorzugt wurde. Positiv herausgestrichen wurde auch der Abwechslungsreichtum der Lösungsformate und die Tatsache, dass direkt Feedback auf die Antworten gegeben wurde.
Die Bilder zu den Aufgaben wurden von drei Personen mit einer positiven Rückmeldung bewertet, da sie „eindeutig“ waren, „den Ort schnell gezeigt haben“ und „eine gute Qualität“ hatten. Eine Person bemängelte, dass „die Bilder etwas schärfer sein könnten“.

6.2.3 Sonstiges

Das digital unterstützte Lernen kam 17-mal positiv vor und die Benutzerfreundlichkeit der App wurde ausdrücklich hervorgehoben. Der unkomplizierte Umgang, der leichte

Download und die Übersichtlichkeit blieben den Schüler*innen besonders in Erinnerung. Weiters fanden die Lernenden die App „cool und lustig“. Drei Personen erwähnten auch, dass ihnen die Nutzung des Handys im Unterricht gefiel. Das Feedback kann allerdings nicht mit der quantitativen Untersuchung zusammengeführt werden, da es hierzu keine konkreten Fragen im Fragebogen gab. Die qualitative Forschung hingegen zeigt, dass das digitale Lernen für die Schüler*innen eine große Rolle spielt und eine häufigere Integration wohl gut ankommen würde.

Eine Kombination aus quantitativen und qualitativen Ergebnissen ist beim Thema des außerschulischen Lernortes möglich. Die arithmetischen Mittel zu den Items 2 (1,6) und 8 (1,2) aus Abschnitt 5.1 und die Literatur aus Abschnitt 2.1 geben dem schriftlichen Feedback recht, denn elf Personen gingen speziell auf die Lernumgebung außerhalb des Klassenzimmers ein. Die eigenständige häufige Nennung der Schüler*innen zeigt das Interesse am Lernen in der Natur. Darüber hinaus wurde angemerkt, dass die Freiheit dieser Unterrichtseinheiten einen bleibenden Eindruck hinterließ. Scherer und Rasfeld bestätigen das, denn laut ihnen sind die Erfahrungen mit außerschulischen Lernorten oftmals mit schönen Erinnerungen verknüpft (Scherer & Rasfeld, 2010, S. 6). Die Lebensnähe im Park zielt optimal auf die Bedürfnisse der Lernenden ab (Abschnitt 2.1), wie sich sowohl in der quantitativen als auch in der qualitativen Forschung zeigt. Die Ergebnisse beider Methoden machen deutlich, dass eine häufigere Durchführung von Unterrichtseinheiten an außerschulischen Lernorten, in diesem Fall vor allem die Anwendung der *Math City Map*, empfehlenswert ist und bei den Schüler*innen zu einer erhöhten Motivation und Aktivität führt.

Die Wetterbedingungen sorgten für einige negative Rückmeldungen und Verbesserungsvorschläge, denn 16 Personen waren der Meinung, dass es sehr heiß war. Sechs davon gaben als Lösungsvorschlag an, das Projekt im Frühling oder Herbst durchzuführen. Als Lehrperson war während den Unterrichtseinheiten ebenfalls auffallend, dass es schwer für manche Schüler*innen war, sich in der Hitze im Juni zu konzentrieren. Dementsprechend kann dieser Verbesserungsvorschlag sofort für die nächste Durchführung beachtet und auf die Gegebenheiten des Wetters Rücksicht genommen werden.

Die Zeiteinteilung wurde von sieben Personen als „gut“ und „ausreichend“ empfunden, eine Person war sichtlich unterfordert und „fände es lustiger, wenn wir ein bisschen mehr Stress hätten“. Aufgrund der wenigen Nennungen scheint der überwiegende Teil der Schüler*innen zufrieden mit den zeitlichen Vorgaben gewesen zu sein, was sich auch bei der Anzahl der gelösten Aufgaben widerspiegelt.

Weitere Rückmeldungen wurden zur Punktevergabe der App gegeben, die für die Schüler*innen nicht ganz transparent zu sein schien. In Hinblick darauf sollte man als Lehrperson in der Vorbereitung auf das Projekt noch einmal detaillierter eingehen. Konstruktive Kritik gab es auch zur Genauigkeit der Koordinaten, die jedoch nur von einer Person geäußert wurde. Ein Verbesserungsvorschlag einer Person zur Nutzung der App ist auf jeden Fall eine Überlegung wert, denn sie schlägt vor, „die App in einer größeren Umgebung zu machen“. Außerschulische Lernorte sind so vielfältig und groß, dass man sie nützen sollte und das bedeutet auch eine größere Fläche mit mehr Möglichkeiten für Aufgabenstellungen in Erwägung zu ziehen. Für die erstmalige Anwendung der App scheint eine kleinere Fläche allerdings sinnvoller, um den Überblick bewahren zu können.

Darüber hinaus gab es noch positive Resonanz zur Idee der App, zur Durchführung einer Rätselrallye im Unterricht oder auch zur Betreuung während des Projekts. Die Lehrenden und auch die Lernenden sehen im Anschluss als Gruppe und als Individuen, wie viel tatsächlich aus dem Unterricht über einen langen Zeitraum mitgenommen wurde und können das als Feedback zu ihren Stärken und Schwächen nutzen.

Zusammenfassend bot die qualitative Forschung neue Erkenntnisse in einige Richtungen, die in der quantitativen Forschung, aufgrund der gestellten Fragen, zu kurz kamen. Die Ergebnisse der qualitativen Untersuchung zielen vor allem auf Verbesserungspotenzial für zukünftige Projekte der *Math City Map* ab. Außerschulische Lernorte, deren Beliebtheit und deren Vorteile kommen in beiden Forschungsbereichen gut zur Geltung. Die Ergebnisse diesbezüglich sind deutlich mit der Literatur (Abschnitt 2.1) in Einklang zu bringen. Besonders in Hinblick auf die einzelnen Aufgaben und die spezifischen Rückmeldungen zur App brachte die qualitative Forschung neue Erkenntnisse, die in Zukunft genutzt werden können.

7 Diskussion

Die in Abschnitt 4.3 aufgestellten Hypothesen müssen nach Durchführung des Fragebogens differenziert bewertet werden. Die ersten beiden Hypothesen bezüglich der Motivation und der Aktivität im Zusammenhang mit der *Math City Map* können mit den arithmetischen Mitteln 2,1 und 3,0 bestätigt werden. Der Stichprobenumfang von n = 38 in zwei verschiedenen Klassen soll das Ergebnis unterstreichen. Die dritte Hypothese, die auf den Einfluss der Wettbewerbssituation abzielt, kann nicht verifiziert werden, da sie mit 2,5 neutral bewertet wurde und sich keine Tendenz ableiten lässt. Im folgenden Abschnitt wird noch einmal im Detail auf die Ergebnisse aus Kapitel 5 eingegangen, wobei auch Antworten der offenen Fragen berücksichtigt werden sollen.

Begonnen soll mit den Items 2 (1,6) und 8 (1,2) werden, bei denen die Eindeutigkeit der Ergebnisse klar erkennbar ist und die zeigen, dass die Schüler*innen sich außerschulische Lernorte für den Regelunterricht in Mathematik wünschen. Der Korrelationskoeffizient der beiden Items zeigt mit R = 0,52 eine signifikante lineare Korrelation. Bereits in der Umsetzung der Unterrichtseinheiten wurde deutlich, dass außerschulische Lernorte für die Lernenden etwas Besonderes und förderlich für deren Motivation sind. Bei den offenen Fragen kam noch einmal zur Geltung, dass das Verlassen des Klassenzimmers für positive Stimmung sorgen kann. Positive Anmerkungen in den offenen Fragen waren Aussagen, wie dass „*es draußen war*" und dass „*draußen lustig gelernt wurde*". Die zustimmenden Ergebnisse bezüglich außerschulischer Lernorte lassen sich auch in der Literatur aus Abschnitt 2.1 wiederfinden. Dabei ist vor allem das Ermöglichen von Erfahrungen aus erster Hand zentral, denn laut Sitter (2019, S. 73 f.) sollen Lehrkräfte den Lernenden diesbezüglich mehr Möglichkeiten bieten. Diese Erfahrungen machen das Lernen für die Kinder bedeutsamer und zielen auf die Langfristigkeit ab (Kohler, 2011, S. 168). Die stark positiven Antworttendenzen bei diesen beiden Items können unter anderem auch darauf zurückgeführt werden, dass sich das Lernklima bei außerschulischen Lernorten meist verbessert, da die Erfahrungen oftmals mit schönen Erinnerungen verknüpft sind (Scherer & Rasfeld, 2010, S. 6). Die Begeisterung für außerschulische Lernorte hängt auch mit der gezeigten Aktivität bei solchen Unterrichtseinheiten zusammen. Durch den Korrelationskoeffizient R = -0,40 erkennt man, dass die Aktivität der Lernenden tendenziell steigt, wenn Schüler*innen gerne außerhalb der Schule lernen. Geschlechterspezifisch geben die Jungen sowohl bei Item 2 (1,4 vs. 1,7), als auch bei Item 8 (1,1 vs. 1,4) positivere Antworten ab. Eine mögliche Ursache ist die generelle Tendenz der Jungen zu Mathematik als Lieblingsfach verglichen mit den Mädchen (1,9 vs. 2,9). Um nähere Informationen zu bekommen, könnte man hier auf qualitative Forschungsmethoden zurückgreifen, die die geschlechterspezifischen Unterschiede deutlicher aufarbeiten. Auch in Hinblick auf die Klassen unterscheiden sich beide Items klar voneinander, denn bei Item 2 (1,9 vs. 1,2) und bei Item 8 (1,4 vs. 1,1) gab die 2B sichtbar positivere Antworten. Hier ist das nicht mit Item 1 und Mathematik als Lieblingsfach in Verbindung zu bringen, da die 2A bei diesem Item positiver abstimmte (2,3 vs. 2,4). Es liegt auf der Hand, dass außerschulische Unterrichtseinheiten unterschiedliche Eindrücke auf verschiedene Klassen machen und je nach Klassenstruktur adaptiert werden sollten. Das wird durch die Ergebnisse der Fragebögen noch einmal unterstrichen.

Grundsätzlich können beide Items neben den außerschulischen Tätigkeiten auch mit dem Aufbau der Unterrichtseinheit in Verbindung gebracht werden. Der offene Unterricht, der viel Raum für Selbstständigkeit zulässt, kann dabei eine Rolle spielen und die Tendenz der Antworten, je nach individuellem Bedürfnis, verstärken. Die klassenspezifischen Unterschiede können auch damit zusammenhängen, dass Ersteller des Fragebogens und Durchführer des Projekts dieselbe Person gewesen ist. Dementsprechend kann die Sympathie gegenüber der Lehrperson die Daten verändert haben. Hier kann nicht weiter ausgeführt werden, woran das im Detail liegt, da die Forschungsmethode dafür nicht geeignet ist. Möglicherweise waren die Unterrichtseinheiten in diesem Fall besser auf die Klasse 2B zugeschnitten, was sich auch bei der Beantwortung des Fragebogens niederschlug.

Das Item 3 (2,3) ist im Vergleich mit den Ergebnissen der anderen Items trotz leicht positiver Antworttendenz eher neutral zu bewerten. Die Anwendbarkeit außerhalb der Schule wurde von den Schüler*innen nicht klar verifiziert. Die Herstellung von Realitätsbezügen wurde scheinbar noch nicht klar genug herausgearbeitet. Das kann möglicherweise daran liegen, dass von der Lehrkraft während der Durchführung nur wenig Input und Zeit zur Reflexion gegeben wurde und diese im Nachhinein zu kurz ausfiel. Die Bedeutung der Aufgaben der *Math City Map* für die Realität scheint nicht bei allen Schüler*innen gleich empfunden worden zu sein. Wie in Abschnitt 2.1 erwähnt, sollte die Sinnfrage durch das Wechselspiel von Theorie und Praxis noch klarer herausgearbeitet werden. Hier kann auch auf die geschlechterspezifischen Unterschiede hingewiesen werden, denn Schüler (2,1) bewerteten die Anwendbarkeit außerhalb der Schule deutlich positiver als Schülerinnen (2,5). Die Werte zur Regression zeigen, dass die Anwendbarkeit der App stark mit dem Konzept des außerschulischen Lernortes verknüpft werden soll.

Die Sinnfrage und die Anwendbarkeit sollen nun mithilfe des offenen Feedbacks zu einzelnen Aufgaben des Rundgangs kurz beleuchtet werden. Besonders beliebt waren die Fragen 1, 7 und 8. Die Fragen 1 und 8 zum Klettergerüst lösten aufgrund des Standorts viele positive Emotionen aus und in den Aufsätzen wurde bestätigt, dass sich hierbei teilweise besonders viel Mühe gegeben wurde. Aufgabe 7 zu den Brüchen scheint aufgrund des Themas gut angekommen zu sein, auch wenn es dazu Ausnahmen gab, wie in Abschnitt 5.1 erwähnt. Aufgabe 3 zu den Schulfenstern dürfte aufgrund des leichteren Schwierigkeitsgrades gut in Erinnerung geblieben sein. Das Tischtennisservice der Aufgabe 2 wurde eher negativ aufgenommen, da viele Schüler*innen hier Probleme hatten, die richtige Einheit zu finden. Bei Aufgabe 4 zu den Symmetrieachsen stellten sich ein paar Schüler*innen die Sinnfrage. Zusammengefasst lässt sich zu diesem Item sagen, dass die Sinnfrage für die Lernenden allgemein ein wenig zu kurz kam. Bei Aufgaben, die als besonders positiv wahrgenommen wurden, lag das vor allem am jeweiligen Standort oder Schwierigkeitsgrad, nicht aber an der Sinnhaftigkeit und Anwendbarkeit im Alltag selbst. Es sollte als Lehrkraft definitiv in der Vor- und Nachbereitung ein größerer Fokus daraufgelegt werden, den Schüler*innen realitätsnahe Aufgaben und deren Vorteile näherzubringen.

Item 4 (2,2) weist eine positive Antworttendenz auf, die eine leichte Veränderung der Einstellung zur Mathematik zum Positiven zeigt. Im Fall dieses Items ist klar, dass es für eine tiefgreifenden Veränderung der Arbeitshaltung und Sichtweise nicht ausreicht, einmal außerhalb der Schule zu lernen. Für eine grundlegende Änderung benötigt es eine Regelmäßigkeit, die den Schüler*innen auch helfen soll, Routine bei diesen Unterrichtseinheiten zu erlangen (Sill, 2019, S. 176). Auch bei diesem Item gibt es Differenzen unter den Geschlechtern, hier sogar noch eklatanter. Während die Jungen (1,9) sich klar für eine Verbesserung der Einstellung durch die Anwendung der *Math City Map* aussprechen, stehen die Mädchen (2,5) neutral dazu. Den Zusammenhang zwischen Geschlecht und Item 4 zeigt auch der Regressionskoeffizient mit $R = 0{,}32$.

Gesamt gesehen kann die Veränderung der Einstellung auch mit Mathematik als Lieblingsfach in Verbindung gebracht werden (Abschnitt 5.4).

Im folgenden Absatz geht es noch einmal detaillierter um die Items 5,6 und 7, die speziell auf die Verifizierung, beziehungsweise Falsifizierung der Hypothesen abzielen. Zu Beginn dieses Abschnitts wurden bereits zwei Hypothesen bestätigt und eine Hypothese konnte nicht bestätigt werden. Dabei soll vor allem noch einmal die Literatur aus Abschnitt 2 hinzugezogen werden.

Wie eingangs in diesem Kapitel erwähnt, kann die erste Hypothese bezüglich der Motivation, nach Durchführung des Fragebogens, bestätigt werden. Mit 2,1 weist Item 5 eine positive Antworttendenz auf, die motiviertere Schüler*innen durch die Wahl des außerschulischen Lernortes und die Anwendung der *Math City Map* zur Folge hat. Der Geschlechtervergleich (1,9 vs. 2,2) fällt wie bei mehreren Items so aus, dass die Jungen sich positiver äußern als die Mädchen. Die fördernde Motivation spiegelt sich auch in der Beantwortung der offenen Fragen wider, bei denen beispielsweise gesagt wird, dass „*die Math City Map eine lustige Aktivität ist*“ und dass „*wir uns bemüht haben, weil wir mit Freunden lernen konnten*“. Das deckt sich auch mit der Literatur aus Kapitel 2, wo beispielsweise im Abschnitt 2.6 speziell auf das *Lebenszweck*-, das *Erkenntnis*- und das *Erlebnismotiv* eingegangen wird. Das Streben nach der Herausforderung und das Abschließen solcher Aufgaben soll bereits im Unterricht angeschnitten werden, um die Motivation zu stärken (Sill, 2019, S. 68) und dafür bietet die *Math City Map* eine gute Möglichkeit. Das niedrige arithmetische Mittel kann auch auf die positiv wahrgenommenen Aufgabenstellungen zurückgeführt werden, denn „die lernpsychologischen Argumente weisen darauf hin, dass mit realitätsnahen Problemen das Verstehen mathematischer Inhalte und der Aufbau adäquater Grundvorstellungen unterstützt werden kann. Insbesondere können durch geeignete Anwendungen Schülerinnen und Schüler zur Beschäftigung mit Mathematik motiviert werden“ (Bruder, 2015, S. 29). Die Langzeitmotivierung ist ebenfalls nicht außer Acht zu lassen, denn besonders eigene Aktivitäten bleiben den Schüler*innen besonders lange in Erinnerung. Das Arbeiten in Gruppen (Abschnitt 6.2.1) und die gemeinsamen Erfolgserlebnisse tragen ihren Teil dazu bei. Bei einigen Aufgaben wurde bereits während der Beobachtung deutlich, dass die Herausforderung, diese zu lösen, Ehrgeiz bei den Schüler*innen hervorrief.

Der letzte Absatz kann als Überleitung zu Item 7 verstanden werden, denn dabei geht es um die Veränderung der Aktivität im Vergleich zum Regelunterricht im Klassenzimmer. Dieses Item wurde negativ formuliert, weshalb der Wert 3,0 so verstanden werden kann, dass sich die Schüler*innen bei der Anwendung der *Math City Map* selbst aktiver sahen als im Schulgebäude. Der Geschlechtervergleich fällt ähnlich aus wie bei Item 5 (3,2 vs. 2,7), wo die Schüler angeben, deutlich aktiver zu sein, die Schülerinnen hingegen nur leicht aktiver. Die höhere Aktivität liegt einerseits am außerschulischen Lernort selbst (Abschnitt 5.4), der von den Schüler*innen äußerst positiv bewertet wurde, andererseits an den Aufgabenstellungen, die Selbstständigkeit und gleichzeitig Teamwork erfordern. Die „*Benutzung einer App*“ und das „*Arbeiten in Gruppen*“ führten zu einer höheren Aktivität der Einzelnen. Die steigende Motivation und Aktivität wurden auch mehrmals damit in Verbindung gebracht, dass „*es draußen war und wir viel Freiraum hatten*“. Die Flexibilität und eigenständige Arbeitsteilung scheint vielen Schüler*innen gefallen zu haben, was auch auf das Konzept der *Math City Map* zurückzuführen ist. Der österreichische Lehrplan bestätigt die Wichtigkeit der Selbstständigkeit, die bei den Schüler*innen offensichtlich gut ankommt, folgendermaßen: „Selbstständiges Entdecken und Erfolgserlebnisse sind ein wesentlicher Beitrag zur Motivation“ (Bundeskanzleramt Österreich, Zugriff 27.07.2021, S. 57). An dieser Stelle kann noch einmal auf den Abschnitt 2.2 verwiesen werden, denn durch geeignete Anwendungen, wie jene der *Math City Map*, können Schüler*innen zur Auseinandersetzung mit Mathematik motiviert werden (Bruder, 2015, S. 362).

Die Hypothese zu Item 6, dass die Wettbewerbssituation für die Schüler*innen zu mehr Bemühungen führt, kann nicht verifiziert werden, da das Ergebnis mit 2,5 neutral ausfällt. Geschlechter- und klassenspezifisch gibt es nur geringere Unterschiede, weshalb von einem aussagekräftigen Ergebnis ausgegangen werden kann. Die Gründe dafür können vielseitig sein, einige davon wurden bereits in den offenen Fragen beantwortet. Der Korrelationskoeffizient zeigt Verbindungen mit Item 7, sodass davon ausgegangen werden kann, dass Schüler*innen, die Wettbewerbe schätzen, tendenziell auch aktiver beteiligt sind (Abschnitt 5.4). Das Gefälle des geforderten Niveaus der Aufgaben war in manchen Fällen zu spüren, denn auf der einen Seite wurde als Verbesserungsvorschlag geschrieben, dass „*es etwas mehr Aufgaben gibt*“ und dass „*es mehr schwierige Fragen gibt*“. Auf der anderen Seite gab es auch gegenteilige

Meinungen, dass *„mehr Hilfe nötig ist*“ und dass *„mehr Zeit benötigt wird, um die Übungen fertig zu schaffen*“. Dahingehend wären mehr Fragen eine Option, um die leistungsstarken Schüler*innen nicht zu unterfordern. In den offenen Fragen wurde diesbezüglich einmal Folgendes formuliert: *„Ich fände es vielleicht auch lustig, wenn wir ein bisschen Stress hätten. Dass es auch um Zeit geht, damit es eine größere Competition wäre*.“ Die Einteilung von Dreierteams kann ebenso anders vorgenommen werden, um unterschiedliche Leistungsniveaus in einer Gruppe zu haben, sodass alle Teammitglieder voneinander und miteinander lernen. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Wettbewerbssituation für diese beiden Klassen kaum Auswirkungen auf die Leistung hatte, sondern mehr der außerschulische Lernort, die App und die Teams im Vordergrund für die steigernde Motivation und Aktivität standen.

8 Fazit und Ausblick

Auf die Wichtigkeit von außerschulischen Lernorten im Mathematikunterricht, genauso wie auf Möglichkeiten zu deren Umsetzungen wurde im Laufe dieser Arbeit mehrmals hingewiesen. Besonders die quantitative Untersuchung von 38 Probandinnen und Probanden zeigt, dass sich Schüler*innen im Mathematikunterricht gerne außerhalb des Schulgebäudes befinden.

Die Forschungsfrage, inwiefern sich die Nutzung der *Math City Map* auf die Motivation und Aktivität der Schüler*innen auswirkt, kann mit Hilfe der quantitativen Untersuchung beantwortet werden. Eine Verbesserung der Motivation und Aktivität ist durch die Antworttendenzen und die Instrumente zum Nachweis der Signifikanz mehrfach ersichtlich.

Die qualitative Untersuchung gibt Hinweise auf eine Verbesserung der Nutzung aus Schüler*innenperspektive und zeigt auch, wie in der Vor- und Nachbereitung verschiedene Faktoren berücksichtigt und vernetzt werden können.

Die Ressourcen zur Thematik der außerschulischen Lernorte sind mittlerweile umfangreich, nicht jedoch die Ressourcen zur Thematik der *Math City Map*. Die Entscheidung, den Fokus dieser Arbeit genau auf diese Anwendung zu legen, wurde schnell getroffen, da auffallend war, dass es zu Beginn der Recherche in ganz Wien keinen Trail der *Math City Map* gab. Der Fakt, dass es heute, mehr als ein halbes Jahr später, nur den für die vorliegende Untersuchung erstellten Trail zur öffentlichen Nutzung gibt, zeigt, dass die App nicht die Reichweite hat, die es für eine großflächige Nutzung bräuchte. In ganz Österreich gibt es fünf öffentliche Trails, wovon jedoch nur drei für Schulen relevant sind. All das macht deutlich, dass das Potenzial der *Math City Map* in Österreich noch lange nicht ausgeschöpft ist.

Diese Masterarbeit soll dabei einen ersten Schritt darstellen, die Anwendung in Österreich zu etablieren und auf die positiven Aspekte der Nutzung hinzuweisen. Die Erkenntnisse der Untersuchungen zeigen eindeutig, dass sich ein Unterricht, in dem mit der *Math City Map* gearbeitet wird, positiv auf das Empfinden der Schüler*innen auswirken kann und dieses Konzept mehr Aufmerksamkeit bei Mathematiklehrkräften verdient.

Die Ergebnisse dieser Arbeit bieten ein Fundament für weitere Untersuchungen zur Nutzung der *Math City Map* und auch allgemein zu außerschulischen Lernorten. Die Möglichkeiten und Auswirkungen zur Nutzung in weiteren Schulstufen sind noch nicht erforscht und bedürfen einer weiteren Untersuchung. Auch eine Beforschung unterschiedlicher Schultypen wäre eine spannende Thematik.

Durch Schüler*innenbeobachtungen während der Nutzung der *Math City Map* könnte herausgefunden werden, wie sich ihr Verhalten bei verschiedenen Trails und auch Aufgaben verändert.

Auch die Forschung zu außerschulischen Lernorten im Mathematikunterricht selbst ist noch nicht ausgeschöpft und bietet jede Menge Möglichkeiten. In Hinblick auf unterschiedliche Unterrichtskonzepte gibt es Potenzial für weitere Untersuchungen, die mit dieser Arbeit verknüpft werden können. Der Vergleich empirischer Ergebnisse ähnlicher Konzepte und Umsetzungen würde ausreichend Platz für neue Erkenntnisse bieten.

Abschließend soll darauf hingewiesen werden, dass ein Mathematikunterricht mit der *Math City Map* keinesfalls den Regelunterricht im Klassenzimmer ersetzen soll. Er soll lediglich von Zeit zu Zeit die Routine brechen, den Schüler*innen einen Alltagsbezug vermitteln und Motivation und Aktivität verbessern.

9 Quellen

9.1 Literaturverzeichnis

Bohnsack, Ralf (2008): Rekonstruktive Sozialforschung. Einführung in qualitative Methoden. 7. Auflage, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Bruder, Regina/Hefendehl-Hebeker, Lisa/Schmidt-Thieme, Barbara/Weigand, Hans-Georg (2015): Handbuch der Mathematikdidaktik, Berlin/Heidelberg: Springer Spektrum Verlag.

Burk, Karlheinz/Claussen, Claus (1998): Lernorte außerhalb des Klassenzimmers. Didaktische Perspektiven, München: Oldenburg Verlag.

Burk, Karlheinz/Rauterberg, Marcus/Schönknecht, Gudrun (2008): Schule außerhalb der Schule: Lehren und Lernen an außerschulischen Orten, Frankfurt am Main: Grundschulverband.

Dühlmeier, Bernd (2014): Außerschulische Lernorte in der Grundschule: Neun Beispiele für den fächerübergreifenden Sachunterricht, Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren.

Freudenthal, Hans (1973): Mathematik als pädagogische Aufgabe, Stuttgart: Klett Verlag.

Gaedtke-Eckardt, Dagmar-Beatrice (2007): Außerschulische Lernorte. Studenten schreiben für Studenten und Referendare: Mit einer Einführung in das Thema außerschulisches Lernen, Hildesheim: Franzbecker Verlag.

Graumann, Günther (2012): Begriffsentwicklung bezüglich Koordinaten von der Grundschule bis zur Sekundarstufe 1 mit Ausblicken auf die darauf folgenden Erweiterungen, In: Filler, Andreas/ Ludwig, Matthias (Hrsg.) (2012): *Wege zur Begriffsbildung für den Geometrieunterricht. Ziele und Visionen 2020*, Hildesheim: Franzbecker Verlag.

Von Hentig, Hartmut (1974): Magier oder Magister. Über die Einheit der Wissenschaft im Verständigungsprozess, Frankfurt am Main: Suhrkamp Taschenbuch Verlag.

Henze, Norbert (2012): Stochastik für Einsteiger. Eine Einführung in die faszinierende Welt des Zufalls, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Kohler, Britta (2011): Lerngänge. In: von Reeken, Dietmar (Hrsg.) (2011): *Handbuch Methoden im Sachunterricht*, Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Ludwig, Matthias (2019): Math City Map. Einsatz von digitalen Medien bei außerschulischen Lernorten, Frankfurt am Main: Universität Frankfurt am Main.

Mayring, Philipp (2002): Einführung in die qualitative Sozialforschung. Eine Anleitung zu qualitativem Denken, Weinheim und Basel: Beltz Verlag.

Von Reeken, Dietmar (2011): Handbuch Methoden im Sachunterricht, Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Reinders, Heinz/Ditton, Hartmut/Gräsel, Cornelia/Gniewosz, Burkhard (2015): Empirische Bildungsforschung. Strukturen und Methoden, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Scherer, Petra/Rasfeld, Peter (2010): Außerschulische Lernorte: Chancen und Möglichkeiten für den Mathematikunterricht. In: *Mathematik lehren (160)*, S. 4-10.

Sill, Hans-Dieter (2019): Grundkurs Mathematikdidaktik. Standard Wissen Lehramt, Paderborn: Ferdinand Schöningh Verlag.

Sitter, Kerstin (2019): Geometrische Körper an inner- und außerschulischen Lernorten. Der Einfluss des Protokollierens auf eine sichere Begriffsbildung, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Weidner, Margit (2006): Kooperatives Lernen im Unterricht. Das Arbeitsbuch, Seelze-Velber: Kallmeyer.

Winter, Heinrich (1983): Entfaltung begrifflichen Denkens. In: *Journal für Mathematik – Didaktik 4* (S. 175–204). Wiesbaden: Springer Verlag.

Wittmann, Erich Christian (1987): Elementargeometrie und Wirklichkeit. Einführung in geometrisches Denken, Braunschweig: Vieweg Verlag.

9.2 Internetquellen

Bundeskanzleramt Österreich: Gesamte Rechtsvorschrift für Lehrpläne der Mittelschulen. Abgerufen am 17.04.2021 von www.ris.bka.gv.at/: https://www.ris.bka.gv.at/ Dokumente/Bundesnormen/NOR40181121/ NOR40181121.pdf

Flandorfer, Priska (2020): Durchführung und Interpretation der Regressionsanalyse. Abgerufen am 17.08.2021 von www.scribbr.de/: https://www.scribbr.de/statistik/regressionsanalyse

Grünwald, Robert (2018): Likert Skala: Auswertungsmöglichkeiten und Einflusskomponenten. Abgerufen am 15.11.2021 von https://novustat.com/statistik-blog/likert-skala-auswertungsmoeglichkeiten.html

Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (2020): Pressegespräch. Schulstart. Abgerufen am 06.10.2021 von www.bmbwf.gv.at: https://www.bmbwf.gv.at/Ministerium/Presse/20200817.html

Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Weiterbildung und Kultur (2014): Rahmenplan Grundschule: Teilrahmenplan Mathematik. Mainz. Abgerufen am 17.04.2021 von http://grundschule.bildung-rp.de/fileadmin/user_upload/grundschule.bildung-rp.de/Downloads/Rahmenplan/Rahmenplan_Grundschule_TRP_Mathe_01_08_2015.pdf

Umweltdachverband (2020): Positionspapier Draußen Unterrichten. Warum Kinder, gerade in Zeiten wie diesen, in der Natur lernen sollen. Abgerufen am 06.10.2021 von www.umweltdachverband.at/: https://www.umweltdachverband.at/assets/Umweltdachverband/Publikationen/Stellungnahmen/2020/Positionspapier-Draussen-Unterrichten-final.pdf

Von Hehn, Ulrike (o. J.): Korrelationskoeffizient nach Pearson. Abgerufen am 31.08.2021 von www.medistat.de/: https://www.medistat.de/glossar/korrelation-assoziation/korrelationskoeffizient-nach-pearson

10 Anhang

10.1 Fragen zur Unterrichtseinheit

Geschlecht: ☐ m ☐ w

Klasse: ☐ 2A ☐ 2B

So viele Aufgaben habe ich geschafft: ☐ 0-3 ☐ 4-6 ☐ 7-9

1.) Mathematik zählt zu meinen Lieblingsfächern.
☐ trifft zu ☐ trifft eher zu ☐ trifft eher weniger zu ☐ trifft nicht zu

2.) Ich bin im Unterricht gerne außerhalb des Schulgebäudes.
☐ trifft zu ☐ trifft eher zu ☐ trifft eher weniger zu ☐ trifft nicht zu

3.) Das durch die *Math City Map* erlangte Wissen ist außerhalb der Schule anwendbar.
☐ trifft zu ☐ trifft eher zu ☐ trifft eher weniger zu ☐ trifft nicht zu

4.) Die Unterrichtseinheit hat meine Einstellung zur Mathematik verändert.
☐ sehr positiv ☐ eher positiv ☐ eher negativ ☐ negativ

5.) Meine Motivation hat sich durch die Anwendung der *Math City Map* verändert.
☐ sehr positiv ☐ eher positiv ☐ eher negativ ☐ negativ

6.) Ich habe mir durch die Wettbewerbssituation mehr Mühe gegeben als im Regelunterricht.
☐ trifft zu ☐ trifft eher zu ☐ trifft eher weniger zu ☐ trifft nicht zu

7.) Bei der Anwendung der *Math City Map* war ich weniger aktiv als in der Klasse.
☐ trifft zu ☐ trifft eher zu ☐ trifft eher weniger zu ☐ trifft nicht zu

8.) Ich würde in Zukunft gerne öfters Unterricht an Orten außerhalb des Schulgebäudes haben.
☐ trifft zu ☐ trifft eher zu ☐ trifft eher weniger zu ☐ trifft nicht zu

Was mir an der Unterrichtseinheit gut gefallen hat, ist …

Was ich an der Unterrichtseinheit noch verbessern würde, wäre…

10.2 Daten aus Fragebogen

Tabelle 4 – Arithmetische Mittel aller Items: 1 – trifft zu, 2 – trifft eher zu, 3 – trifft eher nicht zu, 4 – trifft nicht zu

Allgemeine Daten	**Gesamt**	**M**	**W**	**2A**	**2B**
Anzahl der Personen	38	20	18	19	19
Durchschnittlich absolvierte Aufgaben	6,8 ± 1,5	6,9 ± 1,4	6,7 ± 1,5	7,3 ± 1,3	6,4 ± 1,5
Ergebnisse zu den Fragen	**Gesamt**	**M**	**W**	**2A**	**2B**
1 Mathematik zählt zu meinen Lieblingsfächern.	2,4 ± 1,0	1,9 ± 0,7	2,9 ± 1,1	2,3 ± 1,0	2,4 ± 1,0
2 Ich bin im Unterricht gerne außerhalb des Schulgebäudes.	1,6 ± 0,8	1,4 ± 0,7	1,7 ± 0,8	1,9 ± 0,9	1,2 ± 0,4
3 Das durch die *Math City Map* erlangte Wissen ist außerhalb der Schule anwendbar.	2,3 ± 1,0	2,1 ± 1,1	2,5 ± 0,8	2,2 ± 1,0	2,3 ± 0,9
4 Die Unterrichtseinheit hat meine Einstellung zur Mathematik verändert.	2,2 ± 1,0	1,9 ± 0,8	2,5 ± 1,0	2,4 ± 1,0	1,9 ± 0,8
5 Meine Motivation hat sich durch die Anwendung der *Math City Map* verändert.	2,1 ± 0,8	1,9 ± 0,9	2,2 ± 0,8	2,4 ± 0,9	1,7 ± 0,6
6 Ich habe mir durch die Wettbewerbssituation mehr Mühe gegeben als im Regelunterricht.	2,5 ± 1,0	2,6 ± 1,0	2,4 ± 1,0	2,4 ± 1,0	2,6 ± 1,0
7 Bei der Anwendung der *Math City Map* war ich weniger aktiv als in der Klasse.	3,0 ± 1,1	3,2 ± 1,1	2,7 ± 1,1	3,0 ± 1,0	2,9 ± 1,2
8 Ich würde in Zukunft gerne öfters Unterricht an Orten außerhalb des Schulgebäudes haben.	1,2 ± 0,6	1,1 ± 0,3	1,4 ± 0,8	1,4 ± 0,8	1,1 ± 0,3

10.3 Daten aus qualitativer Forschung

Tabelle 5 – Positive Resonanz der qualitativen Forschung

Positive Resonanz	**Absolute Nennungshäufigkeit**
Arbeiten in der Gruppe:	**35**
Gruppeneinteilung: - Es war gut, dass wir uns die Gruppen selbst einteilen durften (8) - Die Gruppeneinteilung war gut (7) - Die Größe der Gruppen war genau richtig (2) - Die Gruppen waren fair eingeteilt (1)	18
Gruppengröße: - Die Gruppengröße war gut gewählt (6) - Eine Gruppe aus drei Kindern war genau perfekt (2) - Die Gruppengrößen waren fair (1)	9
Arbeiten in der Gruppe: - Mir hat gut gefallen, dass wir im Team arbeiten durften (7) - Das Arbeiten in der Gruppe war fair und gut (1)	8
Aufgaben:	**28**
Feedback zu expliziten Aufgaben: - Die beiden Aufgaben mit den Stangen fand ich gut (4) - Ich war ein großer Fan von der Aufgabe mit den Brüchen (1) - Die Aufgabe zum Volumen war toll (1) - Die Aufgabe mit dem Tischtennistisch hat mir gut gefallen (1) - Die Aufgabe mit dem Fenster hat mir sehr gut gefallen (1)	8
Lösungsformat: - Ich mochte die Aufgaben mit den Multiple Choice Antwortmöglichkeiten am meisten (5) - Ich mochte die abwechslungsreichen Lösungsformate (2) - Das Lösungsformat war gut, weil man sofort gesehen hat, ob das Ergebnis richtig ist (1)	8

Allgemeines Feedback zu den Aufgaben: - Die Aufgaben waren cool (3) - Ich persönlich finde, dass es genügend Aufgaben gab (1) - Die Länge der Aufgaben war gut (1) - Die Aufgaben waren übersichtlich und schnell zu erledigen (1) - Die Aufgaben waren gut gewählt (1) Bilder: - Die Bilder zu den Aufgaben waren gut und eindeutig (1) - Die Bilder haben den Ort sehr schnell gezeigt und dadurch musste man nicht lange suchen (1) - Die Bilder hatten eine gute Qualität (1) Schwierigkeit der Aufgaben: - Der Schwierigkeitsgrad der Aufgaben war perfekt (1) - Ich fand die Übungen wurden in einer guten Schwierigkeit erstellt, die für die 6. Schulstufe gut geeignet war (1)	7 3 2
Digital unterstütztes Lernen: Benutzerfreundlichkeit der App: - Die App war super, weil sie unkompliziert war (4) - Die App war leicht zu downloaden (3) - Die App war gut und übersichtlich (2) - Die Aufgaben waren mit der App sehr leicht zu finden (1) Digital unterstütztes Lernen: - Die App war sehr cool und lustig (5) - Mir hat es echt gut gefallen, dass es in Form einer App war (1)	**17** 10 6
Außerschulische Lernorte: - Mir hat sehr gut gefallen, dass wir draußen in der Natur waren (6) - Es war lustig, etwas draußen zu machen (3) - Ich fand es cool im Park zu sein (1) - Ich fand es sehr gut, dass es frei und lustig war und nicht nur eine normale Unterrichtsstunde draußen (1)	**11**

Allgemeine positive Resonanz: - Ich finde es war cool und lustig (6) - Mir hat die Idee sehr gut gefallen (2) Ich fand das Projekt mit der Math-City Map sehr cool, weil wir eine Rätselrallye in Mathematik gemacht haben (1) - Es war eine interessante Erfahrung (1)	**10**
Zeiteinteilung: - Die Zeiteinteilung war gut (6) - Die Zeit war ausreichend (1)	**7**
Wetterbedingungen: - Das Wetter war schön (2) - Das Wetter war gut, da wir eine Pause vom heißen Klassenraum hatten (1) - Die Wetterbedingungen waren gut, es war sehr angenehm (1)	**4**
Betreuung während des Experiments: - Sie waren sehr aufmerksam und haben uns gut unterstützt (1) - Ich fühlte mich von meinem Lehrer unterstützt (1)	**2**
- Mir hat gefallen, dass wir mit dem Handy arbeiten durften - Ich fand es gut, dass wir sehen konnten, wie viel wir wirklich aus dem Unterricht mitgenommen haben	**3** **1**

Tabelle 6 – Negative Resonanz der qualitativen Forschung

Negative Resonanz	Absolute Nennungshäufigkeit
Aufgaben:	**33**
Schwierigkeitsgrad der Aufgaben: - Die Aufgaben waren zu leicht (6) - Die Aufgaben waren zu schwer (4)	10
Feedback zu expliziten Aufgaben: - Die Aufgabe mit dem Tischtennistisch war zu schwer (4) - Die Aufgabe mit dem Volumen war zu schwer (1) - Die Aufgabe mit den Fenstern fand ich nicht gut (1) - Die Aufgabe mit der Wunderbox hat mir nicht gut gefallen (1) - Ich fand es nicht gut, dass es Aufgaben mit Volumenberechnungen gab. Das haben wir am Anfang des Schuljahres gemacht (1)	8
Anzahl der Aufgaben: - Es gab zu viele Aufgaben (3) - Es gab zu wenige Aufgaben (3) - Es gab ein bisschen zu wenig Aufgaben, denn wenn man bei einer Aufgabe nicht weiterkam, hatte man wenig Auswahl eine andere Aufgabe zu finden (1)	7
Lösungsformat: - Bei manchen Aufgaben musste man zu präzise sein (2) - Ich hätte mir mehr Aufgaben mit Multiple Choice gewünscht (1) - Das offene Lösungsformat fand ich nicht so gut (1)	4
Länge der Aufgaben: - Die Aufgaben hätten länger sein sollen (1) - Die Aufgaben hätten kürzer sein sollen (2)	3
Formulierung der Aufgaben: - Manche Aufgaben waren ungenau formuliert (3)	3

Wetterbedingungen: - Es war sehr heiß (10) - Im Frühling wäre es besser gewesen (5) - Ich möchte die Math-City-Map wieder machen, aber erst im Herbst wegen dem Wetter (1)	**16**
Arbeiten in der Gruppe: Gruppengröße: - Größere Gruppen hätten mir besser gefallen (3) - Kleinere Gruppen hätten mir besser gefallen (2) Gruppeneinteilung: - Die Gruppeneinteilung von uns selbst war nicht ganz fair, weil es starke und schwache Gruppen gab (1) - Es wäre besser, wenn Sie die Gruppeneinteilung gemacht hätten (1)	**7** 5 2
Punktevergabe: - Ich habe mich mit den Punkten nicht ausgekannt (2) - Es wäre cooler, wenn es auch Punkte für Schnelligkeit gibt (1)	**3**
Zeiteinteilung: - Ich fände es lustiger, wenn wir ein bisschen Stress hätten (1) - Wir hatten nicht genug Zeit (1)	**2**
Das viele Gehen hat mir nicht gefallen	**2**
Die Bilder hätten ein bisschen schärfer sein können	**1**
Mir hat nicht gefallen, dass andere Kinder gestört haben	**1**
Vielleicht hätte man die App in einer größeren Umgebung machen können	**1**
Die Koordinaten könnte man vielleicht genauer setzen	**1**