

MASTERARBEIT | MASTER'S THESIS

Titel | Title

Wenn Mathematik einem Spanisch vorkommt.
Entwicklung und Erprobung von Unterrichtsmaterial für den
fächerübergreifenden Unterricht Mathematik und Spanisch.

verfasst von | submitted by
Julia Kohlhofer BEd

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

Wien | Vienna, 2025

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

UA 199 520 529 02

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

Masterstudium Lehramt Sek (AB) Unterrichtsfach
Mathematik Unterrichtsfach Spanisch

Betreut von | Supervisor:

Mag. Dr. Martina Müller

Danksagung

Mein Studium neigt sich dem Ende zu. Auch wenn die letzten Jahre rückblickend gesehen schnell vergangen sind, so liegt doch ein langer Weg hinter mir, der nicht immer einfach war. An dieser Stelle möchte ich jenen Personen meinen Dank aussprechen, die mich während des Schreibprozesses dieser Masterarbeit sowie meines gesamten Studiums begleitet und unterstützt haben.

Zunächst möchte ich Frau Mag. Dr. Martina Müller, die meine Arbeit betreut und laufend begutachtet hat, dankend erwähnen. Ohne Ihr konstruktives Feedback und Ihre Ratschläge wäre die Fertigstellung der vorliegenden Arbeit in dieser Form nicht möglich gewesen.

Ebenfalls für ihre Unterstützung bedanken will ich mich bei all meinen Kommilitonen, die ich im Laufe meiner Studienzeit kennenlernen durfte. Vor allem aber bei Christian L., der mir eine seiner Unterrichtseinheiten zur Verfügung stellte und mir somit die Durchführung des empirischen Teils meiner Masterarbeit ermöglichte.

Ein großes Dankeschön will ich auch meinen zwei Freundinnen Berni und Lisl aussprechen, die wichtige Wegbegleiterinnen waren und noch immer sind. Ihr hattet immer ein offenes Ohr für mich und habt mich die letzten Jahre mit eurer Empathie, Hilfsbereitschaft sowie eurem Humor gestärkt.

Der wohl größte Dank gilt meiner Familie. Meiner Mama, die immer Vertrauen in mich hatte, mich unterstützt hat und mich in schwierigen Momenten mit ihrer liebevollen, verrückten Art aufgebaut hat. Meinem Papa, den ich an meiner Seite wusste und auf dessen Unterstützung ich immer zählen konnte. Meiner Oma und meinem Opa, die mir meine Talente immer vor Augen hielten und an mich geglaubt haben.

Ohne euch, wäre ich nicht da, wo ich jetzt stehe. Danke.

Abstract (Deutsch)

Interdisziplinäre Ansätze stellen einen wesentlichen Anspruch des österreichischen Lehrplans dar, weshalb die vorliegende Masterarbeit die Möglichkeiten sowie die Effizienz fächerübergreifenden Unterrichts zwischen Mathematik und Spanisch untersucht. Das Ziel dieser Arbeit besteht darin, die Zusammenhänge zwischen der Hochkultur der Maya und der Mathematik aufzuzeigen, aus diesem Wissen heraus Arbeitsmaterial zu erstellen, welches im Unterricht erprobt wird, und daraus praxisrelevante Schlüsse bezüglich einer Kombination der Unterrichtsfächer Mathematik und Spanisch zu ziehen. Durch eine empirische Untersuchung wurde die Wirkung der fächerübergreifenden Unterrichtseinheit zu der Mathematik der Maya in einer vierten Klasse ermittelt. Dabei wurden mit einem Fragebogen die Auswirkungen des interdisziplinären Ansatzes auf das Interesse an beiden Fächern, die Sichtweise auf die Mathematik sowie das mathematische Verständnis der Schülerinnen und Schüler abgefragt und die erhobenen Daten anschließend ausgewertet. Die Resultate zeigen, dass durch den fächerübergreifenden Unterricht in Mathematik und Spanisch die eben erwähnten Aspekte positiv verändert werden konnten. Die Vermittlung geschichtlicher und hispanischer Inhalte durch einen didaktisch gut überlegten interdisziplinären Mathematikunterricht erweist sich daher für die Praxis als sinnvoll und zielführend.

Abstract (English)

Interdisciplinary approaches are an essential requirement of the Austrian curriculum; hence this master's thesis examines the possibilities and efficiency of interdisciplinary teaching between Mathematics and Spanish. The aim of the thesis is to show the connections between the high culture of the Maya and mathematics, to use this knowledge to create working material which is tested in the classroom and to derive practical conclusions regarding a combination of the subjects Mathematics and Spanish. An empirical study was carried out to determine the effect of the interdisciplinary teaching unit on Mayan mathematics in a fourth-grade class. A questionnaire was used to assess the effects of the interdisciplinary approach on interest in both subjects, the pupils' view of mathematics and their mathematical understanding, followed by an evaluation of the data collected. The results show that the interdisciplinary teaching of Mathematics and Spanish had a positive effect on the aspects mentioned above. The teaching of historical and Hispanic content through didactically well-considered interdisciplinary Mathematics lessons therefore proves to be meaningful and effective in practice.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Die Hochkultur der Maya.....	3
2.1	Siedlungsgebiete	4
2.2	Geschichte	4
2.3	Die Errungenschaften der Maya	5
2.3.1	Die Null.....	6
2.3.2	Das Zahlensystem der Maya	7
2.3.3	Die Kalender.....	12
2.3.4	Rechnen im Zahlensystem der Maya.....	15
2.3.5	Architektur	16
3	Theoretische Begrifflichkeiten.....	20
3.1	Fächerübergreifender Unterricht.....	20
3.2	Ethnomathematik.....	23
3.3	Interkulturelles Lernen	24
3.3.1	Mathematiklernen als interkulturelles Lernen	26
4	Gesetzliche Rahmenbedingungen.....	28
4.1	Lehrplan AHS allgemein	29
4.1.1	Kompetenzorientierung.....	30
4.2	Lehrplan Spanisch.....	32
4.3	Lehrplan Mathematik	33
4.3.1	Kompetenzbereiche.....	35
4.3.2	Zentrale fachliche Konzepte	36
4.3.3	Didaktische Grundsätze.....	36
5	Unterrichtsideen für einen fächerübergreifenden Unterricht Mathematik-Spanisch	38
5.1	Beschreibung der Arbeitsblätter.....	39

5.1.1	Arbeitsblatt 1: Das Reich der Maya	39
5.1.2	Arbeitsblatt 2: Das Zahlssystem der Maya	41
5.1.3	Arbeitsblatt 3: Die Architektur der Maya.....	42
5.1.4	Arbeitsblatt 4: Die Astronomie der Maya.....	43
5.2	Fachkompetenztabellen basierend auf den Arbeitsblättern.....	44
5.2.1	Fachkompetenztabelle: Das Reich der Maya.....	44
5.2.2	Fachkompetenztabelle: Das Zahlssystem der Maya.....	46
5.2.3	Fachkompetenztabelle: Die Architektur der Maya.....	47
5.2.4	Fachkompetenztabelle: Die Astronomie der Maya.....	49
6	Empirischer Teil.....	50
6.1	Forschungsfragen und Hypothesen.....	50
6.2	Methodik.....	52
6.3	Fragebogen	53
6.3.1	Vorbereitung und Zielsetzung	53
6.3.2	Zielgruppe	53
6.3.3	Inhalt	53
6.4	Durchführung und Vorbereitung der Unterrichtseinheit	54
6.4.1	Vorbereitung.....	54
6.4.2	Durchführung.....	55
6.4.3	Reflexion	56
6.5	Resultate der empirisch erhobenen Daten.....	57
6.5.1	Kategorisierung der Antworten nach Metathemen	58
6.5.2	Beschreibung der Ergebnisse	62
6.5	Interpretation der Resultate	63
7	Zusammenfassung und Aussichten.....	68
8	Literaturverzeichnis	70
9	Abbildungsverzeichnis.....	74

10	Tabellenverzeichnis	75
11	Anhang	76
11.1	Arbeitsmaterial	76
11.2	Arbeitsmaterial Lösungen	95
11.3	Fragebogen	106
11.4	Unterrichtsmatrix	108
11.5	Ergebnisse Fragebögen-Auswertung.....	110

1 Einleitung

„Mathematik und Spanisch? Das passt doch gar nicht zusammen!“

Diese Antwort bekomme ich immer wieder zu hören, wenn ich jemandem von meinen zwei Unterrichtsfächern erzähle. Oft wird meine Wahl als „interessante Kombination“ beschrieben, da „Mathematik und Spanisch doch so gegensätzlich zueinander sind“. Aber stimmt es, dass diese zwei Fächer unvereinbar sind?

Auf den ersten Blick mögen Mathematik und Spanisch wenig bis gar nichts miteinander gemeinsam haben, doch blickt man etwas genauer hin, so findet man in der hispanischen Geschichte sehr wohl etwas Mathematisches: die Mayas. Eine Hochkultur, die über weite Teile Mittelamerikas herrschte und nicht nur imposante Bauwerke und Pyramiden baute, sondern auch das Konzept der Null entwickelte sowie ein leistungsfähiges Zahlensystem zur Basis 20, das Vigesimalssystem, verwendete. Zu erwähnen ist an dieser Stelle auch der Sonnenkalender der Maya, der in engem Zusammenhang mit dem Vigesimalssystem steht und außergewöhnlich präzise war. Es ist also offensichtlich, dass Mathematik und Spanisch sehr wohl Aspekte gemeinsam haben. Nun stellt sich die Frage, ob und welcher Nutzen aus dieser „interessanten Kombination“ gezogen werden kann. Besonders an Bedeutung gewinnt diese Thematik im schulischen Kontext, in dem die Wichtigkeit fächerübergreifenden Unterrichts und die daraus resultierende Entwicklung interdisziplinärer Kompetenzen deutlich hervorgehoben werden:

„Ein wesentlicher Anspruch dieses Lehrplans ist, dass Lehrerinnen und Lehrer die fächerübergreifende Kompetenzentwicklung sowie das vernetzte Lernen der Schülerinnen und Schüler über die fachspezifischen Grenzen hinaus unterstützen.“ (RIS, 2023, S. 20)

Die Kombination von Mathematik und Spanisch kann also im Rahmen fächerübergreifenden Unterrichts zur Anwendung gebracht werden, da all die mathematischen Errungenschaften der Maya eine Quelle kulturellen Wissens darstellen, die, verbunden mit didaktischen Aktivitäten, die Möglichkeit bietet, sowohl arithmetische als auch geometrische Themen mit den Schülerinnen und Schülern zu erarbeiten beziehungsweise zu festigen. Daher wurde Lehrmaterial über die Hochkultur der Maya entwickelt, welches als Kernstück der vorliegenden Arbeit gesehen werden kann. Die dort enthaltenen Aktivitäten orientieren sich an literaturgestützter Theorie sowie den gesetzlichen Rahmenbedingungen und unterliegen didaktisch-methodischen sowie lehrplanbezogenen Begründungen. Bei den Überlegungen bezüglich einer Verbindung des Unterrichtsfaches Mathematik mit Spanisch sowie bei der Erstellung des dazugehörigen Unterrichtsmaterials kommen jedoch einige Fragen auf, an denen sich die vorliegende Masterarbeit orientiert:

Forschungsfrage 1:

Inwiefern lässt sich das Unterrichtsfach Mathematik mit dem Unterrichtsfach Spanisch im Sinne von fächerübergreifendem Unterricht verbinden?

Forschungsfrage 2:

Welche mathematischen Kompetenzbereiche und Prozesse können im Zuge der Erstellung des Unterrichtsmaterials durch die Beschäftigung mit der Maya-Zivilisation angesprochen werden?

Forschungsfrage 3:

Kann ein fächerübergreifender Unterricht von Mathematik und Spanisch erfolgreich stattfinden?

Ziel ist es, diese Fragen zu beantworten und daraus Schlüsse bezüglich der Umsetzbarkeit und Effektivität fächerübergreifenden Unterrichts im Schulfach Mathematik zu ziehen. Dafür wird eine empirische Untersuchung in einer vierten Klasse einer AHS-Unterstufe durchgeführt, die an einer fächerübergreifenden Unterrichtseinheit Mathematik und Spanisch unter Verwendung des zuvor erstellten Arbeitsmaterials teilnimmt. Die Erhebung der Daten erfolgt im Anschluss durch einen Fragebogen, in dem sowohl geschlossene als auch offene Fragen vorkommen, um die Wahrnehmung und Meinungen der Lernenden bezüglich des interdisziplinären Ansatzes bestmöglich zu erfassen. Die gewonnenen Daten werden daraufhin ausgewertet und zur besseren Veranschaulichung in Diagrammen dargestellt beziehungsweise in Kategorien unterteilt. Nach einer Beschreibung der Ergebnisse werden diese analysiert, um infolgedessen die Forschungsfragen beantworten zu können sowie die daraus resultierenden Implikationen aufzuzeigen.

Die Arbeit umfasst sechs Kapitel und kann grob in einen theoretischen und einen praktischen Teil unterteilt werden. Anfänglich gibt Kapitel 2 einen Überblick über die Geschichte der Hochkultur der Maya sowie ihre Errungenschaften, wobei auf deren Zahlensystem, deren Architektur und deren Kalender eingegangen wird. In den zwei darauffolgenden Kapiteln werden die theoretischen Begrifflichkeiten geklärt sowie die gesetzlichen Rahmenbedingungen aufgezeigt, die für die Durchführung von fächerübergreifendem Unterricht von Bedeutung sind. Im Anschluss umfasst Kapitel 5 das erstellte Arbeitsmaterial inklusive didaktisch-methodischer und lehrplanbezogener Begründungen. Danach folgt im Kapitel 6 der empirische Teil der Arbeit, in welchem sich mit dem methodischen Vorgehen auseinandergesetzt wird. Außerdem werden in diesem Kapitel die aus den Fragebögen gewonnenen Ergebnisse ausgewertet und interpretiert. Schließlich rundet Kapitel 7 die Arbeit mit einer Zusammenfassung und zukünftigen Perspektiven ab.

2 Die Hochkultur der Maya

Zwischen 18.000 und 13.000 v. Chr. erfolgte die menschliche Besiedlung des amerikanischen Kontinents, welcher in den darauffolgenden Jahrtausenden von einer imposanten kulturellen Entwicklung geprägt war. Die dort sesshaft gewordenen Völker brachten mehrere Hochkulturen hervor, wobei die der Maya und Azteken in Mittelamerika sowie die der Inka in Südamerika wohl am bekanntesten sind (Wußing, 2008, S. 24). Unter all den damals vorherrschenden Zivilisationen ist vor allem die der Maya diejenige, welche als die fortschrittlichste im Bereich der Mathematik, Astronomie und Technologie angesehen wird:

„There is yet another singular feature in the early history of the Native Americans: of all the Americans, the Maya of Central America seem to exhibit in their arts, folklore, and myths a clearer historical memory of their Asian origins. [...] The Mayan is perceived as being among the most “advanced” of all Native American cultures in terms of its mathematics, astronomy, and technology, and is one of the few cultures that possessed a written language. This leads to the conjecture that the Mayan may have been the prototype of the culture that was transferred from Asia to America during the migration. Other groups, as they roamed across the Americas, splintered away and forgot their origins, whereas the Maya remained closer to their roots.” (Joseph, 2000, S.45)

Laut Joseph (2000) stammen die Beweise für die Hochkultur der Maya vor allem aus den folgenden Quellen:

1. Hieroglyphen-Inschriften bedecken die Stelen (längliche, aufrechte Säulen oder Platten), die in der ganzen Region verstreut gefunden wurden. Sie wurden von den Maya alle zwanzig Jahre errichtet und umfassen mindestens fünfzehn Jahrhunderte. Diese steinernen Monumente enthielten meist den genauen Tag ihrer Errichtung, die wichtigsten Ereignisse der vorangegangenen zwanzig Jahre und die Namen prominenter Adelige und Priester.
2. An den Wänden einiger Maya-Ruinen und -Höhlen finden sich Malereien und Hieroglyphen, die nicht nur wertvolle Hinweise auf ihr Alltagsleben, sondern auch auf ihre wissenschaftlichen Aktivitäten liefern.
3. Einige wenige Manuskripte entgingen der Zerstörung durch die spanischen Eroberer. Die bemerkenswertesten sind fünf als Kodizes bezeichnete Bücher, nämlich der Dresdner Kodex, der Pariser Kodex, der Madrid-Kodex, der Grolier-Kodex und der Troano-Cortesianische Kodex.
4. Es gibt auch Tausende von Keramikgefäßen, die in verschiedenen Museen auf der ganzen Welt verstreut sind und nützliche Informationen liefern können (Joseph, 2000, S. 66).

Diverse Forschungsarbeiten lieferten Aufschluss über das Leben der Maya-Zivilisation sowie über die bemerkenswerte Leistung der Maya auf dem Gebiet der Mathematik und Astronomie (Joseph, 2000, S. 66). Doch trotz all dieser verschiedenen dokumentarischen Quellen bleibt ein Großteil der Maya-Zivilisation bis heute rätselhaft und unerklärt (Ifrah, 2000, S. 301).

2.1 Siedlungsgebiete

Das Reich der Maya umfasste in seiner Blütezeit ungefähr 325.000 km² (Ifrah, 2000, S. 299). Dieses nahm die Halbinsel Yucatán und die umliegenden Gebiete ein, darunter die heutigen mexikanischen Bundesstaaten Tabasco, Campeche und Quintana Roo, teilweise der mexikanische Bundesstaat Chiapas, das Gebiet von Belize, die Republiken Guatemalas sowie Teile von Honduras und El Salvador (Barrera-Vásquez et al., 2013, S. 129). Jedoch handelte es sich hierbei nicht um ein zusammenhängendes Gebiet, sondern vielmehr um eine Ansammlung autonomer Herrscher, welche die einzelnen Gebiete regierten, kulturelle Brauchtümer, mythologische Auffassungen sowie einen Kalender gemeinsam hatten (Kitagawa et al., 2023, S. 27). Demnach kann das Maya-Reich als ein Konglomerat von etwa 150 Stadtstaaten betrachtet werden, das von ländlicher Bevölkerung umgeben war. Darunter befanden sich unter der Verwendung geometrischer Kenntnisse planmäßig angelegte Pyramiden, Paläste, Tempelanlagen sowie öffentliche Plätze (Wußing, 2008, S. 28).

2.2 Geschichte

Die Evolution Mittelamerikas kann in drei Perioden unterteilt werden, wobei die erste davon als Frühe Präklassik bezeichnet wird. Diese dauerte von circa 3.000 bis 900 v. Chr. und zählt auch als jenes Zeitalter, in welchem erstmals die Maya-Zivilisation in Erscheinung trat. Als Beweise dafür dienen die ältesten Ansiedlungen der Maya, welche ungefähr 2000 v. Chr. gegründet wurden. In der Mittleren und Späten Präklassik, die sich von ca. 900 bis 400 v. Chr. und von 400 v. Chr. bis 250 n. Chr. erstreckten, entstanden die ersten größeren Städte sowie monumentale Bauwerke. Darauf folgt die Periode der Klassik, ca. 250 bis 900 n. Chr., in welcher die Hochkultur der Maya ihre Blütezeit erlebte (Draxler & Lippitsch, 2012, S. 15). In diesen Jahrhunderten florierten Architektur, Kunst sowie Wissenschaft und die Mayas entwickelten sich zu einer beeindruckenden Zivilisation (Reston, 2007, S. 39). Die Maya waren nie Krieger, weshalb sie sich nicht durch Waffeneinsatz, sondern durch ihre Mythologie weiterentwickelten, wobei sie sich selbst ein Bild vom Universum machten und damit auch ihr ethnisches und kulturelles Erbe bereicherten. Auf dem Höhepunkt ihrer Entwicklung lebte die Maya-Gesellschaft in Frieden und löste die wenigen Probleme, die mit ihren Nachbarn auftraten, ohne größere Konflikte. Auf diese Weise gelang es dieser Hochkultur, sich über die Jahrhunderte hinweg zu formen und zu behaupten (Baudouin, 2012, S. 144).

Zwischen 900 und 1500 n. Chr., der so genannten postklassischen Periode, setzte jedoch ein unerklärlicher Niedergang ein (Reston, 2007, S. 39). Als Gründe dafür werden der Untergang der mexikanischen Stadt Teotihuacán, die jahrhundertlang eine Aura des Wissens und der Spiritualität in ganz Mittelamerika ausstrahlte, sowie das Eindringen anderer Völker in weitere blühende Städte und infolgedessen das Verlassen dieser seitens der Maya genannt. Außerdem kam es zu einer Stagnation aller architektonischen Aktivitäten religiöser Natur, was bedeutet, dass keine Tempel mehr gebaut und alle rituellen Praktiken aufgegeben wurden. Auch besondere Umweltbedingungen, wie klimatische Veränderungen, die zu Dürreperioden, Missernten und in der Folge zu großen Hungersnöten führten, werden als Ursache für den Zerfall dieser Hochkultur genannt (Baudouin, 2012, S. 144-149). Mit der Zeit verschwanden alle bedeutenden Mayastädte, bis die Spanier im Jahr 1511 die Halbinsel Yucatán betraten und es zum endgültigen Niedergang dieser Hochkultur kam (Draxler & Lippitsch, 2012, S. 16).

Aufgrund des Zusammenbruchs der Maya-Zivilisation, der Zerstörungen durch die spanische Eroberung und des Niedergangs am Ende der klassischen Periode, könnte angenommen werden, dass die Maya verschwunden sind. Doch dies ist nicht der Fall. Obwohl die spanische Eroberung die Maya-Zivilisation beendete, überlebte das Maya-Volk dieses Trauma und die nachfolgenden Jahrhunderte der Unterdrückung:

„Today, several million Maya people continue to live in their ancient homeland and have retained their culture, their Mayan languages, and many of their traditions.” (Sharer, 2012, S. 16)

Bis in die heutige Zeit sind Bestandteile der Maya-Kultur erhalten geblieben. Schätzungen zufolge leben heute etwa zwei Millionen direkte Nachkommen der Maya, die meisten davon in Guatemala, die übrigen in Honduras und den mexikanischen Provinzen Yucatán, Tabasco und Chiapas (Ifrah, 2000, S. 299). Diese haben nicht nur die Maya-Sprache gemein, sondern auch die Vorstellungen der Maya-Kultur sind in deren christlichen Denkweisen verankert (Wußing, 2008, S. 34).

2.3 Die Errungenschaften der Maya

Zwischen all den mesoamerikanischen Zivilisationen, die sich zur damaligen Zeit entwickelten, ist die der Maya diejenige, die am meisten hervorsticht. Grund dafür ist, dass deren Hochkultur in verschiedenen Bereichen wie Kunst, Bildhauerei, Architektur, Mathematik und Astronomie große Erfolge erreichte (Barrera-Vásquez et al., 2013, S. 130). Im folgenden Abschnitt soll auf die wichtigsten ihrer Errungenschaften genauer eingegangen werden.

2.3.1 Die Null

„In the history of culture the discovery of zero will always stand out as one of the greatest single achievements of the human race.“ (Dantzig, 1941, S. 35)

In den klassischen Texten zur Geschichte der Mathematik wird mit absoluter Sicherheit gesagt, dass die Null als Zahl im alten Indien entstanden ist. Es gibt jedoch zwei frühere Zivilisationen, die ein positionelles Zahlensystem verwendeten und über ein Symbol verfügten, um das Fehlen einer Zahl an einer Position anzuzeigen. So stellten die Babylonier vor dem 3. Jahrhundert v. Chr. das Fehlen einer Ziffer in einer Einheit mit einem geneigten Doppelzapfen dar. Auch die Maya verwendeten später ein grafisches Zeichen, das es ihnen ermöglichte, Einheiten unterschiedlicher Ordnung zu trennen, so dass die Zwischenposition leer war. Aber in keinem dieser beiden Fälle ist dieses Symbol eine vollwertige Zahl, sondern eher ein Platzhalter beziehungsweise eine Methode, um eine mehrdeutige Darstellung von Zahlen in den jeweiligen Zahlensystemen zu erhalten (Tenorio & Fedriani, 2004, S. 161-162). Nichtsdestotrotz gelten die Maya als eine der ersten Zivilisationen, die ein Konzept der Null entwickelten und deren Darstellung eine der bedeutendsten Errungenschaften in ihrer Kultur war. Für die Darstellung der Null verwendeten die Maya nicht nur ein einziges Symbol, wie die Stelen, die in den Ruinen von Maya-Städten gefunden wurden, zeigen.

Wie in Abbildung 1 zu sehen ist, wurde die Null zunächst in Form einer unvollständigen und dann in Form einer vollständigen Blüte für die Inschriften auf den Stelen verwendet, wobei durch ihre vier Blütenblätter der Kosmos mit seinen vier Himmelsrichtungen ausgedrückt werden soll (Fernández Sánchez, 2010, S. 184). In den Kodizes verwendeten die Mayas weitere Symbole für die Null, wie in Abbildung 2 zu sehen ist. Einige stellen einen Samen, andere eine Muschel oder eine Kakaofrucht dar. Dabei handelt es sich um Darstellungen von



Abbildung 1: Darstellungen der Null in den Stelen (Fernández Sánchez, 2010, S. 183)



Abbildung 2: Darstellungen der Null in den Kodizes (Tenorio & Fedriani, 2004, S. 168)

Lebensmitteln, die für die Ernährung der Maya grundlegend und für die Entwicklung und Nachhaltigkeit ihrer Kultur von Bedeutung waren (Fernández Sánchez, 2010, S. 185).

2.3.2 Das Zahlensystem der Maya

Das Zahlensystem der Maya war eines der effizientesten Systeme, das je entwickelt wurde. Jedoch wurde diese Form der Zahlenschrift nur von einer kleinen Elite verwendet, nämlich den Priestern, die für die Durchführung astronomischer Berechnungen und die Erstellung von Kalendern zuständig waren. Die Erfordernisse dieser Aufgaben sind der Grund für ebendiese Entwicklung des Zahlensystems, auf welches in diesem Abschnitt näher eingegangen werden soll (Joseph, 2000, S. 68). Wichtig zu erwähnen ist an dieser Stelle auch der Dresdner Kodex, welcher ein Werk über Astronomie darstellt und aus einer im 11. Jahrhundert angefertigten Abschrift des Originalwerks besteht, das aus dem 7. oder 8. Jahrhundert stammt. Dieser Kodex ist eine der wichtigsten Informationsquellen über das Zahlensystem der Maya (Ifrah, 2000, S. 308).

2.3.2.1 Die Zahlzeichen

Das Zahlensystem der Maya benötigte in der Form, die bereits ab 400 v. Chr. hauptsächlich von den Priestern für Kalenderberechnungen verwendet wurde, nur drei Symbole. Ein Punkt wurde für die Zahl 1 und ein Balken für die Zahl 5 verwendet, wobei angenommen wird, dass diese Symbole einen Kieselstein und einen Stock darstellen (Joseph, 2000, S. 67). Angenommen wird auch, dass sich das Zeichen des Punkts von der Verwendung der Kakaobohne als Währungseinheit ableitet, welches in allen mittelamerikanischen Kulturen verbreitet war. Die neunzehn Einheiten erster Ordnung des Zahlensystems der Maya wurden durch die Kombination der eben erwähnten Punkte und Linien dargestellt: ein, zwei, drei und vier Punkte für die Zahlen 1 bis 4; ein Strich für 5; ein, zwei, drei und vier Punkte über dem Strich für 6 bis 9; zwei Striche für 10; und so weiter bis 19 (Ifrah, 2000, S. 308-309). In untenstehender Abbildung (Abbildung 3) werden die Zeichen horizontal, also von oben nach unten angeschrieben, wobei hier mit jener Ziffer begonnen wird, die der höchsten Ebene entspricht (Tenorio & Fedriani, 2004, S. 167). Es ist jedoch auch eine senkrechte Notation der Zeichen möglich, also senkrechte Balken zu zeichnen, bei welchen sich die Punkte auf der linken Seite befinden (Wußing, 2008, S. 30).

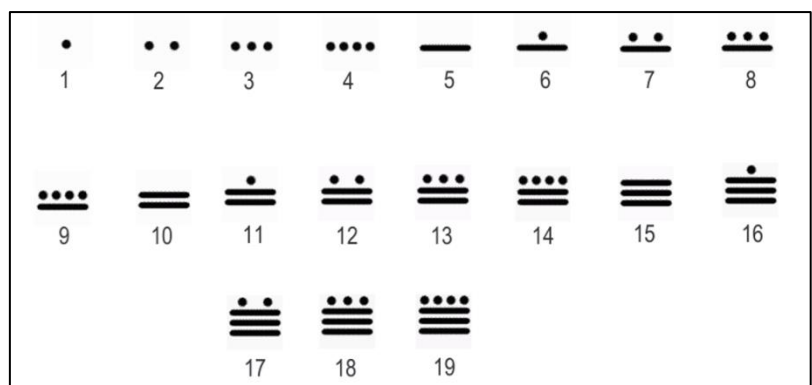


Abbildung 1: Die Zahlen von 1 bis 19 in der Darstellungsform der Maya (Tenorio & Fedriani, 2004, S. 167)

Beim Zahlensystem der Maya handelt es sich um ein Stellenwertsystem, was bedeutet, dass der Wert einer Ziffer davon abhängt, an welcher Stelle sie steht (Beutelspacher, 2018, S. 56). Folglich

wurde ein Zeichen oder Symbol benötigt, das anzeigt, wenn eine Position keine Menge enthält und daher den Wert Null hat. Aus diesem Grund führten die Maya mehrere Symbole für die Null ein, wobei am häufigsten die Abbildung eines Schneckenhauses verwendet wurde (Magaña Solís, 1990, S. 20). Durch die Einführung dieses Symbols für die Null, konnten die Mayas schließlich auch die Zahl 20 darstellen (Joseph, 2000, S. 67). Der Vollständigkeit halber soll an dieser Stelle erwähnt werden, dass die Maya eine alternative Schreibweise der Zahlzeichen hatten, die häufig in Inschriften neben den „Punkt- und Strich“-Ziffern vorkam. Dabei handelte es sich um das System der „Kopfvariante“ (siehe Abbildung 4), das auf einer Reihe unterschiedlicher menschenähnlichen Gottheitskopf-Glyphen beruhte, um die Zahlen Null und 1 bis 19 darzustellen (Joseph, 2000, S. 68).



Abbildung 2: Ziffern 1 bis 19 in der „Kopfvariante“ dargestellt (Joseph, 2000, S. 69)

2.3.2.2 Das Vigesimalsystem der Maya

Im Gegensatz zu unserem Dezimalsystem, welches die Zahl 10 als Basis hat, verwendeten die Maya ein (unreines) Stellenwertsystem zur Basis 20, also ein vigesimales Positionssystem (Wußing, 2008, S. 30). Als Grund für die Verwendung eines Zahlensystems zur Basis 10 beziehungsweise 20 wird die Tatsache genannt, dass Menschen mit den Fingern und Zehen zählten. Die Zahl „fünf“ entspricht also der Anzahl der Finger oder Zehen an einer Hand beziehungsweise eines Fußes. Bei Verwendung der Basis 10 wird Bezug darauf genommen, dass Menschen ihre zehn Finger zum Zählen verwendeten. Beim Auftreten einer 20er Basis werden zusätzlich zu den zehn Fingern auch die zehn Zehen benutzt (Wußing, 2008, S. 8).

Bevor näher auf das Zahlensystem der Maya eingegangen wird, soll zur besseren Verständlichkeit zunächst veranschaulicht werden, wie eine Zahl in unserem Dezimalsystem dargestellt wird. Als Beispiel wird die Zahl 20.536 betrachtet, die aus den Ziffern 2, 0, 5, 3 und 6 besteht. Die einzelnen Ziffern mehrstelliger Zahlen können in eine Stellenwerttafel eingesetzt werden, wobei sich der niedrigste Stellenwert ganz rechts befindet. An dieser Stelle, der Einerstelle, entspricht der Wert dem einmaligen Wert der Ziffer, an der Zehnerstelle entspricht er dem zehnfachen Wert, an der Hunderterstelle dem hundertfachen Wert und so weiter. Um von einer Stelle zur darauffolgenden zu gelangen, wird also mit dem Faktor 10 multipliziert. Zur besseren Veranschaulichung kann dieser Sachverhalt der folgenden Tabelle entnommen werden.

Zehntausenderstelle	Tausenderstelle	Hunderterstelle	Zehnerstelle	Einerstelle
10^4	10^3	10^2	10^1	10^0
10.000	1.000	100	10	1

Tabelle 1: Stellenwerte im Dezimalsystem

Die Zahl 20.536 ist demnach gleichbedeutend mit der Summe:

$$2 \cdot 10^4 + 0 \cdot 10^3 + 5 \cdot 10^2 + 3 \cdot 10^1 + 6 \cdot 10^0$$

Auf diese Weise wird ersichtlich, dass sich die Position jeder Ziffer auf eine Potenz von 10 bezieht, was die Grundlage des Zahlensystems ist, und dass beim Schreiben der Zahl eine implizite Addition vorgenommen wird (Magaña Solís, 1990, S. 20). Unser Dezimalsystem und das Zahlensystem der Maya unterscheiden sich lediglich bezüglich der Basis, welche im Vigesimalssystem 20 ist. An der kleinsten Stelle entspricht der Wert dem einmaligen Wert der Ziffer, an der nächsthöheren entspricht er dem zwanzigfachen Wert, an der darauffolgenden dem vierhundertfachen Wert usw. Es wird also nicht mit Zehner-, sondern mit Zwanziger-Potenzen gerechnet und um von einer Stelle zur darauffolgenden zu gelangen, wird mit dem Faktor 20 multipliziert.

20^4	20^3	20^2	20^1	20^0
160.000	8.000	400	20	1

Tabelle 2: Stellenwerte im Vigesimalssystem

Folglich muss die Zahl 20.536 wie untenstehend angeführt zerlegt werden:

$$2 \cdot 20^4 + 0 \cdot 20^3 + 5 \cdot 20^2 + 3 \cdot 20^1 + 6 \cdot 20^0$$

Im Gegensatz zu unserem Dezimalsystem schrieben die Maya ihre Zahlen nicht in horizontaler, sondern in vertikaler Form an, wobei jede Position eine Potenz von 20 repräsentiert. Die kleinste Potenz, also $20^0 = 1$, befindet sich unten und die höheren Potenzen werden darüber angeschrieben (Draxler & Lippitsch, 2012, S. 25). In vertikaler Form dargestellt sieht dies folgendermaßen aus:

20^5	= 3.200.000	Tabelle 3: Stellenwertleiter
20^4	= 160.000	
20^3	= 8.000	
20^2	= 400	
20^1	= 20	
20^0	= 1	

In Abbildung 4 wurden bereits die Zahlen 1 bis 19 dargestellt. Mit Hilfe des Stellenwertsystems ist es nun möglich, größere Zahlen als 19 darzustellen, indem die Höhe der Position angibt, welchen Wert die Zahl besitzt. Für ein besseres Verständnis werden aus dem Dresdner Kodex entnommene Schlangenzahlen betrachtet (siehe Abbildung 5), die in der Kosmologie der Maya sehr bedeutsam waren. In dieser Zeichnung sind zwei Gruppen von Zahlen in den Windungen der Schlange dargestellt: eine Gruppe in Schwarz und eine Gruppe in Rot. Gemäß oben erwähntem Schema werden diese in der Maya-Schreibweise dargestellten Zahlen von unten nach oben gelesen.

Stellenwerttafel	schwarze Schlangenzahlen	rote Schlangenzahlen
$20^5 = 3.200.000$	4	4
$20^4 = 160.000$	6	6
$20^3 = 8.000$	9	1
$20^2 = 400$	15	9
$20^1 = 20$	12	15
$20^0 = 1$	19	0

Tabelle 4: Darstellung der Schlangenzahlen in der Stellenwertleiter

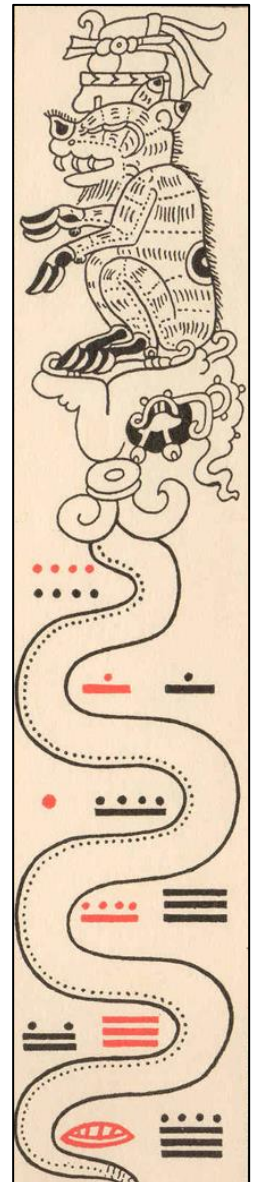


Abbildung 3:
Schlangenzahlen
(Gates, 1932, S. 61)

Werden die roten Zahlen betrachtet, so steht an der untersten Stelle die Zahl 19, der Wert der Zahl entspricht hier dem einmaligen Wert ebendieser. An zweiter Stelle befindet sich die Zahl 12, der Wert der Zahl entspricht hier dem zwanzigfachen Wert ebendieser. An dritter Stelle steht die Zahl 15, der Wert der Zahl entspricht hier dem vierhundertfachen Wert ebendieser. Dies wird analog weitergeführt, sodass sich folgende Zahl ergibt:

$$19 \cdot 20^0 + 12 \cdot 20^1 + 15 \cdot 20^2 + 9 \cdot 20^3 + 6 \cdot 20^4 + 4 \cdot 20^5 = 13.838.259$$

Dasselbe Schema wird auf die roten Schlangenzahlen angewandt, wodurch sich folgende Zahl ergibt:

$$0 \cdot 20^0 + 15 \cdot 20^1 + 9 \cdot 20^2 + 1 \cdot 20^3 + 6 \cdot 20^4 + 4 \cdot 20^5 = 13.771.900$$

Bis jetzt wurde davon ausgegangen, dass das Maya-Zahlensystem vigesimal war, also als Basis die Zahl 20 hatte. Bei genauerer Untersuchung des Dresdner Kodexes ist jedoch ersichtlich geworden, dass es sich nicht um ein reines Vigesimalsystem handelt, da es die folgende Anomalie aufweist: Die erste Ziffer gibt die Anzahl der Einheiten erster Ordnung an, also von 1 bis 19. Die zweite Ziffer gibt die Anzahl der Einheiten zweiter Ordnung an. Sie legt also fest, wie viele Zwanziger die geschriebene Zahl enthält, was nicht mehr als neunzehn mal zwanzig möglich sein kann. Folglich sollte die dritte Ziffer die Anzahl der Vierhunderter angeben, die in der dargestellten Zahl enthalten sind. Hier liegt das Hindernis für ein reines Vigesimalsystem: Die dritte Ziffer gibt nämlich an, wie oft das Produkt $18 \cdot 20 = 360$ in der dargestellten Zahl enthalten ist. Von nun an wird zu einer üblicheren Schreibweise zurückgekehrt: Die vierte Ziffer bezieht sich auf $18 \cdot 20^2$, die fünfte auf $18 \cdot 20^3$ usw. (Tenorio & Fedriani, 2004, S. 169). An der Stellenwerttafel dargestellt sieht dieses unreine Vigesimalsystem wie folgt aus:

$18 \cdot 20^4$	= 2.880.000
$18 \cdot 20^3$	= 144.000
$18 \cdot 20^2$	= 7200
$18 \cdot 20$	= 360
20^1	= 20
20^0	= 1

Tabelle 5: unreines Vigesimalsystem an der Stellenwerttafel dargestellt

Die oben dargestellten Schlangenzahlen aus dem Dresdner Kodex (siehe Abbildung 5) werden also durch die Unregelmäßigkeit an der dritten Stelle folgendermaßen angeschrieben:

$$19 \cdot 20^0 + 12 \cdot 20^1 + 15 \cdot (18 \cdot 20) + 9 \cdot (18 \cdot 20^2) + 6 \cdot (18 \cdot 20^3) + 4 \cdot (18 \cdot 20^4)$$

$$0 \cdot 20^0 + 15 \cdot 20^1 + 9 \cdot (18 \cdot 20) + 1 \cdot (18 \cdot 20^2) + 6 \cdot (18 \cdot 20^3) + 4 \cdot (18 \cdot 20^4)$$

An dieser Stelle eröffnet sich folgende Frage: Aus welchem Grund ist dieses System nicht streng vigesimal? Wieso wurden anstatt den aufeinanderfolgenden Potenzen von 20 Größenordnungen von 1, 20, $18 \cdot 20 = 360$, $18 \cdot 20 \cdot 20 = 7.200$ usw. verwendet? Kurz gesagt: Warum wurde die dritte Etage des Systems von der unregelmäßigen Zahl 360 eingenommen? Die Rechtfertigung für die Verwendung eines Nummerierungssystems, das nicht rein vigesimal ist, liegt in der Tatsache, dass die Priester für die astronomischen Beobachtungen und Kalenderberechnungen ein Zahlensystem mit Einheiten dritter Ordnung benötigten, welches ihnen ermöglichte, die Zahl 360 zu erhalten, die der Länge eines Maya-Jahres sehr nahekommt. Mit anderen Worten: Der Grund für das Maya-Zahlensystem war nicht seine Effizienz als Rechensystem, sondern die kalendarische Anforderung, die Tage von achtzehn Monaten mit jeweils zwanzig Tagen zu zählen (Joseph, 2000, S. 68-70). Auf die Kalenderrechnung der Maya soll im nachfolgenden Abschnitt genauer eingegangen werden.

2.3.3 Die Kalender

Die Maya verwendeten drei unterschiedliche Typen von Kalender. Der erste, bekannt als *tzolkin*, was so viel wie „heiliges Jahr“ bedeutet, wurde speziell für die Durchführung bestimmter religiöser Rituale entwickelt. Er umfasste 260 Tage in zwanzig Zyklen von je dreizehn Tagen. Jedem dieser Zyklen war eine unveränderliche Reihe von zwanzig Tagen überlagert, von denen jeder als Gott galt, zu dem Gebete und andere Bitten vorgebracht werden mussten. Der erste dieser Tage war zum Beispiel als *Imix* bekannt, der einen Gott darstellte, der mit einem Krokodil oder einer Seerose assoziiert wurde. Einer der verheißungsvollsten Tage war der letzte der zwanzig Tage (oder Götter), der als *Ahau* bekannt war und mit der Sonne in Verbindung gebracht wurde. Zusätzlich wurde jedem der zwanzig Tage eine Zahl von 1 bis 13 zugeordnet. Wenn also der vierzehnte Tag einer Reihe von zwanzig Tagen erreicht war, wurde ihm in einem neuen Zyklus die Nummer 1 zugewiesen; der zwanzigste Tag wurde somit zu 7 *Ahau*. Dieses Verfahren zur Zuordnung der zwanzig Grundtage zu den dreizehn Zahlen wurde unbegrenzt fortgesetzt. Nach dem Datum 1 *Imix* müssten nun 260 Tage vergehen, bevor es sich wiederholen würde, da es $13 \cdot 20 = 260$ mögliche Kombinationen der zwanzig Grundtage und der ersten dreizehn Zahlen gibt. So konnte ein bestimmter Tag im religiösen Jahr von 260 Tagen eindeutig angegeben werden, indem man der Hieroglyphe, die einem der zwanzig Grundtage zugeordnet ist, eine entsprechende Zahl aus der Reihe der dreizehn Zahlen hinzufügte. Jede der dreizehn Zahlen konnte für einen der dreizehn Götter der Oberen Welt oder für einen der dreizehn Götter der Unteren Welt stehen. Noch heute nimmt ein Kind bei einigen Nachfahren der Maya in Guatemala den Namen und die Persona des Gottes an, der mit seinem Geburtsdatum verbunden ist (Joseph, 2000, S. 68-70). Außerdem war der *tzolkin* Kalender eine Art Wahrsager- und Orakelkalender, der von den Priestern benutzt wurde, um die Zukunft vorherzusagen und zu bestimmen, welche Tage Glück und welche Unglück bringen würden (Reston, 2007, S. 89).

Da dieser religiöse Kalender für Menschen wie die Bauern, die für ihren Lebensunterhalt die Jahreszeiten im Auge behalten mussten, von begrenztem Nutzen war, gab es einen zweiten Kalender, den sogenannten Sonnenkalender (Joseph, 2000, S. 70). Dieser für Angelegenheiten des täglichen Lebens und der Landwirtschaft verwendete Kalender war in achtzehn Monatsperioden, bekannt als *uinals*, mit jeweils 20 Tagen unterteilt, was multipliziert 360 Tage ergab. Um die 365 Tage des Jahres zu vervollständigen, gab es noch eine zusätzliche Periode von fünf Tagen, die *uayeb* genannt wurde (Reston, 2007, S. 89). Übersetzt bedeutet dies so viel wie „Periode ohne Namen“ und sie wurde durch eine Hieroglyphe dargestellt, die für Chaos, Korruption und Unordnung stand. Jeder, der in dieser unglücklichen Periode des bürgerlichen Jahres geboren wurde, galt als auf Lebenszeit verflucht (Joseph, 2000, S. 70). Zusammengefasst unterschied die Hochkultur der Maya also zwischen einem Sonnenjahr, welches 365 Tage dauerte und einem religiösen Jahr, welches 260 Tage lang war.

Dazu kam noch ein dritter Kalender, der sogenannte Kalender *tun*, der hauptsächlich für „lange“ Zählungen verwendet wurde, also ab einem bestimmten Tag fortlaufend nummerierte Tage, und eine Einheit von 360 Tagen hatte. Diese „Lange Zählung“ begann bei Null, am Datum 13 *baktun*, 4 *ahau*, 8 *cumku*, was umgerechnet auf den gregorianischen Kalender ziemlich genau dem 12. August 3113 v. Chr. entspricht. Es wird allgemein angenommen, dass dieses Datum mit der Berechnung der Erschaffung der Welt oder der Geburt ihrer Götter durch die Maya übereinstimmt (Ifrah, 2000, S. 316). Wie im Kapitel 2.3.4 beschrieben werden wird, wurde das Zahlensystem der Maya so konzipiert, dass es die Jahre gemäß dem langen Zählkalender repräsentiert. Nachfolgend sollen die Äquivalenzen der Kalenderzeiteinheiten dieses langen Zählkalenders erläutert werden (Joseph, 2000, S. 70-71):

20 *kins* = 1 *uinal* oder 20 Tage,

18 *uinals* = 1 *tun* oder $20 \cdot 18 = 360$ Tage,

20 *tuns* = 1 *katun* oder $20^2 \cdot 18 = 2.700$ Tage,

20 *katuns* = 1 *baktun* oder $20^3 \cdot 18 = 144.000$ Tage,

20 *baktuns* = 1 *piktun* oder $20^4 \cdot 18 = 2.880.000$ Tage,

20 *piktuns* = 1 *calabtun* oder $20^5 \cdot 18 = 57.600.000$ Tage,

20 *calabtuns* = 1 *kinchiltun* oder $20^6 \cdot 18 = 1.152.000.000$ Tage,

20 *kinchiltuns* = 1 *alautin* oder $20^7 \cdot 18 = 23.040.000.000$ Tage.

Wie zu erkennen ist, basierte dieser Kalender ebenfalls auf einem Vigesimalssystem, wobei die dritte Ordnung unregelmäßig war, da sie aus $18 \cdot 20 = 360$ Tagen, *kins* genannt, bestand. Hätten die Maya einen *tun* bestehend aus 20 anstelle der 18 *uinal* verwendet, also ein echtes Vigesimalssystem, dann hätte ein „Jahr“ 400 Tage gehabt und wäre damit noch weiter vom wahren Sonnenjahr „entfernt“ gewesen als der *tun* von 360 Tagen ihrer kalendarischen Berechnungen. Jede dieser Zeiteinheiten hatte ein spezielles Zeichen, das, je nachdem, ob es mit einer Art Tinte oder Farbe auf einen Kodex geschrieben oder in Stein gemeißelt auf einem Monument oder einer zeremoniellen Säule stand, verschieden ausgeführt werden konnte. So konnte eine Zeiteinheit durch ein einfaches grafisches Zeichen, eine abstrakte geometrische Form sowie durch den Kopf oder den in voller Größe gezeichneten Körper eines Gottes, eines Menschen oder eines Tieres dargestellt werden. All diese Glyphen konnten zudem noch von den Balken und Punkten begleitet werden, die für die bereits erwähnten Ziffern stehen (Ifrah, 2000, S. 316).

An dieser Stelle soll noch einmal die Frage nach der Sinnhaftigkeit des unreinen Vigesimalsystems aufgegriffen werden: Das Vorhandensein der Unregelmäßigkeit in der Funktionsweise des Stellenwertsystems ergab sich aus der Notwendigkeit, alle drei Kalender miteinander kompatibel zu machen. Angesichts der zentralen Bedeutung, die die Zeitmessung in der Maya-Kultur hatte, wird

die merkwürdige Anomalie an der dritten Stelle des Stellenwertsystems verständlicher (Joseph, 2000, S. 71). Wichtig zu erwähnen ist hier vor allem auch die außerordentliche Exaktheit des astronomischen Kalenders der Maya, die in enger Verbindung mit deren mathematischen Kenntnissen stand. Die Maya hatten ein festes ziviles Jahr von nur 365 Tagen Länge, um ein astronomisches Phänomen zu messen, das nach heutigen Erkenntnissen 365,2422 Tage dauert. Im Folgenden sind Jahreslängen ersichtlich, die einerseits von den astronomischen Gelehrten der Maya im 6. und 7. Jahrhundert n. Chr., andererseits durch die im 16. Jahrhundert eingeführte gregorianische Schaltjahrbestimmung berechnet wurden (Magaña Solís, 1990, S. 249):

Länge des heutigen gregorianischen Jahres: 365,2425 Tage.

Länge des Jahres nach den Mayas: 365,2420 Tage.

Wird berücksichtigt, dass ein Sonnenjahr nach der heutigen modernen Astronomie genau 365,242198 Tage hat, so ist klar ersichtlich, dass die Berechnungen der Maya präziser waren. Der durch die Maya errechnete Wert weicht nämlich nur um $1,98 \cdot 10^{-4}$ von der tatsächlichen Jahreslänge ab, jener des gregorianischen Kalenders dagegen um $3,02 \cdot 10^{-4}$ (Wußing, 2008, S. 33). Ein ähnlicher Grad an Genauigkeit wurde für die durchschnittliche Dauer eines Mondmonats erreicht. Nach Angaben der Maya-Astronomen dauerten 149 Mondmonate 4.400 Tage, was einem durchschnittlichen Mondmonat von 29,5302 Tagen entspricht. Nach heutigem Wissen und moderner Technologie wird eine Zahl von 29,53059 Tagen erhalten (Joseph, 2000, S. 72), was einer Abweichung von lediglich $3,9 \cdot 10^{-4}$ entspricht. Neben der Sonne und dem Mond beobachteten die Maya auch die Venus und kamen auf ein Ergebnis von 584 Tagen für eine synodische Periode (die Zeit zwischen einem Erscheinen an einem bestimmten Punkt des Himmels und seinem nächsten Erscheinen an diesem Punkt), welches nahe dem tatsächlichen Wert von 583,95 Tagen liegt. Auch weitere Himmelskörper wie Merkur, Jupiter und Mars wurden von der Maya-Zivilisation beobachtet und laut dem Dresdner Kodex soll es sogar möglich gewesen sein, Sonnenfinsternisse vorauszuberechnen (Wußing, 2008, S. 33-34).

Erstaunlich ist, dass die Maya all diese astronomischen Erkenntnisse ohne nennenswerte Werkzeuge zogen. Da sie das Glas noch nicht entdeckt hatten, existierten weder optische Instrumente, noch hatten sie ein Uhrwerk, Sanduhren oder Wasseruhren. Zudem verfügten sie auch nicht über die Möglichkeit, die Zeit in Einheiten von weniger als einem Tag zu messen, wie Stunden, Minuten oder Sekunden, und hatten auch kein Konzept für Abläufe (Ifrah, 2000, S. 298). Daher liegt es auf der Hand, dass die Maya ohne eine hinreichend genaue mathematische Grundlage keine so perfekte Zeitmessung hätten entwickeln können.

2.3.4 Rechnen im Zahlensystem der Maya

Auch wenn Addition und Subtraktion im Maya-Zahlensystem ohne weitere Probleme durchgeführt werden konnten, da es sich um ein additives Zahlensystem handelte, so hemmte diese Unregelmäßigkeit jedoch die Entwicklung weiterer arithmetischer Operationen, insbesondere derjenigen mit Brüchen. Trotz all dem oder, besser gesagt, vor allem wegen dieser Problematik der Weiterentwicklung von Rechenoperationen, stellt der hohe Grad an Genauigkeit, der bei den eben erläuterten astronomischen Berechnungen erreicht wurde, ohne jemals mit Brüchen, rationalen oder dezimalen Zahlen zu arbeiten, einen der erstaunlichsten Aspekte der Maya-Astronomie dar (Joseph 2000, S. 72). Nach Ansicht von Ifrah (2000) muss dieses unreine Vigesimalsystem das von den Maya-Priestern verwendete gewesen sein, welches ausschließlich für astronomische und kalendarische Berechnungen verwendet wurde. Ihm zufolge existierte jedoch auch das anfangs erwähnte rein vigesimale Stellenwertsystem, das von Händlern und dem einfachen Volk mündlich verwendet wurde und in welchem sehr wohl weitere Rechenoperationen durchgeführt werden konnten (Ifrah, 2000, S. 311). Auch Magaña Solís (1990) schließt sich dieser Meinung an: Mit den anfänglich erwähnten drei Zeichen (Strich, Punkt, „Null“) konnten die Maya in dem reinen Vigesimalsystem Addition, Subtraktion, Multiplikation, Division, Quadratwurzel und Kubikwurzel durchführen. Im Grunde genommen können alle Operationen, die wir mit unserem heutigen Zahlensystem durchführen können, auch mit dem Maya-Zahlensystem durchgeführt werden, da sie formal völlig gleichwertig sind (Magaña Solís, 1990, S. 20). Zur Veranschaulichung, wie die Maya mit einem einfachen Raster ihre Rechenoperationen durchführen konnten, soll die Addition im Rechensystem der Maya erklärt werden (Magaña Solís, 1990, S. 21-22):

Nehmen wir an, dass wir eine bestimmte Basis b verwenden, um bestimmte Zahlen darzustellen, mit denen wir arithmetische Operationen durchführen wollen.

Sei A eine solche Zahl, dass

$$A = c_0b^0 + c_1b^1 + c_2b^2 + \dots + c_nb^n$$

und B eine solche Zahl, dass

$$B = d_0b^0 + d_1b^1 + d_2b^2 + \dots + d_mb^m$$

Außerdem nehmen wir an, dass gilt: $m > n$. Man beachte, dass man die Potenzreihe für A bis zum Grad m immer erweitern kann, indem man zu den fehlenden Potenzen Nullkoeffizienten hinzufügt und so weiter:

$$A = c_0b^0 + c_1b^1 + c_2b^2 + \dots + c_nb^n + 0b^{n+1} + \dots + 0b^m$$

Wollen wir uns nun auf die Maya-Zählung beziehen, so wählen wir $b = 20$.

Betrachten wir nun die Summe $A + B$:

$$A + B = c_0b^0 + c_1b^1 + c_2b^2 + \dots + c_nb^n + 0b^{n+1} + \dots + 0b^m + d_0b^0 + d_1b^1 + d_2b^2 + \dots + d_mb^m$$

Gruppieren wir die Terme mit den gleichen Potenzen, so erhalten wir:

$$A + B = (c_0 + d_0)b^0 + (c_1 + d_1)b^1 + (c_2 + d_2)b^2 + \dots + (c_n + d_n)b^n + \dots + (0 + d_m)b^m$$

Schauen wir uns nun die praktische Methode der Maya beim Addieren an. Dafür nehmen wir an, dass $A = 43$ und $B = 35$ sei und erhalten:

$$A = 3 \cdot 20^0 + 2 \cdot 20^1 = 43 \text{ und } B = 15 \cdot 20^0 + 1 \cdot 20^1 = 35$$

In der Maya-Notation sieht dies wie folgt aus: $A =$  $B =$ 

Hier ist m eindeutig 1. Nun legen wir ein Raster mit m Feldern pro Seite an. In der ersten Spalte steht A und in der zweiten Spalte steht B . Verbinden wir nun alle Punkte und Striche zu einer dritten Spalte rechts von den ersten beiden. Diese dritte Spalte wird das Ergebnis der Addition von A und B sein.



Das Endergebnis ist also:  = 78

In der Maya-Notation ist das Ergebnis natürlich das, was in Punkten und Strichen ausgedrückt wird. Analog funktioniert die Berechnung der Summe $A + B$ in unserer Zahlendarstellung:

$$A + B = 3 \cdot 20^0 + 2 \cdot 20^1 + 15 \cdot 20^0 + 1 \cdot 20^1 = 18 \cdot 20^0 + 3 \cdot 20^1 = 78$$

2.3.5 Architektur

Im Laufe des ersten Jahrtausends nach Christus schufen die Mayas Kunst, Skulpturen und Architektur von höchster Qualität und machten neben den Errungenschaften in der Mathematik und Astronomie auch architektonische Fortschritte. Die Maya entdeckten den Zement, lernten, wie man Bögen herstellt, bauten Straßen und errichteten riesige und komplexe Städte, deren Gebäude reichlich mit Skulpturen und Malereien verziert waren. Erstaunlicherweise geschah all dies mit Werkzeugen, die sich seit der Steinzeit nicht mehr weiterentwickelt hatten: Die Maya entdeckten weder das Rad noch verwendeten sie Zugtiere oder Metalle. Der wahre Ruhm der Maya beruht auf ihren abstrakten, intellektuellen Leistungen (Ifrah, 2000, S. 297). In den noch erhaltenen Maya-

Kodizes befinden sich Kalenderberichte, astronomische Beobachtungen, soziale Vorschriften und politische Ereignisse, jedoch finden sich darin keine Hinweise auf die in den architektonischen Bauten verwendete Geometrie. Aus diesem Grund können nur Untersuchungen der Bauwerke selbst Aufschluss darüber geben, welche Geometrie hinter ihrer Konzeption steckt (García-Salgado, 2010, S. 118).

Öffentliche Anlagen und Gebäude wurden astronomisch ausgerichtet, wobei sich nicht nur nach dem Lauf der Sonne orientiert wurde. Da für die Zivilisation der Maya und in deren Kosmologie auch die Venus eine bedeutende Rolle spielte, war die astronomische Ausrichtung der Maya-Bauten ebenso vom Aufgangspunkt dieses sonnennahen Planeten abhängig. Des Weiteren fällt auf, dass sowohl in den Bauwerken als auch in den Skulpturen der Maya symmetrische Anordnungen vorherrschen, welche oft entlang einer zentralen Achse angeordnet sind. Es existieren Vermutungen, dass beim Erstellen der Stelen mit der Überlagerung von pythagoreischen und gleichschenkligen Dreiecken gearbeitet wurde. Es ist zudem fraglich, ob die Maya die geometrische Struktur, die von Forschern heutzutage erkannt wird, absichtlich so erstellt haben oder ob diese erst nachträglich interpretiert wurde (Scriba & Schreiber, 2010, S. 194).

Die antike Maya-Zivilisation erreichte ein fortgeschrittenes Verständnis verschiedener Wissensgebiete, das noch heute in ihren zahlreichen architektonischen Überresten sichtbar ist. Infolgedessen werden heute verschiedene architektonische Stile mit bestimmten geografischen Gebieten in Verbindung gebracht (Rosado Torres et al., 2021, S. 47), wobei die Architektur der einzelnen geografischen Zonen des Maya-Gebiets erhebliche Unterschiede aufweist, insbesondere im Hinblick auf die Bautechnik. Die Eigenschaften des Steinmaterials, die für seine Gewinnung verwendeten Systeme, die Entwicklung der Qualität der Mörtel und die Fortschritte bei den Steinmetztechniken in jedem geografischen Gebiet haben die Besonderheiten der Architektur jeder Region und ihre Entwicklung im Laufe der Zeit bestimmt und in vielen Fällen die architektonischen und stilistischen Merkmale der Gebäude geprägt, die oft mehr von konstruktiven als von ästhetischen Aspekten bestimmt wurden (Gilbert Sansalvador, 2018, S. 244). An dieser Stelle soll die Puuc-Architektur auf der Halbinsel Yucatán, wo eine lange Bautradition nachgewiesen wurde, genannt werden. Die Entwicklung der Architektur in eben dieser Region zeigt nämlich den Grad an Raffinesse, den die Maya-Steinmetze erreicht haben. Sie entwickelten große Fertigkeiten in der Steinmetztechnik, die sich in der geschickten Ausarbeitung der spezialisierten Stücke niederschlugen, aus denen die in der spätklassischen Zeit (750-1000 n. Chr.) errichteten Gebäude bestehen (Rosado Torres et al., 2021, S. 47).

Im Gegensatz zu anderen Maya-Architekturen spiegelt die Konstruktion des Puuc eine lange Bautradition wider, in der die Entwicklung der Bausysteme deutlich zu erkennen ist und mit deren technologischer Entwicklung die Puuc-Maya immer breitere und höhere Innenräume und immer raffiniertere Steinoberflächen errichteten. Darüber hinaus ist die Puuc-Architektur bekannt für die

Meisterschaft ihrer Baumeister in der Verzierung mit Steinmosaiken und für ihre charakteristischen geometrischen ikonografischen Motive (Rosado Torres et al., 2021, S. 48). Im folgenden Abschnitt sollen daher zwei Ruinenstätten, die als eine der bedeutendsten Maya-Zentren gelten und sich auf der Halbinsel Yucatán in Mexiko befinden, erwähnt werden: Uxmal und Chichén Itzá. Genauer gesagt wird auf die sich dort befindenden Bauten eingegangen, die als die bekanntesten der Puuc-Architektur und der Hochkultur der Maya im Allgemeinen angesehen werden.

In Uxmal befinden sich mehrere architektonische Hinterlassenschaften der Zivilisation der Maya. Einerseits kann dort das sogenannte Nonnenhaus besucht werden, welches um einen großen, fast quadratischen Platz herum erbaut wurde und kosmologische Vorstellungen darzustellen scheint. Außerdem befindet sich dort die Pyramide des Magiers, die in mehreren Bauphasen errichtet wurde, eine fast elliptische Basis hat und mehrere Tempel beherbergt. Eines der herausragendsten Beispiele der Maya-Architektur ist jedoch der teilweise rekonstruierte Gouverneurspalast, welcher, errichtet im späten 9. und frühen 10. Jahrhundert während einer Phase wirtschaftlichen Aufschwungs, sowohl als Verwaltungszentrum als auch als Residenz der Elite diente (Scriba & Schreiber, 2010, S. 194-198).



Abbildung 4: Gouverneurspalast in Uxmal (Scriba & Schreiber, 2010, S. 194-198)

Der Palast befindet sich auf einer abgestuften Plattform aus vier Ebenen und war so von Weitem sichtbar. Besonders auffällig sind die präzise bearbeiteten und einheitlich angeordneten Steinblöcke, aus denen die Längsfront besteht (Scriba & Schreiber, 2010, S. 197). Vor allem wegen des herausragenden Steinmetzhandwerks – also wegen der Qualität des Kalksteins, der Sorgfalt und Feinheit der Schnitzereien und des modularen Aufbaus des Mosaikfrieses – hebt sich der Gouverneurspalast ab, da hier die außergewöhnlichen Fortschritte in der Steinmetztechnik

ersichtlich werden (Kowalski, 1987, S. 49). Die Fassade wird durch zwei spitz zulaufende Eingänge in drei Teile geteilt und besitzt kleine rechteckige Zugänge, die symmetrisch mit dem Verhältnis 2:7:2 angeordnet sind. Oberhalb der glatten Steinwand ist eine weitere Fassade ersichtlich, die mit Maya-Skulpturen verziert ist. Auch hier wird die strenge Symmetrie mit verschiedenen großen Quadraten und Rechtecken in der Gestaltung sichtbar. Auffällig sind die sich von der Fassade abhebenden Spiralmotive, die von Rechtecken oder Quadraten umrahmt sind und aus vertikalen sowie horizontalen Linien bestehen. An der sich daneben befindenden Pyramide des Magiers fällt ein diagonales Rautenmuster auf, das – ähnlich wie die Spiralen – in die Maya-Skulpturen integriert ist. Die eben beschriebenen geometrischen Muster, die teilweise mit Skulpturen kombiniert sind, sind auch an anderen Bauwerken ersichtlich (Scriba & Schreiber, 2010, S. 197).

Besonders imposante Überreste der Maya-Kultur können im Norden der Yucatán-Halbinsel, in Chichén Itzá, bewundert werden. Dort befindet sich im Zentrum die Tempelpyramide des *Kukulcán*, auch *El Castillo* genannt, welche einen Grundriss aus quadratischen Terrassen hat. Auf jeder der vier Seiten führen Treppen auf die obere Plattform des Tempels, der ein quaderförmiger Tempel aufgesetzt ist (Weeks, 2011, S. 577).



Abbildung 5: Tempel des *Kukulcán* (Scriba & Schreiber, 2010, S. 199)

Bemerkenswert ist hier die Anzahl der Stufen der Pyramide, die insgesamt 365 beträgt, was der Anzahl der Tage eines Jahres entspricht. Rund um die Pyramide sind außerdem 52 dekorative Steintafeln angebracht, welche wiederum mit der Maya-Kalenderrunde übereinstimmen (García-Salgado, 2010, S. 118-119). An den Seiten der nördlichen Treppe sind große Skulpturen von Schlangenköpfen zu sehen (Weeks, 2011, S. 577). Wenn das Sonnenlicht die *Kukulcán*-Pyramide während des Sonnenuntergangs zur Tagundnachtgleiche bestrahlt, wirft es sieben Dreiecke aus

Licht und Schatten, die entlang der nordöstlichen Treppe nach unten wandern. Dieses Licht-Schatten-Schauspiel ähnelt dem zu den Schlangenköpfen zugehörigen Körper, welcher gemäß dem Untergang der Sonne am Tempel nach unten kriecht. Neben den Licht-Schatten-Effekten treten in Chichén Itzá auch akustische Besonderheiten auf. An einem bestimmten Punkt, etwa 30 Meter von der Mitte der Nordtreppe der Pyramide entfernt, kann man, wenn man einmal in die Hände klatscht, deutlich zwei Quetzal-Zirpen gefolgt von einem Echo hören. Der Quetzal ist der berühmte Langschwanzvogel, der typisch für Yucatán ist. Ein weiterer verblüffender Effekt tritt auf, wenn man in der Mitte des Platzes, auf welchem die Maya früher ihr traditionelles Ballspiel veranstaltet haben, zwischen seinen beiden riesigen Wänden steht. Wird nämlich am südlichen Ende des Tempels gesprochen oder auch nur geflüstert, so kann die Stimme am gegenüberliegenden Ende gehört werden, da der Klang an den Wänden des nördlichen Tempels widerhallt. Wichtig zu betonen ist, dass Chichén Itzá nicht die einzige Maya-Stadt ist, in der solche optischen und akustischen Phänomene beobachtet werden können, da viele Bauten im gesamten Maya-Gebiet derartige Besonderheiten aufweisen (García-Salgado, 2010, S. 113-115).

3 Theoretische Begrifflichkeiten

Fächerübergreifender Unterricht, Ethnomathematik, interkultureller Unterricht. Dies alles sind Begriffe, die bei dem Vorhaben, hispanisch kulturelle Inhalte in den Mathematikunterricht einzubauen, eine zentrale Rolle spielen. Doch was wird darunter verstanden? Im Sinne einer guten, theoretischen Basis und um in weiterer Folge Verständnisprobleme zu vermeiden, soll im folgenden Abschnitt näher auf diese Termini eingegangen werden.

3.1 Fächerübergreifender Unterricht

„Im Schulunterricht beziehungsweise in der betrieblichen Ausbildung können und sollten die genannten Aufgaben im Rahmen fachlich akzentuierter, besser noch: fächerübergreifender Unterrichtseinheiten und Erkundungen und im Optimalfall in der Form handlungsorientierter Projekte in Angriff genommen werden, und zwar von den frühesten Bildungsstufen an, also schon im Vorschulbereich, mindestens aber in der Grundschule beginnend.“ (Klafki, 2019, S. 108)

Bereits der deutsche Erziehungswissenschaftler Wolfgang Klafki forderte mehr fächerübergreifenden Unterricht im Schulwesen und das so früh wie möglich. Doch was bedeutet der Begriff „fächerübergreifend“ überhaupt? Verschiedene Autoren (Labbude, 2014; Gebhard et al., 2017) geben an, dass dieser Terminus ein Sammelbegriff für verschiedene Unterrichtsformen ist, die über die Grenzen des jeweiligen Fachs hinausgehen. Es existieren verschiedene Arten von fächerübergreifendem Unterricht:

- **Fächerüberschreitend:** Hierbei werden in einem Unterrichtsfach (wichtig ist hier der Singular) von der jeweiligen Fachlehrperson die Grenzen dieses Fachs überschritten und auf übergreifende Inhalte verwiesen. In anderen Worten wird von der Lehrperson eine Verbindung von dem einen Schulfach zu einem anderen aufgebaut, indem auf verwandte Themen oder Elemente eingegangen wird. Das ist wohl die einfachste Form des fächerübergreifenden Unterrichts, da diese keiner besonderen Organisation bedarf. Die einzige Voraussetzung stellt der „weite Horizont“ der Lehrperson dar (Labbude, 2014, S. 32; Gebhard et al., 2017, S. 202).
- **Fächerverknüpfend:** Diese Art des fächerübergreifenden Unterrichts kann als eine Weiterführung der vorherigen gesehen werden. Hier wird nämlich ein bestimmtes Thema in zwei oder mehreren Unterrichtsfächern getrennt voneinander beleuchtet, wobei dabei eine zeitliche und systematische Koordination stattfindet. Jedes Fach bearbeitet das Thema aus seiner eigenen Methode und Perspektive, ohne dass dabei für die Lernenden Widersprüche aufkommen. Aus diesem Grund ist eine genaue Abstimmung zwischen den Fachlehrkräften vonnöten und möglicherweise sogar Änderungen im Stundenplan (Labbude, 2014, S. 32; Gebhard et al., 2017, S. 202).
- **Fächerkoordinierend:** Gleich wie bei der fächerverknüpfenden Methode wird bei der fächerkoordinierenden ein gewisses Thema in mehreren Fächern getrennt voneinander unterrichtet, jedoch mit dem Unterschied, dass die Planungen aufeinander abgestimmt beziehungsweise synchronisiert werden. Das bedeutet also, dass die jeweiligen Fachlehrkräfte im Vorhinein besprechen, wer welchen Aspekt des Themas im Unterricht behandeln wird. Dementsprechend bedarf es einer detaillierten Absprache zwischen den Lehrerinnen und Lehrern der jeweiligen Schulfächer und folglich einem zeitlichen Mehraufwand. Damit die fächerkoordinierende Form erfolgreich ist, müssen die Schülerinnen und Schüler an allen beziehungsweise an der Mehrheit der Unterrichtseinheiten teilnehmen (Huber & Effe-Stumpf, 1994, S. 64-65; Labbude & Metzger, 2019, S. 32-33).

Wichtig zu erwähnen ist hierbei auch das Verhältnis der Fächer, also die inhaltliche Beziehung, in welcher die jeweiligen für den fächerübergreifenden Unterricht herangezogenen Materien zueinanderstehen. Dieses Verhältnis kann laut Huber und Effe-Stumpf (1994) komplementär, konzentrisch, reflexiv oder kontrastiv sein:

- **Komplementäre Beziehung:** Eine Erfahrung oder Sichtweise ergänzt die jeweils andere.
- **Konzentrische Beziehung:** Mehrere Ansichtspunkte haben einen Problem- oder Gegenstandsbereich gemein.
- **Reflexive Beziehung:** Andere Sichtweisen werden herangezogen, um die eigene beziehungsweise die anfangs angenommene Meinung (Alltagswissen, Wissen aus einem

Schulfach) kritisch zu betrachten und zu reflektieren (historisch, philosophisch, soziologisch).

- Kontrastive oder dialogische Beziehung: Eine Erfahrung oder Sichtweise widerspricht der jeweils anderen beziehungsweise relativiert sie, es handelt sich um gegenseitiges Übersetzen beziehungsweise Verstehen (Huber & Effe-Stumpf, 1994, S. 66-67).

Nachdem der Begriff des fächerübergreifenden Unterrichts nun näher definiert wurde, stellt sich die Frage, welche Vorteile eine derartige Unterrichtsart mit sich bringt. Eine Vielzahl von Argumenten für fächerübergreifenden Unterricht ist in der Literatur zu finden. So führt Labbude (2014) unter anderem die folgenden Begründungen an:

- Das Unterstützen von Lernprozessen und das Vernetzen von Inhalten sind zentrale Aspekte des fächerübergreifenden Unterrichts. Dieser trägt nämlich dazu bei, bestehendes Wissen mit neuen Wissensfragmenten zu verbinden. Durch diesen Ansatz wird das Vorverständnis der Lernenden umfassender in den Unterricht integriert, wobei automatisch eine Verknüpfung zwischen den Fächern hergestellt wird. Außerdem werden bestehendes und neues Wissen, ebenso wie neue Inhalte untereinander, besser vernetzt. Auf diese Weise können einzelne Wissensfragmente verschiedener Fächer sinnvoll miteinander in Verbindung gebracht werden.
- Es existieren sogenannte Schlüsselprobleme der Menschheit, wie beispielsweise die ungleiche Verteilung von Reichtum und die Klimaerwärmung, die nur mit Hilfe eines interdisziplinären Ansatzes bewältigt werden können. Auf den schulischen Kontext bezogen bedeutet dies, dass Jugendliche dazu motiviert werden sollen, Problemlösungen zu entwickeln, indem sie ein Problem modellhaft erfassen und anschließend mithilfe von Perspektiven sowie Wissen aus mehreren Fächern vernetzen und lösen.
- Das Argument der Berufs- und Wissenschaftspropädeutik kann auch als ein „kompetenzorientiertes Lernen mit Fokus auf Naturwissenschaften“ beschrieben werden und geht davon aus, dass ein fächerübergreifender Ansatz besser auf die Anforderungen des Berufslebens und der Wissenschaft vorbereitet als ein streng nach Fächern strukturiertes Lernen. Denn durch fächerübergreifenden Unterricht werden wichtige Kompetenzen und Fähigkeiten gefördert, die sowohl in beruflichen als auch in wissenschaftlichen Kontexten eine unerlässliche und zentrale Rolle spielen.
- Durch fächerübergreifenden Unterricht können überfachliche Kompetenzen besonders effektiv gefördert werden. Dazu zählen unter anderem Schlüsselkompetenzen wie Umweltbewusstsein, Problemlösefähigkeit, Ambiguitätstoleranz und differenziertes Denken.
- Sind fächerübergreifende Unterrichtseinheiten in projektähnlicher Form gestaltet und beinhalten Experimente, so wird angenommen, dass fächerübergreifender Unterricht das Lernen in Projekten besonders gut fördern kann und umgekehrt.
- Durch den Einsatz von fächerübergreifenden Einheiten soll der Unterricht, vor allem jener in

naturwissenschaftlichen Fächern, geschlechtergerechter gestaltet und die Differenzen zwischen den Mädchen und Jungen verringert werden.

- Ein häufig genanntes Argument für fächerübergreifendes Lernen ist, dass das Interesse der Lernenden an naturwissenschaftlichen Fächern gesteigert wird. Dies beruht auf dem Fakt, dass fächerübergreifende Konzepte und Inhalte ansprechender wirken als rein fachbezogene Inhalte, da sie meist einen lebensweltlichen Bezug haben. Außerdem werden durch das interdisziplinäre Vernetzen von Wissen neue Einblicke ermöglicht und die Lernzufriedenheit der Schülerinnen und Schüler wird erhöht (Labbude, 2014, S. 13-14).

3.2 Ethnomathematik

Einige Autoren rechnen die Mathematik im präkolumbianischen Amerika, also darunter auch die mathematischen Fähigkeiten der Maya, zur Ethnomathematik. Doch was bedeutet der Begriff „Ethnomathematik“ überhaupt? Klar ist, dass sich aus der Zusammensetzung von „Mathematik“ und der Vorsilbe „Ethno-“ ableiten lässt, dass sich die Ethnomathematik auf die Untersuchung der Mathematik im Zusammenhang mit der Kultur bezieht. Es stellt sich allerdings als schwierig dar, eine einheitliche Definition dieses Terminus sowie die Methoden und Ziele festzulegen, da sie eng mit verschiedenen Disziplinen, wie Anthropologie, Archäologie und vor allem der Geschichtsschreibung der Mathematik, verbunden ist (Wußing, 2008, S. 16-17). Eine bekannte Konzeption der Ethnomathematik ist die von D'Ambrosio, der sie wie folgt definiert:

„[...] the mathematics which is practiced among identifiable cultural groups, such as national-tribal societies, labor groups, children of a certain age bracket, professional classes, and so on. Its identity depends largely on focuses of interest, on motivation, and on certain codes and jargons which do not belong to the realm of academic mathematics. We may even go further in this concept of ethnomathematics to include much of the mathematics which is currently practiced by engineers, mainly calculus, which does not respond to the concept of rigor and formalism developed in academic courses of calculus.“ (D'Ambrosio, 1985, S. 45)

Während D'Ambrosio von klar identifizierbaren Gruppen spricht und dabei vor allem einen Fokus auf die Arbeitswelt legt, so beschreibt Begg (2001) den Begriff der Ethnomathematik etwas allgemeiner:

„For me ethnomathematics implies mathematics of cultures and my definition of cultures (and sub-cultures) not only refers to ethnic cultures, but also to „any sets (or subsets) of people who share common experiences such as languages, beliefs, customs, or history.“ (Begg, 2001, S. 7)

Diese Konzeption der Ethnomathematik soll auch hier in dieser Arbeit vertreten werden. Halten wir uns an die oben angeführte Definition, so ist offensichtlich, dass eine ethnische Gruppe eine Kultur formt. Genauso geschieht dies bei religiösen, sportlichen oder musikalischen Gruppierungen sowie bei den Einwohnern eines bestimmten Bezirks oder einer Gruppe von Personen, die etwas gemeinsam haben. All diese Gruppierungen formen entweder eine Kultur oder eine Subkultur. Da die Zivilisation der Maya ebenfalls eindeutig eine Kultur darstellt und in dieser Arbeit auf deren Mathematik – nicht nur im Allgemeinen, sondern auch im schulischen Kontext – eingegangen wird, ist eine Justifikation des Einflusses der Ethnomathematik auf die Schulmathematik essenziell.

Ein Terminus, der in vielen Lehrplandokumenten – sowohl bezogen auf Mathematik als auch allgemein - zu finden ist, ist „Verbindungen“. Laut Begg (2001) wird sich hier auf Verbindungen mit der Alltagswelt der Lernenden, deren Vorwissen, den vertrauten Kontexten innerhalb und außerhalb der Schule, anderen Themen innerhalb der Mathematik und anderen Schulfächern bezogen. Außerdem erwähnt der Autor auch die Konstruktion von Wissens-Schemata, Mind-Maps, in denen Verbindungen zwischen einzelnen Teilen von Wissen hergestellt werden, und dass die Beziehungen zwischen diesen Teilen genauso wichtig sind wie die Teile selbst. Folglich wird durch den Einfluss der Ethnomathematik auf den Schulunterricht dieses Herstellen von Verbindungen gefördert (Begg, 2001, S. 71). Ergänzend dazu bedeutet der Begriff „Verbindungen“ für Shirley (2001), Verbindungen innerhalb der Mathematik, zwischen der Mathematik und anderen Fachbereichen sowie der Alltagserfahrungen der Lernenden zu finden. Anders gesagt ist die Ethnomathematik ein Schlüssel, um diese Verbindungen zu erkennen: innerhalb der Mathematik, wenn kulturelle Gruppen zwei oder mehr mathematische Bereiche mischen, um ihre Bedürfnisse zu befriedigen; zu anderen Fachbereichen wie zum Beispiel Kunst, Geografie und Wirtschaft, wenn sich andere Kulturen angesehen werden; und zur lokalen Kultur der Lernenden, indem die lokale Mathematik einbezogen wird. Die Schülerinnen und Schüler sollen in der Lage sein, Mathematik nicht nur im schulischen Bereich zu erkennen und anzuwenden, sondern auch in außermathematischen Kontexten. Zu diesen Bereichen zählt zum Beispiel die Mathematik, die mit dem kulturellen Erbe der Lernenden verbunden ist, darunter deren Religion, Kunst, Textilien, Musik oder Feste. Es kann sich aber auch um mathematische Studien, wirtschaftliche oder alltägliche Angelegenheiten, Statistiken über soziale Belange oder die Politik internationaler Fragen handeln. Aus all diesen Überlegungen wird deutlich, dass die Ethnomathematik für den Unterrichtsprozess sowie für die Methodik des Unterrichts von zentraler Bedeutung ist (Shirley, 2001, S. 86).

3.3 Interkulturelles Lernen

Interkulturelles Lernen stellt ein wichtiges Thema für Lehrkräfte dar, da die zunehmend globalisierte Welt auch den Schulalltag stark beeinflusst. So gehören Erfahrungen bezüglich kultureller Unterschiede, die unter anderem durch Tourismus, Migration, internationale politische und

wirtschaftliche Verflechtungen sowie moderne Telekommunikationstechnologien entstehen, längst zum Alltag. Derartige Entwicklungen sind dafür verantwortlich, dass die Idee einer homogenen Schülerschaft als Normalfall in der Schule zu widerlegen ist. Interkulturelles Lernen befähigt Lehrpersonen, die Vielfalt in der Klasse zu erkennen, zu verstehen und produktiv zu nutzen (Kölbl et al., 2019, S. 108). Doch was genau wird unter interkulturellem Lernen verstanden? Bevor hierauf eingegangen wird, soll zuerst der Begriff „Kultur“ aus wissenschaftlicher Sicht erläutert werden:

„Als Kultur wird eine historisch gewordene Ganzheit aus aufeinander verweisenden, kollektiv bedeutsamen Regeln, Normen, Werten, Zielen und Deutungsmustern, Symbolen und Geschichten bezeichnet. Dabei richtet Kultur explizit und implizit das Handeln, Wollen, Fühlen und Denken derjenigen Menschen aus, die dieser Kultur angehören. Kultur stellt somit einen Rahmen oder ein Orientierungssystem für das Handeln und Erleben von Menschen dar, zugleich wird Kultur durch das Handeln und Erleben von Menschen verändert, ist also nicht allein Struktur, sondern ebenso Prozess.“ (Kölbl et al., 2019, S. 108)

Der hier verwendete Kulturbegriff ist relativ breit gefächert, denn er schließt sämtliche Werte, Überzeugungen und Normen ein, die das Denken, das Handeln, die Wahrnehmung sowie die Bewertung der Mitglieder einer bestimmten Gruppe prägen. In diesem Sinne kann Kultur einerseits als universell angesehen werden, da sie das Leben des Einzelnen beeinflusst, andererseits aber auch gruppenspezifisch, da sie immer auf eine Gruppe begrenzt ist und nur in bestimmten Kontexten gültig ist. Eine auf diese Art verstandene Kultur stellt die Grundlage für ein handlungsspezifisches Umfeld dar, das von materiellen Objekten über Institutionen bis hin zu Werten und Ideen reicht. Außerdem soll erwähnt werden, dass die eben erwähnte Beschreibung von Kultur impliziert, dass nahezu jede Person unserer Gesellschaft gleichzeitig Teil mehrerer Kulturen ist, weil sie verschiedene Rollen in unterschiedlichen Gruppen ausfüllt. Aufgrund dessen ist Kultur niemals vollständig homogen oder einheitlich, sondern weist immer eine gewisse Vielfalt auf. In den Ansätzen des interkulturellen Unterrichts stellt die unmittelbare Begegnung mit einer anderen Kultur die Grundlage jeder Lernsituation dar. Erst durch das tatsächliche Erleben der unbekannten Kultur beziehungsweise einer kulturellen Überschneidungssituation können Lernprozesse ermöglicht werden. In den Theorien zum interkulturellen Lernen wird die Entwicklung neuer Orientierungssysteme als zentraler Aspekt hervorgehoben. Dies bedeutet, dass mathematische Denkweisen nur dann erfolgreich in das alltägliche Denken integriert werden können, wenn sowohl die Besonderheiten der Mathematik als auch ihre Gemeinsamkeiten und Unterschiede zum allgemeinen Denken bewusst reflektiert werden. Thomas definiert interkulturelles Lernen vor diesem Hintergrund und stützt sich dabei auf die oben genannte Auffassung von Kultur als ein Orientierungssystem, das bestimmten Gruppen eigen ist (Prediger, 2001, S. 125-132).

„Interkulturelles Lernen findet statt, wenn eine Person bestrebt ist, im Umgang mit Menschen einer anderen Kultur deren spezifisches Orientierungssystem der Wahrnehmung, des Denkens, Wertens und Handelns zu verstehen, in das eigenkulturelle Orientierungssystem zu integrieren und auf ihr Denken und Handeln im fremdkulturellen Handlungsfeld anzuwenden. Interkulturelles Lernen bedingt neben dem Verstehen fremdkultureller Orientierungssysteme eine Reflexion des eigenkulturellen Orientierungssystems. Interkulturelles Lernen ist erfolgreich, wenn eine handlungswirksame Synthese zwischen kulturdivergenten Orientierungssystemen erreicht ist, die erfolgreiches Handeln in der eigenen und in der fremden Kultur erlaubt.“ (Thomas, 1988, S. 46)

Interkulturelles Lernen findet auf verschiedenen Ebenen statt: Einerseits umfasst es das Erwerben von Wissen über verschiedene kulturelle Standards und deren Hintergründe, andererseits auch die Anpassung von Verhaltensweisen und Einstellungen. Welcher Bedeutung wird interkulturellem Lernen nun im Kontext des Mathematiklernens zugeschrieben? Thomas (1988) erklärt, dass der erste Schritt darin besteht, das Orientierungssystem einer unbekannten Kultur – in diesem Fall die Mathematik – als solches zu begreifen. Wenn im Mathematikunterricht das interkulturelle Lernen gefördert werden soll, müssen daher die Besonderheiten der mathematischen Sichtweise auf die Welt verdeutlicht und zum Thema gemacht werden, da es so den Schülerinnen und Schülern ermöglicht wird, die Mathematik als ein eigenes Orientierungssystem zu begreifen. Jedoch reicht es nicht aus, dieses System nur kennenzulernen, denn es erweist sich auch als essenziell, das neue Orientierungssystem in das eigenkulturelle Orientierungssystem einzubetten. Das heißt, dass mathematische Denkweisen und Begriffe so in das alltägliche Denken zu integrieren sind, dass sie einen Bestandteil des individuellen Alltagsdenkens bilden (Thomas, 1988, S. 46).

In einer kulturell vielfältigen Welt beziehungsweise Gesellschaft wird interkulturelle Kompetenz und folglich auch interkulturelles Lernen zu einer entscheidenden Bildungsaufgabe. Ziel ist es, Lernumgebungen zu gestalten, in denen kulturelle Differenzen sowohl gesellschaftlich anerkannt werden als auch individuell nachvollziehbar sind. Der Fokus wird darauf gelegt, das eigene Denken als kulturell beeinflusst wahrzunehmen sowie unbekannte kulturelle Lebensweisen und Perspektiven wertzuschätzen. Diese Haltungen und Einsichten stellen die Grundlage für interkulturelles Lernen dar (Mecheril, 2022, S. 447-448).

3.3.1 Mathematiklernen als interkulturelles Lernen

Laut Prediger (2001) kann Mathematik gemäß der oben erwähnten Definition als ein eigenständiges kulturelles Orientierungssystem aufgefasst werden. Hierbei ist nicht nur die explizite Mathematik mit ihren klar definierten Theorien, Sätzen und Begriffen gemeint, sondern auch die implizite Mathematik, welche sich in grundlegenden Handlungs- und Denkweisen manifestiert. Dieses Verständnis wurde in den letzten Jahrzehnten vor allem von der Ethnomathematik weiterentwickelt,

welche die Mathematik als ein Kodifikationssystem sieht, das es möglich macht, die Realität zu beschreiben, zu verstehen und zu bewältigen. Diese Perspektive wurde auch von empirischen Studien in verschiedenen Kulturen untermauert. Die Analysen der Ethnomathematiker zeigen, dass Zivilisationen während ihrer Entwicklung eine Kultur des formalen Denkens erschaffen, um deren spezifische Probleme und Herausforderungen zu bewältigen (Prediger, 2001, S. 125-126).

Die Idee, Mathematik als ein eigenständiges kulturelles Orientierungssystem zu betrachten, wird auch in der mathematikdidaktischen und -philosophischen Literatur von anderen vertreten. Hersh erklärt, dass Mathematik eine von Menschen ausgeübte Aktivität verkörpert und daher eng mit der menschlichen Geschichte und Kultur verbunden ist. Demnach sollte sie als ein kulturelles, historisches und soziales Phänomen betrachtet werden. Mathematische Objekte, Methoden und Begriffe entstehen als Reaktionen auf bestimmte Problemstellungen innerhalb eines spezifischen kulturellen Kontextes. Nachdem Mathematiker diese Objekte entwickelt haben, sind diese im kollektiven Bewusstsein der mathematischen Gemeinschaft verankert und entfalten dort eine gewisse Eigenständigkeit, wodurch sie anschließend eine soziale Realität erlangen (Hersh, 1997, S. 11). Daher sollte die Mathematik laut Asselborn (1998) als eine Wissenschaft angesehen werden, die historisch und kulturell gewachsen ist und auf Kreativität beruht:

„Mathematische Begriffe und Methoden entwickelten sich historisch an Fragestellungen und Problemen, die auch an gesellschaftliche und praktische Bedingungen gebunden sind. Mathematik ist also kein abgeschlossener Wissenskanon. Sie ist lebendiges und phantasievolles Handeln, das auf menschlicher Kreativität beruht. Dieses greift zurück auf den Wunsch nach ästhetischer Darstellung, auf das freie Spiel, aber auch auf den Willen zu Diskurs und Begründung.“ (Asselborn, 1998)

Hierbei wird vor allem der niemals endende menschliche Einfluss auf die Mathematik deutlich und dass sie als Produkt von Denktätigkeiten und den daraus resultierenden Handlungen gesehen werden kann, mit dem Ziel, im Alltag auftretende Probleme zu lösen. Wie auch der Kulturbegriff ist die Mathematik also ein Prozess, der durch das Erleben und Handeln von Menschen verändert wird, wodurch die Auffassung von Mathematik als Kultur besonders sichtbar wird.

In weiterer Folge soll Mathematik als interkulturelles Lernen betrachtet werden, wobei die Schülerinnen und Schüler der Mathematik wie einer fremden Kultur begegnen. Dies bedeutet, dass sie Informationen darüber sammeln, teilweise in sie eintauchen und sich bemühen, deren Denksowie Verhaltensweisen zu übernehmen. Um die Kultur der Mathematik besser zu verstehen und sich darin zurechtzufinden, sollten die Lernenden diese selbst aktiv erleben, sich damit vertraut machen und in bestimmten Bereichen ein Gefühl der Sicherheit entwickeln. Ebenso unerlässlich ist es, ein implizites Verständnis für die entsprechenden Regeln, Werte und Methoden zu erlangen (Prediger, 2001, S. 129-130).

Im Sinne der Definition des interkulturellen Lernens als kulturelle Überschneidungssituation ist auch das Lernen von Mathematik untrennbar mit der alltäglichen Denkweise der Schülerinnen und Schüler verbunden, da sie ihre alltagsweltlichen Erkenntnisse und Prägungen beim Erwerb mathematischer Konzepte einbringen. Daraus entwickelt sich eine Überschneidung zwischen der mathematischen Kultur und der Alltagskultur, die sowohl Möglichkeiten als auch Herausforderungen bietet und daher besondere Anerkennung finden muss (Schroeder, 2000, S. 454-455). Je stärker individuelle Aktivitäten bezüglich der fremden Kultur und ihrer Anhänger gefördert werden, desto höher ist die Motivation der Teilnehmenden, etwas Neues zu lernen, und desto intensiver können ihre Erfahrungen wahrgenommen werden. Da interkulturelles Lernen auf verschiedenen Ebenen - Wissen, Verhalten und Einstellungen – stattfindet, ist eine Schaffung vielfältiger interkultureller Begegnungsmöglichkeiten, die eine aktive Auseinandersetzung mit der unbekannten Kultur fördern, unabdingbar. Ebenso ist es essenziell, dass die Lehrkräfte die Schülerinnen und Schüler dazu anregen, neugierig und offen zu sein, damit sie die Erfahrungen bewusst wahrnehmen und sich damit auseinandersetzen können (Prediger, 2001, S. 134).

Das Konzept des Mathematiklernens als interkulturelles Lernen erweist sich nicht nur auf normativer Ebene als fruchtbar, sondern bietet auch auf methodischer Ebene wertvolle Ansätze. Durch die Verbindung zum interkulturellen Lernen lassen sich hilfreiche methodisch-didaktische Prinzipien ableiten, wobei jedoch laut Prediger die konstruktive Ebene noch weiter ausgearbeitet werden muss. Es gilt, konkrete Unterrichtskonzepte zu entwerfen und zu evaluieren, die den formulierten Zielen und Ideen entsprechen. Im Rahmen einer didaktischen Analyse sollte dabei das Besondere am mathematischen Zugang zur Welt deutlicher herausgearbeitet werden. Zudem sollten mathematische Begriffe und Denkweisen im Vergleich zu alltäglichen Denkweisen hinsichtlich ihrer Gemeinsamkeiten und Unterschiede intensiver untersucht werden (Prediger, 2001, S. 141).

4 Gesetzliche Rahmenbedingungen

Lehrpläne dienen traditionell als Rahmen für den Unterricht und sind ein zentrales Werkzeug für Lehrkräfte. Sie bilden die Basis für die Planung, Gestaltung und Weiterentwicklung von Unterricht. Gleichzeitig geben sie Schülerinnen und Schülern sowie ihren Erziehungsberechtigten eine klare Orientierung in Bezug auf die angestrebten Lernziele. Darüber hinaus sind Lehrpläne die Grundlage für die Erstellung von Lehrmaterialien wie Schulbüchern und Unterrichtsmaterialien sowie für die Aus-, Fort- und Weiterbildung von Lehrkräften. Der österreichische Lehrplan lässt sich grob in zwei Hauptteile gliedern: einen allgemeinen Teil und einen fachspezifischen Teil. Der allgemeine Teil definiert die übergeordneten Ziele von Schule und Unterricht, gibt den Rahmen vor, in dem das Lehren und Lernen stattfinden soll, und beschreibt, wie der Zugang zum kompetenzorientierten Lehren und Lernen gestaltet werden soll. Aus diesem Grund ist der allgemeine Teil genauso wichtig wie die spezifischen Fachlehrpläne. Die Fachlehrpläne für die verschiedenen Unterrichtsfächer

folgen einer standardisierten Struktur und sind inhaltlich aufeinander abgestimmt, was den Übergang von der Primarstufe zur Sekundarstufe I erleichtert. Sie umfassen die jeweilige Bildungs- und Lehraufgabe, didaktische Prinzipien, zentrale fachliche Konzepte, fachspezifische Kompetenzmodelle samt Kompetenzbereichen, Kompetenzbeschreibungen, Anwendungsfeldern und den Lehrstoff (BMBWF, 2024). Wenn Lehrerinnen und Lehrer also ihren Unterricht planen und dafür in der Folge Unterrichtsmaterial erstellen, so muss dies unter Berücksichtigung des österreichischen Lehrplans erfolgen. Daher stellt dieser für das Kernstück der vorliegenden Arbeit, nämlich die Erstellung fächerübergreifenden Unterrichtsmaterials, eine unerlässliche Rahmenbedingung dar. Da der Fokus auf allgemeinbildende höhere Schulen gelegt wird, sollen im weiteren Verlauf Leitgedanken und Schwerpunkte dieses Schultyps angeführt werden.

4.1 Lehrplan AHS allgemein

„Bildung ist mehr als die Summe des Wissens, das in den einzelnen Unterrichtsgegenständen erworben werden kann.“ (RIS, 2023, S. 4)

Dass dem fächerübergreifenden Unterricht ein hoher Stellenwert im österreichischen Lehrplan zugeschrieben wird, wird insofern deutlich, als dass bereits zu Beginn von einer „Differenzierung zwischen fachlichen, fächerübergreifenden und überfachlichen Kompetenzen entlang übergreifender Themen“ (RIS, 2023, S. 2) gesprochen wird. Übergreifende Themen beziehen sich auf wichtige gesellschaftliche Aspekte, die in den verschiedenen Unterrichtsgegenständen verbindlich aufgegriffen und behandelt werden sollen. Jedoch existieren gesetzlich gesehen keine verbindlichen Verknüpfungen zwischen den übergreifenden Themen und den Fachlehrplänen. Die im Unterricht ausgeführten übergreifenden Themen sollen lediglich den geltenden „Unterrichtsprinzipien“ folgen und inhaltlich mit den Grundsatzerlässen, die sowohl für Unter- als auch Oberstufe gelten, abgestimmt werden. Unter anderem stellt eines dieser Unterrichtsprinzipien das interkulturelle Lernen dar. Damit verbunden sind auch die Ziele der Allgemeinbildung, welche in fünf Bildungsbereiche gegliedert sind und eine Basis für den fächerübergreifenden und -verbindenden Unterricht bilden. Im Sinne der vorliegenden Arbeit ist hier vor allem der Bildungsbereich Natur und Technik hervorzuheben (RIS, 2023, S. 2-5):

„Die Natur als Grundlage des menschlichen Lebens tritt in vielfältiger, auch technisch veränderter Gestalt in Erscheinung. Die Kenntnisse über die Wirkungszusammenhänge der Natur sind als Voraussetzung für einen bewussten Umgang und die Nutzung mit Hilfe der modernen Technik darzustellen. Verständnis für Phänomene, Fragen und Problemstellungen aus den Bereichen Mathematik, Naturwissenschaft und Technik bilden die Grundlage für die Orientierung in der modernen, von Technologien geprägten Gesellschaft. Der Unterricht hat daher grundlegendes Wissen, Entscheidungsfähigkeit und Handlungskompetenz zu

vermitteln. Die Schülerinnen und Schüler sind zu befähigen, sich mit Wertvorstellungen und ethischen Fragen im Zusammenhang mit Natur und Technik sowie Mensch und Umwelt auseinander zu setzen. Als für die Analyse und Lösung von Problemen wesentliche Voraussetzungen sind Formalisierung, Modellbildung, Abstraktions- und Raumvorstellungsvermögen zu vermitteln.“ (RIS, 2023, S. 5)

4.1.1 Kompetenzorientierung

Im Sinne der Kompetenzorientierung muss an dieser Stelle die Unterscheidung zwischen fachlichen, überfachlichen sowie fächerübergreifenden Kompetenzen erwähnt werden.

Fachliche Kompetenzen: Unter fachlichen Kompetenzen werden jene verstanden, die eng mit dem jeweiligen Unterrichtsgegenstand verbunden sind, wobei auf diese später noch genauer eingegangen werden soll.

Überfachliche Kompetenzen: Die überfachlichen Kompetenzen umfassen insbesondere die Fähigkeit zur Selbstreflexion, Motivation und Selbstvertrauen, lernmethodische Kompetenzen sowie soziale Fertigkeiten.

Fächerübergreifende Kompetenzen: Zu den fächerübergreifenden Kompetenzen gehören jene Fertigkeiten, die durch die Auseinandersetzung mit themenübergreifenden Inhalten erworben werden sollen. Insgesamt werden im österreichischen Lehrplan der AHS 13 übergreifende Themen genannt, wobei hier auch die interkulturelle Bildung Eingang findet (RIS, 2023, S. 6).

„Mit der Verankerung der übergreifenden Themen in den Fachlehrplänen werden die fächerübergreifende Kompetenzentwicklung sowie das vernetzte Lernen der Schülerinnen und Schüler über die fachspezifischen Grenzen hinaus unterstützt und mit gesellschaftlich relevanten aktuellen Themen verbunden.“ (RIS, 2023, S. 10)

Die nachfolgend beschriebenen dreizehn themenübergreifenden Schwerpunkte wurden gemäß ihrer Relevanz und ihrer Bedeutung für die zukünftige Lebensrealität von Lernenden ausgewählt. Kompetenzen bezüglich gesellschaftlich bedeutender Themen können gezielt entwickelt werden, wenn Lehrkräfte bewusst interdisziplinäre und fächerübergreifende Ansätze im Unterricht einsetzen. Aufgrund dessen wird es den Lernenden ermöglicht, die Wechselwirkungen und Zusammenhänge zwischen sozialen Phänomenen besser zu begreifen.

Im Lernprozess soll eine Vermittlung von Wissen, Einstellungen, Werten und Fähigkeiten erfolgen, die junge Menschen dazu befähigt, einen aktiven Beitrag zur Bewältigung ökonomischer, ökologischer und gesellschaftlicher Herausforderungen auf globaler wie lokaler Ebene zu leisten. In den Lehrplänen der einzelnen Fächer werden an unterschiedlichen Stellen Verbindungen zu den

themenübergreifenden Schwerpunkten hergestellt. In den didaktischen Grundsätzen der Fachlehrpläne werden jene Themen angeführt, die sich für eine Umsetzung im Unterricht besonders gut eignen und sich vor allem in den Anwendungsfeldern oder Kompetenzbeschreibungen widerspiegeln. Des Weiteren kann durch die Gestaltung der Fachlehrpläne jedes der fächerübergreifenden Themen schulautonom und flexibel in den jeweiligen Anwendungsbereichen und Kompetenzbeschreibungen im Unterricht aufgegriffen werden. Für das Schulfach Mathematik wird auf folgende übergreifende Themen Bezug genommen: Entrepreneurship Education, Informatische Bildung, Interkulturelle Bildung, Medienbildung, Politische Bildung, Reflexive Geschlechterpädagogik und Gleichstellung, Sprachliche Bildung und Lesen, Umweltbildung für nachhaltige Entwicklung, Verkehrs- und Mobilitätsbildung, Wirtschafts-, Finanz- und Verbraucherinnen- sowie Verbraucherbildung (RIS, 2023, S. 10-11).

„Ein wesentlicher Anspruch dieses Lehrplans ist, dass Lehrerinnen und Lehrer die fächerübergreifende Kompetenzentwicklung sowie das vernetzte Lernen der Schülerinnen und Schüler über die fachspezifischen Grenzen hinaus unterstützen. Um dazu am Schulstandort die bestmöglichen Voraussetzungen zu schaffen, sind bei der Erschließung, Interpretation und konkreten Realisierung des Lehrplans, neben den in anderen gesetzlichen Grundlagen festgelegten Rahmenbedingungen, auch standortspezifische Faktoren mitzudenken.“ (RIS, 2023, S. 20)

Um einen Unterricht zu themenübergreifenden Inhalten erfolgreich zu planen und umzusetzen, ist es notwendig, dass zwischen den Lehrkräften einer Schule oder Klasse eine gezielte Abstimmung erfolgt. Im Idealfall erfolgt eine vorausschauende Stundenplanung bezüglich sinnvoller Schwerpunktsetzungen über die kommenden Schulstufen hinweg. Die Darstellung der übergreifenden Themen im Lehrplan liegt einer einheitlichen Gliederung zugrunde: Nachdem die gesellschaftliche Relevanz des entsprechenden Themas erläutert wird, erfolgt eine Auflistung der angestrebten Kompetenzziele, welche die Lernenden bis zum Abschluss der Sekundarstufe I erwerben sollen. Abschließend werden jene Unterrichtsinhalte genannt, die in den Lehrplänen der einzelnen Fächer auf die jeweiligen Schwerpunkte verweisen. Die Lehrpläne der Sekundarstufe II enthalten keine optionalen oder verbindlichen Verweise auf die themenübergreifenden Inhalte. Trotzdem soll sich in der Oberstufe an den Ausführungen zu den übergreifenden Themen im Sinne eines fächerverbindenden und interdisziplinären Unterrichts orientiert werden (RIS, 2023, S. 20). Die Bedeutung und die Kompetenzziele des übergreifenden Themas der interkulturellen Bildung werden im Lehrplan der AHS wie folgt erläutert: Durch interkulturelle Bildung werden die Schülerinnen und Schüler befähigt, mit Vielfalt in der Gesellschaft umzugehen und sich der Menschenrechte sowie demokratischer Werte bewusst zu werden. Außerdem werden Solidarität, Toleranz sowie ein respektvolles Klassen- und Schulklima positiv beeinflusst. Interkulturelle Bildung ist für die

Entwicklung der Persönlichkeit unerlässlich, fördert interkulturelle Kompetenzen, macht die Vielfalt von Lebensentwürfen sowie Kulturen sichtbar und zeigt deren Nutzen auf. Gegen Ende der Unterstufe sollen die Lernenden unterschiedliche Biografien und Lebensentwürfe als schulische sowie gesellschaftliche Normalität ansehen und angemessen damit umgehen. Sie sollen fähig sein, ihr eigenes Leben zu reflektieren und in ihr Handeln sowie Denken einzubringen. Außerdem sollen die Schülerinnen und Schüler eine wertschätzende, kritische Haltung bezüglich Zivilcourage einnehmen sowie eine konstruktive Konfliktkultur entwickeln. Klischees und Stereotype sollen hinterfragt werden, um bewusst dagegen vorzugehen. Des Weiteren sollen junge Menschen Entwicklungen in einer migrationsgeprägten Gesellschaft aus verschiedenen Blickwinkeln betrachten, sich eigene Meinungen bilden und diese angemessen vertreten können (RIS, 2023, S. 14-15).

4.2 Lehrplan Spanisch

Da das Kernthema der vorliegenden Arbeit fächerübergreifender Unterricht der beiden Schulfächer Mathematik und Spanisch ist, erweist es sich als sinnvoll, sich die fächerspezifischen Lehrpläne eben dieser Materien näher anzusehen. Bereits zu Beginn des Lehrplans der ersten beziehungsweise zweiten lebenden Fremdsprache wird Bezug auf den Kulturbegriff und Interkulturalität genommen:

„Fremdsprachenkenntnisse ermöglichen einen Zugang zu und den Austausch von Wissen, Erfahrungen und Informationen über Kulturen und Ideen, die in der Erstsprache nicht verfügbar sind, die Auseinandersetzung mit inter- und transkulturellen Themen und die Teilhabe an demokratischen Prozessen. Das bewusste Aufgreifen solcher Themen ist in einer globalisierten, mehrsprachig geprägten Welt die Aufgabe von Schule und Gesellschaft. Dies soll zu einer verstärkten Sensibilisierung der Lernenden für kulturelle Gemeinsamkeiten und Unterschiede führen und ihr Verständnis für die Vielfalt von Kulturen, Ideen und Lebensweisen vertiefen. Durch den Fremdsprachenunterricht soll ein Bewusstsein für die Bedeutung von Mehrsprachigkeit und Interkulturalität geschaffen werden.“ (RIS, 2023, S. 63)

Ein bedeutender didaktischer Grundsatz ist, dass sich mit trans- und interkulturellen Aspekten dem Alter und dem Kompetenzniveau entsprechend angepasst befasst wird. Landeskundliche und kulturelle Inhalte werden mit kommunikativen Situationen in der Zielsprache verbunden, handlungsorientiert erarbeitet und bewusstseinsbildend genutzt. Dies erfolgt beispielsweise durch kreative und spielerische Methoden, den Einsatz von Liedern, Gedichten, Comics, Kurztexten, Filmausschnitten, Nachrichten und aktuellen Ereignissen aus den Ländern der Zielsprache mithilfe diverser Internetquellen. Ein zentraler fachlicher Aspekt stellt die Verknüpfung von Sprache, Gesellschaft und Kultur dar. Sprache gilt als beziehungsgestaltendes Mittel, durch welches eine

Einbettung des eigenen Lebensumfelds in kulturelle und gesellschaftliche Kontexte ermöglicht wird. Auch das Erschließen anderer Sichtweisen wird durch trans- und interkulturelle Kommunikation gefördert. Des Weiteren begünstigt Sprache die kritische Reflexion von Einstellungen und fördert einen toleranten, offenen und respektvollen Umgang mit diversen Kulturen (RIS, 2023, S. 63). In den didaktischen Grundsätzen der ersten beziehungsweise zweiten lebenden Fremdsprache werden „fächerübergreifende Aktivitäten“ erwähnt. Dies bedeutet so viel, als dass die grundlegenden Merkmale von Kommunikation und Sprache in Zusammenarbeit mit anderen fremdsprachlichen Unterrichtsgegenständen sowie dem Fach Deutsch genutzt werden. Des Weiteren sollten, im Rahmen des Möglichen, auch Kooperationen mit allen anderen Unterrichtsfächern erfolgen, um inter- und transkulturelle, landeskundliche, geschichtliche, sprachvergleichende sowie soziologische Aspekte einzubeziehen (RIS, 2023, S. 168). Außerdem wird die Relevanz des Lernens über Länder und Kulturen hervorgehoben:

„Durch Einblicke in Gesellschaft, Zivilisation, Politik, Medien, Wirtschaft, Kultur und Kunst der betreffenden Sprachräume soll ein grundlegendes inter- und transkulturelles Verständnis geschaffen werden.“ (RIS, 2023, S. 168)

Dazu können im Fremdsprachenunterricht gelegentlich Materialien bearbeitet werden, welche eine kritische Auseinandersetzung mit sozial- humanen, naturwissenschaftlichen, wirtschaftsbezogenen und technologischen Entwicklungen möglich machen. Insgesamt soll im Schulfach Spanisch also das Verständnis für andere Lebensweisen und Kulturen vertieft werden, damit die Schülerinnen und Schüler für die sprachliche und kulturelle Vielfalt auf der Welt sensibilisiert werden (RIS, 2023, S. 167).

4.3 Lehrplan Mathematik

Da der fächerübergreifende Unterricht im Schulfach Mathematik stattfinden soll, ist es essenziell, sich des Lehrplans sowie dessen Kompetenzmodellen und -bereichen sowie didaktischer Grundsätze bewusst zu werden. Ein zentraler Aspekt des Mathematikunterrichts in der Sekundarstufe stellen die drei sogenannten Grunderfahrungen nach Heinrich Winter (1995) dar, die wie folgt lauten:

- (1) Erscheinungen der Welt um uns, die uns alle angehen oder angehen sollten. aus Natur, Gesellschaft und Kultur, in einer spezifischen Art wahrzunehmen und zu verstehen,*
- (2) mathematische Gegenstände und Sachverhalte, repräsentiert in Sprache, Symbolen, Bildern und Formeln, als geistige Schöpfungen, als eine deduktiv geordnete Welt eigener Art kennen zu lernen und zu begreifen,*

(3) in der Auseinandersetzung mit Aufgaben Problemlösefähigkeiten, die über die Mathematik hinausgehen, (heuristische Fähigkeiten) zu erwerben. (Winter, 1995, S. 37)

Ziel des Mathematikunterrichts ist es laut Winter, die eben genannten Grunderfahrungen, die eng miteinander verbunden sind, zu ermöglichen. Der Begriff „Erfahrung“ betont hierbei, dass der mathematische Lernprozess weit mehr umfasst als das Aufnehmen und Abspeichern von Informationen – Mathematik soll bewusst erlebt und eventuell auch als Herausforderung wahrgenommen werden (Winter, 1995, S. 38).

Mathematik wird in (1) als vielseitige und nützliche Disziplin beschrieben, die jedoch erst dann an Bedeutung für die Allgemeinbildung gewinnt, wenn durch ihre Anwendungen im realen Leben deutlich gemacht wird, wie mathematische Modellierung funktioniert und wie dadurch Aufklärung zustande kommt. Denn Aufklärung stellt einen zentralen Bestandteil von Bürgerpflichten und -rechten dar. Essenziell ist hierbei der Bezug zum alltäglichen Leben und der Modellcharakter, denn ohne diesen hat selbst lebensnahes Rechnen keinen allgemeinbildenden Zweck. Bestandteile der Allgemeinbildung sind beschreibende Modelle physischer Phänomene, welche die Mathematik in Naturwissenschaften und Technik veranschaulichen, lebensrelevant und historisch von Bedeutung sind. Für derartige Modelle ist die Aneignung von Kenntnissen in Algebra, Arithmetik, Stochastik, Geometrie und Analysis notwendig. Essenziell für die Allgemeinbildung sind außerdem Grundvorstellungen über elementare Funktionen sowie das Kennen und Anwenden zugehöriger Vorgehensweisen. Ein zentraler Aspekt der mathematischen Erfahrung der Welt ist die Geometrie und deren Elemente sowie die Kenntnis über den Zusammenhang zwischen Architektur und Kunst. In der gesamten Schulzeit soll die Raumvorstellung der Schülerinnen und Schüler gefördert werden, die alle drei Grunderfahrungen betrifft, wobei das Konzept der Symmetrie eine wesentliche Rolle spielt. Denn Symmetrien außerhalb und innerhalb der Mathematik zu entdecken, bedeutet, dass nicht alle denkbaren Erscheinungen verwirklicht werden können, was essenziell für die Allgemeinbildung ist.

Mit Punkt (2) wird auf die innere mathematische Welt Bezug genommen. Jeder Schüler und jede Schülerin sollte die Erfahrung machen, dass Menschen in der Lage sind, Begriffe zu konstruieren und aus diesen vielfältige Strukturen zu schaffen. Anders ausgedrückt: Es soll erlebt werden, dass systematische und präzise Wissenschaft realisierbar ist.

Punkt (3) bezieht sich auf die Mathematik als Schule des Denkens. Damit ist gemeint, dass das systematische und präzise Denken innerhalb der Mathematik auch auf Lebensbereiche außerhalb der Mathematik übertragbar ist. Jedoch erfolgt dieser Transfer nicht von selbst, sondern obliegt einer Förderung durch gezielt didaktische Maßnahmen. Essenziell ist, dass Problemlösefähigkeiten entwickelt sowie heuristische Strategien und mentale Techniken bewusst genutzt werden. Eine zentrale Rolle spielt hierbei die Reflexion über das eigene Handeln und Denken, da so Lösungswege

bewertet, Fehler analysiert und ein tieferes mathematisches Verständnis gewonnen werden kann. Bewusst gemacht werden muss sich auch über die Fehlbarkeit des menschlichen Handelns und dass eventuelle Irrtümer in der Mathematik nicht nur objektiv kritisierbar sind, sondern auch produktiv genutzt werden können, wie in einigen Beispielen aus der Mathematikgeschichte ersichtlich ist. Besonders wichtig ist die Reflexion des eigenen Handelns bei der Modellierung außermathematischer Phänomene. Hier gilt es nämlich zu überprüfen, inwiefern und aus welchen Gründen sich ein Modell eignet und welche Alternativen in Frage kommen. Ebenso essenziell ist es, sich über die potenziellen Effekte von Modellen, sei es in Gesellschaft, Wirtschaft oder Wissenschaft, bewusst zu werden. Denn mathematische Modelle sind, unbewusst oder bewusst, immer in die Welt eingebunden und können neben Nutzen auch Risiken nach sich ziehen (Winter, 1995, S. 38-42).

4.3.1 Kompetenzbereiche

Im zugrunde liegenden Kompetenzmodell werden die inhaltlichen Kompetenzbereiche, welche in diesem Abschnitt näher beschrieben werden, mit den nachstehenden Prozessen kombiniert (RIS, 2023, S. 76-77):

Modellieren und Problemlösen:

Modellieren beschreibt das Bearbeiten von Aufgaben aus außermathematischen Kontexten mithilfe der Mathematik. Dabei werden einerseits beschreibende Modelle, vor allem für schon vorhandene nicht-mathematische Aufgaben, verwendet. Andererseits kommen auch normative Modelle, insbesondere für die Entwicklung neuer Sachverhalte, zum Einsatz. Ergänzend dazu bezieht sich Problemlösen auf die Bearbeitung innermathematischer Aufgaben, die für die Lernenden nicht alltäglich sind und zu denen ihnen folglich noch kein adäquates Lösungsverfahren bekannt ist.

Operieren (Rechnen und Konstruieren):

Operieren bezieht sich auf das Durchführen von Konstruktions- oder Rechenprozessen und setzt sich aus dem Rechnen und Konstruieren zusammen. Rechnen beschreibt das Ausführen von Rechenoperationen, wobei sowohl mit konkreten Zahlen gearbeitet wird als auch algebraische Ausdrücke umgeformt sowie Gleichungen gelöst werden. Unter Konstruieren wird das Erstellen geometrischer Objekte bestimmten Regeln folgend verstanden.

Darstellen und Interpretieren:

Darstellen umfasst das verbale, tabellarische, grafische oder algebraische Beschreiben außer- und innermathematischer Sachverhalte sowie das Wechseln zwischen den eben genannten Darstellungsarten. Interpretieren bedeutet, dass Informationen aus grafischen, algebraischen, verbalen oder tabellarischen Darstellungen entnommen und im jeweiligen Kontext gedeutet werden.

Vermuten und Begründen:

Vermuten beschreibt das Formulieren von Hypothesen, welche durch Beobachtungen entstehen, und gilt oft als Beginn des Begründungsprozesses. Unter Begründen wird verstanden, dass

Argumente angeführt oder Argumentationsketten erstellt werden, um Behauptungen beziehungsweise Hypothesen zu widerlegen oder zu bestätigen.

Sind die Lernenden fähig, diese Handlungen zusammen mit den zentralen fachlichen Konzepten durchzuführen, so zeigt sich dadurch deren mathematische Kompetenz (RIS, 2023, S. 77).

4.3.2 Zentrale fachliche Konzepte

Vier zentrale inhaltliche Kompetenzbereiche bilden die Basis für den Mathematikunterricht in der Unterstufe: Zahlen und Maße, Figuren und Körper, Daten und Zufall, Variablen und Funktionen. Da für die im Sinne dieser Masterarbeit erstellten Arbeitsblätter der Fokus auf die ersten drei zentralen fachlichen Konzepte gelegt wird, soll nur auf diese Bereiche näher eingegangen werden.

Zahlen und Maße stellen Mittel dar, um die Charakteristika realer Phänomene und Objekte durch Messen oder Zählen quantitativ erfassbar und für Berechnungen brauchbar zu machen. Auf Basis der in der Primarstufe erlebten Erfahrungen sollen grundlegende Fähigkeiten und Konzepte im Bereich der natürlichen Zahlen vertieft werden. Anschließend werden diese schrittweise erweitert, indem zuerst die nichtnegativen Dezimal- und Bruchzahlen, danach die ganzen, rationalen und schlussendlich die reellen Zahlen kennengelernt werden. Durch diese Zahlbereichserweiterungen erfolgt eine Verbindung realitätsbezogener Anschauungen mit innermathematischen Arbeits- und Denkweisen. **Figuren und Körper** gelten als idealisierte Darstellungen realer Objekte, die durch Zeichnungen dargestellt und deren Zusammenhänge, Eigenschaften sowie Lagebeziehungen analysiert und beschrieben werden. Im Mathematikunterricht finden eine gezielte Weiterentwicklung und Festigung des räumlichen Vorstellungsvermögens statt. Außerdem arbeiten Schülerinnen und Schüler mit Winkel-, Volumen-, Flächen- und Längenbeziehungen, indem diese untersucht, begründet und anschließend für Berechnungen herangezogen werden. Dabei findet eine geometrische Darstellung arithmetischer Zusammenhänge statt, während es gleichzeitig zu einer arithmetischen Interpretation geometrischer Darstellungen kommt. **Daten und Zufall** werden im Informationszeitalter der heutigen Gesellschaft immer bedeutender. Vor allem Diagramme und Kenngrößen können als Unterstützung und Orientierung bei Entscheidungen in der beschreibenden Statistik dienen. Als Basis für die Bewertung und Messung von Sicherheit kann der Wahrscheinlichkeitsbegriff herangezogen werden (RIS, 2023, S. 77).

4.3.3 Didaktische Grundsätze

Da die Struktur der Mathematik aufbauend ist, ist eine Festigung und Wiederholung des Vorwissens aus vorangegangenen Schulstufen essenziell, da nur so Lerninhalte langfristig gesichert werden können. Eine wesentliche Bedeutung kommt hierbei dem Spiralprinzip zu: Auf verschiedenen

Entwicklungs- und Schulstufen wird immer wieder auf Lerninhalte eingegangen, mit welchen sich die Schülerinnen und Schüler immer intensiver auseinandersetzen. Um mathematisches Verständnis zu entwickeln, sind altersadäquate Plausibilitätserklärungen, formale Argumentationen sowie präformale Begründungen von großer Wichtigkeit. Der Sinn des Argumentierens ist keine bloße Feststellung der Korrektheit oder Falschheit einer mathematischen Aussage, sondern es geht vor allem darum, die Gründe dafür nachvollziehbar und verständlich erklären zu können (RIS, 2023, S. 77). Wichtig zu erwähnen ist auch, dass laut den didaktischen Grundsätzen der fünften bis achten Klasse ein fächerübergreifender Unterricht anzustreben ist:

„Anwendungsorientierte Kontexte verdeutlichen die Nützlichkeit der Mathematik in verschiedenen Lebensbereichen und motivieren so dazu, neues Wissen und neue Fähigkeiten zu erwerben. Vernetzungen der Inhalte durch geeigneten fächerübergreifenden Unterricht ist anzustreben.“ (RIS, 2023, S. 205)

So sollen die Lernenden insbesondere bei praxis- und realitätsnahen Aufgaben die Sinnhaftigkeit der Mathematik begreifen und motiviert werden, zusätzliche Erkenntnisse zu entwickeln und weitere Fertigkeiten zu erwerben. Dabei soll fächerübergreifender Unterricht stattfinden, wobei die geringste Umsetzung durch das Aufgreifen mathematischer Anwendungen in ausgewählten Themenbereichen erfolgt, während die umfassendste Umsetzung eine kontinuierliche Einbindung praxisbezogener Aufgaben und Problemstellungen beinhaltet (RIS, 2023, S. 205). Der Mathematikunterricht eröffnet den Schülerinnen und Schülern, sowohl bei der Realisierung von Aufgaben aus innermathematischen als auch aus außermathematischen Kontexten eine Vielfalt an Lernprozessen. Wichtig dabei ist, dass die Mathematik nicht bloß als eine Ansammlung von vorgegebenen und fertigen Zusammenhängen, wie Formeln, gesehen wird. Sie soll als ein aktiver Prozess wahrgenommen werden, an dem die Schülerinnen und Schüler selbst teilhaben. Anstatt mathematisches Wissen und Zusammenhänge primär vorab zu lernen, werden diese mit Hilfe des genetischen Prinzips aus klaren Problemstellungen heraus konstruiert. Die Geschichte der Mathematik, insbesondere ihre historische Entwicklung und die Leistungen mathematischer Persönlichkeiten, tragen dazu bei, dass die Schülerinnen und Schüler die Mathematik nicht als statisch ansehen, sondern als eine Wissenschaft, die kontinuierlicher Weiterentwicklung unterliegt. Einerseits erleben sie die Mathematik als eine kulturelle Technik, die Menschen gemein haben, andererseits wird sie als zukunftsorientierte Schlüsseltechnologie wahrgenommen, die von zentraler Bedeutung für die Allgemeinheit ist (RIS, 2023, S. 78).

Im Mathematikunterricht ist auf eine ausgewogene Aufgabenkultur zu achten: Es erfolgt eine Bearbeitung sowohl komplexer als auch einfacher Sachverhalte, die unterschiedliche Ergebnisse beziehungsweise verschiedene Lösungswege zulassen. Hierbei sind sowohl das Ergebnis als auch der Lösungsprozess relevant. Ein Ziel des Mathematikunterrichts besteht darin, die aktive Beteiligung und Selbstständigkeit der Lernenden zu fördern, wobei Fehler als konstruktiv angesehen werden. Irren

sich Schülerinnen und Schüler während des Lernprozesses, so wird gemeinsam darüber reflektiert und die dadurch entstehende Lernchance effektiv genutzt. Wenn produktiv mit Fehlern umgegangen wird, trägt dies zur Schaffung eines positiven Lernklimas bei und begünstigt die Fortentwicklung mathematischer Kompetenzen. Die individuelle Förderung der Schülerinnen und Schüler stellt einen weiteren wichtigen didaktischen Grundsatz des Mathematikunterrichts dar. Die Lernenden sollen gemäß ihren Fähigkeiten, Begabungen, Bedürfnissen und Interessen durch Differenzierung und Individualisierung gezielt unterstützt werden. Diese Förderung kann durch verschiedene Unterrichtsformen umgesetzt werden, wozu Einzelarbeit, Partnerarbeit, Gruppenarbeit, entdeckendes Lernen oder projektorientierter Unterricht zählen. Auch durch den Technologieeinsatz im Unterricht kann dieser individuellen Unterstützung nachgegangen werden. Entscheidend dabei ist ein adäquates Verhältnis zwischen der Anleitung durch die Lehrkraft und der eigenständigen Wissenskonstruktion der Lernenden (RIS, 2023, S. 78).

5 Unterrichtsideen für einen fächerübergreifenden Unterricht Mathematik-Spanisch

All die bisher erwähnten mathematischen Entwicklungen der Maya stellen eine Quelle kulturellen Wissens dar, die mit Aufgaben, welche nach didaktischen Prinzipien erstellt wurden, verbunden werden soll. So wird die Möglichkeit geboten, sowohl arithmetische als auch geometrische Themen mit den Schülerinnen und Schülern zu erarbeiten beziehungsweise zu festigen. Daher sollen in diesem Kapitel eben solche Aktivitäten für den Mathematikunterricht vorgestellt werden, die einen Einblick in die hispanische Kultur- und Landeswissenschaft bieten und gleichzeitig verschiedene mathematische Kompetenzbereiche thematisieren. Die erstellten Arbeitsblätter werden im folgenden Abschnitt einerseits didaktisch-methodisch begründet, andererseits wird auch der Bezug zum österreichischen Lehrplan Eingang finden. Zuvor sollen aber noch die Rahmenbedingungen, in denen dieses Arbeitsmaterial durchgeführt werden kann, erläutert werden.

Alle Themen sowie mathematischen Kompetenzbereiche, auf denen die Übungsaufgaben basieren, sind Teil des Mathematik-Stoffes der Sekundarstufe I. Dies bedeutet einerseits, dass das erstellte Arbeitsmaterial als Einführungs-, Übungs- oder Festigungsmaterial bestimmter Themengebiete in den unteren Schulstufen verwendet werden kann. Andererseits kann es auch zur Wiederholung beziehungsweise Auffrischung bestimmter Stoffgebiete gegen Ende der Unterstufe oder in der Oberstufe verwendet werden. Angedacht ist der Einsatz dieses Arbeitsmaterials in der Oberstufe, da es im Sinne eines fächerübergreifenden Unterrichts Mathematik-Spanisch verwendet werden soll, und die meisten Bildungsanstalten das Schulfach Spanisch erst ab der Sekundarstufe II anbieten. Auch wenn eine Behandlung der in den Arbeitsblättern vorkommenden Inhalte zunächst etwas unpassend oder zu einfach für höhere Schulklassen erscheint, so ist ein dortiger Einsatz sehr wohl sinnvoll. Im Arbeitsmaterial werden Grundkompetenzen angesprochen, welche sowohl in der

Unterstufe von Bedeutung waren als auch in der weiteren mathematischen Schullaufbahn Grundwissen darstellen, auf das immer wieder zurückgegriffen werden muss. Besonders zu betonen sind hier Modellierungs- und Interpretationsaufgaben, welche eben dieses Wissen benötigen. Auch in der standardisierten Reifeprüfung spiegeln sich in den Arbeitsblättern vorkommende Kompetenzen wider, da Aufgaben zum Maßstab, zur Berechnung von Volumina oder zu Prozenten vorkommen. In diesem Sinne werden die Schülerinnen und Schüler durch die Durchführung dieses Materials auch auf die zentralisierte Reifeprüfung vorbereitet. Bei einer Anwendung der Arbeitsblätter in der Oberstufe kann zudem davon ausgegangen werden, dass Vorkenntnisse beziehungsweise Vorerfahrungen zu den einzelnen Themengebieten seitens der Lernenden vorhanden sind, da all diese Kompetenzbereiche bereits in den vorangegangenen Jahren im Mathematikunterricht aufgegriffen wurden. Welche Kompetenzen in welcher Schulstufe erlernt werden und in welchen Aufgaben diese hier bearbeitet werden, wird in den nachstehenden Fachkompetenztabellen aufgezeigt. Zum Schluss sollen an dieser Stelle noch die verschiedenen Möglichkeiten einer Durchführung dieses Arbeitspaketes erwähnt werden. Neben den Sozial- und Arbeitsformen der Einzel- und Gruppenarbeit, findet auch die Lehrer-Lernenden-Interaktion Eingang. Eine weitere Option ist, das gesamte Paket als Stationenbetrieb im Mathematikunterricht durchzuführen, wobei ein Arbeitsblatt als eine Station angesehen werden kann.

5.1 Beschreibung der Arbeitsblätter

Das erstellte Arbeitsmaterial verbindet mathematische Grundkompetenzen mit kulturellen und landeswissenschaftlichen hispanischen Themen und leistet somit seinen Beitrag zur Erfüllung der Lehrpläne im Sinne des fächerübergreifenden Unterrichts. Es soll das Verständnis für die Diversität von Lebensweisen und Kulturen sensibilisiert werden sowie die mathematische Perspektive auf die Welt verdeutlicht werden. Zusätzlich zur Beschreibung der einzelnen Arbeitsblätter befinden sich im anschließenden Kapitel (Kapitel 5.2) die dazugehörigen Fachkompetenztabellen inklusive einer Aufschlüsselung der inhaltlichen Kompetenzbereiche gemäß dem österreichischen AHS-Lehrplan. Das erstellte Arbeitsmaterial sowie die dazugehörigen Lösungen können im Anhang (11.1 und 11.2) eingesehen werden.

5.1.1 Arbeitsblatt 1: Das Reich der Maya

Im ersten Arbeitsblatt soll die Hochkultur der Maya vorgestellt werden, indem auf deren Siedlungsraum und die dort zu findenden, vom Maya-Volk erschaffenen Sehenswürdigkeiten eingegangen wird. In diesem Kontext sollen die Schülerinnen und Schüler die Fertigkeiten des Flächenmessens und -abschätzens, der Maßstabs- und Prozentrechnung sowie der Zeit-Geschwindigkeitsberechnung erwerben beziehungsweise festigen. Dabei wird auf die in Kapitel 3.1 erwähnten Schlüsselprobleme der Menschheit Bezug genommen, wie vor allem in der ersten

Aufgabe dieses Arbeitsblattes deutlich wird. Hier müssen die Schülerinnen und Schüler zuerst eine Lösung entwickeln, um den Flächeninhalt des Maya-Reichs abzuschätzen beziehungsweise abzumessen. Auch eine Vernetzung zum Fach Geografie wird hergestellt, da die Lernenden das Wissen über den Flächeninhalt Österreichs benötigen, um die zwei Flächeninhalte zu vergleichen. Eine Verbindung zur Geografie und Kartografie wird auch in der Aufgabe 2b) hergestellt, in der die Lernenden zuerst bekannte Sehenswürdigkeiten auf der Halbinsel Yucatán suchen und diese dann auf der Karte einzeichnen müssen. Dadurch soll einerseits durch selbstständiges Forschen das Interesse an der Maya-Kultur und an fremden Orten geweckt werden, andererseits sollen die Schülerinnen und Schüler durch das Einzeichnen der Sehenswürdigkeiten in die Karte das Abschätzen von Entfernungen lernen und anwenden. Außerdem soll diese Aufgabe abseits der mathematischen Fragestellungen als Auflockerung des Unterrichts dienen, ebenso wie die Aufgabe 2c). Hier wird zudem noch die Schlüsselkompetenz des differenzierten Denkens und des Umweltbewusstseins angesprochen, da die Schülerinnen und Schüler dazu angeregt werden sollen, sich eigenständig mit den Perspektiven und dem Wissen aus verschiedenen Fächern sowie ihren Erfahrungen, eine Meinung zu bilden und diese zu begründen. Denn der *Tren Maya* stellt ein umstrittenes Riesenprojekt dar, welches kritisch betrachtet werden sollte. Dies ist auch im Sinne des AHS-Lernplans, da durch diesen Lernprozess den dort erwähnten fächerübergreifenden Kompetenzen nachgegangen wird (siehe Kapitel 4.1.1).

An dieser Stelle sollen auch die globalen Nachhaltigkeitsziele (SDGs) erwähnt werden, die darauf abzielen, Wissen, Kompetenzen, Werte und Einstellungen zu vermitteln, mit dem Ziel, junge Menschen zu befähigen, aktiv auf lokale und globale gesellschaftliche, wirtschaftliche und ökologische Herausforderungen zu reagieren (SDGs, 2025). Besonders wichtig sind dabei fächerübergreifende Verknüpfungen, da sie helfen, ökologische, ökonomische und soziale Aspekte gemeinsam zu betrachten und somit das Bewusstsein für die Komplexität globaler Probleme schärfen sowie kritisches, systemisches sowie zukunftsorientiertes Denken und Handeln fördern. In den Aufgaben 2a) und 2d) müssen die Lernenden zur Berechnung der Geschwindigkeit des Maya-Zuges eine Vernetzung zum Schulfach Physik herstellen und ihr Ergebnis begründen. Durch diese Aufgaben soll den Jugendlichen klar werden, dass Mathematik nicht nur im schulischen Bereich angewandt wird, sondern auch in außermathematischen Kontexten zu verwenden ist, da Geschwindigkeit, Zeit und Weg ein alltägliche Themen darstellen. Es wird folglich eine Verbindung zwischen der Mathematik, anderen Schulfächern und der Alltagswelt der Jugendlichen hergestellt (siehe Kapitel 3.2). In der ersten Aufgabe findet besonders der Prozess des Modellierens und Problemlösens Eingang, während in der zweiten Aufgabe mehr Wert auf das Vermuten und Begründen gelegt wird. Der Prozess des Operierens findet sich im gesamten Arbeitsblatt wieder.

5.1.2 Arbeitsblatt 2: Das Zahlssystem der Maya

Hier soll den Schülerinnen und Schülern das Zahlssystem, welches die Maya früher verwendeten, nähergebracht werden. Bezug genommen wird also auf den Kompetenzbereich der Zahlen und Maße, da reale Objekte durch Zählen quantitativ dargestellt und für Berechnungen nutzbar gemacht werden (siehe Kapitel 4.3.2). Dies geschieht jedoch nicht in dem den Lernenden bekannten dezimalen Stellenwertsystem, sondern im Vigesimalssystem. Dieses Arbeitsblatt ist in drei Abschnitte geteilt, wobei im ersten die Punkt-Strich-Schreibweise der Maya vorgestellt, im zweiten das von ihnen benutzte Vigesimalssystem erklärt und im dritten das Rechnen in diesem Stellenwertsystem ausgeführt wird. Besonders in diesem Arbeitsblatt bekommen die Lernenden ganz im Sinne der didaktischen Grundsätze (siehe Kapitel 4.3.3) einen Einblick in die historische Entwicklung der Mathematik und werden sich bewusst, dass die Maya bedeutende Persönlichkeiten im mathematischen Entwicklungsprozess darstellen. Der Einfluss dieser Hochkultur wird im Laufe des gesamten Arbeitsmaterials immer wieder sichtbar, doch ganz besonders in der Aufgabe 1c). Hier müssen die Schülerinnen und Schüler einen Satz vervollständigen, der von der Einführung eines Symbols der Null durch die Maya handelt, eine wichtige Erkenntnis in der Geschichte der Mathematik. Wichtig zu erwähnen ist auch der Prozess des Vermutens und Begründens, der in der Aufgabe 1a) Eingang findet. Hier müssen die Lernenden das Prinzip hinter der Punkt-Strich-Schreibweise herausfinden und eine Erklärung dafür finden, wieso die Maya ihre Zahlen auf diese Art darstellten. Die Schülerinnen und Schüler sollen so zum Denken angeregt werden, wo „Striche“ und „Punkte“ beziehungsweise „Einer“- und „Fünfer“-Pakete bei den Maya zu finden waren. Die zu erwartende Antwort ist der Bezug zu den Händen und Füßen des Menschen sowie zu Materialien in der Natur, wie Ästen, Steinen oder Kakaobohnen. Aber natürlich können die Lernenden hier auch weitere Ideen einbringen.

In der zweiten Aufgabe werden anfänglich mit Hilfe eines Lückentextes die Unterschiede des Dezimalsystems und des Vigesimalystems aufgezeigt. Im weiteren Verlauf geht es vor allem um den Prozess des Darstellens und Interpretierens, da Zahlen in beiden Stellenwertsystemen angeschrieben werden müssen. Dies geschieht im Sinne des Lehrplans, in welchem im Kompetenzbereich „Zahlen und Maße“ der ersten Klasse das „Verstehen und Anwenden des dezimalen Stellenwertsystems“ (RIS, 2023, S. 81) erwähnt wird. Außerdem werden die Schülerinnen und Schüler dazu angeregt, über das Dezimalsystem hinauszudenken, und auf Grundlage dessen ein neues Stellenwertsystem, das Vigesimalssystem, kennenzulernen und zu verstehen. Des Weiteren werden Zehnerpotenzen wiederholt, ein Thema, das auch in der Reifeprüfung vorkommen kann und das essenziell beim alltäglichen Anwenden von Mathematik ist (SRP, 2024, S. 14). In der Aufgabe 2f) wird der Zusammenhang zur Historie der Mathematik besonders sichtbar, da hier der Begriff und das Bild der „Schlangenzahlen“ vorkommen. Die Abbildung ist den Stelen der Maya entnommen worden und ist somit ein historisches Schriftstück, also ein Beweis dafür, dass die Maya-Schreibweise und ihr Zahlssystem wirklich existiert haben.

Im dritten Abschnitt dieses Arbeitsblattes wird der Fokus auf den Prozess des Operierens gelenkt, da hier den Schülerinnen und Schülern die Addition mit den Maya-Zahlen nähergebracht wird. Zuerst müssen diese jedoch mit dem Prozess des Vermutens und Begründens und durch ein vorgegebenes Beispiel das Prinzip dieser Rechenoperation herausfinden und erklären. In der Aufgabe 3c) wird eine etwas komplexere Addition mit Maya-Zahlen durchgeführt, deren Lösung die Lernenden aus drei Antwortmöglichkeiten richtig zuordnen müssen. Diese Aufgabenstellung ist den Typ-1-Aufgaben der Reifeprüfung ähnlich, wodurch die Schülerinnen und Schüler dieses Format trainieren. Das gesamte Arbeitsblatt über das Zahlssystem der Maya ist ein gutes Beispiel für die zweite Grunderfahrung von Heinrich Winter (siehe Kapitel 4.3), laut der alle Lernenden die Erfahrung machen sollten, dass Menschen in der Lage sind, Begriffe und Ideen zu entwickeln und daraus komplexe Konzepte aufzubauen. Mit der Punkt-Strich-Weise und der Einführung der Null schafften es die Maya nämlich, nicht nur sehr große Zahlen darzustellen, sondern auch Rechenoperationen durchzuführen.

5.1.3 Arbeitsblatt 3: Die Architektur der Maya

Obwohl die Maya viele architektonische Meisterwerke erschaffen haben, wird in diesem Arbeitsblatt nur näher auf die Stufenpyramide *Kukulcán* in Chichén Itzá eingegangen, da diese als eines der bekanntesten Bauwerke der Maya gilt (siehe Kapitel 2.3.5). Der angesprochene Kompetenzbereich ist hier jener der Figuren und Körper, da hier sowohl die Eigenschaften eines realen Objekts beschrieben, das Volumen untersucht und für weitere Berechnungen herangezogen als auch ein Zusammenhang zwischen Geometrie und Arithmetik hergestellt wird (siehe Kapitel 4.3.1). In der ersten Aufgabe kommt der Prozess des Vermutens und Begründens zum Einsatz, da die Schülerinnen und Schüler eine mathematische Erklärung abgeben müssen, wieso die Stufenpyramide in Chichén Itzá laut geometrischer Definition gar keine Pyramide ist. Der formalen Argumentation kommt bei der Entwicklung mathematischen Verständnisses laut Lehrplan eine wichtige Bedeutung zu (RIS, 2023, S. 77).

Im weiteren Verlauf sollen die Schülerinnen und Schüler die Stufenpyramide geometrisch beschreiben und analysieren, aus welchen Körpern sie besteht. Außerdem wird der Prozess des Darstellens und Interpretierens angesprochen, da die Lernenden eine Skizze der Stufenpyramide zeichnen müssen. Diese ist in vereinfachter Form darzustellen, was bedeutet, dass die Stufen der Pyramide nicht gezeichnet werden sollen, sondern nur der Pyramidenstumpf mit dem oben aufgesetzten Quader. Dabei sollen das geometrische Zeichnen sowie das richtige Beschriften von Skizzen geübt werden. Bezugnehmend auf die erstellte Skizze müssen schließlich die Formeln für den Rauminhalt des Pyramidenstumpfes und des Quaders aufgestellt werden. Dies entspricht einer Wiederholung beziehungsweise einer Festigung des in der Unterstufe Erlernten. Außerdem wird den Schülerinnen und Schülern durch die eben erwähnten Aufgaben das Bearbeiten der darauffolgenden Aufträge erleichtert. Denn zum Prozess des Operierens kommt es im zweiten Arbeitsblatt, in welchem die Schülerinnen und Schüler das ungefähre Volumen sowie die Masse der

Stufenpyramide in Chichén Itzá bei gegebenen Maßen berechnen müssen. Zur Berechnung des Rauminhalts müssen die Lernenden zuvor erkannt haben, dass sich die Pyramide aus einem Pyramidenstumpf und einem Quader zusammensetzt. Die Berechnung des Rauminhalts des Quaders lernen die Kinder bereits in der ersten Klasse, den der Pyramide in der dritten Klasse Unterstufe (RIS, 2023, S. 78-80). Generell gesehen, stellt die Volumenberechnung verschiedener Körper ein oft bearbeitetes Thema in der Unterstufe dar, welches auch in den oberen Schulstufen immer wieder gefragt ist. Dieses Stoffgebiet wird also im Laufe der Schulzeit immer wieder aufgegriffen und wiederholt, weshalb dieses Arbeitsblatt eine gute Ergänzung für die langfristige Sicherung der gelernten Inhalte im Sinne des Spiralprinzips darstellt (siehe Kapitel 4.3.3). In der Aufgabe 2b) müssen die Lernenden die Masse der Stufenpyramide mit Hilfe des zuvor berechneten Volumens angeben. Dafür ist eine richtige Umwandlung der Volumen- sowie der Masse-Einheit notwendig, eine unumgängliche Kompetenz, wie in den mathematischen Grundkompetenzen für die schriftliche Reifeprüfung in Mathematik erwähnt wird:

„Bei der Anwendung von Mathematik in alltäglichen Situationen kommt man nicht umhin, sich auch mit Größenverhältnissen, (physikalischen) Größen im Allgemeinen und Einheiten im Speziellen auseinanderzusetzen. Der korrekte Umgang mit Größen(verhältnissen) und Einheiten ist jedenfalls in Kommunikationssituationen unumgänglich und zeugt von einem tiefergehenden Verständnis für Zusammenhänge.“ (SRP, 2024, S. 14)

Somit finden sich in diesem Arbeitsblatt zur Stufenpyramide in Chichén Itzá auch Kompetenzen wieder, die im Hinblick auf die Reifeprüfung in Mathematik essenziell sind. Auf die Ethnomathematik bezogen (siehe Kapitel 3.2) sollen die Lernenden begreifen, dass die Maya die Stufenpyramide allein mit ihren mathematischen Kenntnissen erbauten und der enge Zusammenhang zwischen Architektur und Mathematik unbestreitbar ist. Mathematik ist daher nicht nur im schulischen Bereich anzuwenden, sondern auch im alltäglichen Leben und ist, wie bei der Hochkultur der Maya, mit dem kulturellen Erbe unserer Welt verbunden. So wird auch dem didaktischen Grundsatz nachgegangen (siehe Kapitel 4.3.3), dass Mathematik Menschen und Kulturen verbindet und eine entscheidende Rolle für die Entwicklung und das Wohlergehen der früheren, jetzigen und zukünftigen Gesellschaft spielt.

5.1.4 Arbeitsblatt 4: Die Astronomie der Maya

Das vierte und letzte Arbeitsblatt soll den Schülerinnen und Schülern die astronomischen Errungenschaften der Maya näherbringen, indem der Sonnenkalender dieser mesoamerikanischen Hochkultur vorgestellt wird. Hinter diesem Kontext sollen die Schülerinnen und Schüler den Einfluss der Mathematik auf die Astronomie und Kalenderberechnung erkennen, die Darstellungsform des

Kreisdiagramms wiederholen sowie das Modulo-Rechnen kennenlernen. Bezug genommen wird hierbei auf das fachliche Konzept der Daten und des Zufalls, da durch die tabellarische Darstellung des Sonnenkalenders sowie durch das Erstellen des Kreisdiagramms die beschreibende Statistik präsent ist. Auch das fachliche Konzept der Zahlen und Maße findet sich durch das Modulo-Rechnen in diesem Arbeitsblatt wieder (siehe Kapitel 4.3.2). Die Fähigkeit, relative Häufigkeiten zu ermitteln und grafisch darzustellen, wird laut dem AHS-Lehrplan in der zweiten Klasse der Sekundarstufe I vermittelt (RIS, 2023, S. 79). Auch in der Mathematik-Matura kann es vorkommen, dass ein Kreisdiagramm erstellt werden muss. Das Thema des Modulo-Rechnens ist zwar kein Kerninhalt der standardisierten Reifeprüfung, doch es kann in der zweiten Klasse Unterstufe im Rahmen der Teilbarkeitsregeln und Restklassen angesprochen werden. Aber auch in der fünften Klasse der Oberstufe oder im Wahlpflichtfach Mathematik kann ergänzend zum Arbeiten mit Kongruenzen und Teilbarkeitsregeln darauf eingegangen werden. Laut des Lehrplans für Mathematik beziehungsweise der ersten Grunderfahrung nach Heinrich Winter (siehe Kapitel 4.3) sollen die Schülerinnen und Schüler die Bedeutung der Mathematik für die Allgemeinbildung erleben. Die Kalenderrechnung stellt eindeutig ein lebensrelevantes Thema dar, das die Mathematik in Naturwissenschaften veranschaulicht und historisch bedeutsam ist. Daher soll durch das Vervollständigen von Aussagen über den gregorianischen Kalender und die Tagundnachtgleichen das Allgemeinwissen der Lernenden gestärkt werden. Der Prozess des Vermutens und Begründens wird angesprochen, da die Schülerinnen und Schüler überlegen und erklären sollen, wieso ein Maya-Monat 20 Tage hatte. Darstellen und Interpretieren müssen die Lernenden beim Erstellen des Kreisdiagramms und beim Angeben ihres Geburtstages in der Form des Sonnenkalenders.

5.2 Fachkompetenztabellen basierend auf den Arbeitsblättern

Im Folgenden werden die Kompetenzen, welche durch die Bearbeitung des Arbeitsmaterials erreicht werden sollen, beschrieben. Unterschieden wird hierbei zwischen Wissens-, Verstehens- und Tun-Können-Zielen. Zusätzlich dazu werden die inhaltlichen Kompetenzen, wie sie im österreichischen Lehrplan beschrieben werden, für die jeweiligen Arbeitsblätter aufgezählt und präzisiert (RIS, 2023, S. 78-90).

5.2.1 Fachkompetenztabelle: Das Reich der Maya

Arbeitsblatt 1: Das Reich der Maya
angestrebter Kompetenzzuwachs der Fachkompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...
Wissens-Ziele (Reproduktion): ... kennen verschiedene Möglichkeiten, den Flächeninhalten von Figuren zu schätzen ... erläutern, was der Begriff „Maßstab“ bedeutet

- ... kennen den Begriff „Maßstabsleiste“
- ... wissen, dass der Maßstab nicht immer bekannt ist
- ... kennen die Formel für den Prozentsatz
- ... kennen die Auffassung der Division als Messen
- ... kennen die Formel für die Geschwindigkeit/ Zeit

Verstehens-Ziele (Reflexion):

- ... erklären die verschiedenen Möglichkeiten, eine Fläche abzuschätzen (Auslegen mit Einheitsquadraten, Zerteilen in bekannte Figuren, ...)
- ... erläutern den Zusammenhang zwischen Längen beziehungsweise Flächen im Plan/ Wirklichkeit und der Maßstabszahl
- ... erklären die Funktion der Maßstabsleiste
- ... erklären den Zusammenhang zwischen Anteil, Grundwert und Prozentsatz
- ... erläutern den Zusammenhang zwischen Zeit, Weg und Geschwindigkeit

Tun-Können-Ziele (Fertigkeiten):

- ... wenden die Möglichkeiten zur Abschätzung eines Flächeninhalts an (schneiden Einheitsquadrate aus und legen die Fläche damit aus, erstellen ein Quadratgitter, teilen die Fläche in bekannte Figuren, ...)
- ... können die am Plan abgemessene/ berechnete Fläche beziehungsweise Strecke in die Wirklichkeit umwandeln
- ... ermitteln den Maßstab zu gegebenen Maßstabsleisten
- ... ermitteln den passenden Maßstab
- ... berechnen sich den Prozentsatz bei gegebenem Anteil und Grundwert
- ... ermitteln die Zeit bei gegebenem Weg und Geschwindigkeit

Lehrplanbezug (Sekundarstufe I + II)

Die Schülerinnen und Schüler...

1.3: Figuren und Körper:

- ... können Rechtecke und Figuren, die aus Rechtecken bestehen, konstruieren und maßstäblich darstellen; Formeln für den Umfang und den Flächeninhalt von Rechtecken begründen und anwenden
 - ... maßstäbliches Zeichnen von Figuren, die aus Rechtecken bestehen; Wählen geeigneter Maßstäbe; Ermitteln von Längen aus maßstäblichen Zeichnungen
 - ... Ermitteln von Flächeninhalten von Rechtecken durch Zerlegen in passende Einheitsquadrate
 - ... Abschätzen des Flächeninhalts von Figuren durch Auslegen beziehungsweise Überdecken mit Rechtecken, allenfalls auch von nicht geradlinig begrenzten Figuren

- ... Bearbeiten von Aufgaben in Sachsituationen, z.B. Arbeiten mit Plänen und Landkarten

2.1: Zahlen und Maße:

- ... können mit Proportionalitäten und Prozenten arbeiten
 - ... Rechnen mit Prozenten in vielfältigen Situationen; Verwenden additiver und multiplikativer Berechnungen und Begründen der entsprechenden Zusammenhänge
 - ... Anwenden von Proportionalitäten und Prozenten in Sachsituationen; Beschreiben, Vergleichen und Begründen von Lösungswegen; kritisches Betrachten von Ergebnissen und ihrer Genauigkeit

5.2.2 Fachkompetenztabelle: Das Zahlssystem der Maya

Arbeitsblatt 2: Das Zahlssystem der Maya

angestrebter Kompetenzzuwachs der Fachkompetenzen

Die Schülerinnen und Schüler...

Wissens-Ziele (Reproduktion):

- ... wissen, dass es verschiedene Darstellungsarten von Zahlen gibt
- ... kennen die Punkt-Strich-Schreibweise der Maya
- ... kennen das Symbol für die Null
- ... erläutern den Unterschied zwischen dem Dezimal- und dem Vigesimalssystem
- ... kennen die Gemeinsamkeiten des Dezimal- und Vigesimalsystems
- ... erläutern das Prinzip hinter der Addition von Maya-Zahlen

Verstehens-Ziele (Reflexion):

- ... erklären das Prinzip hinter der Punkt-Strich-Schreibweise
- ... erklären, dass eine Zahl als Summe von Zehnerpotenzen dargestellt werden kann
- ... erläutern, wie aus der Stellenwerttafel des Dezimalsystems die Stellenwertleiter des Vigesimalsystems entsteht
- ... erläutern die Bedeutung der Null
- ... erklären das Prinzip hinter der Addition von Maya-Zahlen

Tun-Können-Ziele (Fertigkeiten):

- ... stellen Zahlen in der Maya-Schreibweise dar
- ... schreiben eine Zahl als Summe von Zehnerpotenzen an
- ... stellen Maya-Zahlen als Zahlen im Dezimalsystem dar und umgekehrt
- ... führen die Addition von Maya-Zahlen durch

Lehrplanbezug (Sekundarstufe I + II)

Die Schülerinnen und Schüler...

1.1: Zahlen und Maße:

- ... können natürliche Zahlen sowie nichtnegative Dezimal- und Bruchzahlen interpretieren, darstellen und vergleichen
 - ... Verstehen und Anwenden des dezimalen Stellenwertsystems, d.h. des Prinzips „Bündeln in Zehner-Schritten“
- ... können Rechenoperationen mit natürlichen Zahlen und mit nichtnegativen Dezimalzahlen durchführen und deuten; Überschlagsrechnungen durchführen
 - ... Deuten des Addierens z.B. als Zusammenfügen, bei natürlichen Zahlen auch als Weiterzählen

3.1: Zahlen und Maße:

- ... können rationale Zahlen darstellen, vergleichen und ordnen; Rechenoperationen durchführen und interpretieren.
 - ... Darstellen von Zahlen unter Verwendung von Zehnerpotenzen; Anwenden der Gleitkommadarstellung

5.2.3 Fachkompetenztafel: Die Architektur der Maya

Arbeitsblatt 3: Die Architektur der Maya

angestrebter Kompetenzzuwachs der Fachkompetenzen

Die Schülerinnen und Schüler...

Wissens-Ziele (Reproduktion):

- ... kennen die geometrischen Merkmale einer Pyramide
- ... wissen, geometrische Körper (insbesondere Pyramide, Pyramidenstumpf, Quader) richtig zu benennen
- ... kennen den Begriff „Skizze“
- ... kennen die Volumen-Formel der quadratischen Pyramide beziehungsweise des Pyramidenstumpfes und des Quaders
- ... kennen die Formel zur Berechnung der Masse
- ... wissen über die Umwandlung zwischen Maßeinheiten

Verstehens-Ziele (Reflexion):

- ... erklären, wieso die Stufenpyramide geometrisch gesehen keine Pyramide ist
- ... erklären, dass eine Skizze als anschauliche Hilfe für weitere Berechnungen dient
- ... begründen, wieso die Beschriftung bei einer Skizze wichtig ist
- ... begründen die Volumen-Formel verschiedener geometrischer Körper (insbesondere Pyramide, Pyramidenstumpf, Quader)

- ... erläutern den Zusammenhang zwischen Dichte, Volumen und Masse
- ... begründen die Umrechnung zwischen Maßeinheiten

Tun-Können-Ziele (Fertigkeiten):

- ... zeichnen eine Skizze inklusive Beschriftung
- ... stellen zur Skizze passende Formeln auf
- ... wenden die Formeln zur Berechnung des Volumens der Pyramide und des Quaders richtig an
- ... berechnen die Masse bei gegebenem Volumen und Dichte
- ... wandeln Maßeinheiten richtig um

Lehrplanbezug (Sekundarstufe I + II)

Die Schülerinnen und Schüler...

1.1: Zahlen und Maße:

- ... Größen ein- und mehrnamig anschreiben, Maßangaben interpretieren und Umrechnungen durchführen
 - ... Verbinden von Vorstellungen mit Maßeinheiten; Vergleichen und Messen von Größen (insbesondere Längen, Flächen- und Rauminhalte, Massen, Zeitspannen, Geldbeträge); Schätzen von Größen anhand von Stützpunktvorstellungen, d.h. Vergleichen mit Größen aus dem Alltag
 - ... Kennen und Nutzen der ein- und mehrnamigen Schreibweise von Größen; Durchführen von Maßumrechnungen

1.3: Figuren und Körper:

- ... können Eigenschaften von Quadern beschreiben; Formeln für den Oberflächeninhalt und Rauminhalt von Quadern begründen und anwenden
 - ... Beschreiben von Quadern mit Hilfe geeigneter geometrischer Begriffe (Ecken, Kanten, Flächen, parallel, normal)
 - ... Kennen, Anwenden und Begründen einer Formel für das Volumen eines Quaders; allenfalls Lösen entsprechender Umkehraufgaben
 - ... Erstellen einfacher Ansichten (von vorne, von der Seite, von oben) von Körpern, die aus Quadern bestehen

3.3: Figuren und Körper:

- ... können räumliche Objekte beschreiben und darstellen; Oberflächen- und Rauminhalte gerader Prismen und Rauminhalte von Pyramiden ermitteln
 - ... Kennen und Beschreiben grundlegender Eigenschaften von geraden Prismen und von Pyramiden
 - ... Skizzieren von Schrägrissen von geraden Prismen und von Pyramiden
 - ... Kennen und Anwenden der Formeln für den Rauminhalt von geraden

Prismen und von Pyramiden; allenfalls Begründen solcher Formeln
... Bearbeiten von Sachaufgaben zu diesen Körpern, insbesondere Berechnen von Masse und Dichte

5.2.4 Fachkompetenztafel: Die Astronomie der Maya

Arbeitsblatt 4: Die Astronomie der Maya
angestrebter Kompetenzzuwachs der Fachkompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...
Wissens-Ziele (Reproduktion): ... erläutern den Einfluss der Mathematik auf die Astronomie ... wissen über die Existenz verschiedene Kalender (insbesondere gregorianischer Kalender und Sonnenkalender) ... kennen den Begriff „Kreisdiagramm“
Verstehens-Ziele (Reflexion): ... erklären die Unterschiede und Gemeinsamkeiten des gregorianischen Kalenders und des Sonnenkalenders ... begründen den Zusammenhang des Zahlensystems der Maya mit deren Kalender ... erklären den Zusammenhang zwischen absoluten und relativen Häufigkeiten sowie deren Darstellung im Kreisdiagramm
Tun-Können-Ziele (Fertigkeiten): ... können Daten des gregorianischen Kalenders im Sonnenkalender angeben und umgekehrt ... berechnen relative Häufigkeiten ... stellen die Häufigkeiten in einem Kreisdiagramm dar
Lehrplanbezug (Sekundarstufe I + II) Die Schülerinnen und Schüler...
2.4: Daten und Zufall: ... relative Häufigkeiten ermitteln, grafisch darstellen und grafische Darstellungen interpretieren ... Berechnen relativer Häufigkeiten; Anwenden des Zusammenhangs zwischen absoluten und relativen Häufigkeiten ... Angeben relativer Häufigkeiten in Bruch-, Dezimal- und Prozentdarstellung, in Tabellen und Diagrammen (Säulen- oder Balkendiagramm, Kreisdiagramm, Prozentstreifen)

6 Empirischer Teil

Im Zuge dieser empirischen Studie wird das entwickelte Unterrichtsmaterial zur Mathematik der Maya in einer Schulklasse erprobt und dessen Praxistauglichkeit getestet. Anhand eines Fragebogens, der anschließend an die Schülerinnen und Schüler ausgeteilt wird, soll analysiert werden, wie diese das Material und dessen Umsetzung beurteilen. Ein zentraler Punkt ist hier der fächerübergreifende Unterricht zwischen Mathematik und Spanisch und dessen Wahrnehmung seitens der Lernenden. Die erhobenen Daten und daraus gewonnenen Erkenntnisse sollen beleuchten, inwiefern fächerübergreifende Unterrichtskonzepte, vor allem die Verbindung der Schulfächer Mathematik und Spanisch, gewinnbringend und praxistauglich sein können.

6.1 Forschungsfragen und Hypothesen

Ziel ist es, im Laufe der empirischen Untersuchung die Forschungsfragen, welche bereits in der Einleitung erwähnt wurden, zu beantworten. Erstens soll untersucht werden, inwiefern eine Verbindung der Fächer Mathematik und Spanisch im Rahmen eines fächerübergreifenden Unterrichts durchführbar ist. Zweitens wird geklärt, auf welche mathematischen Kompetenzbereiche durch die Auseinandersetzung mit der Maya-Hochkultur eingegangen werden kann und welche dieser Bereiche bei der Erstellung des Unterrichtsmaterials fokussiert werden. Diese zwei Forschungsfragen können durch die bisher zusammengetragene Theorie und das erstellte Arbeitsmaterial bereits beantwortet werden, worauf im Kapitel 7 eingegangen werden wird. In der Einleitung wurde auch die dritte Forschungsfrage erwähnt: Kann ein fächerübergreifender Unterricht von Mathematik und Spanisch erfolgreich stattfinden? Die Beantwortung bleibt jedoch noch offen, da diese Frage zunächst nur unpräzise formuliert werden konnte. Aus diesem Grund soll sie hinsichtlich einer Konkretisierung in drei neue Forschungsfragen mit dazugehörigen Hypothesen unterteilt werden, die wie folgt lauten:

Forschungsfrage 3.1:

Steigt durch den fächerübergreifenden Unterricht von Mathematik und Spanisch das Interesse der Schülerinnen und Schüler an den genannten Fächern?

Es wird die Hypothese aufgestellt, dass die Schülerinnen und Schüler durch die Auseinandersetzung mit hispanisch kulturellen Inhalten im Mathematikunterricht diesen als interessanter empfinden und die Motivation steigt. Auf diese Weise können nämlich Lernende, die ein Interesse an Spanisch zeigen, aber wenig Begeisterung für Mathematik haben, durch fächerübergreifenden Unterricht auch für mathematische Phänomene, Zusammenhänge und Fragestellungen begeistert werden. Darüber hinaus nennt Labbude (2014) als häufig erwähntes Argument für fächerübergreifenden Unterricht, dass dieser die Freude am naturwissenschaftlichen Unterricht sowie generell an den

Naturwissenschaften steigern kann. Eine Begründung dafür ist, dass viele Schülerinnen und Schüler interdisziplinäre Verknüpfungen von Inhalten als ansprechender empfinden als rein fachbezogene Themen. Des Weiteren wird durch fächerübergreifende Konzepte das Erleben neuer Erkenntnisse gefördert und die Zufriedenheit beim Lernen gesteigert (Labbude, 2014, S. 14).

Forschungsfrage 3.2:

Verändert sich durch den fächerübergreifenden Unterricht von Mathematik und Spanisch die Sichtweise auf Mathematik?

Es wird davon ausgegangen, dass durch die Verbindung der Schulfächer Mathematik und Spanisch die Einstellung, die die Lernenden bezüglich der Mathematik haben, positiv verändert wird. Denn die vorherrschende Perspektive auf Mathematik ist von Ambivalenz geprägt. Einerseits spielt sie für die Gesellschaft und das Verständnis der Welt eine essenzielle Rolle, andererseits aber existiert auf individueller Ebene oft eine allgemein verbreitete und gesellschaftlich anerkannte Ablehnung:

„Mathematics has a major and beneficial role in our society. It has enabled us, as human beings, to participate in and understand more and more of our universe. [...] And this role is more widespread and more powerful today than ever before in the history of human kind. But much is wrong. The majority of people today are scared of mathematics (and mathematicians) and feel powerless in the presence of mathematical ideas. Many people learn and view mathematics in rigid, rote ways that lock those persons into conditioned responses that limit their creativity.“ (Henderson, 1981, S. 12)

Diese ambivalente Sichtweise auf Mathematik wird auch in einer Studie von Haag und Götz (2012) deutlich, in der Schülerinnen und Schüler das Fach Mathematik zwar als wichtig einschätzen, jedoch den wenig vorhandenen Alltagsbezug sowie fehlende Abwechslung als negativ hervorheben (Haag & Götz, 2012, S. 42). Folglich wird angenommen, dass die Perspektive, die die Lernenden bezüglich der Mathematik haben, positiv verändert werden kann, wenn im Unterricht die Anwendung und Bedeutung der Mathematik in der Geschichte und Gesellschaft behandelt wird. Durch den fächerübergreifenden Unterricht Mathematik und Spanisch und das im Zuge dieser Arbeit erstellte Arbeitsmaterial soll den Schülerinnen und Schülern also die Mathematik realitätsnäher gebracht werden, damit sie die Rolle der Mathematik in der Welt erkennen und diese als nützlich ansehen.

Forschungsfrage 3.3:

Empfinden es die Schülerinnen und Schüler als sinnvoll, Mathematik mit anderen Fächern zu kombinieren?

Es wird angenommen, dass Schülerinnen und Schüler die Verknüpfung von Mathematik mit anderen Fächern als sinnvoll empfinden. Diese Hypothese basiert auf der Tatsache, dass interdisziplinäre Ansätze den praktischen Nutzen mathematischer Konzepte hervorheben und das Verständnis für abstrakte Themen verbessern können. Besonders in Kombination mit Wirtschaft, Technik oder Naturwissenschaften kann Mathematik bedeutender und anwendungsorientierter wahrgenommen werden. Zudem wird die Problemlösekompetenz durch fächerübergreifenden Unterricht gefördert, da mathematische Konzepte in realitätsnahen Sachverhalten angewendet werden. Auch die Motivation der Lernenden kann durch einen stärkeren Alltagsbezug steigen, da ihnen bewusst wird, dass Mathematik nicht als isolierte Disziplin existiert, sondern in vielen Bereichen eine wesentliche Rolle spielt (Labbude, 2014, S. 13-14).

Durch die Bearbeitung des erstellten Arbeitsmaterials im Mathematikunterricht wird also untersucht, ob ein interdisziplinärer Ansatz bezüglich Mathematik und Spanisch das Interesse der Schülerinnen und Schüler an beiden Fächern steigert, ob er ihre Sichtweise auf Mathematik verändert und ob sie eine fächerübergreifende Verbindung als sinnvoll empfinden. Ob die eben aufgestellten Hypothesen haltbar sind, soll im Rahmen der empirischen Untersuchung nachgegangen werden, welche im folgenden Abschnitt vorgestellt werden soll.

6.2 Methodik

Die vorliegende Studie zur Mathematik der Maya im fächerübergreifenden Unterricht Mathematik und Spanisch orientiert sich an einem *Mixed-Methods*-Ansatz (Mayring, 2015, S. 17), der sowohl qualitative als auch quantitative Forschungsmethoden kombiniert.

Quantitative Forschung: Fragebogen

Der verwendete Fragebogen setzt sich überwiegend aus geschlossenen Fragen mit vorgegebenen Antwortoptionen zusammen, wodurch eine standardisierte und auswertungsobjektive Erhebung von Daten begünstigt wird (Döring, 2023, S. 450). Die quantitativen Daten ermöglichen eine statistische Auswertung der Schülerinnen- und Schülermeinungen bezüglich des fächerübergreifenden Unterrichts und der veränderten Sichtweise auf die Mathematik.

Qualitative Forschung: Offene Fragen

Der Fragebogen erfasst, ergänzend zu den quantitativen Items, auch offene Fragen, die einen tieferen Einblick in die individuellen Blickweisen der Lernenden ermöglichen. Durch diese qualitative Komponente können subjektive Verbesserungsvorschläge, Begründungen und Erfahrungen analysiert werden (Mayring, 2015, S. 18-19). Durch das Kombinieren von quantitativen und qualitativen Elementen soll ein umfassenderes Verständnis der Unterrichtswahrnehmung gewährleistet werden.

Datenauswertung

Die Auswertung der quantitativen Daten erfolgt deskriptiv-statistisch, wobei die Häufigkeiten und prozentualen Anteile der Antworten analysiert werden. Die Antworten der qualitativen Items werden mittels einer inhaltlichen Strukturierung nach Mayring (2015) kategorisiert, um zentrale Muster und Themen deutlicher identifizieren zu können. Dieser methodische Ansatz hilft, sowohl individuelle Eindrücke als auch allgemeine Trends zu erfassen. Dies macht es möglich, die fächerübergreifende Unterrichtseinheit differenziert zu beurteilen (Mayring, 2015, S. 103).

6.3 Fragebogen

Im folgenden Abschnitt sollen die Vorbereitung, der Aufbau und die Zielgruppe des Fragebogens, welcher zur Datenerhebung eingesetzt wird, vorgestellt werden. Der vollständige Fragebogen befindet sich im Anhang (11.3) dieser Arbeit.

6.3.1 Vorbereitung und Zielsetzung

Ziel der Untersuchung ist es, die Einstellung und Wahrnehmung der Lernenden zur fächerübergreifenden Verknüpfung von Mathematik mit anderen Fächern, insbesondere Spanisch, zu analysieren. Durch Bearbeitung des Fragebogens sollen also Aufschlüsse über die Effektivität interdisziplinärer Lehrmethoden gewonnen und im besten Fall konstruktive Rückmeldungen zur Unterrichtseinheit abgegeben werden. Die dabei zentralen Fragestellungen sind, ob und inwiefern sich das Interesse an Spanisch und Mathematik sowie die Perspektive auf Mathematik durch die Verbindung dieser Schulfächer verändert haben und welche Inhalte der Unterrichtseinheit als verbesserungswürdig oder effektiv wahrgenommen wurden.

6.3.2 Zielgruppe

Die Zielgruppe des Fragebogens sind Schülerinnen und Schüler einer vierten Klasse einer AHS-Unterstufe, die an einer Unterrichtseinheit zum Thema „Das Zahlensystem der Maya“ teilgenommen haben. Da die AHS, in der die Umfrage durchgeführt wird, das Unterrichtsfach Spanisch als Langform anbietet, kann davon ausgegangen werden, dass die Lernenden bereits erste Kenntnisse in der Fremdsprache Spanisch erworben haben. Außerdem befinden sich die Befragten in einem Alter beziehungsweise in einer Schulstufe, in dem sie sich bereits grundlegende mathematische Konzepte angeeignet haben. Dies ermöglicht eine gründliche Reflexion über die Wirksamkeit eines fächerübergreifenden Ansatzes mit den Unterrichtsfächern Mathematik und Spanisch.

6.3.3 Inhalt

Der Fragebogen setzt sich aus offenen und geschlossenen Items zusammen, um sowohl qualitative als auch quantitative Daten zu erhalten. Im Folgenden wird der Inhalt überblicksmäßig dargestellt:

- Interesse an den Fächern Mathematik und Spanisch: Die erste Frage befasst sich damit, ob die Verbindung von Mathematik und Spanisch das Interesse der Schülerinnen und Schüler an diesen Fächern beeinflusst hat.
- Veränderte Sichtweise auf Mathematik: Die Lernenden sollen angeben, ob sich ihre Einstellung bezüglich der Mathematik durch die Unterrichtseinheit verändert hat und ihre Antwort begründen.
- Fächerübergreifendes Lernen im Fach Mathematik: Des Weiteren soll untersucht werden, ob die Schülerinnen und Schüler die Kombination von Mathematik mit anderen Fächern als allgemein sinnvoll empfinden. Wenn ja, dann sollen die gewünschten Fächer angeführt werden.
- Mathematik, Kultur und Verständnis: In dieser Frage wird sich auf die Verbindung mathematischer Themen mit einer anderen Kultur, in diesem Fall der Maya-Kultur, bezogen. Dabei soll beantwortet werden, ob eine solche Herangehensweise zu einem besseren Verständnis von Mathematik beigetragen hat.
- Subjektive Eindrücke der Lernenden: Bei den abschließenden offenen Fragen wird die Möglichkeit geboten, persönliche Meinungen zu äußern, gelungene Aspekte der Unterrichtseinheit hervorzuheben und Verbesserungsvorschläge für zukünftige fächerübergreifende Lernmethoden abzugeben.

6.4 Durchführung und Vorbereitung der Unterrichtseinheit

Damit ein Unterricht erfolgreich durchgeführt werden kann, bedarf es einer sorgfältigen Planung, in der die Fachinhalte sowie die zu bearbeitenden Aufgaben strukturiert aufbereitet werden. Auch die Wahl der Unterrichtsform sowie didaktische Überlegungen finden ihren Eingang in die Planung. Außerdem muss das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler bedacht werden, um in der Folge die anzustrebenden Kompetenzen und Fertigkeiten zu formulieren (Reiss & Hammer, 2021, S. 203-204).

6.4.1 Vorbereitung

Die Unterrichtseinheit über das Zahlssystem der Maya wurde geplant, damit sich Schülerinnen und Schüler nicht nur mathematische Konzepte, sondern auch historische, hispanische und kulturelle Hintergründe aneignen. Im Mittelpunkt steht dabei das Zahlensystem der Maya, das sich durch seine Basis 20, die Zahlendarstellung in der Punkt- und Strichschreibweise sowie das schon damals vorhandene Konzept der Null charakterisiert.

Lernziele der Einheit:

- Lernende sollen ein grundlegendes Verständnis für das Zahlensystem der Maya entwickeln und die Unterschiede zum Dezimalsystem verstehen.
- Lernende können das Zahlensystem der Maya zur Darstellung und Berechnung von Zahlen anwenden.

- Lernende sollen gezielt über die Signifikanz von verschiedenen Zahlensystemen reflektieren.
- Interdisziplinäres Denken soll bei den Lernenden durch die Verknüpfung von Mathematik mit hispanischer Sprache, Kultur und Geschichte gefördert werden.

Vorbereitete Materialien:

- Arbeitsblatt mit einführenden Texten, Erklärungen und Aufgabenstellungen zum Maya-Zahlensystem.

Auf Basis dieses Arbeitsblattes wird schließlich die Unterrichtseinheit geplant. Dabei wird sich an den dortigen Aufgaben orientiert. Der genaue Ablauf inklusive Einstieg und abschließender Reflexion sowie der eingesetzten Sozialformen kann dem nächsten Abschnitt entnommen werden.

6.4.2 Durchführung

Die Unterrichtseinheit „Das Zahlensystem der Maya“ erweitert das Verständnis der Schülerinnen und Schüler für unterschiedliche Zahlensysteme und integriert gleichzeitig geschichtliche und sprachliche Aspekte, um einen fächerübergreifenden Zugang zu ermöglichen. Die Hauptziele bestehen darin, das Maya-Zahlensystem mit seiner Basis 20 (Vigesimalsystem) einzuführen, die Umrechnung von Zahlen zwischen dem Vigesimal- und dem Dezimalsystem zu erlernen und über die kulturelle Signifikanz mathematischer Konzepte nachzudenken.

Die Stunde startet mit einer kurzen Einführung in die Kultur der Maya, in der das Vorwissen der Lernenden aktiviert wird und eine Sensibilisierung für das Thema erfolgt. Um gleich zu Beginn einen interdisziplinären Zugang herzustellen, fängt die Unterrichtseinheit auf Spanisch mit Fragen wie „Wo wird überall Spanisch gesprochen?“, „Wer waren die Maya?“, „Wieso lernen wir in der Mathematik-Stunde über die Maya?“ an. Im Anschluss erklärt die Lehrperson den Zusammenhang zwischen der Mathematik und den Maya, indem sie auf deren mathematische Errungenschaften Bezug nimmt. Nach diesem Einstieg wird den Schülerinnen und Schülern das Arbeitsblatt über das Zahlensystem der Maya ausgeteilt. Im Plenum wird die kurze Einführung gelesen, die die Funktionsweise der Maya-Zahlen erklärt: ein Punkt steht für eine Eins, ein Strich für eine Fünf und die Null wird durch ein Muschelsymbol dargestellt. Daraufhin bearbeiten die Lernenden in Partnerarbeit die ersten zwei Aufgaben, in denen sie Maya-Zahlen erkennen und selbst schreiben müssen. Die Lösungen werden anschließend gemeinsam an der Tafel verglichen. Danach folgt eine Auseinandersetzung mit dem Zahlensystem der Maya, dem Vigesimalsystem, das nicht wie das Dezimalsystem auf der Basis 10, sondern auf der Basis 20 beruht. Durch Bearbeitung der Aufgabenstellungen auf dem Arbeitsblatt findet ein Vergleich der beiden Systeme statt, wobei deren Unterschiede erkannt werden sollen. Im Anschluss wird gemeinsam mit der Lehrperson die Übertragung von Zahlen aus dem Maya-Zahlensystem ins Dezimalsystem erläutert. Zunächst wird ein Beispiel im Plenum gerechnet, bevor

die Lernenden ähnliche Aufgaben in Einzelarbeit lösen, wobei deren Resultate anschließend im Klassenverband besprochen werden. Um die Stunde adäquat abzuschließen, findet eine Reflexion über die Unterrichtsstunde statt. Einerseits sollen die Schülerinnen und Schüler darüber nachdenken, welche Vor- und Nachteile das Maya-Zahlensystem bietet und wie Zahlensysteme unser Denken beeinflussen. Andererseits füllen die Lernenden einen Fragebogen aus (siehe Kapitel 6.3), in welchem sie Fragen über die Unterrichtsstunde und fächerübergreifenden Unterricht beantworten.

Ein Überblick über die Durchführung der Unterrichtseinheit kann auch der Unterrichtsmatrix im Anhang (11.4) entnommen werden.

6.4.3 Reflexion

Die Unterrichtsstunde über das Zahlensystem der Maya ist größtenteils wie geplant verlaufen. Die Einheit begann einige Minuten später als geplant, da einige Schülerinnen und Schüler zu spät in die Klasse kamen. Die Fragen auf Spanisch zu Beginn des Unterrichts stellten einen motivierenden Einstieg dar, wie an der zahlreichen Mitarbeit der Lernenden ersichtlich war. Durch die Verbindung der Maya zur Mathematik wurde ein nahtloser Übergang zum Mathematikunterricht hergestellt. Die Darstellung der Maya-Zahlen in der Punkt-Strich-Schreibweise fiel den Lernenden sehr leicht und das erste Arbeitsblatt wurde somit schnell und in der geplanten Zeit erarbeitet. Um das Vergleichen der Lösungen spannender zu machen, mussten die Schülerinnen und Schüler ihre Ergebnisse auf Spanisch sagen. Da die Zahlen im Spanischunterricht schon im ersten Lernjahr Eingang finden, stellte dies keine Schwierigkeit dar. Das Gegenteil war der Fall, da einige Schülerinnen und Schüler durch diesen Sprachwechsel noch interessierter schienen. Bei der Bearbeitung der weiteren Aufgabe, die von den Unterschieden des Dezimalsystems und des Vigesimalystems handelte, hatten die Lernenden anfänglich Schwierigkeiten. Aufgrund der nicht vorhandenen Mitarbeit schien es, als ob sie den Begriff „Dezimalsystem“ noch nie gehört hätten. Nach einer kurzen Erklärung durch die Lehrperson und der anschließenden gemeinsamen Bearbeitung der Aufgabe wurden Verständnisprobleme geklärt. Als darauffolgend eine Zahl als Summe von Zehnerpotenzen dargestellt werden musste, kam es teilweise ebenfalls zu Problemen. An diesem Punkt wurde eine Erklärung durch die Lehrperson gegeben, jedoch blieben die Zweifel, ob alle Lernenden die Darstellung einer Zahl mithilfe von Zehnerpotenzen verstanden haben. Zur Kontrolle oder Festigung seitens der Schülerinnen und Schüler hätte ein weiteres Beispiel gemeinsam erarbeitet werden sollen, was aber wegen der knappen Zeit nicht möglich war. Eine Schülerin hatte kurz zuvor gefragt, ob es möglich sei, die Stunde fünf Minuten früher zu beenden, da sie danach eine Englisch-Schularbeit hätten. Deshalb wurde unmittelbar zur Veranschaulichung der Zahlen im Vigesimalssystem übergeleitet. Nachdem die erste Aufgabe zusammen bearbeitet worden war, setzten die Schülerinnen und Schüler in Einzelarbeit fort. Die Ergebniskontrolle erfolgte anschließend erneut an der Tafel in spanischer Sprache. Es entstand der Eindruck, dass die

Umrechnung von Maya-Zahlen ins Vigesimalssystem größtenteils verstanden wurde, jedoch nicht von allen Lernenden. Wenn es die Zeit zugelassen hätte, wären an dieser Stelle mögliche Zweifel ausgeräumt worden. Dies war jedoch nicht der Fall, weshalb im Nachhinein eine Reflexion über die Unterrichtseinheit stattfand. Diese fand, ebenfalls aufgrund des Zeitproblems anders als geplant, nicht im Plenum statt, sondern die wichtigsten Aspekte wurden kurz von der Lehrperson angesprochen. Danach wurde der Fragebogen an die Schülerinnen und Schüler ausgeteilt und nebenbei das Prozedere erklärt. Dabei wurde deutlich erwähnt, dass die Umfrage anonym behandelt werde und die Antworten ehrlich sowie objektiv sein sollen. Das Ausfüllen des Fragebogens dauerte circa fünf Minuten, weshalb die Unterrichtsstunde, wie den Schülerinnen und Schülern zugesichert, vier Minuten vor dem Pausenläuten beendet werden konnte.

Die Unterrichtseinheit über das Zahlensystem der Maya war rückblickend erfolgreich, da die Lernziele offensichtlich größtenteils erreicht wurden. Das Zeitproblem ergab sich vor allem aus den fehlenden Minuten zu Beginn der Unterrichtsstunde und der Bitte um ein frühzeitiges Ende wegen der Englisch-Schularbeit in der folgenden Stunde. Dadurch waren die Erklärungen nicht immer so detailliert, wie es erwünscht gewesen wäre, und es fanden keine zusätzlichen Übungen zur Festigung statt. Schade ist, dass die Schülerinnen und Schüler die Reflexion über die Unterrichtseinheit nicht mehr durchführen konnten, da dies zum Verständnis des Nutzens verschiedener Zahlensysteme beigetragen hätte. Alles in allem war die Klasse ruhig, wirkte sehr motiviert und schien sich für das Thema zu interessieren. Insbesondere das Nennen der Zahlen auf Spanisch kam bei vielen Lernenden gut an. Am Ende der Einheit wurde zwar ein Rückgang der Aufmerksamkeitsspanne deutlich, doch dies war vermutlich auf die bevorstehende Englisch-Schularbeit zurückzuführen. Trotz alledem war die Stunde erfolgreich, was besonders an der zahlreichen Beteiligung der Schülerinnen und Schüler deutlich wurde.

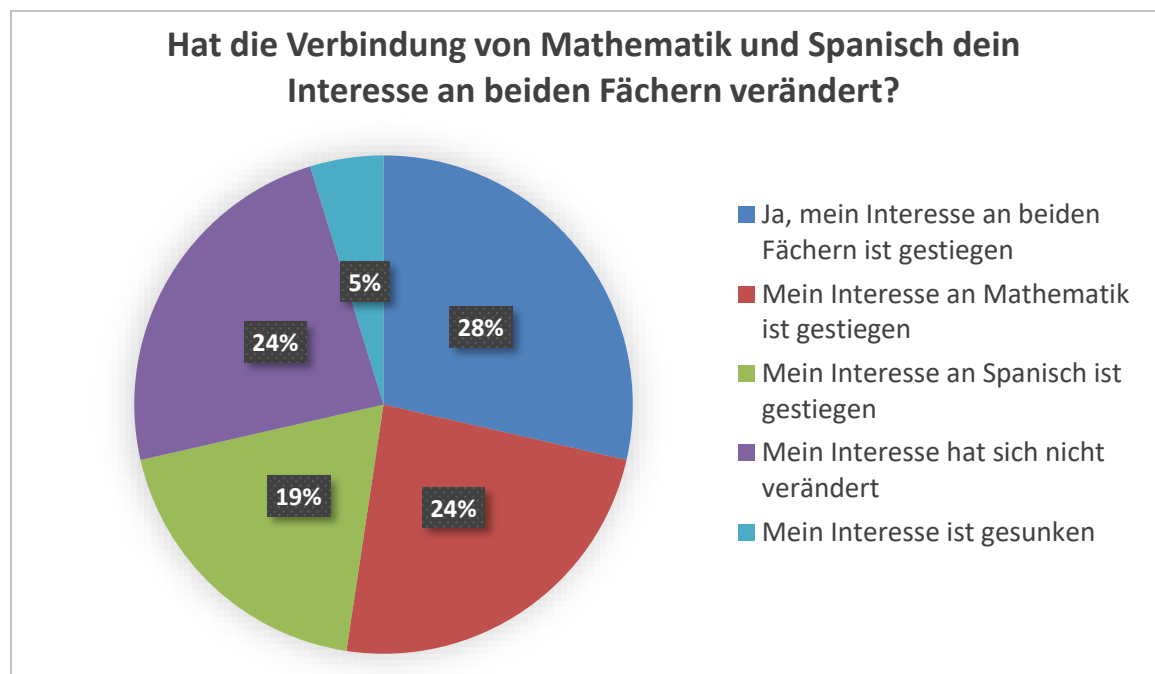
6.5 Resultate der empirisch erhobenen Daten

Alle Schülerinnen und Schüler füllten den Fragebogen zum Ende der Unterrichtseinheit aus und übergaben diesen der Lehrperson, weshalb insgesamt 21 Fragebögen ausgewertet werden konnten. Dabei wurde festgestellt, dass alle geschlossenen Items von den Lernenden beantwortet wurden. Die offenen Items wurden, wie schon im Vorhinein vermutet, nicht vollständig von allen Schülerinnen und Schülern beantwortet. Jedoch ist die Anzahl der unbeantworteten Fragen gering und es handelt sich hierbei größtenteils um Verbesserungsvorschläge und sonstige Anmerkungen. Auf die Analyse der Fragebögen und deren qualitative Komponente haben die nicht bearbeiteten Items also nur einen geringen Einfluss.

6.5.1 Kategorisierung der Antworten nach Metathemen

Beim Auswerten der Fragebögen wurden zunächst die geschlossenen Items genauer betrachtet und die jeweiligen prozentuellen Anteile zur besseren Veranschaulichung in Kreisdiagrammen dargestellt. Danach wurden die offenen Fragen ausgewertet, welche als Begründung der geschlossenen Fragen dienen und die individuellen Perspektiven der Schülerinnen und Schüler deutlich ersichtlich machen. Dabei wurden die Antworten der Lernenden für die einzelnen Fragen gesammelt, in Kategorien unterteilt und nach Metathemen sortiert niedergeschrieben. Die Resultate der geschlossenen Items sowie die Kategorisierung der offenen Fragen sollen nun in diesem Abschnitt angeführt werden. Die genauen Antworten der Schülerinnen und Schüler können im Anhang (11.5) eingesehen werden.

1. Veränderung des Interesses an Mathematik und Spanisch

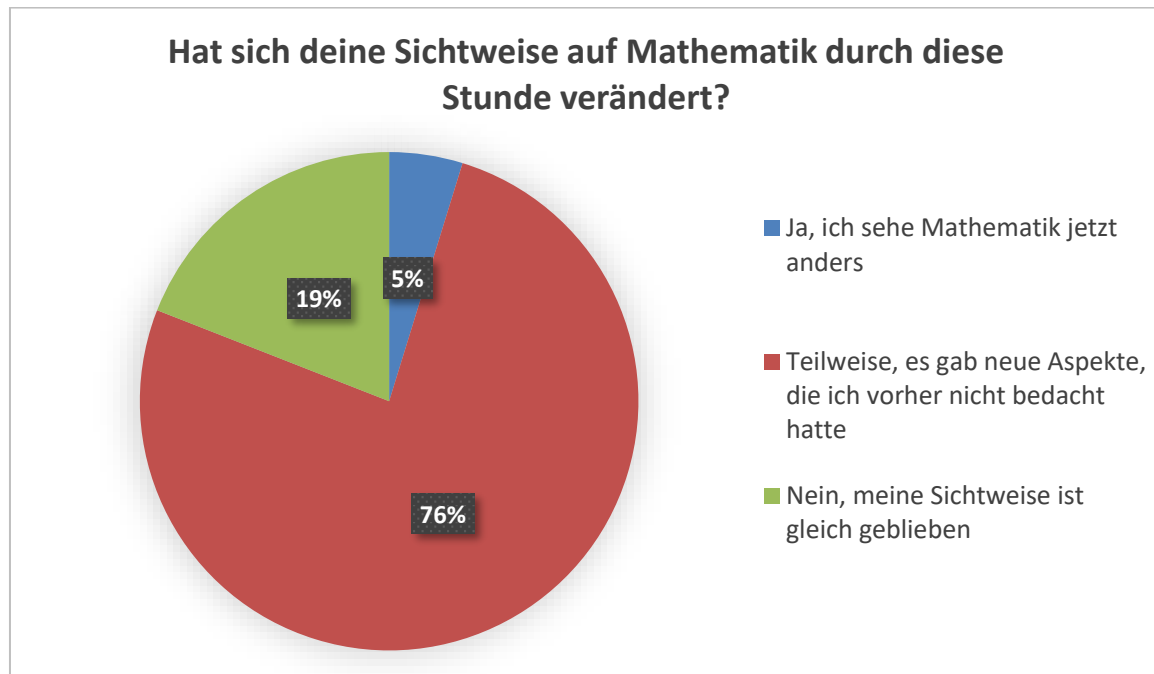


- **Ursachen für zunehmendes Interesse**
 - Interessantes Thema
 - Neue Einsichten in beiden Fächern
 - Abwechslung zum „gewöhnlichen“ Mathematikunterricht
 - Verbindung von Mathematik und Sprache ist spannend
- **Ursachen für gleichbleibendes Interesse**
 - Bereits bestehendes ausgeprägtes Interesse an Mathematik
 - Probleme in beiden Fächern
 - Ungenügend Zeit, um das Interesse zu beeinflussen

- **Ursachen für rückläufiges Interesse**

- Verwirrung aufgrund der bevorstehenden Englisch-Schularbeit

2. Veränderung der Perspektive auf Mathematik



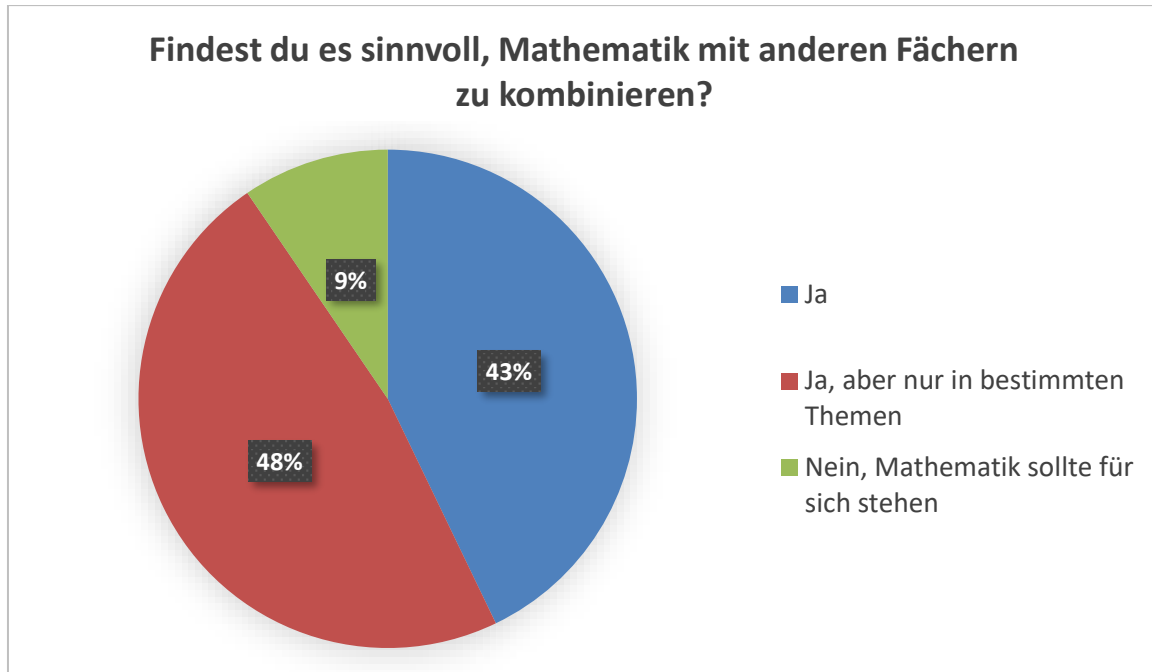
- **Ursachen für die Veränderung der Sichtweise**

- Existenz diverser Rechenmethoden
- Enger Zusammenhang zwischen Mathematik und Geschichte
- Bewusstsein für die historische Entwicklung von Zahlen und mathematischen Systemen
- Relevanz der Mathematik im alltäglichen Leben

- **Ursachen für die gleichbleibende Sichtweise**

- Mathematik ist uninteressant
- Mathematik wird als kompliziert wahrgenommen

3. Sinnhaftigkeit der Verknüpfung von Mathematik mit anderen Unterrichtsfächern



- **Gründe für die Sinnhaftigkeit**

- Vertieftes Verständnis
- Erleichterung des Lernprozesses durch Erkennen von Verbindungen
- Mehr Spaß an Mathematik
- Neue Aspekte von Mathematik
- Interessant, Zusammenhänge zu erfahren

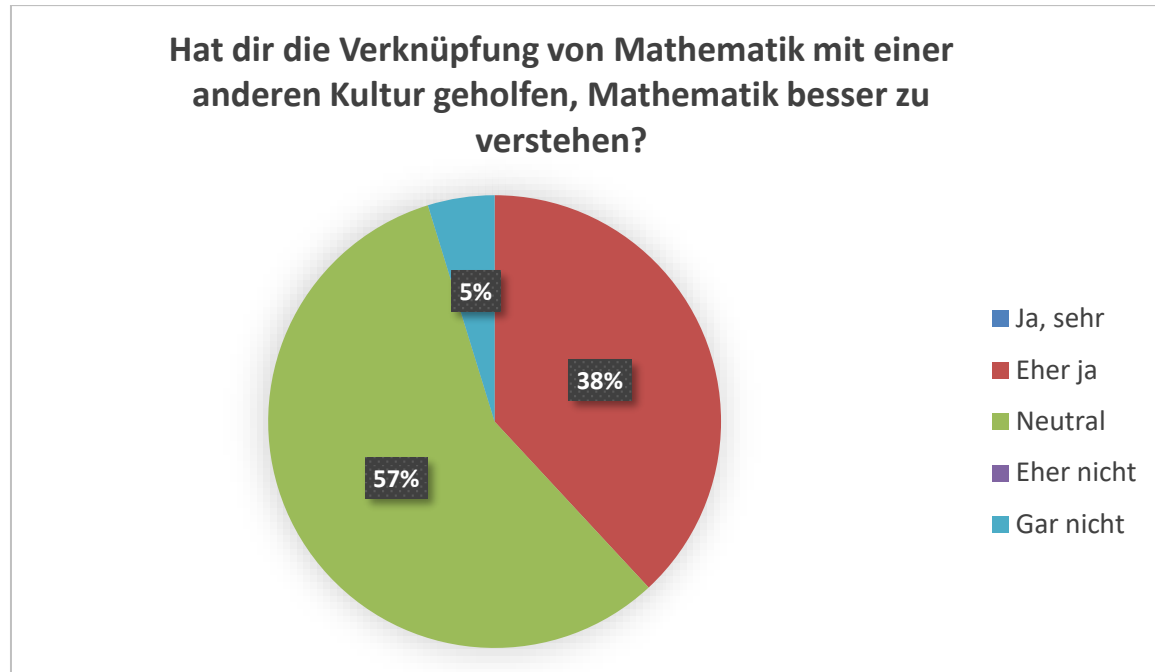
- **Gründe gegen die Sinnhaftigkeit**

- Mögliche Verwirrung
- Mathematik allein ist schon kompliziert genug
- Anwendung einer Fremdsprache ist nicht hilfreich

4. Wunschkombinationen mit Mathematik im Hinblick auf fächerübergreifenden Unterricht

- Geschichte: Historie der Mathematik
- Physik: Herleitung, Erklärung
- Geografie: Mathematik in diversen Ländern
- Sprachen, insbesondere Spanisch und Englisch: Ableitung von Termini, Verfeinerung des Sprachwissens

5. Rolle der kulturellen Verknüpfung für die Verständlichkeit der Mathematik



- **Aspekte des besseren mathematischen Verständnisses**
 - Vertieftes Verständnis für die Entwicklung der Mathematik
 - Mathematik umfasst mehr als nur Zahlen
 - Verbessertes Verständnis mathematischer Verfahren
- **Ursachen für gleichbleibendes oder gesunkenes mathematisches Verständnis**
 - Nicht unmittelbar auf gegenwärtige mathematische Inhalte anwendbar
 - Zu komplex oder nicht vertraut

6. Lieblingsaspekte des Unterrichts

- Kulturelle Einblicke
- Variation durch die Verbindung zweier Fächer
- Interdisziplinäre Sichtweise
- Anschaulicher und interaktiver Unterricht
- Neue mathematische Inhalte

7. Verbesserungsvorschläge

- Häufigere Durchführung fächerübergreifender Stunden
- Mehr Struktur in den Aufgabenstellungen und Erklärungen
- Gleichmäßige Einbindung beider Fächer
- Spielerische Elemente hinzufügen

6.5.2 Beschreibung der Ergebnisse

Laut der Untersuchung wurde der fächerübergreifende Unterricht in Spanisch und Mathematik von den Schülerinnen und Schülern überwiegend positiv wahrgenommen. Eine Vielzahl von Lernenden äußerte, dass sie die Verknüpfung der beiden Fächer als lehrreich und spannend empfanden. Vor allem das Zahlensystem, das die Maya verwendeten, fand in der Klasse großes Interesse, da es einen neuen Zugang zur Mathematik bot. Zahlen wurden so nicht nur als abstrakte Rechenwerkzeuge hingenommen, sondern ihr praktischer Nutzen wurde deutlich. Der Einblick in eine andere Kultur und Sprache sowie die dadurch entstandene Abwechslung zum gewohnten Mathematikunterricht führten bei 71 Prozent der Lernenden zu einem gesteigerten Interesse an Mathematik, Spanisch oder beiden Fächern. Ungefähr ein Viertel der Befragten gab an, keine Veränderung des Interesses festgestellt zu haben. Dies war zum einen auf das bereits bestehende große Interesse zurückzuführen, zum anderen auf die Schwierigkeiten, die in beiden Fächern schon vorlagen. Außerdem wurde angemerkt, dass die Dauer der Einheit nicht ausreichte, um Veränderungen herbeizuführen. Bei einem Schüler beziehungsweise einer Schülerin ist das Interesse zurückgegangen, wobei die bevorstehende Englisch-Schularbeit und die durch den Mathematikunterricht entstandene Verwirrung als Gründe angeführt wurden. Etwa 75% der Schülerinnen und Schüler gaben an, dass sich ihre Sichtweise auf die Mathematik durch diesen fächerübergreifenden Ansatz zumindest teilweise erweitert hat. Vielen wurde bewusst, dass die Mathematik und deren Entwicklung eine lange Geschichte aufweisen und dass die Mathematik auch im Alltag von Bedeutung ist. Als neue Erkenntnis wurde zudem die Existenz unterschiedlicher Zahlensysteme und Rechenmethoden genannt. Einem der Befragten ist eine komplette Erweiterung der Sichtweise auf Mathematik gelungen, da er deren Entstehung und kontinuierliche Weiterentwicklung als spannend empfunden hat. Bei den restlichen Lernenden wurde keine Veränderung festgestellt, da sie Mathematik weiterhin als kompliziert und uninteressant ansehen. Die Sinnhaftigkeit des fächerübergreifenden Unterrichts wurde von der Mehrheit der Lernenden als positiv beurteilt. Insbesondere wurde hervorgehoben, dass das Verständnis der Materie durch die Verknüpfung von Wissen aus unterschiedlichen Disziplinen verbessert werden kann und dass es möglich ist, Mathematik mit kulturellen und realen Kontexten in Verbindung zu bringen. All diese Aspekte zeigten die Vielseitigkeit der Mathematik auf, erleichterten den Lernprozess und steigerten die Freude am Unterrichtsfach. Allerdings kamen auch Bedenken auf, dass eine Kombination von Mathematik und einer Sprache das Lernen erschweren und Verwirrung hervorrufen könnte, insbesondere bei der Auseinandersetzung mit komplizierten mathematischen Sachverhalten. Daher gaben 48 Prozent der Befragten an, interdisziplinäre Ansätze nur in bestimmten mathematischen Themenbereichen durchzuführen. Neun Prozent der Lernenden nahmen die fächerübergreifende Einheit als nicht direkt nützlich wahr, da die gelernten Inhalte nicht von Bedeutung für ihren aktuellen Mathematikunterricht waren, was zu Verwirrung führte. Außerdem erwähnten sie, dass Mathematik allein schon kompliziert genug sei und die Nutzung einer Fremdsprache dies nicht einfacher mache.

Bei der Frage, welche Fächer die Schülerinnen und Schüler im Sinne eines fächerübergreifenden Unterrichts gerne mit Mathematik kombinieren würden, wurden am häufigsten Geschichte sowie sprachliche Fächer, wie Englisch oder Spanisch, genannt. Als Gründe dafür wurden die interessante Historie der Mathematik sowie die Herleitung von Begriffen und die Verbesserung des Sprachwissens genannt. Auch Physik wurde aufgezählt, da sie ähnlich zu Mathematik sei und sich beide Fächer ergänzen würden. Die Kombination mit Geografie wurde ebenfalls genannt, um mehr über die Mathematik in verschiedenen Ländern zu lernen.

Dass die Verknüpfung mit einer anderen Kultur zu einem besseren Verständnis der Mathematik beiträgt, konnte die Mehrheit der Lernenden nicht feststellen. 38 Prozent der Schülerinnen und Schüler befürworteten diese Aussage eher, da die Unterrichtseinheit geholfen habe, die Entstehung der Mathematik und deren Methoden besser zu verstehen. Ein Befragter beziehungsweise eine Befragte stimmte dieser Aussage nicht zu, weil das im Unterricht Gelernte nicht direkt auf aktuelle mathematische Inhalte anwendbar sei und als ungewohnt sowie kompliziert empfunden werde. Als besonders gelungene Aspekte der Unterrichtseinheit wurden die Maya-Zahlen und deren Rechenmethoden hervorgehoben. Vor allem der kulturelle Einblick, der interaktive und anschauliche Unterricht, die Abwechslung durch die Verbindung zweier Fächer und das neue mathematische Thema haben den Lernenden gefallen. Konstruktives Feedback von einigen Schülern beinhaltete den Wunsch nach mehr Erklärungen der Lehrperson, einer gleichmäßigen Einbindung beider Fächer und dem Hinzufügen spielerischer Elemente.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass der fächerübergreifende Unterricht in Mathematik und Spanisch grundsätzlich positiv wahrgenommen wurde, da das mathematische Verständnis sowie die Freude erhöht und der Lernprozess erleichtert wurde. Viele Schülerinnen und Schüler wünschen sich eine Durchführung derartiger Stunden öfter, wobei jedoch auf eine ausgewogene Balance und verständliche Erklärungen geachtet werden muss. Vor allem die Kombination von Mathematik mit Fächern wie Physik, Geschichte und anderen Sprachen wurde als besonders sinnvoll hervorgehoben, um das mathematische Verständnis weiter zu vertiefen und mehr Zusammenhänge zu entdecken.

6.5 Interpretation der Resultate

Die Ergebnisse der Befragung bieten wertvolle Einblicke in die Wirksamkeit des fächerübergreifenden Unterrichts in Mathematik und Spanisch. Zum einen demonstrieren sie, dass die anfänglich aufgestellten Hypothesen größtenteils haltbar sind. Auf der anderen Seite werden allerdings die Schwierigkeiten interdisziplinärer Herangehensweisen und die unterschiedlichen Perspektiven der Schülerinnen und Schüler offensichtlich.

Veränderung des Interesses an den Fächern Mathematik und Spanisch durch fächerübergreifenden Unterricht (Forschungsfrage 3.1)

Die Annahme, dass die Einbettung hispanisch kultureller Aspekte im Mathematikunterricht das Interesse der Lernenden an diesen zwei Fächern erhöht, findet in den Resultaten weitgehend Bestätigung. Zahlreiche Schülerinnen und Schüler äußerten, dass der fächerübergreifende Unterricht ihnen half, neue mathematische Inhalte und Aspekte der hispanischen Kultur kennenzulernen, die sie als spannend erachteten. Vor allem das Entdecken des Zahlensystems der Maya wurde als spannend und bereichernd empfunden, was impliziert, dass die Einbindung kultureller Inhalte als förderlich für die Neugier auf Mathematik gesehen werden kann. Auch die Verbindung von Sprache und Mathematik sowie der für die Lernenden bis dato unbekannte interdisziplinäre Ansatz erhöhten den Interessensgrad der Schülerinnen und Schüler. Allerdings erlebten nicht alle Lernenden diesen positiven Effekt auf das Interesse in gleichem Maße. Beim Großteil der Schülerinnen und Schüler wurde ein wachsendes Interesse an Mathematik, Spanisch oder beiden Fächern sichtbar, während nur eine Minderheit angab, keine Veränderung wahrgenommen zu haben. Letzteres galt vor allem für diejenigen Lernenden, bei denen bereits bestehende Probleme in oder starkes Interesse an einem oder beiden der Fächer vorhanden waren. Daraus wird ersichtlich, dass ein fächerübergreifender Unterricht nicht für alle Schülerinnen und Schüler im gleichen Ausmaß effektiv ist, sondern dass dessen Wirkung auf individuelle Vorlieben zurückzuführen ist.

Trotzdem findet die Aussage von Labbude (2014) durch die empirische Untersuchung Bestätigung, da der Einsatz interdisziplinärer Aspekte im Unterricht oft als bereichernder und ansprechender wahrgenommen wird als rein fachbezogene Themen. Außerdem kann die Zufriedenheit der Schülerinnen und Schüler beim Lernen im Rahmen interdisziplinärer Ansätze gesteigert werden. Diese Entwicklung zeigt sich besonders in den Ergebnissen des Fragebogens, in denen die Mathematik der Maya als interessantes und abwechslungsreiches Thema im Vergleich zum regulären Mathematikunterricht beschrieben wird.

Veränderung der Sichtweise auf Mathematik durch den fächerübergreifenden Unterricht (Forschungsfrage 3.2)

Die Hypothese, dass der interdisziplinäre Ansatz die Sichtweise auf Mathematik positiv verändert, kann teilweise bestätigt werden. Viele Lernende gaben an, dass sie durch die Unterrichtseinheit neue Aspekte der Mathematik erfahren haben und dadurch in gewisser Hinsicht eine andere Perspektive entwickelt wurde. Insbesondere die historische Entwicklung der Mathematik und die ihnen zuvor unbekannte Rechenmethode nahmen sie als interessant wahr. Zudem bemerkten einige Schülerinnen und Schüler, dass Mathematik nicht nur aus den ihnen vertrauten Zahlen und Rechenmethoden besteht, sondern sich im Laufe der Zeit entwickelt hat und historische interessante Aspekte aufweist. Die Beziehungen der Mathematik zu anderen Fachgebieten wurden von vielen

der Befragten als aufschlussreich und als neue Information wahrgenommen, ebenso wie ihre Relevanz im alltäglichen Leben. Dennoch existieren auch Gegenstimmen, die keine Veränderung der mathematischen Perspektive bemerkt haben und die diese Disziplin nach wie vor als uninteressant und kompliziert empfinden. Hier sei nochmals auf das ambivalente Bild der Mathematik nach Henderson (1981) sowie Haag und Götz (2012) verwiesen, in dem die Mathematik einerseits als wichtig, andererseits aber als wenig abwechslungsreich und realitätsfremd beschrieben wird, was oft Ablehnung hervorruft. Um dieser mathematischen Abneigung entgegenzuwirken, soll die Rolle der Mathematik in der Gesellschaft, der Praxis und der Geschichte verstanden werden. Die Resultate der Befragung zeigen, dass die Verbindung von mathematischen, kulturellen, sprachlichen und geschichtlichen Inhalten die Praxistauglichkeit der Mathematik deutlicher macht und diese als weniger abstrakt wahrgenommen wird. Jedoch darf dieser Effekt nicht verallgemeinert werden, da hier individuelle Unterschiede bestehen, wie in den Gegenstimmen deutlich wird. Folglich impliziert fächerübergreifender Unterricht nicht zwingend eine positive Perspektive, da auch hier eine differenzierte Betrachtung der Präferenzen und Vorerfahrungen der Schülerinnen und Schüler notwendig ist.

Dennoch findet die anfangs aufgestellte Hypothese, dass eine Verknüpfung mathematischer Inhalte mit gesellschaftsrelevanten und historischen Themen die Perspektive der Lernenden auf die Mathematik fördern kann, Bestätigung. Die Resultate der Befragung zeigen, dass ein großer Teil der Schülerinnen und Schüler zumindest teilweise eine positive Veränderung ihrer Sichtweise auf die Mathematik erfahren hat, was vor allem auf die kulturelle und historische Einbettung des Unterrichtsthemas zurückzuführen ist.

Wahrgenommene Sinnhaftigkeit der Verknüpfung von Mathematik mit weiteren Fächern (Forschungsfrage 3.3)

Die Annahme, dass die Lernenden einen fächerübergreifenden Unterricht mit Mathematik als bereichernd empfinden, kann auf Grundlage der Ergebnisse eindeutig als gerechtfertigt angesehen werden. Die Mehrheit der Schülerinnen und Schüler äußerte, den interdisziplinären Ansatz der Mathematikeinheit als sinnvoll wahrgenommen zu haben. Die genannten Gründe umfassen vor allem ein besseres Verständnis mathematischer Inhalte, eine Erleichterung des Lernprozesses, mehr Freude an Mathematik, die Einordnung in einen größeren Kontext und die Verbindung zu anderen Disziplinen. Abseits der Verbindung mit dem Unterrichtsfach Spanisch und Sprachen im Allgemeinen, nannten die Lernenden oft Geschichte und Physik als Fächer, die mit Mathematik in Verbindung stehen. Dieses Resultat verdeutlicht, dass, wie von Labbude (2014) dargelegt, fächerübergreifender Unterricht die Relevanz der Mathematik in der Praxis verdeutlicht und abstrakte Aspekte anschaulicher darstellen kann.

Bemerkenswert ist, dass zahlreiche Schülerinnen und Schüler die historische Entwicklung der Mathematik als interessant wahrgenommen haben. Daraus lässt sich folgern, dass ein

interdisziplinärer Ansatz zwischen Geschichte und Mathematik für ein besseres mathematisches Verständnis förderlich sein kann. Kritische Stimmen wiesen auf die Möglichkeit hin, dass fächerübergreifende Unterrichtsformen für Verwirrung bei den Lernenden sorgen könnten, da das Fach Mathematik allein schon eine Herausforderung darstellt. Auch hier wird der Aspekt der Individualität deutlich: Interdisziplinärer Unterricht entfaltet bei den Schülerinnen und Schülern nicht bei allen die gleiche Wirkung. Abgesehen von der differenzierten Betrachtung muss auch beurteilt werden, in welchen Kontexten fächerübergreifende Ansätze sinnvoll erscheinen und welche Inhalte aufgrund besserer Verständlichkeit fachisoliert gelehrt werden sollen.

Die im Rahmen der empirischen Untersuchung aufgestellten Forschungsfragen konnten beantwortet und die dazugehörigen Hypothesen größtenteils bestätigt werden:

- Ein fächerübergreifender Unterricht zwischen Mathematik und Spanisch kann, wenn auch nicht bei allen Lernenden im gleichen Maße, das Interesse an beiden Fächern steigern. Als Gründe dafür werden vor allem das Wahrnehmen neuer Erkenntnisse und die Abwechslung zum gewohnten Mathematikunterricht genannt.
- Die Sichtweise der Lernenden bezüglich der Mathematik kann durch fächerübergreifenden Unterricht positiv verändert werden, indem neue Aspekte wahrgenommen werden. Hierfür wird vor allem die Einbettung kulturhistorischer Inhalte hervorgehoben.
- Die Mehrheit der Schülerinnen und Schüler betrachtet fächerübergreifende Ansätze im Mathematikunterricht als sinnvoll, wobei dies jedoch je nach Thema variiert. Insbesondere werden Sprachen, Physik und Geschichte als mögliche Kombinationen genannt.

In Hinblick auf die praktische Umsetzung fächerübergreifenden Unterrichts impliziert dies eine gewissenhafte Planung, um sowohl die wissbegierigen als auch die eher desinteressierten Schülerinnen und Schüler einzubinden. Dazu ist eine differenzierte Betrachtung des Vorwissens und der Präferenzen der Lernenden vonnöten. Laut den Resultaten stellt die Verknüpfung von Mathematik mit kulturellen und historischen Aspekten einen erfolgversprechenden Ansatz dar, um die Zusammenhänge zwischen Mathematik und der Welt aufzuzeigen und in der Folge das Interesse am Fach zu steigern. Gleichzeitig muss aber berücksichtigt werden, dass nicht jedes Thema für eine Bearbeitung im interdisziplinären Setting geeignet ist. Daher müssen solche Themen mit Bedacht ausgewählt und didaktisch sorgfältig geplant und aufbereitet werden. Außerdem tragen eine klare Strukturierung der Aufgabenstellung, explizite Erklärungen sowie eine didaktische Anpassung der Inhalte an das Niveau und den aktuellen Lernstoff dazu bei, Verwirrung und Überforderung in der Klasse zu vermeiden.

Abschließend kann festgestellt werden, dass der fächerübergreifende Unterricht in Mathematik und Spanisch ein vielversprechender Ansatz ist, um eine Förderung des Interesses, eine positive Veränderung der Sichtweise auf Mathematik und ein besseres Verständnis zu erlangen. Ein solcher Ansatz kann aufgrund der sprachlichen, kulturellen und historischen Inhalte vor allem für diejenigen Lernenden als gewinnbringend gesehen werden, welche an Sprachen und Geschichte interessiert sind. Für andere Schülerinnen und Schüler sollte, um Abneigung und Überforderung zu vermeiden, eine differenzierte Herangehensweise in Betracht gezogen werden. Die Resultate zeigen, dass ein solcher interdisziplinärer Ansatz von den Lernenden als interessant, abwechslungsreich und sinnvoll wahrgenommen wird und der Wunsch nach häufigerer Durchführung fächerübergreifenden Unterrichts gegeben ist.

7 Zusammenfassung und Aussichten

Die Befragung von 21 Personen, die an einer Unterrichtseinheit zur Hochkultur der Maya teilgenommen haben, reicht zwar nicht aus, um eine repräsentative Stichprobe über die Einstellung zum fächerübergreifenden Unterricht zwischen Mathematik und Spanisch zu erhalten, gibt aber Hinweise auf die Richtung, in die künftiger Unterricht und Forschung gehen könnten. Bezüglich der Frage, inwiefern sich das Unterrichtsfach Mathematik mit dem Unterrichtsfach Spanisch im Sinne eines fächerübergreifenden Ansatzes verbinden lässt, wurde demonstriert, dass die Integration der Hochkultur der Maya in den Mathematikunterricht eine wirksame Möglichkeit bietet. Aufgrund ihres Zahlensystems, der Einführung der Null, ihrer Architektur und ihrer genauen Kalenderberechnungen weisen die Maya einen bemerkenswerten Bezug zur Mathematik auf. Auch die Ethnomathematik und das interkulturelle Lernen befürworten diese fächerübergreifende Verknüpfung, indem sie betonen, dass interdisziplinäre Verbindungen geschaffen und gefördert werden müssen, um Mathematik in schulischen sowie alltäglichen Kontexten zu erkennen und anzuwenden. Zu diesem Zweck wurde Lehrmaterial über die Hochkultur der Maya und deren mathematische Errungenschaften entwickelt, um den Schülerinnen und Schülern neben arithmetischen und geometrischen Aspekten auch hispanisch-kulturelle Inhalte näherzubringen. Die Kompetenzbereiche, die durch die Beschäftigung mit der Maya-Zivilisation angesprochen werden konnten, sind die der Zahlen und Maße, Figuren und Körper sowie Daten und Zufall. Auf diese wurde bei der Erstellung der Arbeitsblätter ein Augenmerk gelegt, ebenso wie auf die Prozesse des Vermutens und Begründens, Darstellens und Interpretierens, Modellierens und Problemlösens sowie Operierens. Aufgrund der angesprochenen Prozesse und grundlegenden Kompetenzen eignen sich die Aktivitäten des Arbeitsmaterials für einen Einsatz in der Unterstufe, wobei sie aber unter Anwendung des Spiralprinzips und in Hinblick auf die zentrale Reifeprüfung auch in der Oberstufe bearbeitet werden können.

Die Frage, ob ein fächerübergreifender Unterricht von Mathematik und Spanisch erfolgreich stattfinden kann, konnte durch die empirische Untersuchung in einer vierten Klasse der AHS-Unterstufe zufriedenstellend beantwortet werden. Die Ergebnisse des Fragebogens verdeutlichen, dass bei der überwiegenden Mehrheit der Lernenden ein erhöhtes Interesse in einem oder beiden Unterrichtsfächern festgestellt werden konnte. Dies beruht vor allem auf dem interessanten Thema, den neu gewonnenen Erkenntnissen in beiden Fächern, der Abwechslung zum Standardunterricht sowie der spannenden Verbindung von Mathematik mit Sprache. Bezüglich der Veränderung der Sichtweise gaben die Schülerinnen und Schüler an, neue Aspekte erkannt zu haben, die sie zuvor nicht bedacht hatten. Hierzu gehören die Existenz verschiedener Rechenmethoden, die Bedeutung von Mathematik im Alltag, der Zusammenhang von Geschichte und Mathematik sowie die Entwicklung von Zahlen im historischen Kontext. Die Befragten hielten interdisziplinäre Ansätze im Mathematikunterricht bei bestimmten Themen für sinnvoll, wobei insbesondere die Fächer Englisch,

Geschichte, Physik und Spanisch als mögliche Kombinationen genannt wurden. Als Begründung führten sie die Erleichterung des Lernprozesses, die Steigerung des Spaßfaktors an Mathematik sowie ein vertieftes Verständnis für die Entstehung der Mathematik und deren Methoden an. Eine geringe Anzahl von Schülerinnen und Schülern hielt den fächerübergreifenden Unterricht in Mathematik und Spanisch für ineffektiv, da Mathematik allein schon kompliziert genug sei und die Verwendung einer Fremdsprache dabei nicht hilfreich sei. Außerdem wurde angemerkt, dass die Mathematik der Maya nicht unmittelbar anwendbar auf die aktuellen mathematischen Inhalte der vierten Klasse sei und dass interdisziplinäre Ansätze im Mathematikunterricht zu Verwirrung führen könnten. Des Weiteren wurde eine gleichmäßigere Einbindung beider Fächer und das Hinzufügen spielerischer Elemente als Verbesserungsvorschläge angegeben. Trotz allem überwiegen die positiven Aspekte der Unterrichtseinheit zur Mathematik der Maya, wobei vor allem der kulturelle Einblick, die Abwechslung durch die interdisziplinäre Perspektive, das neue mathematische Thema sowie der interaktive und anschauliche Unterricht hervorgehoben werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass ein fächerübergreifender Unterricht zwischen Mathematik und Spanisch erfolgreich umgesetzt werden kann, mit dem Ziel, das Interesse der Schülerinnen zu steigern, ihre Sichtweise auf Mathematik zu verbessern und ihr mathematisches Verständnis zu fördern. Allerdings muss das durch den interdisziplinären Ansatz bearbeitete Thema sorgfältig ausgewählt und didaktisch geplant werden, um Verwirrung in der Klasse zu vermeiden. Die Resultate der empirischen Untersuchung zeigen, dass die Kombination von Mathematik mit dem Unterrichtsfach Geschichte und Fremdsprachen beliebt ist, jedoch individuell von jedem Schüler und jeder Schülerin abhängt. Deshalb sollte die Lehrkraft bei der Planung fächerübergreifender Einheiten eine differenzierte Betrachtung auf die Vorlieben und das Vorwissen der Lernenden haben sowie die Inhalte an den aktuellen Lernstoff und das Niveau der Klasse anpassen. Werden diese Vorschläge zur Optimierung berücksichtigt, so stellt der fächerübergreifende Unterricht zwischen Mathematik und Spanisch ein effektives Mittel dar, um den Schülerinnen und Schülern auf interessante und spannende Weise neben mathematischen Inhalten auch die hispanische Kultur und Sprache näherzubringen.

8 Literaturverzeichnis

- Asselborn, W. U., Berg, G., Ganten, D., Hoffmann, K. H., Daumer, K., & Meyer-Galow, E. (1998). Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung an der Schwelle zu einem neuen Jahrhundert. *Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik*, 66, 26–40.
- Barrera-Vásquez, A., Espejel, C., León-Portilla, M., Oudijk, M., Romero, M. de los Á., de la Torre, F. E., & Velázquez, M. del C. (2013). *Historia documental de México 1*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Históricas. https://www.historicas.unam.mx/publicaciones/publicadigital/libros/historia_documental/vol01.html [Zugriff am 9. April 2025].
- Baudouin, B. (2012). *Los mayas*. De Vecchi.
- Beutelspacher, A. (2018). *Zahlen, Formeln, Gleichungen: Algebra für Studium und Unterricht*. Springer Spektrum.
- BMBWF. (2024). *Lehrpläne NEU: Lehrpläne für Primar- und Sekundarstufe I – Pädagogik-Paket*. <https://www.bmbwf.gv.at/> [Zugriff am 10. Dezember 2024].
- d'Ambrosio, U. (1985). Ethnomathematics and its place in the history and pedagogy of mathematics. *For the Learning of Mathematics*, 5(1), 44–48.
- Dantzig, T. (1941). *Number, the language of science* (3. Aufl.). Macmillan.
- Döring, N. (2023). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (6. Aufl.). Springer.
- Draxler, S., & Lippitsch, M. (2012). *Astronomie und Kalender der Maya*.
- Fernández Sánchez, O. (2010). Pensamiento matemático de los mayas, una creación metafórica. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 4(8), 174–188.
- García-Salgado, T. (2010). The Sunlight Effect of the Kukulcán Pyramid or The History of a Line. *Nexus Network Journal*, 12(1), 113–130. <https://doi.org/10.1007/s00004-010-0019-3>
- Gates, W. (1932). The Dresden Codex. The Maya Society at the Johns Hopkins University. [dresden01.pdf](#) [Zugriff am 11. April 2025].

- Gebhard, U., Höttecke, D., & Rehm, M. (2017). *Pädagogik der Naturwissenschaften: Ein Studienbuch* (1. Aufl.). Springer VS.
- Gilabert Sansalvador, L. (2018). *La bóveda en la arquitectura maya*. Universitat Politècnica de València.
- Haag, L. & Götz, T. (2012). Mathe ist schwierig und Deutsch aktuell: Vergleichende Studie zu Charakterisierung von Schulfächern aus Schülersicht. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 59(1), 32–46.
- Henderson, D. (1981). Three papers: Mathematics and liberation, Sue is a mathematician, Mathematics as imagination. *For the Learning of Mathematics*, 1(3), 12-15. <https://www.jstor.org/stable/40247722> [Zugriff am 20. Juni 2024].
- Hersh, R. (1997). *What is mathematics, really?* Oxford University Press.
- Huber, L., & Effe-Stumpf, G. (1994). Der fächerübergreifende Unterricht am Oberstufen-Kolleg: Versuch einer historischen Einordnung. In U. Krause-Isermann, J. Kupsch, M. Schumacher & Universität Bielefeld. Oberstufen-Kolleg Bielefeld (Hrsg.), *Arbeitsmaterialien aus dem Bielefelder Oberstufen-Kolleg: Vol. 38. Perspektivenwechsel: Beiträge zum fächerübergreifenden Unterricht für junge Erwachsene* (S. 63–86). Bielefeld.
- Ifrah, G. (2000). *The universal history of numbers: From prehistory to the invention of the computer*. John Wiley & Sons.
- Joseph, G. G. (2000). *The crest of the peacock: The non-European roots of mathematics*. Princeton University Press.
- Kitagawa, K., Revell, T., & Dresler, N. S. (2023). *Die großen Unbekannten der Mathematik: Warum die Geschichte der Mathematik älter, östlicher und weiblicher ist, als wir glauben* (1. Aufl., deutsche Erstausgabe). Goldmann.
- Klafki, W. (2019). *Allgemeine Erziehungswissenschaft. Systematische und historische Abhandlungen* (Herausgegeben und eingeleitet von K.-H. Braun, F. Stübiger & H. Stübiger). Springer VS.
- Kölbl, C., Kreuzer, A., Utler, A., Dresel, M., Fischer, F., & Urhahne, D. (2019). Interkulturelles Lernen. In *Psychologie für den Lehrberuf* (S. 107–124). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-55754-9_6

- Labudde, P. (2014). Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht - Mythen, Definitionen, Fakten. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 20(1), 11–19. <https://doi.org/10.1007/s40573-014-0001-9>
- Labudde, P. & Metzger, S. (2019). *Fachdidaktik Naturwissenschaft: 1.-9. Schuljahr* (3., erweiterte und aktualisierte Auflage). Haupt Verlag.
- Magaña Solís, L. F. (1990). Las Matemáticas y los mayas. *Revista Ciencias*, 19, 19–26. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (12. Aufl.). Beltz.
- Mecheril, P. (2022). Interkulturelles Lernen. In *Fachlexikon der Sozialen Arbeit* (9. Aufl., S. 447–448). Nomos Verlagsgesellschaft.
- Prediger, S. (2001). Mathematiklernen als interkulturelles Lernen – Entwurf für einen didaktischen Ansatz. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 22(2), 123–144.
- Reiss, K., & Hammer, C. (2021). Leitfaden für die Unterrichtsplanung. In *Grundlagen der Mathematikdidaktik* (S. 203–204). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-65429-0_36
- Reston, G. (2007). *Mundo Maya: Claves para entender una civilización fascinante*. Ecommerce Quality Consulting.
- RIS. (2023). *Rechtsinformationssystem des Bundes: Bundesrecht konsolidiert – Lehrpläne allgemeinbildende höhere Schulen*. <https://www.ris.bka.gv.at/NormDokument.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568> [Zugriff am 19. März 2025].
- Rosado Torres, A., Gilabert Sansalvador, L., & Montuori, R. (2021). Stonecutting in Maya architecture: The Palace of the Governor at Uxmal, Yucatán, Mexico.
- Schroeder, J. (2000). Mathematik. In H. Reich, A. Holzbrecher, & H. J. Roth (Hrsg.), *Fachdidaktik interkulturell: Ein Handbuch* (S. 451–468). Leske + Budrich.
- Scriba, C. J., & Schreiber, P. (2010). *5000 Jahre Geometrie: Geschichte, Kulturen, Menschen*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- SDGs. (2025). *Sustainable Development Goals: Die globalen Nachhaltigkeitsziele im Bereich Bildung*. <https://unagenda2030.SDGs/bildung> [Zugriff am 11. März 2025].

- Sharer, R. J. (2012). Who were the Maya? *Expedition*, 54(1), 12–17.
- SRP. (2024). *Die standardisierte schriftliche Reifeprüfung in Mathematik (AHS)*. <https://www.srp-mathematik.at> [Zugriff am 20. Februar 2025].
- Tenorio, Á. F. & Fedriani, E. M. (2004). Los sistemas de numeración maya, azteca e inca. *Lecturas matemáticas (Bogotá, D.E.)*, 25(2), 159–190.
- Thomas, A. (1988). (Hrsg). *Interkulturelles Lernen im Schüleraustausch*. Saarbrücken.
- Weeks, J. M. (2011). *The Carnegie Maya III: Carnegie Institution of Washington Notes on Middle American Archaeology and Ethnology, 1940–1957* (1. Auflage). University Press of Colorado.
- Winter, H. (1995). Mathematikunterricht und Allgemeinbildung. *Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik*, 61, 37–46.
- Wußing, H. (2008). Mathematik am Anfang und Ethnomathematik. In *6000 Jahre Mathematik* (S. 5–40). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-77192-0_2
- Winter, H. (1995). Mathematikunterricht und Allgemeinbildung. *Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik*, 61, 37–46.

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellungen der Null in den Stelen (Fernández Sánchez, 2010, S. 183).....	6
Abbildung 2: Darstellungen der Null in den Kodizes (Tenorio & Fedriani, 2004, S. 168).....	6
Abbildung 3: Die Zahlen von 1 bis 19 in der Darstellungsform der Maya (Tenorio & Fedriani, 2004, S. 167).....	7
Abbildung 4: Ziffern 1 bis 19 in der „Kopfvariante“ dargestellt (Joseph, 2000, S. 69).....	8
Abbildung 5: Schlangenzahlen (Gates, 1932, S. 61)	10
Abbildung 6: Gouverneurspalast in Uxmal (Scriba & Schreiber, 2010, S. 194-198).....	18
Abbildung 7: Tempel des Kukulcán (Scriba & Schreiber, 2010, S. 199)	19

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Stellenwerte im Dezimalsystem	9
Tabelle 2: Stellenwerte im Vigesimalssystem.....	9
Tabelle 3: Stellenwertleiter	9
Tabelle 4: Darstellung der Schlangenzahlen in der Stellenwertleiter	10
Tabelle 5: unreines Vigesimalssystem an der Stellenwerttafel dargestellt.....	11

11 Anhang

11.1 Arbeitsmaterial

Eine Reise nach Zentralamerika: die Hochkultur der Maya

*The Mayan is perceived as being among the most “advanced” of all Native American cultures in terms of its mathematics, astronomy, and technology
[...]¹*

Doch was macht die Mathematik der Maya so außergewöhnlich? Und wer sind die Maya überhaupt? Die Maya waren eine hochentwickelte mesoamerikanische Zivilisation, die zwischen 2000 v. Chr. und 1500 n. Chr. in Mittelamerika lebte. Sie sind bekannt für ihre Pyramiden, Tempel, präzisen Kalender und ihre fortschrittliche Mathematik. Ihre Städte wie Tikal und Chichén Itzá zeugen von beeindruckender Architektur und kultureller Vielfalt. Die Maya verehrten zahlreiche Götter und entwickelten eine tief verwurzelte Mythologie. Nach einem mysteriösen Niedergang im 9. Jahrhundert blieben ihre Nachfahren bis heute ein lebendiger Teil der Region und bewahren ihr kulturelles Erbe.

Didaktisch-methodische Hinweise

Vor dem Hintergrund der bedeutenden Hochkultur der Maya sollen im folgenden Arbeitspaket verschiedene Themen der Unter- und Oberstufe behandelt werden. Unter Berücksichtigung des Spiralprinzips werden im Kontext von hispanisch-kulturellen Themen unter anderem folgende mathematische Inhalte aufgegriffen:

- der Maßstab
- Prozentrechnung
- Geschwindigkeit-Weg-Zeit-Problematik
- Andere Darstellungsarten von Zahlen
- Größen im Alltag: Längen, Flächeninhalte, Volumina
- Stellenwertsysteme: Dezimalsystem und Vigesimalssystem
- Modulo-Rechnen

¹ Joseph, G.G. (2000). *The Crest of the Peacock: The Non-European Roots of Mathematics*. Princeton University Press, S. 45

Dabei werden vor allem die inhaltlichen Kompetenzbereiche *Zahlen und Maße* sowie *Figuren und Körper* angesprochen, welche mit den Prozessen *Modellieren und Problemlösen*, *Operieren*, *Darstellen und Interpretieren*, *Vermuten und Begründen* eng verbunden sind.²

Neben der Thematisierung mathematischer Inhalte, finden sich in diesem Arbeitspaket auch Aspekte der Fächer Spanisch, Geografie und Geschichte wieder. Diese Verbindung einzelner Unterrichtsfächer folgt der Intention des österreichischen Lehrplans, da so dem Prinzip des *interkulturellen Lernens* nachgegangen wird.³ Ergänzend zu dieser fächerübergreifenden Verknüpfung werden in manchen Aufgaben die globalen Nachhaltigkeitsziele (*Sustainable Development Goals* – SDGs) integriert, die darauf abzielen, Bewusstsein für die Komplexität globaler Probleme zu schärfen und kritisches, systemisches sowie zukunftsorientiertes Denken und Handeln zu fördern.⁴

Da in diesem Arbeitspaket Grundinhalte der Unterstufe thematisiert werden, eignet es sich für Lernende der Sekundarstufe I. Jedoch kann es auch im Unterricht der Sekundarstufe II eingesetzt werden, um diese wichtigen mathematischen Basisthemen zu wiederholen, die sich auch in der zentralisierten Reifeprüfung wiederfinden. Wird der Fokus auf einen fächerübergreifenden Unterricht Mathematik-Spanisch gesetzt, so erweist sich ein Einsatz in der Oberstufe als sinnvoller, da Spanisch als Schulfach meistens erst ab der neunten Schulstufe gelehrt wird.

Die folgenden Arbeitsblätter können entweder einzeln oder als Paket im Unterricht verwendet werden, da die Inhalte in vier voneinander unabhängige Themenbereiche gegliedert sind. Dies ermöglicht auch die Durchführung eines Stationenbetriebs. Außerdem werden im Laufe dieses Arbeitspakets unterschiedliche Sozial- und Arbeitsformen (Einzelarbeit, Partner- und Gruppenarbeit) angesprochen, wie es der österreichische Lehrplan vorsieht.⁵

² RIS. Rechtsinformationssystem des Bundes. (2023). Bundesrecht konsolidiert: Lehrpläne – allgemeinbildende höhere Schulen. Online unter: <https://www.ris.bka.gv.at/NormDokument.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568&Artikel=&Paragraf=&Anlage=1&Uebergangsrecht=> [16.02.2025], S. 78-90

³ RIS. Rechtsinformationssystem des Bundes. (2023). Bundesrecht konsolidiert: Lehrpläne – allgemeinbildende höhere Schulen. Online unter: <https://www.ris.bka.gv.at/NormDokument.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568&Artikel=&Paragraf=&Anlage=1&Uebergangsrecht=> [16.02.2025], S. 2-4

⁴ SDGS. Sustainable Development Goals. Die globalen Nachhaltigkeitsziele im Bereich Bildung. Online unter: [UN-Agenda 2030: Die globalen Nachhaltigkeitsziele / SDGs im Bereich Bildung](#) [11.03.2025]

⁵ RIS. Rechtsinformationssystem des Bundes. (2023). Bundesrecht konsolidiert: Lehrpläne – allgemeinbildende höhere Schulen. Online unter: <https://www.ris.bka.gv.at/NormDokument.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568&Artikel=&Paragraf=&Anlage=1&Uebergangsrecht=> [16.02.2025], S. 78

Überblick

Die folgenden Tabellen stellen überblicksmäßig die in den jeweiligen Arbeitsblättern eingebetteten inhaltlichen Kompetenzbereiche sowie die Prozesse dar, die im österreichischen AHS-Lehrplan⁶ angeführt sind.

Das Reich der Maya

Thema	Inhaltliche Kompetenzbereiche & Prozesse
Das Siedlungsgebiet der Maya	Inhaltliche Kompetenzbereiche
a) Größe des Siedlungsgebietes der Maya schätzen und messen b) Fläche des Maya-Gebietes mit der Österreichs vergleichen und den Anteil in Prozent angeben c) Maßstab bei gegebener Maßstabsleiste finden	1.3: Figuren und Körper: ... können Rechtecke und Figuren, die aus Rechtecken bestehen, konstruieren und maßstäblich darstellen; Formeln für den Umfang und den Flächeninhalt von Rechtecken begründen und anwenden
Der Tren Maya	
a) Länge der Strecke des Tren Maya messen und in der Wirklichkeit angeben b) Sehenswürdigkeiten suchen und auf der Karte einzeichnen (Landeskunde Mexiko, Abschätzen von Distanzen) c) Vor- und Nachteile des <i>Tren Maya</i> d) Zeit bei gegebener Geschwindigkeit und Strecke berechnen; Antwort begründen	2.1: Zahlen und Maße: ... können mit Proportionalitäten und Prozenten arbeiten
	Prozesse
	... Modellieren und Problemlösen ... Operieren

⁶ RIS. Rechtsinformationssystem des Bundes. (2023). Bundesrecht konsolidiert: Lehrpläne – allgemeinbildende höhere Schulen. Online unter: <https://www.ris.bka.gv.at/NormDokument.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568&Artikel=&Paragraf=&Anlage=1&Uebergangsrecht=> [letzter Aufruf: 16.02.2025], S. 76-80

Das Zahlssystem der Maya

Thema	Inhaltliche Kompetenzbereiche & Prozesse
Die Maya-Schreibweise	Inhaltliche Kompetenzbereiche
a) Prinzip hinter der Punkt-Strich-Schreibweise herausfinden und erklären b) Zahlen in Maya-Schreibweise darstellen c) Symbol der Null einführen und deren Bedeutung verstehen	1.1: Zahlen und Maße: ... können natürliche Zahlen sowie nichtnegative Dezimal- und Bruchzahlen interpretieren, darstellen und vergleichen ... können Rechenoperationen mit natürlichen Zahlen und mit nichtnegativen Dezimalzahlen durchführen und deuten; Überschlagsrechnungen durchführen
Das Vigesimalssystem	
a) Unterschied zwischen Dezimal- und Vigesimalssystem verdeutlichen b) Zahl als Summe von Zehnerpotenzen darstellen c) Stellenwertleiter des Vigesimalsystems einführen und verstehen d) Maya-Zahlen in der Stellenwertleiter als Zahl im Dezimalsystem darstellen e) Geburtsjahr als Maya-Zahl im Vigesimalssystem darstellen f) Schlangenzahlen (Maya-Zahlen) als Zahlen im Dezimalsystem darstellen	3.1: Zahlen und Maße: ... können rationale Zahlen darstellen, vergleichen und ordnen; Rechenoperationen durchführen und interpretieren.
	Prozesse
	... Vermuten und Begründen ... Darstellen und Interpretieren ... Operieren
Rechnen im Vigesimalssystem	
a) Prinzip der Addition von Maya-Zahlen herausfinden und erklären b) Addition von Maya-Zahlen durchführen c) Gegebener Addition von Maya-Zahlen die richtige Lösung zuordnen	

Die Architektur der Maya

Thema	Inhaltliche Kompetenzbereiche & Prozesse
Die Stufenpyramide von Chichén Itzá – geometrische Analyse	Inhaltliche Kompetenzbereiche
a) Begründen, wieso die Stufenpyramide geometrisch gesehen (k)eine Pyramide ist b) Geometrische Körper, aus denen die Pyramide besteht, beschreiben c) Skizze der Kukulcán-Pyramide zeichnen d) Volumen-Formel von Pyramidenstumpf und Quader aufstellen	1.1: Zahlen und Maße: ... Größen ein- und mehrnamig anschreiben, Maßangaben interpretieren und Umrechnungen durchführen 1.3: Figuren und Körper: ... können Eigenschaften von Quadern beschreiben; Formeln für den Oberflächeninhalt und Rauminhalt von Quadern begründen und anwenden
Die Stufenpyramide von Chichén Itzá – Berechnungen	3.3: Figuren und Körper: ... können räumliche Objekte beschreiben und darstellen; Oberflächen- und Rauminhalte gerader Prismen und Rauminhalte von Pyramiden ermitteln
a) Volumen der Stufenpyramide bei gegebenen Maßen berechnen b) Masse der Stufenpyramide berechnen	Prozesse
	... Vermuten und Begründen ... Darstellen und Interpretieren ... Operieren

Die Astronomie der Maya

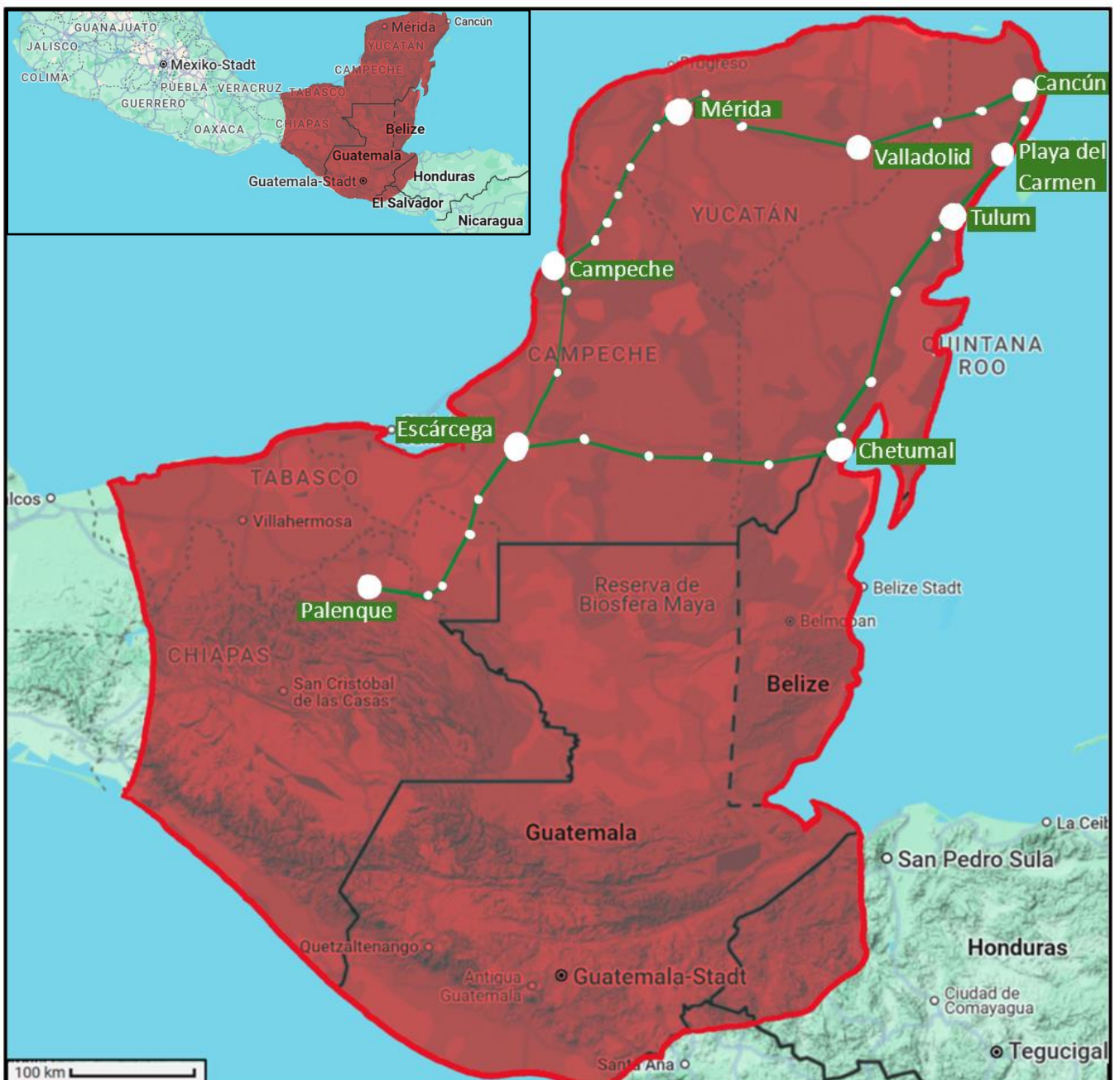
Thema	Inhaltliche Kompetenzbereiche & Prozesse
Der Sonnenkalender der Maya	Inhaltliche Kompetenzbereiche
a) Aussagen über den Sonnenkalender und dessen Zusammenhang mit dem gregorianischen Kalender vervollständigen b) Überlegungen anstellen, wieso die Maya Monate von 20 Tagen verwendeten c) Kreisdiagramm des Sonnenkalenders erstellen	2.4: Daten und Zufall: ... relative Häufigkeiten ermitteln, grafisch darstellen und grafische Darstellungen interpretieren
Daten im Sonnenkalender der Maya	Prozesse
a) Sätze über die Tagundnachtgleichen sinngemäß vervollständigen b) Daten der Tagundnachtgleichen im Sonnenkalender angeben c) Geburtstag in gregorianischem Kalender und Sonnenkalender angeben	... Vermuten und Begründen ... Darstellen und Interpretieren



Quelle: Indianer Maya-Zivilisation, Historisches Erbe, Ethnizität Der Amerikanischen Ureinwohner, Cartoon-Mann Und Frau In Stammeskostümen, Maya-Personen Mit Waffen- Und Federkopfbereckungen, Vektorillustration, Lizenzfrei nutzbar, SVG, Vektordatbank, Clip Arts, Illustrationen, Image 173415254, [06.04.2025]

Das Reich der Maya

¡Hola, soy Miguel! Ich bin ein Nachfahre der Maya. Meine Familie lebt in Yucatán, Mexiko, und wir sind stolz auf unsere Wurzeln, weshalb ich dir ein bisschen mehr über meine Vorfahren erzählen möchte. Aber zuallererst will ich dir zeigen, wie groß das Reich der Maya war: In seiner Blütezeit nahm es einen großen Teil von Mexiko ein, sowie das Gebiet von Belize, die Republiken Guatemalas, Teile von Honduras und El Salvador. Die rot markierte Fläche in der unteren Karte stellt das Siedlungsgebiet der Maya dar.



Aufgabe 1: Das Siedlungsgebiet der Maya

- a) Wie groß war das Gebiet, in dem die Maya lebten, ungefähr?

Das Reich der Maya umfasste in seiner Blütezeit etwa _____ km².

- b) Vergleiche die Fläche des Mayagebiets mit der Fläche von Österreich.

Österreich hat eine Fläche von _____ km².

Die Fläche Österreichs entspricht circa _____ % der Fläche des Maya-Gebiets.

Österreich passt also ungefähr _____ Mal in das Maya-Siedlungsgebiet.

- c) Welchem Maßstab entspricht die obige Karte?

Es wird der Maßstab _____ verwendet.

Auch heute noch leben Nachfahren der Maya in Mexiko, Guatemala, Belize, Honduras und El Salvador. Sie sprechen verschiedene Maya-Sprachen, wobei manche Wörter dem Spanischen ähnlich sind. So kommt zum Beispiel das spanische Wort *chocolate* vom Maya-Wort „*chokolatl*“ und das Wort *chicle* von „*chictli*“.

Unsere Traditionen, Bräuche und die Landwirtschaft sind oft noch stark von der alten Kultur geprägt, obwohl viele auch moderne Berufe und Lebensweisen angenommen haben.



Hast du schon etwas vom Tren Maya gehört? Der Tren Maya ist ein großes Bahnprojekt in Mexiko, das durch die Regionen der Maya-Kultur führt. Er verbindet wichtige Orte wie Cancún, Mérida und Palenque und soll Touristen und Einheimischen das Reisen erleichtern. Gleichzeitig bietet er die Möglichkeit, unsere Kultur und Geschichte besser kennenzulernen. Auf der Strecke könnt ihr die beeindruckenden Tempel und Pyramiden meiner Vorfahren entdecken. Der Zug soll nicht nur den Tourismus fördern, sondern auch unserer Gemeinschaft helfen, indem er Arbeitsplätze schafft und unsere Traditionen sichtbar macht. In der obigen Karte seht ihr die Route des Tren Maya.

Aufgabe 2: Der Tren Maya

- a) Wie lange ist die Route des Tren Maya von der Abfahrt in Palenque bis zur erneuten Ankunft dort?

Der Tren Maya legt _____ km zurück.

Bei einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 120km/h würde man ungefähr _____ h im Tren Maya verbringen.



- b) Du bist in Mérida auf Urlaub. Welche Orte und Sehenswürdigkeiten gibt es dort und in der näheren Umgebung zu sehen? Zeichne sie auch in der oberen Karte ein.

- c) Ist das Riesenprojekt des *Tren Maya*, deiner Meinung nach, zu befürworten? Welche Vor- und Nachteile gibt es?

- d) Nach 1 Woche ist es so weit: Dein Direktflug zurück nach Wien fliegt morgen um 21 Uhr in Cancún ab. Zu welcher Uhrzeit solltest du spätestens aus Mérida abfahren, um rechtzeitig am Flughafen in Cancún anzukommen? Begründe deine Antwort.



Das Zahlssystem der Maya

Ich bin der Nachfahre eines Volkes, das Sterne beobachtete, gewaltige Tempel errichtete und ein Zahlensystem entwickelte, das seiner Zeit weit voraus war. Lange bevor die Europäer ihre Zahlen auf Pergament schrieben, rechneten meine Vorfahren mit Punkten und mit Strichen: dabei stand ein Punkt für die Eins und ein Strich für die Fünf. Außerdem hatten sie ein Symbol für die Null – etwas, das viele andere Kulturen erst Jahrhunderte später entdeckten. Heute lade ich dich ein, in die Welt meiner Vorfahren einzutauchen. Entdecke, wie die Maya Zahlen darstellten, wie sie rechneten – und warum ihr System auch heute noch beeindruckend ist. Bist du bereit, das Geheimnis unserer Mathematik zu lüften?

Aufgabe 1: Die Maya-Schreibweise

- a) Welche Zahlen sind hier dargestellt? Erkläre ihre Bildung und überlege, wieso die Maya ihre Zahlen auf diese Art anschraben.



- b) Stelle die folgenden Zahlen in Maya-Schreibweise dar:

1

10

12

19

- c) Vervollständige:

Die Zahl _____ kann nicht mit Punkten und Strichen dargestellt werden. Deshalb führten die Maya das Symbol einer _____ dafür ein – etwas, das viele andere Kulturen erst Jahrhunderte später entdeckten.



Aufgabe 2: Das Vigesimalsystem

- a) Vervollständige die folgenden Sätze, um den Unterschied zwischen dem Dezimalsystem und dem Vigesimalsystem deutlich zu machen:

Dezimalsystem (Basis ____):

Unser heutiges Zahlensystem basiert auf 10 Ziffern: _____

Vigesimalsystem (Basis ____):

Das Zahlensystem der Maya basiert auf 20 Ziffern: _____

Die beiden Begriffe beinhalten die spanischen Worte *décimo* und *vigésimo*. Wieso wohl?



- b) Stelle die Zahl 2012 als Summe von Zehnerpotenzen dar. Die Stellenwerttafel hilft dir dabei.

10^3	10^2	10^1	10^0
=	=	=	=
1000	100	10	1

Hast du schon gehört, dass laut einer Fehlinterpretation des Maya-Kalenders die Welt am 21. Dezember 2012 untergehen hätte sollen? Offensichtlich und zum Glück war dies nicht der Fall. Denn die Maya sagten zu genanntem Datum keine Apokalypse voraus, sondern den Beginn eines neuen Zeitalters.

2012 = _____



Die Stellenwerttafel, die wir für unser Dezimalsystem benutzen, ist dir bereits bekannt. Drehst du diese Tafel um 90°, so erhältst du eine Stellenleiter, mit deren Hilfe du die Maya-Zahlen in Zahlen unseres Dezimalsystems umwandeln kannst. Dabei steht jede Stufe der Leiter für eine Zwanzigerpotenz.

- c) Wandle die in der Stellenwertleiter dargestellte Maya-Zahl in die entsprechende Zahl unseres Dezimalsystems um.

$$\underline{\quad} \cdot 20^3 + \underline{\quad} \cdot 20^2 + \underline{\quad} \cdot 20^1 + \underline{\quad} \cdot 20^0 =$$

$$= \underline{\quad} \cdot 8000 + \underline{\quad} \cdot 400 + \underline{\quad} \cdot 20 + \underline{\quad} \cdot 1 =$$

$$= \underline{\quad}$$

20^3 = 8000	
20^2 = 400	
20^1 = 20	
20^0 = 1	

d) Welche Zahlen sind hier dargestellt?

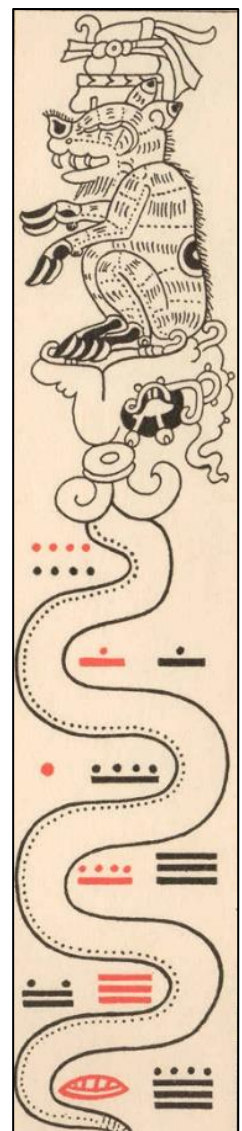


Nimm dir die Stellenleiter zur Hilfe.
Beginne mit deiner Berechnung bei der untersten Stufe, mit der Potenz 20^0 .



e) Schreibe dein Geburtsjahr in Maya-Schreibweise an.

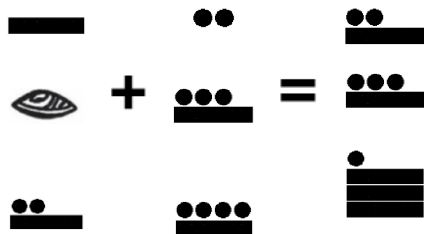
f) Welchen Zahlen im Dezimalsystem entsprechen die roten bzw. die schwarzen Schlangenzahlen?



In der Abbildung rechts siehst du die sogenannten Schlangenzahlen, die den Schriften der Maya entnommen wurden. Die Darstellung zeigt zwei Zahlenreihen, die in den Windungen der Schlange eingebettet sind: eine in schwarzer und eine in roter Farbe. Die Zahlen sind in der typischen Maya-Schreibweise angeordnet und werden entsprechend des oben erläuterten Schemas von unten nach oben gelesen.

Aufgabe 3: Rechnen im Vigesimalsystem

- a) Erkläre mit eigenen Worten, wie die Addition in der Punkt-Strich-Schreibweise funktioniert.



Natürlich konnten die Maya Zahlen im Vigesimalsystem nicht nur darstellen, sondern auch damit rechnen. Besonders faszinierend ist, dass die Maya dieses System nicht nur für einfache Berechnungen, sondern auch für komplexe astronomische und kalendarische Berechnungen nutzten. Ihre Fähigkeit, große Zahlen mit nur wenigen Zeichen darzustellen, zeigt ihr mathematisches Geschick.

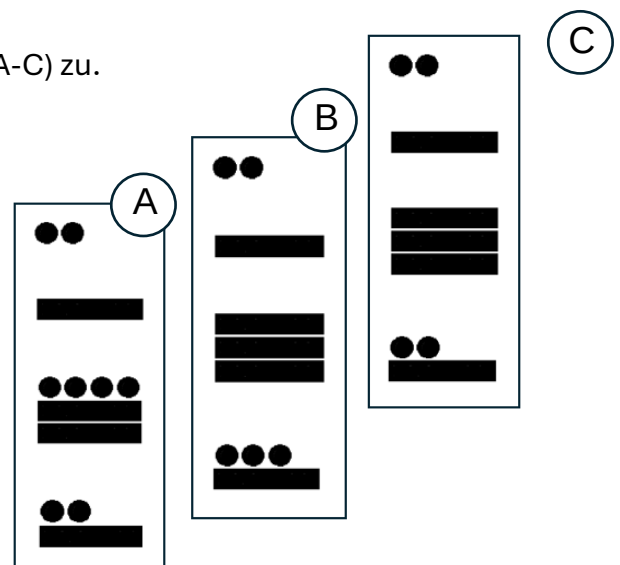
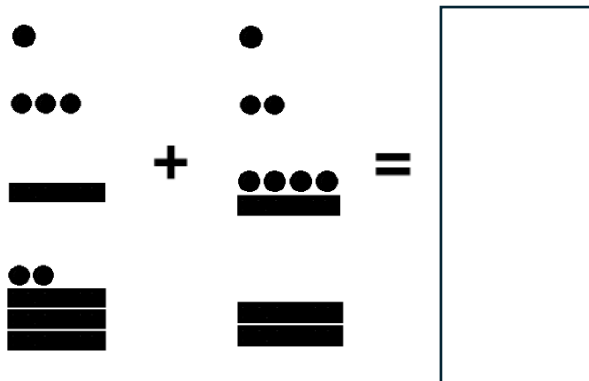


- b) Wie würdest du als Maya-Mathematiker folgende Aufgabe berechnen:

$$46 + 453 = ?$$

$$236 + 840 = ?$$

- c) Ordne der folgenden Addition die richtige Lösung (A-C) zu.

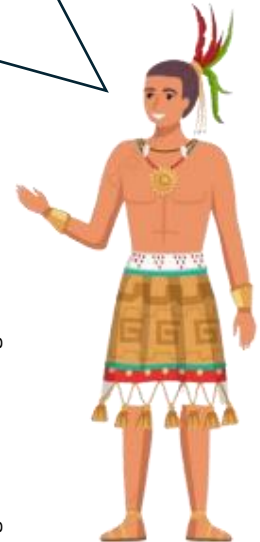


Die Architektur der Maya

Kommt dir die Pyramide auf dem Foto bekannt vor? Sie ist eines der Neuen Sieben Weltwunder: die Pyramide des *Kukulcán* in Chichén Itzá. Jedoch ist sie nur eines von vielen Bauwerken der Maya - darunter Tempel, Paläste und Observatorien - die nicht nur Ausdruck religiöser Hingabe, sondern auch Beweis für ihr Verständnis von Mathematik, Astronomie und Ingenieurskunst sind. Besonders in Städten wie Tikal, Palenque und Chichén Itzá finden sich noch heute architektonische Wunderwerke wieder, welche die Welt faszinieren.



Scriba, C. J., & Schreiber, P. (2010). 5000 Jahre Geometrie: Geschichte, Kulturen, Menschen. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.



Aufgabe 1: Die Stufenpyramide von Chichén Itzá – geometrische Analyse

- a) Ist die Pyramide des *Kukulcán* geometrisch gesehen wirklich eine Pyramide? Begründe deine Entscheidung, indem du die geometrischen Merkmale einer Pyramide aufzählst.

- b) Aus welchen geometrischen Körpern setzt sich die Stufenpyramide von Chichén Itzá, auch *El Castillo* genannt, zusammen? Begründe deine Entscheidung, indem du die geometrischen Merkmale der Körper beschreibst.

- c) Zeichne eine Skizze der Pyramide des Kukulcán in Chichén Itzá in vereinfachter Form (die Stufen werden nicht berücksichtigt) und beschrifte sie sorgfältig.

- d) Gib die Volumenformeln der geometrischen Körper an, aus denen die Pyramide besteht. Beziehe dich dabei auf die zuvor erstellte Skizze.

Aufgabe 2: Die Stufenpyramide von Chichén Itzá – Berechnungen

Die Ausmaße der Stufenpyramide in Chichén Itzá sind gewaltig: Jede der vier Seiten der Basis ist ca. 55 Meter lang. Sie ist ca. 30 Meter hoch, wobei 24 Meter die Pyramide selbst und 6 Meter der ihr aufgesetzte Tempel misst. Der Tempel hat eine quadratische Grundfläche mit einer Seitenlänge von ca. 10 Meter.



- a) Wie viel m^3 Stein haben die Maya beim Bau der Pyramide ungefähr verwendet?

Die Maya haben circa _____ m^3 Stein beim Bau der *Kukulcán*-Pyramide verwendet.



Die Pyramide von *Kukulcán* ist, wie viele andere Bauwerke der Maya, hauptsächlich aus Kalkstein gebaut. Dieses Material war in der Region der Halbinsel Yucatán reichlich vorhanden und konnte auch relativ einfach bearbeitet werden, was ihn ideal für den Bau der präzisen und symmetrischen Strukturen machte, die in Chichén Itzá zu sehen sind.

- b) Wie viele Tonnen Kalkstein mussten die Maya bei der Stufenpyramide in Chichén Itzá ungefähr verbauen, wenn Kalkstein eine Dichte von $2,7 \text{ g/cm}^3$ hat?

Die Maya mussten _____ Tonnen an Kalkstein verbauen.

Die Astronomie der Maya

Die Maya waren Meister der Astronomie und Zeitmessung. Ihr Sonnenkalender, der Haab, ist ein faszinierendes Zeugnis ihres Wissens – er bildet den Sonnenzyklus ab und es konnten damit landwirtschaftliche sowie religiöse Rituale bestimmt werden. Er besteht aus 18 Monaten mit je 20 Tagen sowie einem besonderen Monat, genannt *Uayeb*, mit 5 Tagen. In der folgenden Tabelle findest du die Monatsnamen mit den dazugehörigen Tagesnummern für jeden Monat. Den Maya nach heißt der erste Tag des Jahres also 0 POP, der 21. Tag des Jahres 0 UO, der letzte Tag des Jahres 4 UAYEB, usw.



POP	UO	ZIP	ZOTZ	TZEC	XUL	YAXKIN	MOL	CHEN	YAX	ZAC	CEH	MAC	KANKIN	MUAN	PAX	KAYAB	CUMKU	UAYEB
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19

Ifrah, G. (2000). The Universal History of Numbers: From Prehistory to the Invention of the Computer. New York: John Wiley & Sons.

Aufgabe 1: Der Sonnenkalender der Maya

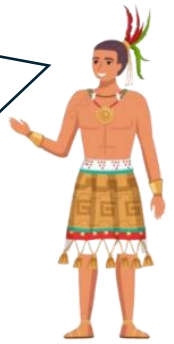
- a) Vervollständige die folgenden Sätze so, dass sie sinnvoll und mathematisch korrekt sind:
- Insgesamt umfasst der Sonnenkalender der Maya _____ Tage, genau wie unser heutiger _____ Kalender.
 - 19 POP ist der _____ Tag im Sonnenjahr.
 - 5 TZEC ist der _____ Tag im Sonnenjahr.
 - 13 MAC ist der _____ Tag im Sonnenjahr.
 - Der 172. Tag im Sonnenjahr heißt _____. Unserer Kalenderrechnung entspricht dies in einem gemeinen Jahr (kein Schaltjahr) dem Datum _____. An diesem Tag findet die Sommersonnenwende auf der Nordhalbkugel statt, es ist also der _____ Tag des Jahres.

- b) Warum verwendeten die Maya deiner Meinung nach Monate von 20 Tagen?

- c) Zeichne den Haab-Kalender als Kreisdiagramm, indem du die 18 + 1 Monate als Sektoren darstellst und mit den Monatsnamen beschriftest. Achte dabei auf das richtige Verhältnis der einzelnen Sektoren zueinander, indem du die Anzahl der Tag pro Monat berücksichtigst.

Aufgabe 2: Daten im Sonnenkalender der Maya

Ihre Bauwerke, wie die Pyramide des *Kukulcán*, sind raffinierte astronomische Instrumente: Während der Tagundnachtgleichen im Frühling und Herbst wirft die untergehende Sonne ein Schattenmuster auf die Nordtreppe, das aussieht wie eine Schlange, die die Treppe hinabgleitet. Dieses Phänomen symbolisiert die gefiederte Schlange *Kukulcán*, eine wichtige Gottheit der Maya und stellt ein perfektes Zusammenspiel von Architektur und Kosmos dar. Die Astronomie war für die Maya nicht nur Wissenschaft, sondern eine heilige Brücke zwischen den Menschen und den Göttern.



a) Vervollständige die folgenden Sätze so, dass sie sinnvoll sind:

Die _____-Tagundnachtgleiche findet in der Regel jedes Jahr am 20. oder 21. März statt. An diesem Tag sind Tag und Nacht ungefähr _____ lang, danach werden die Tage auf der Nordhalbkugel _____.

Die _____-Tagundnachtgleiche findet normalerweise jedes Jahr am 22. oder 23. September statt. An diesem Tag sind _____ und _____ etwa gleich lang, danach werden die Tage auf der Nordhalbkugel _____.

Angenommen, der 1. Jänner entspricht dem Maya-Tag 0 POP und es ist kein Schaltjahr:

b) Wie lauten die Daten der Frühlings-Tagundnachtgleiche im Maya-Kalender?

Wie lauten die Daten der Herbst-Tagundnachtgleiche im Maya-Kalender?



Hast du gewusst, dass UAYEB so viel wie „Periode ohne Namen“ bedeutet und durch eine Hieroglyphe dargestellt wurde, die für Chaos, Korruption und Unordnung stand? Jeder, der in dieser unglücklichen Periode des bürgerlichen Jahres geboren wurde, galt als auf Lebenszeit verflucht.

c) Wann ist dein Geburtstag dem gregorianischen Kalender nach?

Welchem Datum im Maya-Kalender entspricht dein Geburtstag?

11.2 Arbeitsmaterial Lösungen

Eine Reise nach Zentralamerika: die Hochkultur der Maya

LÖSUNGEN

Anmerkung: Die Ergebnisse der Schülerinnen und Schüler können aufgrund der Aufgabenstellung geringfügig von den unten angeführten Lösungen abweichen.

Das Reich der Maya

Aufgabe 1: Das Siedlungsgebiet der Maya

- a) Wie groß war das Gebiet, in dem die Maya lebten, ungefähr?

Das Reich der Maya umfasste in seiner Blütezeit etwa **400 000 km²**.

- b) Vergleiche die Fläche des Mayagebiets mit der Fläche von Österreich.

Österreich hat eine Fläche von ca. **84 000 km²**.

Die Fläche Österreichs entspricht circa **21 %** der Fläche des Maya-Gebiets.

Österreich passt also ungefähr **fünf** Mal in das Maya-Siedlungsgebiet.

- c) Welchem Maßstab entspricht die obige Karte?

Es wird der Maßstab **1 : 500 000** verwendet.

Aufgabe 2: Der Tren Maya

- a) Wie lange ist die Route des Tren Maya von der Abfahrt in Palenque bis zur erneuten Ankunft dort?

Der Tren Maya legt ungefähr **1350 km** zurück.

Bei einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 120km/h würde man ungefähr **11 Std. und 15 min.** im Tren Maya verbringen.

- b) Du bist in Mérida auf Urlaub. Welche Orte und Sehenswürdigkeiten gibt es dort und in der näheren Umgebung zu sehen? Zeichne sie auch in der oberen Karte ein.

Chichén Itzá (1)

Uxmal (2)

Las Coloradas (3)

Celestún (4)

Cenote X'batun (5)



- c) Ist das Riesenprojekt des *Tren Maya*, deiner Meinung nach, zu befürworten? Welche Vor- und Nachteile gibt es?

Vorteile: bessere Mobilität, wirtschaftlicher Aufschwung, umweltfreundliche Alternative zu Autos/ Bussen, Förderung von Tourismus, Arbeitsplatzbeschaffung

Nachteile: Holzung von Regenwald, Bedrohung der Flora und Fauna, Eingriff in indigene Gebiete, hohe Kosten

- d) Nach 1 Woche ist es so weit: Dein Direktflug zurück nach Wien fliegt morgen um 21 Uhr in Cancún ab. Zu welcher Uhrzeit solltest du spätestens aus Mérida abfahren, um rechtzeitig am Flughafen in Cancún anzukommen? Begründe deine Antwort.

Abfahrt aus Mérida um 15:30 Uhr

Die reine Fahrtzeit beträgt 2,5 Std., dies würde einer Abfahrtszeit von 18:30 Uhr entsprechen, damit du um 21 Uhr in Cancún ankommst. Zu bedenken ist jedoch, dass man bei internationalen Flügen ca. drei Stunden vor Abflug am Flughafen sein sollte. Du solltest also um spätestens 15:30 Uhr aus Mérida abfahren.

Das Zahlssystem der Maya

Aufgabe 1: Die Maya-Schreibweise

- a) Welche Zahlen sind hier dargestellt? Erkläre ihre Bildung und überlege, wieso die Maya ihre Zahlen auf diese Art anschieben.



3



5



7



13

Bildung: Ein Punkt steht für eine Eins, ein Strich für eine Fünf.

Mögliche Erklärungen für eine derartige Bildung: Die Maya stellten ihre Zahlen so dar, weil die Symbole mit den Fingern bzw. Zehen (Punkte) und der Hand bzw. Fuß (Strich) oder mit Materialien aus der Natur, wie Steine oder Kakaobohnen (Punkte) und Stöcke (Striche) zu vergleichen waren.

- b) Stelle die folgenden Zahlen in Maya-Schreibweise dar:

1



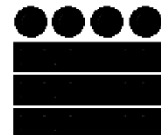
10



12



19



- c) Vervollständige:

Die Zahl **Null** kann nicht mit Punkten und Strichen dargestellt werden. Deshalb führten die Maya das Symbol einer **Muschel** dafür ein – etwas, das viele andere Kulturen erst Jahrhunderte später entdeckten.



Aufgabe 2: Das Vigesimalssystem

- a) Vervollständige die folgenden Sätze, um den Unterschied zwischen dem Dezimalsystem und dem Vigesimalssystem deutlich zu machen:

Dezimalsystem (Basis **10**):

Unser heutiges Zahlensystem basiert auf 10 Ziffern: **0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9**

Vigesimalssystem (Basis **20**):

Das Zahlensystem der Maya basiert auf 20 Ziffern: **0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19**

b) Stelle die Zahl 2012 als Summe von Zehnerpotenzen dar. Die Stellenwerttafel hilft dir dabei.

10^3 = 1000	10^2 = 100	10^1 = 10	10^0 = 1
2	0	1	2

$$2012 = 2 \cdot 10^3 + 0 \cdot 10^2 + 1 \cdot 10^1 + 2 \cdot 10^0$$

c) Wandle die in der Stellenwertleiter dargestellte Maya-Zahl in die entsprechende Zahl unseres Dezimalsystems um.

$$0 \cdot 20^3 + 5 \cdot 20^2 + 0 \cdot 20^1 + 12 \cdot 20^0 =$$

$$= 0 \cdot 8000 + 5 \cdot 400 + 0 \cdot 20 + 12 \cdot 1 =$$

$$= \mathbf{2012}$$

20^3 = 8000	
20^2 = 400	
20^1 = 20	
20^0 = 1	

d) Welche Zahlen sind hier dargestellt?




$$6 \cdot 20^1 + 10 \cdot 20^0 = 6 \cdot 20 + 10 \cdot 1 = 120 + 10 = \mathbf{130}$$





$$5 \cdot 20^2 + 0 \cdot 20^1 + 7 \cdot 20^0 = 5 \cdot 400 + 0 \cdot 20 + 7 \cdot 1 = \mathbf{2007}$$






$$5 \cdot 20^3 + 2 \cdot 20^2 + 8 \cdot 20^1 + 14 \cdot 20^0 =$$

$$= 5 \cdot 8000 + 2 \cdot 400 + 8 \cdot 20 + 14 \cdot 1 =$$

$$= \mathbf{40\,974}$$

e) Schreibe dein Geburtsjahr in Maya-Schreibweise an.

Individuelle Lösung, als Beispiel das Geburtsjahr 1998:

$$4 \cdot 20^2 + 19 \cdot 20^1 + 18 \cdot 20^0 = 1998$$

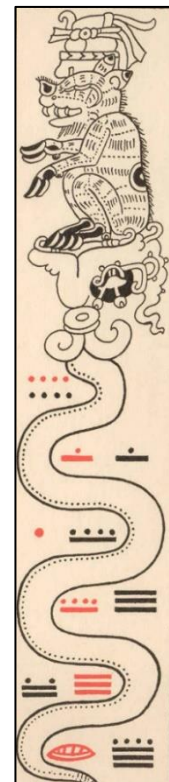


f) Welchen Zahlen im Dezimalsystem entsprechen die roten bzw. die schwarzen Schlangenzahlen?

Stellenwerttafel	schwarze Schlangenzahlen	rote Schlangenzahlen
$20^5 = 3.200.000$	4	4
$20^4 = 160.000$	6	6
$20^3 = 8.000$	9	1
$20^2 = 400$	15	9
$20^1 = 20$	12	15
$20^0 = 1$	19	0

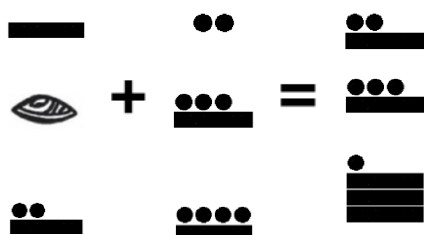
Schwarze Schlangenzahl: **13 838 259**

Rote Schlangenzahl: **13 771 900**



Aufgabe 3: Rechnen im Vigesimalsystem

a) Erkläre mit eigenen Worten, wie die Addition in der Punkt-Strich-Schreibweise funktioniert.

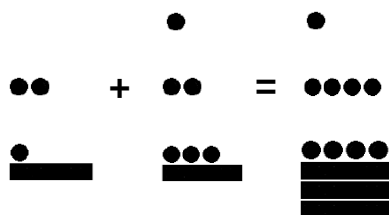


$$2007 + 969 = 2976$$

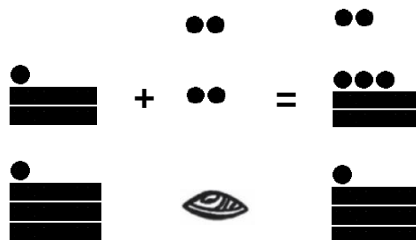
Die Punkte und Striche der Summanden werden auf den jeweiligen Stufen zusammengeschoben bzw. zusammengezählt. Die daraus entstandenen Zahlen entsprechen der Summe.

b) Wie würdest du als Maya-Mathematiker folgende Aufgabe berechnen:

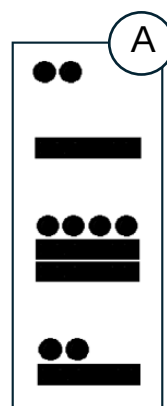
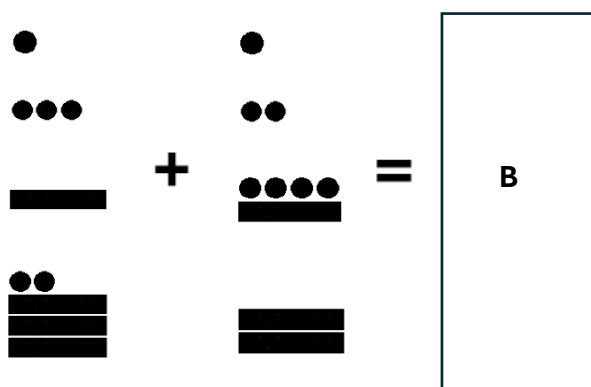
$$46 + 453 = ?$$



$$236 + 840 = ?$$



c) Ordne der folgenden Addition die richtige Lösung (A-C) zu.



Erklärung: Durch die Addition erhält man in der untersten Stufe die Zahl 27. Da $27 > 20$, muss man 20 abziehen bzw. eine Stufe nach oben verschieben. Es kommt also in der zweiten Stufe ein Punkt dazu (weil $1 \cdot 20^1 = 20$)

Die Architektur der Maya

Aufgabe 1: Die Stufenpyramide von Chichén Itzá – geometrische Analyse

- a) Ist die Pyramide des *Kukulcán* geometrisch gesehen wirklich eine Pyramide? Begründe deine Entscheidung, indem du die geometrischen Merkmale einer Pyramide aufzählst.

Nein, weil laut geometrischer Definition besteht eine Pyramide aus einer quadratischen Grundfläche mit vier gleichschenkligen Dreiecksflächen, die sich an der Spitze treffen.

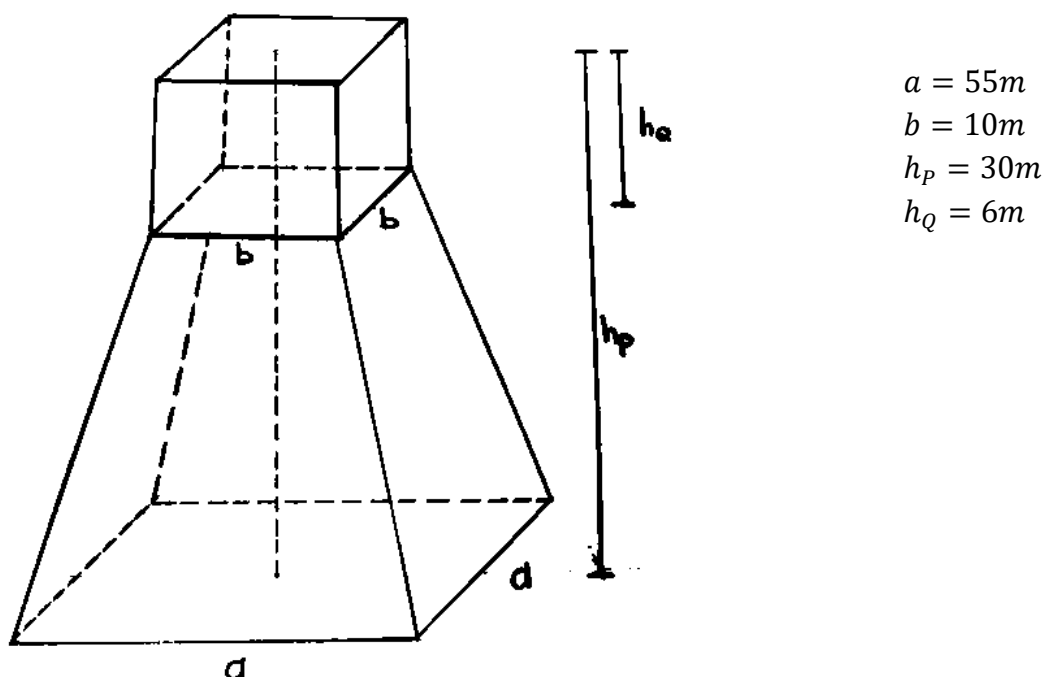
- b) Aus welchen geometrischen Körpern setzt sich die Stufenpyramide von Chichén Itzá, auch *El Castillo* genannt, zusammen? Begründe deine Entscheidung, indem du die geometrischen Merkmale der Körper beschreibst.

Die Stufenpyramide setzt sich aus einem Pyramidenstumpf und einem Quader zusammen.

Pyramidenstumpf: Eine Pyramide wird durch eine Schnittebenen parallel zur Grundfläche in zwei Teile geteilt, wobei der obere Teil (die Spitze) entfernt wird. Das verbleibende Objekt ist ein Pyramidenstumpf.

Quader: Ein geometrisches Objekt, das aus sechs rechteckigen Flächen, acht Ecken und zwölf Kanten besteht. Die gegenüberliegenden Flächen sind kongruent.

- c) Zeichne eine Skizze der Pyramide des Kukulcán in Chichén Itzá in vereinfachter Form (die Stufen werden nicht berücksichtigt) und beschrifte sie sorgfältig.



- d) Gib die Volumenformeln der geometrischen Körper an, aus denen die Pyramide besteht. Beziehe dich dabei auf die zuvor erstellte Skizze.

Pyramidenstumpf:

$$V_P = \frac{a^2 \cdot h}{3} - \frac{b^2 \cdot h_Q}{3}$$

Quader:

$$V_Q = b^2 \cdot h_Q$$

Aufgabe 2: Die Stufenpyramide von Chichén Itzá – Berechnungen

- a) Wie viel m³ Stein haben die Maya beim Bau der Pyramide ungefähr verwendet?

Die Maya haben circa **30 830 m³** Stein beim Bau der *Kukulcán*-Pyramide verwendet

- b) Wie viele Tonnen Kalkstein mussten die Maya bei der Stufenpyramide in Chichén Itzá ungefähr verbauen, wenn Kalkstein eine Dichte von 2,7 g/cm³ hat?

Die Maya mussten **83 241 Tonnen** an Kalkstein verbauen.

Die Astronomie der Maya

Aufgabe 1: Der Sonnenkalender der Maya

- a) Vervollständige die folgenden Sätze so, dass sie sinnvoll und mathematisch korrekt sind:
- Insgesamt umfasst der Sonnenkalender der Maya **365** Tage, genau wie unser heutiger **gregorianischer** Kalender.
 - 19 POP ist der **20.** Tag im Sonnenjahr.
 - 5 TZEC ist der **86.** Tag im Sonnenjahr.
 - 13 MAC ist der **255.** Tag im Sonnenjahr.
 - Der 172. Tag im Sonnenjahr heißt **11 CHEN**. Unserer Kalenderrechnung entspricht dies in einem gemeinen Jahr (kein Schaltjahr) dem Datum **21. Juni**. An diesem Tag findet die Sommersonnenwende auf der Nordhalbkugel statt, es ist also der **längste** Tag des Jahres.
- b) Warum verwendeten die Maya deiner Meinung nach Monate von 20 Tagen?

Die Maya verwendeten Monate von 20 Tagen wegen ihres Zahlensystems, das auf der Basis 20 beruhte (Vigesimalsystem). Auch die Gesamtanzahl der Finger und Zehen (= 20) könnte ein Grund dafür sein.

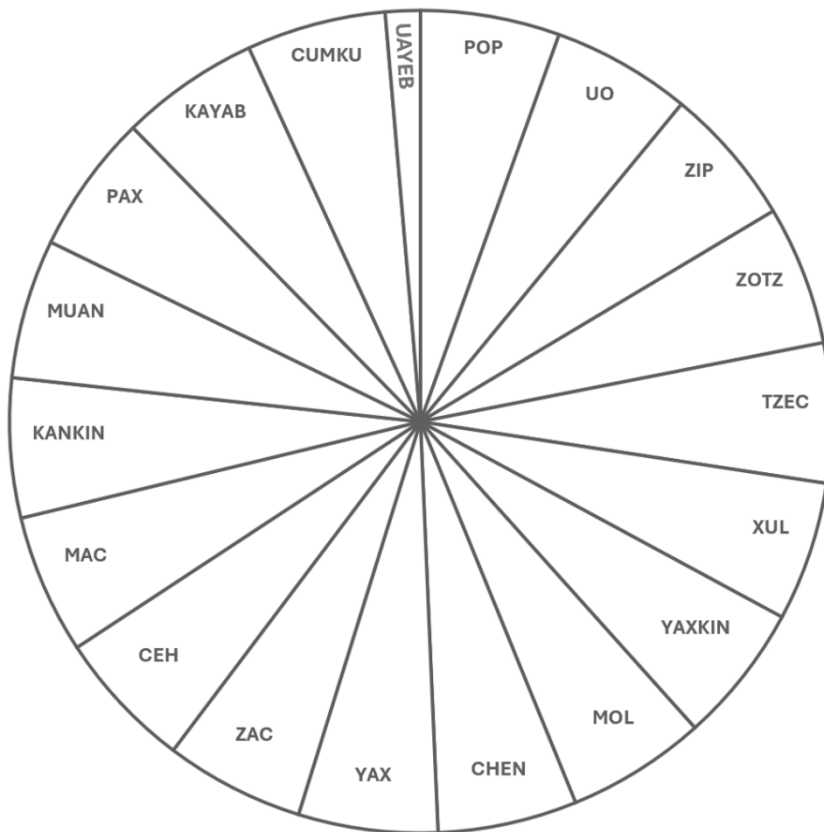
- c) Zeichne den Haab-Kalender als Kreisdiagramm, indem du die 18 + 1 Monate als Sektoren darstellst und mit den Monatsnamen beschriftest. Achte dabei auf das richtige Verhältnis der einzelnen Sektoren zueinander, indem du die Anzahl der Tag pro Monat berücksichtigst.

$$365 \text{ Tage} \triangleq 360^\circ$$

$$1 \text{ Tag} \triangleq \frac{360^\circ}{365}$$

$$20 \text{ Tage} \triangleq \frac{360^\circ}{365} \cdot 20 = 19,7260 \dots \approx 19,73^\circ \text{ (für die Monate POP bis CUMKU)}$$

$$5 \text{ Tage} \triangleq \frac{360^\circ}{365} \cdot 5 = 4,9315 \dots \approx 5^\circ \text{ (für den Monat UAYEB)}$$



Aufgabe 2: Daten im Sonnenkalender der Maya

a) Vervollständige die folgenden Sätze so, dass sie sinnvoll sind:

Die **Frühlings**-Tagundnachtgleiche findet in der Regel jedes Jahr am 20. oder 21. März statt. An diesem Tag sind Tag und Nacht ungefähr **gleich** lang, danach werden die Tage auf der Nordhalbkugel **länger**.

Die **Herbst**-Tagundnachtgleiche findet normalerweise jedes Jahr am 22. oder 23. September statt. An diesem Tag sind **Tag** und **Nacht** etwa gleich lang, danach werden die Tage auf der Nordhalbkugel **kürzer**.

Angenommen, der 1. Jänner entspricht dem Maya-Tag 0 POP und es ist kein Schaltjahr:

b) Wie lauten die Daten der Frühlings-Tagundnachtgleiche im Maya-Kalender?

Der 20. März ist der 79. Tag im Jahr ($31+28+20$):

$$79 = 20 \cdot 3 + 19 \rightarrow \underline{\mathbf{18\ ZOTZ}}$$

Der 20. März entspricht also dem Datum 18 ZOTZ und der 21. März dem Datum 19 ZOTZ im Maya Kalender.

Wie lauten die Daten der Herbst-Tagundnachtgleiche im Maya-Kalender?

Der 22. September ist der 243. Tag im Jahr ($31+28+31+30+31+30+31+31+22$):

$$243 = 20 \cdot 12 + 3 \rightarrow \underline{\mathbf{2\ MAC}}$$

Der 22. September entspricht also dem Datum 2 MAC und der 23. September dem Datum 3 MAC im Maya Kalender.

c) Wann ist dein Geburtstag dem gregorianischen Kalender nach?

*Individuelle Lösung, als Beispiel: **25. Dezember***

Welchem Datum im Maya-Kalender entspricht dein Geburtstag?

Der 25. Dezember ist der 359. Tag im Jahr: $359 = 20 \cdot 17 + 19 \rightarrow \underline{\mathbf{18\ CUMKU}}$

Der 25. Dezember entspricht dem Datum 18 CUMKU im Maya Kalender

11.3 Fragebogen

1. Hat die Verbindung von Mathematik und Spanisch dein Interesse an beiden Fächern verändert?

☐ Ja, mein Interesse an beiden Fächern ist gestiegen
☐ Mein Interesse an Mathematik ist gestiegen
☐ Mein Interesse an Spanisch ist gestiegen
☐ Mein Interesse hat sich nicht verändert
☐ Mein Interesse ist gesunken

Wieso hat sich dein Interesse (nicht) verändert?

2. Hat sich deine Sichtweise auf Mathematik durch diese Stunde verändert?

☐ Ja, ich sehe Mathematik jetzt anders
☐ Teilweise, es gab neue Aspekte, die ich vorher nicht bedacht hatte
☐ Nein, meine Sichtweise ist gleich geblieben

Falls ja oder teilweise: Was genau hat sich verändert?

Falls nein: Welche Sichtweise hast du bezüglich der Mathematik?

3. Findest du es sinnvoll, Mathematik mit anderen Fächern zu kombinieren?

☐ Ja
☐ Ja, aber nur in bestimmten Themen
☐ Nein, Mathematik sollte für sich stehen

Wieso findest du es (nicht) sinnvoll?

Falls ja, mit welchen Fächern würdest du Mathematik gerne kombinieren? Wieso?

4. Hat dir die Verknüpfung von Mathematik mit einer anderen Kultur geholfen, Mathematik besser zu verstehen?

☐ Ja, sehr	☐ Eher ja	☐ Neutral	☐ Eher nicht	☐ Gar nicht
-----------------------------------	----------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------

Wieso (nicht)?

5. Welche Aspekte des heutigen Unterrichts haben dir am meisten gefallen?

6. Welche Verbesserungsvorschläge hast du für zukünftige fächerübergreifende Stunden?

7. Gibt es sonst etwas, das du gerne mitteilen würdest?

11.4 Unterrichtsmatrix

UNTERRICHTSPLANUNG: Das Zahlssystem der Maya

Schule: BRG Neunkirchen

Klasse: 4a

Unterrichtseinheit: dritte Stunde

Fach: Mathematik

Anzahl der Schüler*innen: 21

Zeit: 9:45-10:35

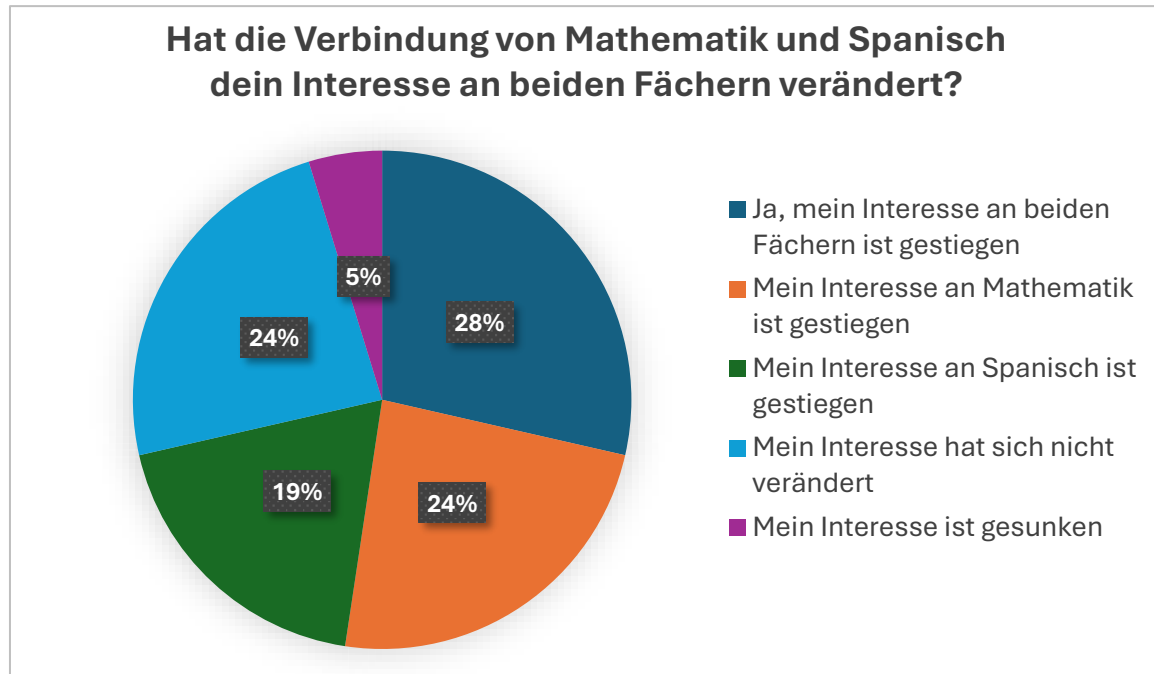
Datum: 17.03.2025

Dauer	Zeit	angestrebter Kompetenzzuwachs	geplante Lernschritte	U-Mittel, Lern- und Sozialform	Indikatoren zur Erreichung des angestrebten Kompetenzzuwachses
5'	9:45 – 9:50	Kennenlernen	Die LP stellt sich kurz vor		
5'	9:50 – 9:55	Vorwissen der SuS anregen (teilweise auf Spanisch)	- Wo wird überall Spanisch gesprochen? - Wer waren die Maya? - Was haben die Maya mit der Mathematik zu tun?	L-S- Interaktion	Mitarbeit der SuS
10'	9:55 – 10:05	Darstellung der Maya- Zahlen	Gemeinsames Lesen der Sprechblase am AB Gemeinsames Erarbeiten der Aufgabe 1a) Aufgabe 1b) + 1c): Sus Partnerarbeit, dann gemeinsames Vergleichen an der Tafel	L-S- Interaktion Arbeitsblatt	Mitarbeit der SuS Gemeinsames Vergleichen und Besprechen

10'	10:05 – 10:15	Einführung ins Vigesimalsystem	Aufgabe 2a) SuS Partnerarbeit, dann gemeinsames Vergleichen Aufgabe 2b) SuS Partnerarbeit, dann gemeinsames Vergleichen	Partnerarbeit L-S- Interaktion Arbeitsblatt	Mitarbeit der SuS Gemeinsames Vergleichen und Besprechen
10'	10:15 – 10:25	Zahlen im Vigesimalsystem im Dezimalsystem darstellen	Aufgabe 2c) gemeinsames Erarbeiten 2d) SuS Einzelarbeit, dann gemeinsames Vergleichen	Einzelarbeit L-S- Interaktion Arbeitsblatt	Mitarbeit der SuS Gemeinsames Vergleichen und Besprechen
5'	10:25 – 10:30	Reflexion über Unterrichtseinheit	- Welche Vor- und Nachteile hat das Maya-Zahlensystem? - Wie beeinflussen verschiedene Zahlensysteme unser Denken?	L-S- Interaktion	Mitarbeit der SuS
5'	10:30 – 10:35	Fragebogen	SuS füllen Fragebogen aus und geben ihn der LP	Einzelarbeit	

11.5 Ergebnisse Fragebögen-Auswertung

1) Hat die Verbindung von Mathematik und Spanisch dein Interesse an beiden Fächern verändert?



Wieso hat sich dein Interesse verändert?

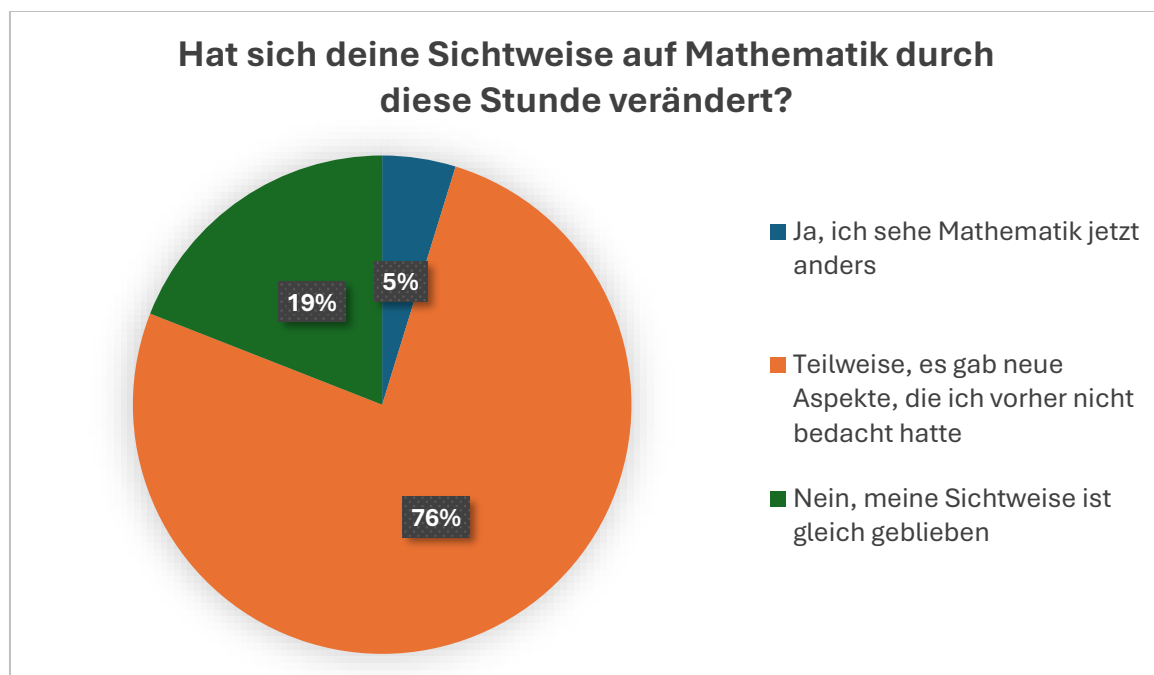
- Weil das Thema, das behandelt wurde, sehr interessant war und sich auf beide Fächer bezogen hat.
- Weil ich davor nicht so gut über die früheren Zahlenschreibweisen Bescheid gewusst habe und es interessant finde, wie man früher gerechnet hat.
- Da ich neue Sachen in beiden Fächern kennengelernt habe, die meiner Meinung nach ziemlich interessant waren.
- Ich finde einfach, dass es schön ist, wenn man eine Sprache lernt und sie dann mit so etwas verbinden kann.
- Weil das Thema sehr spannend ist und es sehr gut in beiden Fächern vorgetragen wurde.
- Weil es sehr interessant ist, darüber zu lernen, wie fortgeschritten Menschen damals schon waren.
- Weil ich durch den Unterricht Einblicke in die Sprache bekommen habe.
- Es war ein interessantes Thema und einmal etwas anderes.
- Ich fand es interessant, in Mathe einmal etwas anderes als Rechnen zu machen und dass es fächerübergreifend ist, ist gut zum Lernen und Wiederholen.
- Weil ich Mathematik jetzt noch interessanter finde. Spanisch habe ich nicht lieb gewonnen.
- Es war sehr spannend so zu rechnen, wie die Maya. Ich habe mich vorher schon für beide Fächer sehr interessiert und jetzt noch mehr.
- In Mathematik tue ich mir sehr schwer und es ist ziemlich kompliziert, aber Spanisch und die Spanischkultur ist sehr spannend.
- Es ist lehrreich und interessant zu erfahren, wie man früher gerechnet hat oder Zahlen dargestellt hat.
- Es ist spannend, wie weit Hochkulturen entwickelt waren.

- Weil ich gesehen habe, dass es in Mathe viel mehr gibt als nur das Rechnen. Mir hat der Zusammenhang mit Geschichte gefallen.
- Da ich schon sehr, sehr stark an beiden Fächern interessiert bin.

Wieso hat sich dein Interesse nicht verändert?

- Da ich nicht sehr gut in beiden Fächern bin.
- Ich finde es war nicht genug Zeit, um etwas zu verändern.
- Ich habe keine Lust. Es hat mich verwirrt. Ich habe Englisch-Schularbeit heute.

2) Hat sich deine Sichtweise auf Mathematik durch diese Stunde verändert?



Falls ja oder teilweise: Was genau hat sich verändert?

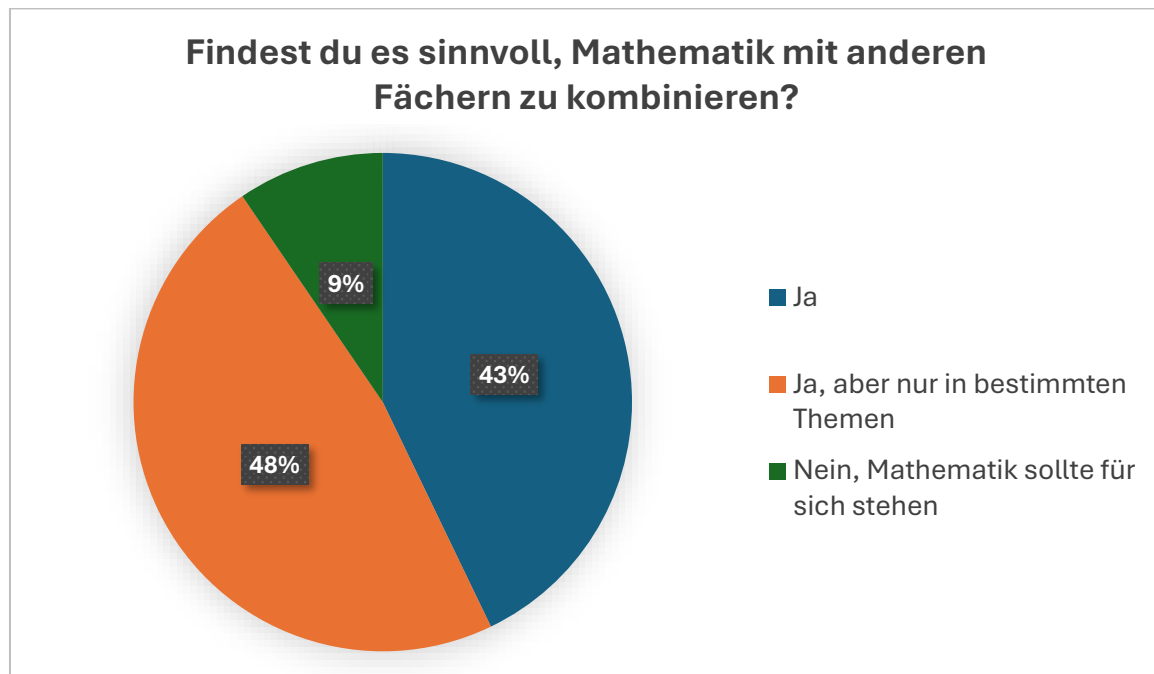
- Wie viele verschiedene Arten es eigentlich gibt, etwas zu berechnen.
- Die Blickweise auf unsere Zahlen und die Erkenntnis, dass dieses komplexe System sehr lange gebraucht hat, bis es sich fertig entwickelt hat.
- Immer wenn ich folgende Begriffe wie Dezimalzahlen höre, denke ich an die Mayas.
- Es gibt auch ältere und kompliziertere Wege zum Rechnen.
- Ich finde es spannend, dass schon die Maya mit solchen Zahlen gerechnet haben und schon so weit gebildet waren.
- Sie ist/war nicht immer gleich und hat sich sehr verändert bzw. weiterentwickelt. Das ist sehr spannend.
- Man braucht Mathematik im täglichen Alltag das wusste ich schon vorher, jedoch hat sich diese Klarheit nochmal verstärkt.
- Mathematik hat coole Themen, aber auch schwere Themen.
- Dass es nicht immer nur um Zahlen geht und die Geschichte dahinter interessant ist.
- Ich finde es gibt so viele Arten, um zu einem Ergebnis zu kommen und das macht Mathematik so interessant.
- Ich habe gar nicht bedacht, dass es auch andere Zahlensysteme gibt.
- Dass es auch andere Aspekte in Mathe gibt.

- Es kann doch bisschen einfach sein.
- Dass viel Geschichte hinter der Mathematik steckt.
- Dass Mathe mit Geschichte zusammenhängt.
- Ich habe gelernt, dass Mathe sehr alt ist.
- Ja, es hat sich teilweise etwas verändert, da es schon interessant war zu sehen, wie früher gerechnet wurde und dass es nicht immer so war.

Falls nein: Welche Sichtweise hast du bezüglich der Mathematik?

- Mathematik ist cool, hat aber auch schwere Themen.
- Langweilig – ich hasse Mathe sowieso (nichts gegen Ihren Unterricht).
- Ich finde Mathematik ist sehr kompliziert.
- Es ist nicht schwer, aber auch nicht einfach.

3) Findest du es sinnvoll, Mathematik mit anderen Fächern zu kombinieren?



Wieso findest du es sinnvoll?

- Weil es das Interesse an Mathematik erweitert, ein selber schon bekanntes Thema einzubringen
- Man kann sich so leichter Eselsbrücken zu bestimmten Begriffen bauen. Es kann einen aber auch verwirren.
- Da man dadurch Zusammenhänge findet und sich dadurch manches besser merkt/versteht.
- Manchmal kann es helfen, Dinge besser zu verstehen, z.B. Themen, die eigentlich auch zu anderen Fächern gehören.
- Weil man dadurch in beiden Fächern etwas dazu lernt.
- Diese Stunde hatte den perfekten Zusammenhang.
- Da man manche Themen dadurch besser versteht.
- Es ist gut, die Zahlen auch in Spanisch zu hören, so merkt man sie sich besser.
- Da man dann mehrere Sachen auf einmal lernt.
- Damit man eben neue Dinge erfährt und es einfach spannender ist.
- In diesem Fall finde ich es schon sinnvoll, dass es ja ein Thema von beiden Fächern ist.

- Damit man Neues dazu lernt.
- Es ist interessant zu erfahren, wie alles miteinander zusammenhängt.
- Da es dadurch interessanter ist.
- Um den trockenen Mathestoff zu verbessern.
- Weil es dann vielleicht mehr Spaß macht.
- Weil alle immer denken, dass Mathe nur Zahlen sind, doch wenn man es kombiniert, sieht man auch andere Aspekte.

Wieso findest du es nicht sinnvoll?

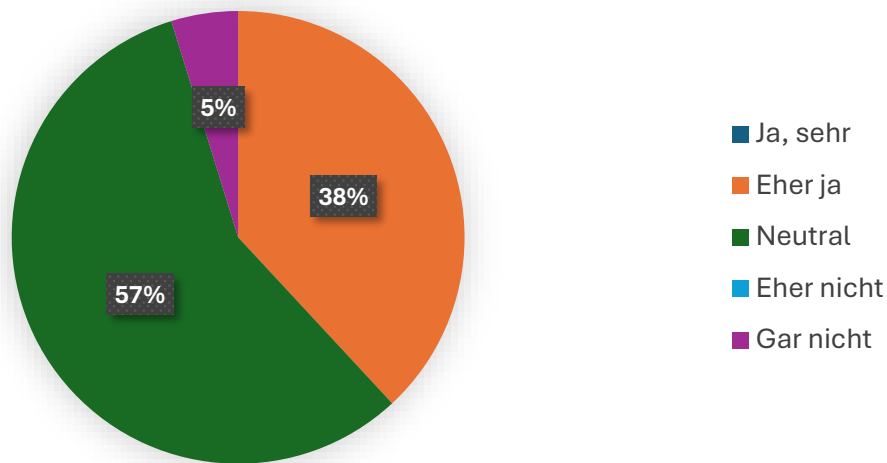
- Es könnte für Verwirrung sorgen.
- Weil Mathe schon schwer genug ist, wobei bedacht werden muss, dass es nie einfacher gemacht werden kann (durch andere Sprachen).
- Unnötig – soll so bleiben wie es ist.
- Bei schwierigen Themen muss man ja erst einmal versuchen, sie auf Deutsch zu verstehen.

Falls ja, mit welchen Fächern würdest du Mathematik gerne kombinieren? Wieso?

- Geschichte und Physik, weil es sehr weit zurückreicht und sich viel damit erklären lässt
- Ich würde es mit irgendeiner Sprache kombinieren, da man sich so Begriffe herleiten kann.
- z. B. Zeichnen bzw. Geometrie, Sprachen
- Spanisch oder Physik, weil man sich dadurch Sachen herleiten kann
- Mit Geschichte! Da man dann erfährt, wie das alles angefangen hat und weiterentwickelt wurde.
- Sport
- Ich finde Mathematik mit Spanisch zu kombinieren gut, aus den zuvor genannten Gründen.
- Mit Sport, da ich sehr Spaß daran hätte.
- Mit Sprachfächern und Geschichte und möglicherweise etwas Kreativem.
- Mit Geographie! Ich möchte wissen, welche Länder der Ursprung der Mathematik angehören.
- Spanisch (Maya), Physik (sehr ähnlich zu Mathematik).
- Mathe – Englisch/ Mathe – Spanisch, spannende Idee und es verbessert auch das Sprachwissen.
- Spanisch und Englisch.
- Geschichte, da es schon vor uns Mathematik gab und ich dies spannend finde.
- Gar keine Fächer.
- Geschichte, Spanisch – cool.
- Mit Physik, weil beide viel miteinander zu tun haben.
- Ich fand die Kombi mit Spanisch gar nicht mal so schlecht, da man wie in diesem Fall auch etwas über die Mayas gelernt hat.

4) Hat dir die Verknüpfung von Mathematik mit einer anderen Kultur geholfen, Mathematik besser zu verstehen?

Hat dir die Verknüpfung von Mathematik mit einer anderen Kultur geholfen, Mathematik besser zu verstehen?



Wieso?

- Es ist verständlicher.
- Weil man es sich vorstellen und herleiten kann.
- Manches ergibt nun mehr Sinn.
- Weil man sich durch die Fremdwörter, die man aus dem Spanischen kennt, einiges herleiten kann.
- Wie die Menschen früher dachten, ist sehr interessant und so konnte man das gut verstehen.
- Ich finde es erstaunlich, wie die Maya das Zahlensystem verwendet haben.
- Man kann sich besser hineinversetzen.
- Wie die Menschen früher zu Ergebnissen gekommen sind und welche Materialien sie verwendet haben.
- Ich tue mir zum Glück sehr leicht im Fach Mathematik.
- Ja, ich kann jetzt den Hintergrund verstehen.
- Weil es nicht nur um Zahlen ging.

Wieso nicht?

- Ja, weil es halt nicht unser Stoffgebiet ist.
- Die Rechenweisen von damals helfen mir nicht wirklich heutzutage.
- Es hatte nicht wirklich etwas mit unserem Mathe Thema zu tun.
- Warum muss ich das begründen?
- Es wurde ziemlich kompliziert, aber eigentlich ist es ziemlich spannend.

5) Welche Aspekte des heutigen Unterrichts haben dir am meisten gefallen?

- Das Rechnen wie die Mayas
- Die Mischung von zwei Fächern.
- Neue Kultur kennengelernt zu haben.
- Neue Themen von Mathematik zu lernen.
- Die Geschichte und Logik der Maya.

- Die Zahlen der Maya und wie schlaue sie damals schon waren.
- Die andere Kultur.
- Das neue Thema.
- Dass wir über eine andere Kultur gelernt haben.
- Dass es fächerübergreifend war und nette Lehrerin.
- Die Zahlen der Maya.
- So ziemlich alle.
- Den Einblick in die Maya – Kultur.
- Es war sehr gut zu verstehen und ja war ganz toll heute.
- Das neue Zahlen erlernen.
- Die Geschichte über die Maya.
- Gar nichts.
- Das neue Zahlensystem.
- Die Kombi zwischen Mathe und Spanisch.
- Dass man etwas über die Maya gelernt hat.
- Die Zahlen auf Spanisch sagen.

6) Welche Verbesserungsvorschläge hast du für zukünftige fächerübergreifende Stunden?

- Öfter machen
- Ich würde die Stunde in Deutsch oder Spanisch halten und nicht zu viel durchmischen.
- Die Aufgaben erklären.
- Vielleicht mit Spielen.
- Vielleicht mehr aus anderen Fächern (Spanisch) machen.
- Beide Fächer gleichmäßiger einbringen.
- Keine
- Bisschen mehr erklären, sonst war es toll.
- Einfach so weitermachen.
- Gar keine.
- Sowas öfters machen.

7) Gibt es sonst etwas, das du gerne mitteilen würdest?

- Ich fand die Stunde informativ, interessant und toll, da es mal eine andere Lehrmethode war.
- Die heutige Stunde war ganz angenehm und Spaßig.
- Sehr gut gemacht. Viel Glück bei deiner Masterarbeit.
- Es war eine schöne, ruhige Stunde.
- Sie sind sicher eine tolle Lehrerin, kommen Sie an unsere Schule.
- Eigentlich nicht.
- Es war eine super tolle spannende Stunde.
- Es war eine tolle Stunde.
- War eine lehrreiche Stunde.
- Nein
- Nein
- Nein
- Viel Glück bei der Masterarbeit. Die Stunde war schön und hat Spaß gemacht.