

MASTERARBEIT | MASTER'S THESIS

Titel | Title

Die Wirkung von Mathematikaufgaben zur nachhaltigen
Entwicklung auf das Interesse und die Umweltkompetenz von
Schüler*innen

verfasst von | submitted by
Johanna Hackl 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 199 506 520 02

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

Masterstudium Lehramt Sek (AB) Unterrichtsfach
Deutsch Unterrichtsfach Mathematik

Betreut von | Supervisor:

Dr. Thomas Körber B.Sc. M.Sc.

Mitbetreut von | Co-Supervisor:

Michael Fischer BSc MSc

Zusammenfassung

Im Rahmen der Agenda 2030, der sich auch Österreich verpflichtet hat, leistet Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der Sustainable Development Goals. Für die erfolgreiche Integration von BNE sind für alle Fächer geeignete Materialien erforderlich. Ziel dieser Arbeit ist es daher, Aufgaben, die auf der Grundlage des BNE-Konzeptes entwickelt wurden, auf ihre Wirksamkeit zu testen. Die Materialien sollen dann eine Integration von BNE in den alltäglichen Mathematikunterricht ermöglichen. Um die Wirkung dieser Aufgaben zu ermitteln, wurde eine siebenwöchige Intervention in elf Klassen durchgeführt, die aus einem Prätest, dem Bearbeiten der Aufgaben und einem Posttest bestand. Dabei wurde mit einem Fragebogen das mathematische Interesse, das Umweltinteresse und die Umweltkompetenz abgefragt und anschließend statistisch ausgewertet. Die Ergebnisse zeigen für die Umweltkompetenz, dass durch die erstellten Materialien eine signifikante Verbesserung der kognitiven Kompetenz erzielt werden konnte. Die Arbeit stellt fest, dass Aufgaben mit realen Daten zu nachhaltigen Themen, die Erkenntnisse durch das Rechnen ermöglichen, eine wirksame Ergänzung zu projektbasierten BNE-Materialien darstellen, um BNE niederschwellig in den alltäglichen Unterricht zu integrieren.

Abstract

As part of the 2030 Agenda, to which Austria has also committed itself, education for sustainable development (ESD) makes an important contribution to achieving the Sustainable Development Goals. To this end, suitable materials are needed for all subjects to integrate ESD into classes. The goal of this project is to test tasks that have been developed based on the ESD concept, to determine their ease of integration into everyday maths lessons and their effectiveness. To ascertain the effectiveness of these tasks, a seven-week-long intervention was carried out in eleven classes, consisting of a pre-test, the completion of the respective tasks and a post-test. Based on the questionnaire, the mathematical interest, environmental interest, and environmental competence were assessed and statistically analyzed. In terms of the environmental competence, the utilization of the materials led to a statistically significant enhancement in cognitive competence. Therefore, the study is able to establish that tasks with real data on sustainable topics, which enable knowledge through calculation, are a suitable addition to project-based ESD materials to integrate ESD into everyday lessons.

Danksagung

Die kommenden geschriebenen Seiten und die darin dargestellten Ergebnisse würden ohne die Mithilfe mancher Personen nicht existieren. Aus diesem Grund möchte ich mich vorab bei jenen bedanken, die die Verwirklichung dieser Masterarbeit ermöglicht haben.

Zuerst möchte ich mich bei allen Lehrpersonen bedanken, die die Zeit in Ihrem Unterricht aufgewendet haben, um die Intervention durchzuführen und die Fragebögen auszufüllen. Ohne sie und ihre Schüler*innen wäre die Arbeit nicht möglich gewesen. Dass es nun überhaupt zu dieser Zusammenarbeit kommen konnte, habe ich den Direktionen der jeweiligen Schulen zu verdanken, die die Durchführung des Projekts an ihren Schulen erlaubt und ermöglicht haben. Ebenso möchte ich mich beim Verlag Veritas bedanken, der der Verwendung und Untersuchung der Future Edition zugestimmt hat und mit den bereits erstellten Aufgaben eine wichtige Basis für die getesteten Materialien gelegt hat.

Besonders großen Dank möchte ich Michael Fischer aussprechen, der sich besonders viel Zeit genommen hat, um mich einerseits bei der Erstellung der Fragebögen zu unterstützen und andererseits die statistische Auswertung durchzuführen. Vielen Dank für deine Zeit, die Mitbetreuung und deine Expertise! Ebenso möchte ich mich bei meinem Betreuer Thomas Körber bedanken, der mir immer für Fragen zur Verfügung gestanden ist und die Materialien sowie die Arbeit selbst mittels hilfreichem Feedback verbessert hat. Danke für die so reibungslose fachliche Betreuung!

Nicht zuletzt möchte ich mich noch bei meiner Mutter bedanken, die mich mit ihrer Genauigkeit bei den letzten Korrekturen unterstützt hat.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Theoretische Grundlagen	5
2.1. Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE)	5
2.1.1. Sustainable Development Goals	5
2.1.2. Das Konzept Bildung für nachhaltige Entwicklung	7
2.1.3. Verankerung im Lehrplan	12
2.2. Didaktischer Forschungsstand zu BNE	14
2.2.1. BNE im Mathematikunterricht	16
2.2.2. Die Relevanz der Lehrperson	18
2.2.3. Materialien für BNE im Mathematikunterricht	20
2.2.4. Messung der Wirksamkeit von BNE	22
3. Gegenstand und Fragestellung der Untersuchung	25
3.1. Untersuchungsgegenstand	25
3.2. Forschungsfragen und Hypothesen	26
4. Methodisches Vorgehen	29
4.1. Vorgehensweise	29
4.2. Fragebögen	30
4.2.1. Lehrer*innenfragebogen	31
4.2.2. Schüler*innenfragebogen für den Prä- und Posttest	32
4.2.3. Gütekriterien der Fragebögen	35
4.3. Intervention	35
4.3.1. Konzept Future Edition	36
4.3.2. Erstellung der Materialien	37
4.4. Statistische Auswertungsmethode	41
5. Resultate	45
5.1. Güte der Items	45
5.2. Auswertung des Fragebogens der Schüler*innen	47
5.2.1. Umweltkompetenz	50
5.2.2. Umweltinteresse	57
5.2.3. Mathematisches Interesse	58
5.3. Auswertung des Fragebogens der Lehrpersonen	61
5.3.1. Die Einstellung der Lehrpersonen zur BNE	61
5.3.2. Umweltinteresse	62

5.3.3. Erledigte Aufgaben und Kommentierungen	63
6. Diskussion der Ergebnisse	65
6.1. Diskussion zu den Items	65
6.2. Ausführung und Interpretation der Ergebnisse	67
6.2.1. Forschungsfrage 1	67
6.2.2. Forschungsfrage 2	69
6.2.3. Forschungsfrage 3	71
6.2.4. Forschungsfrage 4	75
6.3. Limitationen	76
7. Fazit	79
Literatur	81
A. Kategorisierung der Items	93
B. Materialien	99
C. Fragebögen	147

1. Einleitung

In Zeiten von Krisen wird die Schule immer mehr zu einem Ort, an den viele unterschiedliche Anforderungen gestellt werden. Denn da die Schule die nächsten Generationen auf den Umgang mit sozialen, ökologischen und ökonomischen Krisen vorbereiten soll, müssen sich Schulen intensiv mit aktuellen und zukünftigen Problematiken auseinandersetzen. So hat beispielsweise die Coronakrise zu einer intensiven Beschäftigung mit digitalem Lernen geführt. Auch die Klimakrise spiegelt sich nun in der Bildungspolitik wider, indem neue Konzepte wie Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) Eingang in den Unterricht finden sollen. Die Einbindung dieser Inhalte in den Unterricht lässt sich nun auch im österreichischen Lehrplan beobachten. Dort wird in den Leitvorstellungen gefordert, dass Unterricht so gestaltet wird, dass Schüler*innen eine aktive Rolle bei der Bewältigung ökologischer Herausforderungen zukommt (BMBWF, 2024c); (BMBWF, 2024b). Ebenso existiert mittlerweile ein ausführlicher Abschnitt im Lehrplan der allgemeinbildenden höheren Schule (AHS), der die Relevanz der Umweltbildung für alle Fächer begründet. BNE spielt daher auch für den Mathematikunterricht eine Rolle. Doch wie soll nun Bildung für nachhaltige Entwicklung im Mathematikunterricht erfolgen?

Ausgehend von dieser Frage findet sich viel Kritik in Bezug auf BNE im Fachunterricht. So schreiben beispielsweise Budde und Blasse (2023), dass BNE ein weiteres fächerübergreifendes Element in einem ohnehin überbordenden Lehrplan ist und zur Überforderung von Lehrpersonen führt. Denn betrachtet man die meisten Materialien, die nach dem Konzept BNE für den Mathematikunterricht gestaltet sind, so fällt zwar auf, dass es bereits viele Unterrichtsentwürfe für die Themen Nachhaltigkeit, Umweltschutz und Klimawandel gibt, diese jedoch oft fächerübergreifend und projektbasiert sind. Nun sind diese Unterrichtseinheiten gut einsetzbar, jedoch ist die Durchführung von fächerübergreifendem Projektunterricht in einer leistungsorientierten Schule oft für viele Lehrkräfte zu zeitintensiv, solange die Strukturen der Schule unverändert bleiben (Grundmann, 2017). Nach Vásquez (2023) braucht es daher nun Unterrichtsmaterialien, die möglichst unkompliziert in den Mathematikunterricht integriert werden können. Sucht man nun nach solchen Materialien, findet man das Schulbuch MathematiX 1 Future Edition von Boxhofer et al. (2023a). Neben diesem Schulbuch sind im deutschsprachigen Raum jedoch nur wenige niederschwellige Mathematikmaterialien zu den Themen Nachhaltigkeit und Umwelt verfügbar, weshalb die Wirkung solcher Umweltaufgaben noch nicht erforscht wurde. Bevor man also nun der Forderung von Vásquez (2023) folgt, stellt sich die Frage, ob solch eine Einbindung von nicht projektbasierten nachhaltigen Mathematikaufgaben in den Unterricht eine Wirkung bei den Schüler*innen erzielt. Denn wenn ja, so würde mittels solcher Aufgaben eine alltägliche Einbindung von Umweltthemen in den Mathematikunterricht schon mit wenig Aufwand für die Lehrpersonen möglich sein. Um dieser Frage nachzugehen, soll in dieser Arbeit mit entwickelten Materialien,

KAPITEL 1. EINLEITUNG

die am Konzept BNE orientiert sind, getestet werden, ob diese Mathematikaufgaben zukunftsfähiges Wissen vermitteln, das dann in fächerübergreifenden und projektbasierten Stunden vertieft werden kann.

Doch wie kann nun gemessen werden, ob dieses zukunftsfähige Wissen den Schüler*innen in den Aufgaben übermittelt wird? Zum einen sollten die Aufgaben einen Effekt auf die sogenannte Umweltkompetenz haben (UNESCO, 2017). Zusätzlich zu dieser Umweltkompetenz stellt sich aber auch die Frage nach der Auswirkung der Aufgaben auf das Interesse der Schüler*innen, da nach Wagener (2019) Interesse zentral ist, um sich längerfristig mit einem Thema zu beschäftigen und Verhaltensbereitschaft zu entwickeln. Die vorliegende Arbeit geht daher der Frage nach: *Welche Wirkung haben Mathematikaufgaben zur nachhaltigen Entwicklung auf das mathematische Interesse, das Umweltinteresse und die Umweltkompetenz der Schüler*innen?* Die Untersuchung der Wirkung von speziellen Mathematikaufgaben in der fünften Schulstufe soll dabei ein erster Schritt sein, um einen Teil einer großen Forschungslücke rund um die Wirkung von BNE im Unterricht zu füllen. Denn in Bezug auf den Forschungsstand ist auffällig, dass allgemein die Wirkung von BNE-Unterrichtsmaterialien hauptsächlich in Bezug auf die Grundschule untersucht wurde, wie Rieß (2010) in seiner Metastudie zeigt, oder sehr allgemein die Wirkung von BNE auf die Einstellungen und die Handlungskompetenz erforscht wird, wie beispielsweise bei Boeve-de Pauw und Van Petegem (2018) oder Berglund und Gericke (2016).

Für die Beantwortung der Forschungsfrage nehmen zwölf Klassen aus der fünften Schulstufe AHS an einer Intervention teil. Diese Intervention besteht aus der Bearbeitung von Aufgabenblättern, deren Wirkung mit einem Prätest und einem Posttest erhoben wird. Angelehnt an die Aufgaben aus dem Schulbuch MathematiX 1 Future Edition Boxhofer et al. (2023a) werden dazu Aufgaben zu ausgewählten Themen erstellt. Die zusätzlich erstellten Aufgaben dienen dazu, dass mehr Aufgaben zu einem Thema in den Unterricht eingebracht werden können, als es durch das Future-Schulbuch möglich wäre und neue Ansätze der BNE-Forschung in die Aufgaben integriert werden. Anschließend wird die Wirkung der Aufgaben durch die Auswertung der Items der Fragebögen berechnet. Ziel dieser Arbeit ist es also durch eine statistische Auswertung die Veränderungen im mathematischen Interesse, dem Umweltinteresse und der Umweltkompetenz zu berechnen, um die Wirksamkeit der Unterrichtsmaterialien zu erforschen.

Zunächst wird dafür im Kapitel *Theoretische Grundlagen* ein Überblick über das Konzept BNE gegeben und deren Integration in den Lehrplan beschrieben. Zudem wird der aktuelle didaktische Forschungsstand von BNE dargestellt, wobei sich dieser aus der Forschung zur Anwendung im Mathematikunterricht, aus der Bedeutung der Lehrperson, aus vorhandenen Unterrichtsmaterialien und aus den Methoden zur Messung der Wirksamkeit von BNE zusammensetzt. Das darauf folgende Kapitel 3 präzisiert den Untersuchungsgegenstand und stellt die zentralen Forschungsfragen und Hypothesen vor, die die Basis der empirischen Untersuchung bilden. Im Kapitel 4 wird dann noch die Methodik, die die Entwicklung und den Einsatz von Fragebögen für Lehrpersonen und Schüler*innen, die Durchführung der Intervention sowie die Erstellung der Unterrichtsmaterialien umfasst, beschrieben. Außerdem werden die statistischen Methoden zur Analyse

der erhobenen Daten erläutert. Die Ergebnisse der empirischen Untersuchung werden dann im Kapitel 5 präsentiert und im Kapitel 6 mit Bezug auf den Forschungsstand diskutiert. Das letzte Kapitel ist schließlich noch eine knappe Zusammenfassung der Arbeit und gibt einen Überblick über Fragen, die sich aus dieser Arbeit für weitere Forschungen ergeben.

2. Theoretische Grundlagen

Dieser theoretische Teil besteht aus zwei Abschnitten. Dabei dient der erste Abschnitt 2.1 einerseits einer begrifflichen und konzeptuellen Klärung, andererseits der Verdeutlichung der Relevanz von Bildung für nachhaltige Entwicklung speziell auch für Österreich. Darauf folgt dann der zweite Abschnitt 2.2 mit einem Forschungsstand, der die aktuelle Forschung zu BNE im Mathematikunterricht abbildet und Forschungen zu getesteten Materialien sowie deren Wirkung umreißt.

2.1. Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE)

Das Grundkonzept, auf dem diese Arbeit aufbaut, stellt das Programm *Bildung für nachhaltige Entwicklung: die globalen Nachhaltigkeitsziele verwirklichen (BNE 2030)* von UNESCO (2021) dar. Dabei wird auf Erkenntnisse des Weltaktionsprogramms aufgebaut und betont, dass Bildung und Lerninhalte zum Überleben und zum Wohlstand der Menschheit beitragen und immer mehr an Bedeutung gewinnen (UNESCO, 2021). BNE betont dabei die Rolle von Bildung zur Erreichung der Sustainable Development Goals, denen sich bei der Agenda 2030 auch Österreich verpflichtet hat (Bundeskanzleramt, 2024).

Um also das Konzept BNE zu verstehen und die Lernziele zu kennen, muss vorab die Agenda 2030 mit ihren 17 Zielen, die im äußersten Ring der Abbildung 2.1 dargestellt sind, im Abschnitt 2.1.1 vorgestellt werden. Nach diesen sogenannten Sustainable Development Goals, auf die die Bildung für nachhaltige Entwicklung aufbaut, folgt dann im Abschnitt 2.1.2 die Erklärung des Konzeptes von BNE und deren Zielsetzung sowie im Abschnitt 2.1.3 die Verankerung in den österreichischen Lehrplan.

2.1.1. Sustainable Development Goals

Die Sustainable Development Goals (SDGs) stellen das Kernstück der Agenda 2030 dar. Bei dieser wurden im Jahr 2015 von 193 UN-Mitgliedsstaaten ein Katalog mit 17 Zielen für nachhaltige Entwicklung gebildet. Erstmalig gibt es nun Ziele, die Soziales, Wirtschaft und Umwelt vereinen, untereinander eng verbunden sind und von allen Ländern umgesetzt werden sollen (Klimabündnis, 2019). Alle 17 Ziele haben gemeinsam 169 Unterziele und basieren auf der Annahme, dass die Probleme unserer Zeit nur gemeinsam gelöst werden können. Dazu werden Ziele wie das Beenden von Krieg, Armut und Hunger mit der Bekämpfung des Klimawandels und dem Schutz der Meere und Wälder verbunden (UN, 2024). In der Deklaration der Agenda 2030 werden die Themen, denen sich nun von 2015 bis 2030 alle Länder widmen sollen, mit folgendem Satz beschrieben:

KAPITEL 2. THEORETISCHE GRUNDLAGEN

„We resolve, between now and 2030, to end poverty and hunger everywhere; to combat inequalities within and among countries; to build peaceful, just and inclusive societies; to protect human rights and promote gender equality and the empowerment of women and girls; and to ensure the lasting protection of the planet and its natural resources.“(UN, 2015)



Abbildung 2.1.: Ziele der Bildung für nachhaltige Entwicklung aufbauend auf den SDGs

Die Bedeutung dieses Satzes aus der Deklaration der Agenda 2030 wird nun deutlich, wenn man die 17 SDGs in der Abbildung 2.1 von UNESCO (2021) betrachtet. Denn diese 17 Ziele zur nachhaltigen Entwicklung sind zwar mit ihren Unterzielen sehr umfangreich, haben aber die im Zitat erwähnten Themen als Hauptaufgaben. Besonders ist bei den SDGs ihre Verbindung untereinander, die dazu führt, dass das Thema Nachhaltigkeit die verschiedenen Ziele miteinander vereint. So ist das Ziel 1, Armut in allen Formen zu beenden, beispielsweise mit dem vierten Ziel der hochwertigen Bildung verbunden. Mit dem Ziel 2, kein Hunger, ist die Forderung nach einer nachhaltigen Landwirtschaft verbunden, die im Ziel 15 Leben an Land verankert ist. Das Ziel 3, Gesundheit und

2.1. BILDUNG FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG (BNE)

Wohlergehen, ist intensiv einerseits mit Ziel 12, dem nachhaltigen Konsum und einer nachhaltigen Produktion verbunden, andererseits mit den Maßnahmen zum Klimaschutz, die in Ziel 13 dargestellt werden. Ebenso mit den SDGs 12 und 13 ist das Ziel 4 für hochwertige Bildung verbunden, das im Abschnitt 2.1.2 noch genauer dargestellt wird (Klimabündnis, 2019). Diese Verknüpfungen vor allem mit dem Ziel des Klimaschutzes weisen auch die Ziele 6 bis 15 auf. Um nun nicht alle Ziele nacheinander langwierig vorzustellen und somit die gesamte Agenda 2030 an dieser Stelle zu verschriftlichen, kann zusammengefasst werden, dass alle Ziele außer 1, 4 und 16 eine direkte Verbindung zum Schutz unserer Welt aufweisen. Besonders stark untereinander verknüpft sind dabei Ziele wie die Verbesserung der Wasserqualität, die Erreichung bezahlbarer und sauberer Energie, die Schaffung nachhaltiger Städte und Gemeinden, nachhaltiger Konsum und nachhaltige Produktion, der Schutz von Leben unter Wasser, die Wiederherstellung und Förderung von nachhaltigen Ökosystemen und der Aufbau von Partnerschaften (Klimabündnis, 2019). Eine Auseinandersetzung mit den Maßnahmen zum Klimaschutz führt also an der Behandlung der meisten anderen SDGs nicht vorbei, wodurch das Klima-SDG Ziel 13 zum Dreh- und Angelpunkt wird und daher im folgenden Absatz mit seinen Unterzielen dargestellt wird.

Das Ziel 13, das in der Deklaration den Namen *Dringende Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkung ergreifen* trägt, ist in drei Unterziele gegliedert. Diese fordern die Stärkung der Widerstands- und Anpassungsfähigkeit gegenüber klimabedingten Gefahren und Naturkatastrophen, Maßnahmen gegen den Klimawandel in nationalen Politiken sowie einer Verbesserung von Bildung und Bewusstseinsbildung zur Abschwächung des Klimawandels, zur Anpassung aber auch zur Frühwarnung (UN, 2015).

Zusammengefasst stellen die SDGs also vielfältige Ziele dar, die den Schutz unseres Planeten sichern sollen und zu einer gerechten und friedlichen Welt führen sollen. Wichtig für die Umsetzung dieser SDGs ist laut Agenda 2030 nun die Bildung, deren Rolle im Programm *Education for Sustainable Development* oder im deutschen Äquivalent *Bildung für nachhaltige Entwicklung* verschriftlicht ist.

2.1.2. Das Konzept Bildung für nachhaltige Entwicklung

Die Geschichte der Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) oder auch Education for Sustainable Development (ESD) begann im Jahre 2002 in Johannesburg, als beschlossen wurde, eine UN-Dekade *Bildung für nachhaltige Entwicklung*, die von 2005 bis 2014 andauern sollte, ins Leben zu rufen. Das Ziel war es, eine nachhaltige Entwicklung in allen Bereichen der Bildung zu verankern. Fortgesetzt wurde dies mit dem Weltaktionsprogramm (WAP) von 2015 bis 2019 (Hoffmann & Gorana, 2024).

Das Programm BNE 2030 ist nun eine Fortsetzung von WAP und bezieht sich in seinen Zielen vor allem auf das SDG Nummer vier, wobei speziell das Unterziel 4.7 von großer Bedeutung ist (BMK, 2024). Denn dieses Unterziel fordert, dass alle Lernenden Fähigkeiten erwerben müssen, um nachhaltige Entwicklungen zu fördern und dies vor allem durch BNE ermöglicht werden soll (UN, 2024). So nimmt BNE in der in SDG 4 verankerten globalen Bildungsagenda einen besonderen Platz ein, indem BNE als

KAPITEL 2. THEORETISCHE GRUNDLAGEN

zentrales Instrument hochwertiger Bildung gesehen wird und dadurch eine gerechtere und nachhaltigere Welt geschaffen werden soll. Dadurch soll BNE 2030 einen maßgeblichen Beitrag zur Verwirklichung der SDGs leisten. In einer Bildung für nachhaltige Entwicklung geht es darüber hinaus um einen Perspektivenwechsel, der den Fokus nicht mehr auf die reinen Lernergebnisse setzt, sondern auf ein Lernen, das Empathie, Solidarität und Handeln in den Mittelpunkt stellt. Dabei wird immer die Verbindung der Lerninhalte mit deren Beitrag zur Nachhaltigkeit von Mensch und Planet sichtbar gemacht, woraus die Bedeutung aller SDGs für das SDG 4 und somit auch für BNE erwächst (UNESCO, 2021). Das Bundesministerium für Bildung fasst zusammen, dass BNE ein Bewusstsein für die Komplexität von Problemen schaffen soll und zur Vermittlung sowie Umsetzung nachhaltiger Entwicklung beitragen soll (BMBWF, 2024a).

„Ziel ist die Entwicklung der Fähigkeit zur kritischen Reflexion und zum systemischen und zukunftsorientierten Denken, sowie Handlungsweisen, welche nachhaltige Entwicklung fördern.“(BMBWF, 2024a)

Kern des BNE-Ansatzes sind drei Dimensionen, auf die die Vermittlung aller SDG-Inhalte aufbaut (UNESCO, 2021):

- Durch das kognitive Lernen sollen die Herausforderungen und komplexen Verflechtungen von Nachhaltigkeit verstanden werden,
- durch das emotionale Lernen soll die Entwicklung von grundlegenden Werten und Haltungen in Bezug auf Nachhaltigkeit abgedeckt werden,
- durch das verhaltensbezogene Lernen soll das Handeln zur Transformation im persönlichen, gesellschaftlichen und politischen Bereich anvisiert werden.

Alle drei Lerndimensionen sind dabei in Abbildung 2.1 dargestellt und bilden die Basis der inhaltlichen Lernziele der BNE.

Um die BNE-Lernziele, die im mittleren Ring der Abbildung 2.1 zu sehen sind, zu erreichen, müssen Kompetenzen neu gedacht werden. Denn die Bildungspolitik und die Erziehungswissenschaften haben erkannt, dass das Wissen früherer Generationen nicht mehr für die Auseinandersetzung mit einer globalisierten Welt ausreicht. Nach Hoffmann und Gorana (2024) müssen daher Kompetenzen in der BNE als „aktive Anwendung von Wissen“ gedacht werden. Zusätzlich müssen Lernende sich selbst entwickeln, wodurch eine reine Vermittlung von Wissen nicht mehr ausreicht (Hoffmann & Gorana, 2024). Aus dieser Erkenntnis folgt die Notwendigkeit der Dimensionen. So wurden der altbekannten kognitiven Dimension die verhaltensbezogene und emotionale Dimension hinzugefügt (Hoffmann & Gorana, 2024). Gleichzeitig konkretisieren und strukturieren die Dimensionen die Lernziele, indem aus ihnen Kompetenzkategorien erwachsen, die sich in jedem Lernziel der ESD wiederfinden. Jedes Lernziel besteht also aus kognitiven, emotionalen und verhaltensbezogenen Kompetenzen, die für dieses Ziel erreicht werden sollten. Diese Kompetenzen sollen dann eine Bildung ermöglichen, die reflektierende, handelnde und partizipierende Individuen hervorbringen soll (UNESCO, 2017). Die Unterteilung in die drei Kompetenzkategorien ist dabei wie folgt definiert und ähnelt den Dimensionen der BNE-Ziele (UNESCO, 2017):

2.1. BILDUNG FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG (BNE)

- Die *kognitive Kompetenz* umfasst Wissen und Denkmuster, die benötigt werden, um die Inhalte der SDGs und einhergehende Herausforderungen zu verstehen.
- Die *sozio-emotionale Kompetenz* umfasst soziale Fähigkeiten zur Kommunikation über die SDGs sowie Reflexion, Werte und Empathie, die den Lernenden eine Weiterentwicklung ermöglicht.
- Die *verhaltensbezogene Kompetenz* meint eine Handlungskompetenz, wobei die Lernenden ihr Verhalten ändern, Projekte zur Lösung von Problemen planen und selbst neue Lösungen entwickeln können.

Dass BNE beziehungsweise ESD also mehr als nur neue inhaltliche Lernziele mit sich bringt, zeigt die Beschreibung der UNESCO:

„ESD aims at developing competencies that empower individuals to reflect on their own actions, taking into account their current and future social, cultural, economic and environmental impacts, from a local and a global perspective. Individuals should also be empowered to act in complex situations in a sustainable manner, which may require them to strike out in new directions; and to participate in socio-political processes, moving their societies towards sustainable development“ (UNESCO, 2017, S. 7).

Die BNE Lernziele der Abbildung 2.1 sollen also alle gemeinsam zu dem großen Ziel beitragen, Schüler*innen auf das Handeln in komplexen Situationen vorzubereiten. Dabei steht im Fokus, dass sie soziale, ökologische, ökonomische und kulturelle Aspekte angemessen berücksichtigen. Bei ESD sowie auch BNE geht es also vor allem um das Erlernen von Problemlösekompetenzen und reflexiven Kompetenzen, die für eine aktive Partizipation in komplexen Herausforderungen wie dem Klimawandel erforderlich sind. Um diese Kompetenzen zu erreichen und gleichzeitig ebenso die Lernziele, die in der Abbildung 2.1 definiert sind, braucht es konkrete Themen, die im Unterricht behandelt werden können. Eine Aufzählung möglicher Themenbereiche, die den BNE-Lernzielen dienen und den SDGs zugeordnet sind, möchte ich hier nun zwecks der Praktikabilität in der Tabelle 2.1 darstellen. Die Themen stammen dabei aus den ESD Lernzielen von UNESCO (2017) und wurden von mir basierend auf der Abbildung 2.1 den jeweiligen SDGs zugeordnet.

KAPITEL 2. THEORETISCHE GRUNDLAGEN

ESD Themen zu den SDGs	
SDG 1	Armutsbedingte Arbeitsbedingungen in Sweatshops; Kinderarbeit
SDG 2	Zusammenhang von Klimawandel, Ernährungssicherheit und Verschlechterung der Böden; Essensverschwendung; Biodiversität von Samen; nachhaltige Agrarkultur
SDG 3	Wirkung von Chemikalien auf unsere Gesundheit; Verschmutzung und Kontamination von Luft, Wasser und Boden und dessen Wirkung auf die Gesundheit
SDG 4	Armut, Konflikte, Naturkatastrophen und Hunger als Gründe für unzureichende Bildung
SDG 5	Gender als soziales Konstrukt; Dekonstruktion von Geschlechterrollen
SDG 6	Wasserverschmutzung und ungleiche Verteilung von sauberem Wasser; Wasser und Energie; Wasser und Klimawandel; Wasser und Nahrungssicherheit
SDG 7	verschiedene erneuerbare Energien; Energieverbrauch von verschiedenen Aktivitäten und Bedürfnissen
SDG 8	Kreislaufwirtschaft; alternative Lebensstile
SDG 9	Technologie für Recycling; nachhaltige Infrastrukturen; Nachhaltigkeit bei Transport; Nachhaltigkeit im Internet
SDG 10	Umweltgerechtigkeit; Ungleichheit bei Mobilität
SDG 11	nachhaltiges Bauen; Mobilität; Müllsystem; nachhaltiges Essen; Erhitzung von Städten
SDG 12	Abfall; Essensproduktion; Lieferketten; CO ₂ Bilanz der eigenen Ernährung; Abholzung für Essen; Konsumgewohnheiten
SDG 13	Naturkatastrophen; steigender Meeresspiegel und dessen Folgen; Treibhausgase und Effekte auf Biodiversität, Gletscher und Wälder
SDG 14	Wasser als Klimaregulator; Wasserspiegel; Meeresverschmutzung mit Plastik und Chemikalien; Biodiversität und Aussterben im Meer
SDG 15	Biologische Vielfalt; Aussterben; Ökosysteme zur Verringerung von Katastrophensystemen
SDG 16	Klimagerechtigkeit
SDG 17	Bedeutung von globalen Partnerschaften für nachhaltige Entwicklungen

Tabelle 2.1.: Mögliche Themen zur Aufgabenerstellung

Wie nun Unterricht und Schule gestaltet werden sollte, um die Erreichung der BNE-Lernziele und Kompetenzen zu ermöglichen, bildet die Abbildung 2.2 von Unteregger (2018) ab. Diese zeigt, dass neben einer Handlungsstruktur, die zukunftsorientierte Herangehensweisen aufzeigt und mittels derer auch Schüler*innen praktische Erfahrungen sammeln sollen, viele weitere Elemente für eine Bildung für nachhaltige Entwicklung benötigt werden. Die vollständige Aufzählung an Elementen kann der Abbildung 2.2 entnommen werden.

2.1. BILDUNG FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG (BNE)

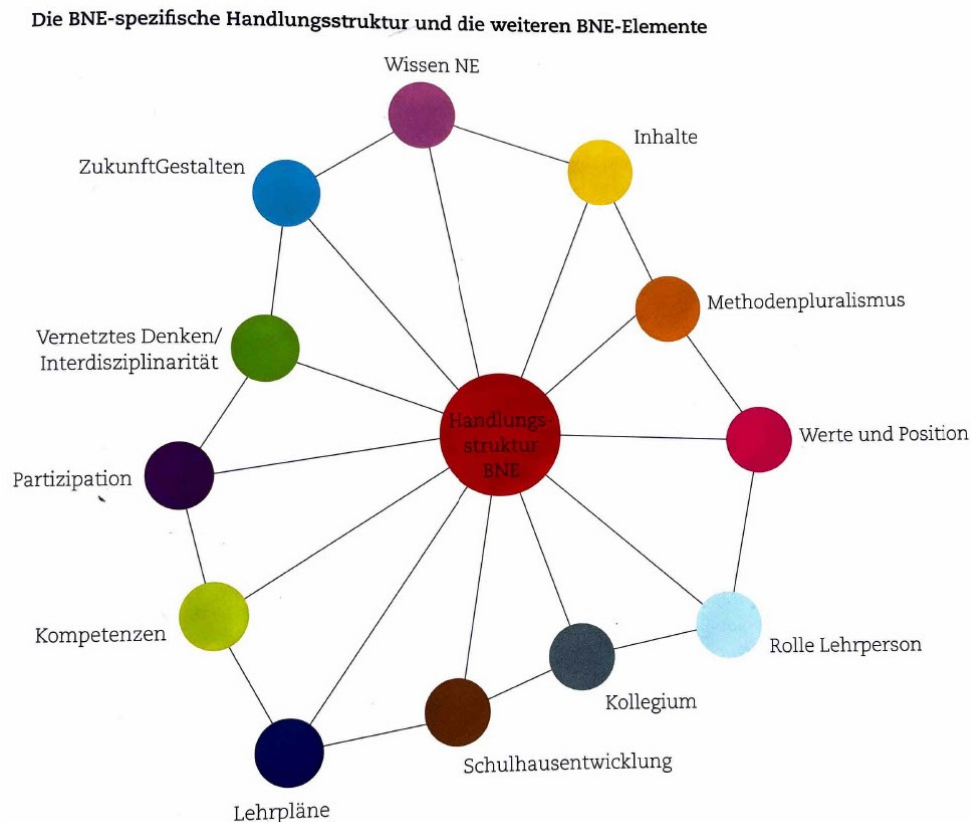


Abbildung 2.2.: Die BNE-Handlungsstruktur mit den BNE-Elementen

Dabei ist nach Unteregger (2018) die Abbildung als ein Netz an Elementen zu verstehen, das bereits mit vereinzelt Vernetzungen und der Verbindung mit der Handlungsstruktur Bildung für nachhaltige Entwicklung ermöglicht. Es werden also nicht zwingend alle Elemente benötigt, um BNE in den Unterricht zu integrieren. Es ist aber förderlich, eine möglichst große Vernetzung anzustreben. Beispielsweise können fachliche Inhalte mit dem Wissen zur nachhaltigen Entwicklung verbunden werden und gleichzeitig können mehrere didaktische Prinzipien mitgedacht werden. Die didaktischen Prinzipien sind dabei die in der Abbildung 2.2 abgebildeten Elemente „Zukunft gestalten“, „vernetztes Denken“ und „Partizipation“ (Unteregger, 2018). So können beispielsweise die BNE-Materialien so gestaltet sein, dass die politische, ökonomische, ökologische und sozial-kulturelle Dimension vernetzt wird, Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft verbunden werden und lokale sowie globale Gegebenheiten behandelt werden. Dadurch würde dann das didaktische Prinzip vernetztes Denken in den Unterricht integriert werden (Unteregger, 2018).

2.1.3. Verankerung im Lehrplan

Auch in Österreich hat Bildung für nachhaltige Entwicklung bereits Einzug in die Lehrpläne gefunden. BNE kann dabei laut Bildungsministerium in Österreich bereits auf folgende Bereiche aufbauen: (BMBWF, 2024a)

- Politische Bildung und Menschenrechtsbildung (Unterrichtsprinzip; UN-Dekade Bildung für Menschenrechte),
- Umweltbildung und Gesundheitsbildung (Unterrichtsprinzipien),
- Globales Lernen (entwicklungspolitischer Grundsatzterlass),
- Soziales Lernen (interkulturelles Lernen, Vereinbarungskultur, Reflexionsvermögen, Selbstverantwortung, und anderes mehr) sowie
- Gleichstellung von Mann und Frau. (Österreichische Strategie zur Bildung für nachhaltige Entwicklung)

Ebenso wie UNESCO (2017) im englischsprachigen Artikel zu den *learning objectives* hat auch Österreich im Grundsatzterlass Umweltbildung vom BMBF (2014) Kompetenzen entwickelt, die den ESD-Kompetenzen ähneln und ebenso wie die BNE-Dimension aufgebaut sind. Diese Kompetenzen sollen die Umsetzung von Umweltbildung im Unterricht erleichtern und sollen schlussendlich zu dem Ziel führen, dass Schüler*innen die „Auswirkungen der steigenden globalen Komplexität und die Veränderungen der lokalen und globalen Umweltsituation“ (BMBF, 2014) wahrnehmen, sich mit Zukunftsrisiken auseinandersetzen und Möglichkeiten von nachhaltigen Veränderungen erkennen. Ein Teil dieser Kompetenzen, die am Ende der Sekundarstufe I erreicht werden sollten, ist auch im Lehrplan der AHS und MS in Form von fächerübergreifenden Kompetenzen verschriftlicht. Dieser besagt: (BMBWF, 2024b, 2024c)

„Schülerinnen und Schüler können:

- das Zusammenwirken von ökologischen, ökonomischen und sozialen Faktoren bei Umweltproblemen verstehen und mögliche Lösungsvorschläge ableiten;
- die Bedeutung des Einsatzes ressourcen- und umweltschonender sowie sozial verantwortlicher Verfahren, Produkte und Dienstleistungen in Beruf und Wirtschaft erkennen und sich mit gegensätzlichen Interessen und deren Auswirkungen auseinandersetzen;
- sich als Teil der Natur und Gesellschaft erfahren und Bereitschaft zeigen, an der Erhaltung der Biodiversität (Arten, Boden, Landschaft) und an der nachhaltigen Entwicklung der Lebensgrundlagen mitzuwirken;
- die eigenen Lebensgewohnheiten auf Prinzipien der Nachhaltigkeit überprüfen und daraus Konsequenzen für das eigene verantwortliche Handeln ableiten;

2.1. BILDUNG FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG (BNE)

- Visionen für eine umweltverträgliche und nachhaltige Zukunft entwickeln und Handlungen, die einen nachhaltigen Beitrag dazu darstellen, planen und umsetzen.“

Für solch einen Unterricht wird laut Grundsatzerlass ein systematisches Wissensangebot, die Bearbeitung offener und kontroverser Fragen, fächerverbindende Bearbeitung lebensnaher Situationen sowie erfahrungsorientiertes Lernen und eine reflektierende Haltung gegenüber Wissensangeboten benötigt (BMBF, 2014).

Zusätzlich zu den übergreifenden Themen des Lehrplans, zu denen auch die Umweltbildung für nachhaltige Entwicklung mit den oben genannten Kompetenzen zählt, ist BNE noch in den Leitvorstellungen des AHS und MS Lehrplans integriert. Dort heißt es, dass Schüler*innen befähigt werden sollen, eine aktive Rolle bei gesellschaftlichen, sozialen, ökologischen und ökonomischen Herausforderungen einzunehmen. Eben aus dieser Leitvorstellung heraus gilt es deshalb laut Lehrplan die Kompetenzen für nachhaltige Entwicklung anzubahnen (BMBWF, 2024b, 2024c). Dass nun die Umsetzung dieser Leitvorstellung und Integration von Umweltbildung in den Unterricht auch das Fach Mathematik betrifft, zeigt ein Raster im Lehrplan, der die verschiedenen fächerübergreifenden Themen mehreren Fächern zuordnet. Darüber hinaus wird bei UNESCO (2017) kritisches Denken, Kooperationsfähigkeit, Problemlösefähigkeit und die Fähigkeit zur Abschätzung von Risiken im Themenbereich Umwelt als eine Querschnittsaufgabe, die alle Unterrichtsfächer betrifft, beschrieben. Aber auch in den Bildungs- und Lehraufgaben der Unterstufenmathematik ist ein kritischer Mathematikunterricht verankert. So lautet eine der Grunderfahrungen, die im Mittelpunkt des gesamten Mathematikunterrichts stehen sollen, dass Schüler*innen in der Auseinandersetzung mit Aufgaben Problemlösefähigkeiten, die über die Mathematik hinausgehen, erwerben sollen (BMBWF, 2024b, 2024c). Darüber hinaus wird in den Bildungs- und Lehraufgaben nicht nur die Problemlösekompetenz, sondern auch das kritische Denken und Argumentieren als Aufgabe des Mathematikunterrichts gesehen. Schüler*innen sollen dafür im Mathematikunterricht lernen, für Behauptungen Argumente zu geben und einzufordern sowie Mängel in Argumentationen zu erkennen (BMBWF, 2024b, 2024c).

Dem neuen Lehrplan der Sek I AHS und MS fehlt es also auch in Österreich nicht an einer fächerübergreifenden Einbindung der Bildung für nachhaltigen Entwicklung und an einer Einbindung der Umweltbildung. Genau diese fächerübergreifende Verankerung in den Lehrplan ist es aber, die die Gefahr birgt, dass all die oben genannten Kompetenzen nach Fadel et al. (2019) erst recht wieder an ein ohnehin schon überbordendes Curriculum andocken und nur wenige Pädagog*innen es angesichts des Drucks von zentralen Prüfungen schaffen, die weiteren Kompetenzen in ihren Unterricht zu integrieren. Wie nun dieser Problematik in der Forschung begegnet wird und welche Studien bereits zur Einbindung von BNE in den Unterricht existieren, wird im folgenden Abschnitt erläutert.

2.2. Didaktischer Forschungsstand zu BNE

Nachdem das Konzept BNE und die zugrunde liegende Theorie dargelegt sowie die Verankerung im österreichischen Lehrplan aufgezeigt wurde, stellt sich die Frage, wie diese Theorie in der schulischen Praxis umgesetzt wird. Diese Fragestellung wird anhand von vier Unterkapiteln vertieft behandelt. Die ersten beiden Unterkapitel 2.2.1 und 2.2.2 erläutern die derzeitige Forschung zur Umsetzung von BNE im Mathematikunterricht und die Rolle der Lehrperson. Die Unterkapitel 2.2.3 und 2.2.4 befassen sich mit den bisher entwickelten Materialien, den Forschungsergebnissen zur Materialerstellung sowie mit Methoden zur Messung der Wirksamkeit von BNE. Zunächst werden aber noch die Potenziale der Lernmethoden von BNE sowie die damit einhergehenden strukturellen Herausforderungen bei der Implementierung zusammengefasst.

In der Literatur zu den Lernmethoden der BNE wird häufig angenommen, dass BNE spezielle Potenziale für kooperatives Lernen, reflexives Lernen und die Problemlösekompetenz birgt. So schreibt beispielsweise Wals (2019) :

„From a perspective of education and learning, this characteristic [of sustainability] is not a robust scientific concept that can be taught like, for instance, photosynthesis. It is attractive in that it requires continuous sense making, contextualization, re-contextualization, and recalibration in a world that is in constant flux.“(Wals, 2019, S. 25)

BNE sollte also nach Wals (2019) gerade wegen ihrer Komplexität im Unterricht behandelt werden. Denn die Behandlung der Themen zu Nachhaltigkeit fördert reflexives Lernen, indem eine Kontextualisierung benötigt wird, die immer wieder aktualisiert werden muss. Das Thema hat daher das Potenzial, die Kompetenz der Rekontextualisierung zu fördern, die in einer Welt, die dauerhafter Veränderung unterliegt, unumgänglich ist. Starres Wissen kann daher nicht mehr das Bildungsziel von einem nachhaltigen Unterricht sein. Stattdessen braucht es Wissen, das durch aktive und reflexive Lernprozesse angeeignet wird und dadurch auch eigenständig immer wieder aktualisiert werden kann. Erst dieses Wissen legt dann den Grundstein für einen reflektierten Umgang mit Daten und eine Problemlösekompetenz für zukünftige gesellschaftliche und ökologische Herausforderungen, so wie sie in den Lehrplänen (BMBWF, 2024b, 2024c) gefordert wird.

Um einen Unterricht, der diese Ziele erfüllt, zu gestalten, wird oft ein projektbezogener und fächerübergreifender Unterricht gefordert, doch wird die Fokussierung auf solch einen Unterricht im Forschungsstand oft kritisiert. So zeigt Grundmann (2017), dass die Überbetonung von BNE als projektbezogene und fächerübergreifende Bildung zu keiner andauernden Verankerung von BNE im Unterricht führen kann. Auch Holst et al. (2024) schreiben, dass BNE trotz Verankerung im Lehrplan im Unterricht gemieden oder nur isoliert erwähnt wird. Nach Grundmann (2017) muss BNE daher in Schulbücher, tägliche Unterrichtsmaterialien und fächerspezifische Lernziele eingebunden werden, damit BNE nicht mehr vom Engagement einzelner Lehrpersonen abhängt und nicht nur punktuell in den Schulalltag integriert wird. Zusätzlich zu dieser Integration in den alltäglichen

2.2. DIDAKTISCHER FORSCHUNGSSTAND ZU BNE

Fächerunterricht braucht es aber trotzdem Lehrer*innenteams, die ebenso fächerübergreifenden und projektbasierten Unterricht planen und dafür aber auch die passende Ausbildung benötigen, so Grundmann (2017). Dass die Implementierung von BNE als Querschnittsaufgabe der Schule aufgrund fehlender Kenntnisse der Lehrpersonen bisher immer wieder scheiterte, zeigt auch Budde und Blasse (2023). So passiert es oft, dass BNE nur durch extracurriculare Events in Schulen verankert wird und es dadurch kein integraler Bestandteil des Regelunterrichts wird. Neben der Verankerung im Unterricht kritisieren Budde und Blasse (2023) auch die stark betonte Gestaltungskompetenz von BNE. Diese besagt, dass Schüler*innen Mitgestalter*innen nachhaltiger Entwicklung und Beitragende zu einer Transformation werden sollen. Kritisiert wird dabei, dass die Gestaltungskompetenz überwiegend auf individuelles Handeln ausgerichtet ist. Laut Budde und Blasse (2023) führt dies einerseits zu einer Überbewertung der Rolle des Einzelnen und andererseits zur Entpolitisierung der Thematik. Gemeint ist damit, dass bei der Umsetzung von BNE oft auf individuelle Handlungsmöglichkeiten verwiesen wird und somit diese als Lösung für die Klimakrise dargestellt werden. Dabei werden aber politische Entscheidungsträger*innen aus der Verantwortung genommen und die Verantwortung gesellschaftspolitischer und ökologischer Probleme wird bei Individuen gesucht. Zu diesen Dynamiken der Depolitisierung zählen „die Vermeidung eines politischen Diskurses“ und „die Unsichtbarmachung von Machtverhältnissen[...]“ (Budde & Blasse, 2023, S. 7). Das bedeutet, dass die Behandlung individueller Handlungsmöglichkeiten auch eine Thematisierung der Verantwortlichkeit von Staaten und Entscheidungsträger*innen mit sich bringen muss, um das globale Problem der Klimakrise nicht zu individualisieren.

Ebenso wie Grundmann (2017) und Fadel et al. (2019) kritisieren auch Budde und Blasse (2023), dass BNE zwar als großes Anliegen dargestellt wird, jedoch dann nur als weiterer Zusatz im Curriculum verankert ist, der dann gemeinsam mit den anderen vielfältigen Zusatzaufgaben zum eigentlichen Fächerlehrstoff zur programmatischen Überforderung beiträgt. Aus diesen Gründen fordern Budde und Blasse (2023) eine *Änderung der Grammatik der Schule*. Damit ist gemeint, dass so lange Leistung, Konkurrenz und Individualismus in den Schulen die vorherrschenden Lernziele sind, das Konzept Schule per se dem Konzept von BNE widerspricht. Die bei empirischen Studien von Lehrkräften genannte Kritik, dass BNE für die Schule zu komplex sei, liegt also laut Forschung vielmehr an den Erwartungen, die an BNE zusätzlich zu einem unveränderten leistungsorientierten Lehrplan herangetragen werden sowie einer unzulänglichen Lehrer*innenausbildung und einer unzureichenden Verankerung von BNE im Fachunterricht. Die Implementierung von BNE scheitert also vor allem an strukturellen Voraussetzungen und weniger an einer unzureichenden kognitiven Leistung von Seiten der Schüler*innen. Dies wird einerseits durch die Vielzahl der in der Metastudie von Rieß (2010) aufgeführten Studien zur Implementierung von BNE in der Grundschule deutlich. Andererseits belegen auch empirische Befunde von Rieß (2010), dass die notwendigen Voraussetzungen bei den Schüler*innen für einen an Themen der Nachhaltigkeit orientierten Unterricht bereits in der Grundschule gegeben sind. So zeigt Rieß (2010), dass besonders im 3. und 4. Schuljahr ein hohes Interesse an Nachhaltigkeits- und Umweltthemen sowie eine günstige motivationale Lage gemessen wurde. Ebenso ist die kognitive Entwicklung in diesem

KAPITEL 2. THEORETISCHE GRUNDLAGEN

Alter schon so weit, dass Schüler*innen komplexe Themen mehrperspektivisch betrachten können. Nur das deklarative Umweltwissen ist laut Rieß (2010) in diesem Alter von Fehlkonzerten und Neigungen zur Vereinfachung geprägt. Genau dieses Problem der Vereinfachung von komplexen weltgesellschaftlichen Zusammenhängen, das im Unterricht immer wieder auftritt, nennt dann wiederum Taube (2023) als zentrale Herausforderung für Lehrpersonen.

Warum BNE auch für Mathematik relevant ist, auf welchem Verständnis von Mathematikunterricht ein nachhaltiger Mathematikunterricht beruht und wie dieser umgesetzt werden kann, wird nun im folgenden Unterkapitel dargestellt.

2.2.1. BNE im Mathematikunterricht

Über die Bedeutung der Bildung für nachhaltige Entwicklung für den Mathematikunterricht gibt es vielzählige Artikel, die für die Einbindung von BNE in den Fachunterricht sprechen. Um die allgemeine Bedeutung von Nachhaltigkeit und Umwelt für die Mathematik zu verstehen, muss zuerst aber die Frage beantwortet werden, welche Rolle die Mathematik für das 21. Jahrhundert haben soll. Viele Artikel beschäftigen sich dafür mit der allgemeinen Frage, welche Aufgabe Mathematik in unserer heutigen Zeit zukommt und fordern daraufhin, dass die Grenzen der Philosophie der Mathematik neu gedacht werden müssen (Hui-Chuan & Tsung-Lung, 2021). Überlegungen über den Sinn und Nutzen der Mathematik in Zeiten von Krisen wurden von Renert (2011) und Skovsmose (2021) angestellt. Basis dieser Überlegungen ist, dass die Grunderfahrungen von Winter (1995), die Aufgaben der Allgemeinbildung nach Heymann (1996) und die Schlüsselprobleme nach Klafki (1985) alle nicht mehr mit einer veralteten Denkweise über die Bedeutung von Mathematik gelöst werden können. Wilhelm (2022) argumentiert, dass die Umweltfrage eines der von Klafki (1985) definierten „epochaltypischen Schlüsselprobleme“ ist und Klima und Nachhaltigkeit gerade wegen ihrer Gegenwarts- und Zukunftsbedeutung ein wichtiges Schlüsselproblem für den Schulunterricht darstellen. Ebenso finden sich laut Wilhelm (2022) bei Heymann (1996) Anknüpfungspunkte, wonach BNE wie von Heymann (1996) gefordert zur Weltorientierung, zum kritischen Vernunftgebrauch und zur Entfaltung von Verantwortungsbereitschaft beiträgt. Dass nun trotz all diesen Anforderungen, was Mathematikunterricht heute in Schulen leisten sollte, Umwelt und Nachhaltigkeit in der Umsetzung bisher keinen großen Stellenwert erlangt hat, wurde nun von Renert (2011) aufgezeigt. Er begründet die vergleichsweise geringe Bedeutung von Ökologie im Fach Mathematik mit dem Platonismus, der Mathematik als einen reinen Wissensschatz versteht, der von seiner Umwelt unabhängig und wertfrei ist. Diesem Ansatz steht aber der kritische Ansatz (*critical mathematics education*) entgegen, der die politische und soziale Dimension von Lehren und Lernen unterstreicht, jedoch bisher noch wenig mit dem Thema Umwelt verbunden wird (Renert, 2011). Bezieht man also sowohl Klafki (1985), (Heymann, 1996), (Winter, 1995) als auch ganz generell die *critical mathematics education* in die Überlegungen zu einem Mathematikunterricht in unserer heutigen Zeit mit ein, folgt eine neue Bedeutung von Mathematik, wie sie auch von Barwell (2013) und Skovsmose (2021) dargelegt wird. Laut der *critical mathematics education* trägt Mathematik, wie von Barwell (2013) beschrieben, nicht nur zu einem mathematischen und

2.2. DIDAKTISCHER FORSCHUNGSSTAND ZU BNE

technischen Verständnis bei, sondern entwickelt auch das reflexive Wissen, das wiederum für eine differenzierte Problemlösungskompetenz benötigt wird.

Barwell (2013) und Skovsmose (2021) sehen speziell im Zusammenhang mit der Klimakrise Mathematik als eine mehrfach involvierte Disziplin. Für Barwell (2013) besteht diese dreifache Rolle aus der Beschreibung, der Vorhersage und der Kommunikation, wovon vor allem die mathematischen Bereiche Statistik und Modellierung profitieren können. Gleichzeitig kritisieren sowohl Barwell (2013) als auch Renert (2011), dass durch den Fokus auf Konsum und Finanzen die Mathematik auch selbst zum Klimawandel beiträgt und daher auch aus diesem Grund ein kritischer Ansatz benötigt wird. Auch Skovsmose (2021) spricht genau von diesem Phänomen mit den Worten „mathematics can constitute a crisis“. Gleichzeitig spricht er aber auch von zwei weiteren wichtigen Rollen, und zwar der Darstellung von Krisen durch die Mathematik und der Veränderung von Krisen durch die Mathematik. Über letzteres schreiben auch Siller und Weigand (2023), die die Verbindung der Mathematik mit technischen Wissenschaften betonen, die zur Bewältigung der Klimakrise beitragen. Durch diese Beziehungen zwischen der Mathematik und der Klimakrise folgt für Hui-Chuan und Tsung-Lung (2021), dass diese für die Bildung genutzt werden können, um sich relevantes Wissen anzueignen, kritisches Denken zu üben, mit Ungewissheit umzugehen und verantwortungsvoll in Situationen zu handeln. Darüber hinaus kann BNE durch den Realitätsbezug in der mathematischen Bildung die geeigneten Inhalte bereitstellen, um Fähigkeiten zu erwerben, die für das Verstehen und Entwickeln von nachhaltigen Konzepten benötigt werden (Hui-Chuan & Tsung-Lung, 2021). Ein Unterrichtsbeispiel dafür liefern Siller und Weigand (2023) zum Thema Windkraftanlagen. Ebenso lernen die Schüler*innen in einem nach BNE gestalteten Mathematikunterricht Daten zu überprüfen und gewissen Größenvorstellungen zu erlangen. Als letztes Argument führt Wilhelm (2022) an, dass eine Mathematik zur Entscheidungshilfe beiträgt, indem die Schüler*innen die Möglichkeiten bekommen, Daten selbst zu bewerten, Erkenntnisse durch Rechnen zu erlangen und Grundlagen für die Modellbildung von Prognosen geliefert bekommen. Zusätzlich kann mit BNE der ohnehin geltenden Forderung nach fächerübergreifendem Unterricht nachgekommen werden (Renert, 2011). Schreiber und Siege (2016) erwähnen auch, dass Mathematik einen wichtigen wissenschaftlichen Beitrag für die Unterstützung des Diskurses rund um die globale nachhaltige Entwicklung leisten kann und dem Mathematikunterricht die Rolle zukommt, komplexe Prozesse allen verständlich zu machen. Die Verankerung von BNE in den Mathematikunterricht wurde also schon in vielen Artikeln begründet und dessen Umsetzung liegt nun an der Schaffung der passenden Voraussetzungen, wie es Su et al. (2023) zusammengefasst hat:

„Another significant challenge is the incorporation of ESD into the mathematics curriculum as it requires the adaptation of current content and pedagogical approaches. In addition, the implementation of ESD in the teaching of mathematics may require a mindset shift on the part of teachers so that they perceive sustainability as an essential element of mathematics education rather than an additional or separate topic.“(Su et al., 2023, S. 3)

KAPITEL 2. THEORETISCHE GRUNDLAGEN

Welche Maßnahmen nun also genau neben einem veränderten Curriculum in den Schulen benötigt werden, um BNE zu implementieren, beschreiben Schlüter et al. (2024) sowie Hamilton (2014). Hamilton (2014) stellt dazu vier Unterrichtsprinzipien auf, mit denen Nachhaltigkeit in den Mathematikunterricht integriert werden soll. Ziel dieser Unterrichtsprinzipien ist es, dass diese so in den Unterricht eingebaut werden, sodass kein anderer fachlicher Inhalt dafür weichen muss und die Prinzipien in den täglichen Unterricht eingebunden werden können. Die ersten beiden Prinzipien beziehen sich dabei auf den Inhalt von mathematischen Aufgaben. Hamilton (2014) beschreibt im ersten Prinzip, dass Aufgaben an nachhaltige Themen oder globale Realitäten anknüpfen und dabei auf reale Daten zurückgreifen sollten. Das zweite Prinzip betont, dass neben globalen auch realitätsnahe lokale Beispiele in den Unterricht integriert werden sollten. Dies bedeutet, dass sowohl weltweite Daten, wie etwa der Anstieg des Meeresspiegels, als auch Informationen, die sich auf die eigene Region beziehen, in den Aufgaben berücksichtigt werden sollten. Eine Aufgabenstellung für ein lokales Beispiel wäre die Untersuchung des Artensterbens in Österreich anhand der Roten Liste (Umweltbundesamt, 2024a). Das dritte Prinzip besagt, dass der Zusammenhang von Systemen behandelt werden sollte (Hamilton, 2014). Dies kann beispielsweise durch das Aufzeigen von Rückkopplungen im Ökosystem geschehen. Das vierte Prinzip besagt schließlich, dass die Bearbeitung nachhaltiger Aufgaben nicht nur mit einer reinen Berechnung getan ist, sondern auch Aufmerksamkeit auf die ethischen und emotionalen Aspekte gelegt werden sollte (Hamilton, 2014). Ebenso wie bei den konkreten Beispielen von Hamilton beziehen sich auch die Vorschläge von Schlüter et al. (2024) mehrheitlich auf die mathematischen Bereiche Statistik, Funktionen und Modellierung. Die Schlüsselrolle in der BNE im Mathematikunterricht trägt dabei nach Schlüter et al. (2024) die Modellierung, indem dadurch Sachverhalte verstanden werden können, Modelle kritisch untersucht werden können und schließlich noch die Möglichkeit von Modellierung reflektiert werden kann. Neben dem Anwendungsbereich der Modellierung betonen Schreiber und Siege (2016), dass aber auch eine Verwendung von BNE-bezogenen Daten zu authentischeren Kontexten führt, die für den Mathematikunterricht förderlich sind. Zusätzlich können dann auch nachhaltige Anwendungen von Mathematik die ökologische und ökonomische Bedeutung der Mathematik im Unterricht sichtbar machen (Schreiber & Siege, 2016). Neben den Inhalten, die mit einer Behandlung von BNE im Mathematikunterricht einhergehen, sollte nach Su et al. (2023) für eine gelingende Umsetzung auch der pädagogische Ansatz geändert werden. Die Autorinnen plädieren, problembasiertes Lernen, kooperatives Lernen und digitale Technologien vermehrt in den Unterricht einzubinden. Um nun diesen veränderten pädagogischen Ansatz in den Unterricht zu integrieren sowie passende Inhalte für einen nachhaltigen Mathematikunterricht, der reflektiertes und problemorientiertes Lernen fördert, auszuwählen, benötigt es laut Su et al. (2023) eine passende Ausbildung für Lehrpersonen.

2.2.2. Die Relevanz der Lehrperson

Ausgehend von der von Su et al. (2023) geäußerten Forderung, die Lehrer*innenausbildung an BNE anzupassen, stellt sich vorab die Frage, welche Rolle der Lehrperson in einem

2.2. DIDAKTISCHER FORSCHUNGSSTAND ZU BNE

BNE orientierten Mathematikunterricht zukommt. Die Relevanz der Lehrperson kann dabei für BNE mit folgendem Satz festgehalten werden (Hui-Chuan & Tsung-Lung, 2021, S. 2537):

„As with any new initiative in education, the key to success lies in the willingness and capacity of teachers to engage with the initiative.“

Lehrpersonen haben also eine Schlüsselrolle in der Umsetzung von BNE im Mathematikunterricht, da sie auswählen, welche pädagogischen Konzepte und Unterrichtsmaterialien verwendet werden und somit die schlussendliche Umsetzung an ihnen liegt. Dass nun aber trotz der diversen curricularen Verankerungen von BNE und den dazugehörigen Kompetenzkatalogen, die Umsetzung von BNE in den Schulen meist scheitert, liegt an unzureichenden Rahmenbedingungen in den Schulen, zu deren Umgestaltung Lehrpersonen beitragen sollten (Grundmann, 2017). So bräuchte es nach Grundmann (2017) Lehrpersonen, die BNE-Beauftragte an Schulen sind, und sogenannte BNE-Teams bilden. Zusätzlich sollte durch das Personalmanagement gesichert werden, dass Lehrkräfte ihre didaktischen Ansätze und Inhalte an einem Unterricht für eine nachhaltige Entwicklung orientieren. Eine Involvierung von Lehrpersonen hält Vásquez (2023) für eine dauerhaft anhaltende Umsetzung von BNE in Schulen für unumgänglich. In einer Untersuchung zur Umsetzung von BNE in Schulen stellt Waltner (2020) anhand von Interviews mit Lehrkräften fest, dass unzureichende Ausbildung und fehlende Lehrmaterialien häufig als Gründe dafür genannt werden, BNE nicht in den Unterricht zu integrieren. Im Gegensatz dazu konnte bei Lehrpersonen, die BNE in ihren Unterricht integrieren, festgestellt werden, dass diese über existierende Materialien besser informiert waren, genauer mit den BNE-Konzepten vertraut waren und ihnen nachhaltige Entwicklung auch auf einer persönlichen Ebene wichtiger war (Waltner, 2020). Daraus folgert Waltner (2020), dass es keine weiteren abstrakten Forderungen an Lehrkräfte benötigt, sondern konkrete Materialien, die so gestaltet sind, dass sie von Lehrpersonen einfach in den Schullehrstoff eingebunden werden können. Dies führt einerseits dazu, dass Lehrpersonen, die sich wenig mit BNE beschäftigen, nicht mehr das Gefühl haben, dass es an Materialien fehle. Andererseits wirken solche Materialien nach Waltner (2020) umgekehrt positiv auf die Einstellung, das Wissen und die Bereitschaft, BNE in den eigenen Unterricht zu integrieren. Trotzdem benötigt es neben solchen Materialien eine adaptierte Lehrer*innenbildung oder ein großes Angebot an Fortbildungen, um eine professionelle Implementierung von BNE in den Schulalltag zu ermöglichen (Grundmann, 2017; Hui-Chuan & Tsung-Lung, 2021; Waltner, 2020). Dass diese Forderungen nach einer veränderten Ausbildung auch im Jahr 2024 noch nicht umgesetzt wurden, das Interesse von Seiten der Lehramtsstudierenden aber durchaus vorhanden wäre, zeigen Specht und Danzer (2024) in ihrer Studie. An Forschungsarbeiten, die zeigen, wie nun eine veränderte Lehrer*innenbildung aussehen sollte und wie diese in das derzeitige Studium integriert werden kann, fehlt es dabei aber nicht, wie Vásquez (2023) in seiner Metastudie beschreibt. Beispiele, die zeigen, wie nun eine Lehrer*innenausbildung auf einen BNE orientierten Unterricht vorbereiten kann, stammen unter anderem von Hui-Chuan und Tsung-Lung (2021) und Alsina und Mulà (2019). Beide Arbeiten betonen, dass neben einer Sensibilisierung zu Themen

der nachhaltigen Entwicklung vor allem interdisziplinärer Mathematikunterricht von Hochschullehrer*innen vorgestellt werden sollte und auch aktive und reflexive Methoden in der Mathematikdidaktik einen höheren Stellenwert erlangen sollten.

Auf Grundlage der genannten Vorschläge aus der Literatur zur Implementierung von BNE, kann im nächsten Abschnitt einerseits beschrieben werden, wie BNE Mathematikaufgaben nach dem aktuellen Stand der Forschung aussehen sollten und andererseits gezeigt werden, welche schon bestehenden Materialien bisher für den Mathematikunterricht verwendet werden können.

2.2.3. Materialien für BNE im Mathematikunterricht

Grundsätzlich ist bei den Materialien, wie aus dem Unterkapitel 2.2.1 gefolgert werden kann, zwischen Materialien für projektbasierten und fächerübergreifenden Unterricht und Materialien für den täglichen Fachunterricht zu unterscheiden. Dabei sind die Themen der Materialien für den täglichen Fachunterricht ebenso fächerübergreifend, müssen aber nicht mit einem zweiten Fach bearbeitet werden. Dies folgt aus dem Lehrplan, da Umwelt und Nachhaltigkeit zu den Themen gehören, die zusätzlich zum Lehrstoff in allen Fächern aufgegriffen werden sollten (siehe Unterkapitel 2.1.3). Die Daten, die für die Erstellung der Materialien verwendet werden, sollen dann einen Realitätsbezug aufweisen, aktuell sein und abwechselnd globale sowie lokale Themen ansprechen (Hamilton, 2014). Zusätzlich sollten die Daten so gewählt werden, sodass der Zusammenhang von Systemen dadurch aufgezeigt wird. Vermittelt wird dann durch die erstellten Materialien im Optimalfall nicht nur deklaratives Wissen, sondern Wissen, das immer wieder rekontextualisiert werden kann (Wals, 2019). Schüler*innen sollen sich mithilfe dieser Beispiele Wissen aneignen, ihr kritisches Denken schulen und mit Ungewissheiten umgehen lernen. Alleine durch den nachhaltigen und umweltspezifischen Kontext der Aufgaben können Schüler*innen schon durch einfache Rechnungen in der Unterstufe Erkenntnisse selbst gewinnen und Daten bewerten. Für das Ende der Unterstufe sowie die Oberstufe werden dann oft Beispiele mit Funktionen und Modellierungen für einen BNE-spezifischen Mathematikunterricht verwendet (Schlüter et al., 2024). Unabhängig vom Inhalt sollen dann die Materialien noch zu einem problembasierten, kooperativen und reflexiven Lernen anregen (Wals, 2019). Die Materialien sollen daher Reflexionsfragen enthalten oder Ergebnisse liefern, die die Schüler*innen zur Reflexion anregen. Die Formulierung von Antwortsätzen ist daher vor allem in der Unterstufe besonders wichtig, da so die Schüler*innen darüber nachdenken müssen, was ihr Ergebnis im Kontext bedeutet.

Eine Mischung aus Materialien für den Fachunterricht mit vereinzelten projektbasierten Materialien, die dann das kooperative Lernen noch verstärkt fördern, wäre nach dem Forschungsstand eine gelungene Auswahl, um BNE dauerhaft in den Mathematikunterricht zu integrieren. Unabhängig von der Materialart muss dann aber noch beachtet werden, dass die Inhalte auch individuelle Handlungsmöglichkeiten aufzeigen sollen, um kein Ohnmachtsgefühl bei den Schüler*innen zu erzeugen. Dafür muss vor allem die Verantwortung politischer Entscheidungsträger mitdiskutiert werden, wie es bereits in Unterkapitel 2.2.1 dargestellt wurde.

Beginnt man die Suche nach BNE Materialien, stößt man schnell auf das BNE-

2.2. DIDAKTISCHER FORSCHUNGSSTAND ZU BNE

Portal (2024), das eine sehr große Datenbank für nachhaltige Unterrichtsmaterialien hat. Dabei fällt auf, dass sowohl die Datenbank im BNE-Portal als auch die Datenbanken von Germanwatch (2024), dem österreichisches Portal für Umweltbildung (2023) und ESD 2030 keine Filter nach Fächern oder nach Schulstufen haben. Die meisten Datenbanken sortieren stattdessen nach SDGs oder Umweltthemen. Zusätzlich ist erkennbar, dass die Materialien, die auch Mathematik als eines der Fächer erwähnen, für die sie geeignet sind, einen sehr losen Mathematikbezug haben und auch keinem genauen Lehrstoff zuordenbar sind. Ähnlich ist das beispielsweise bei den sehr kreativen BNE-Boxen der Lehrerbildung LMU (n. d.), mit denen spielerisch und fächerübergreifend BNE Themen in den Unterricht integriert werden können oder bei den Heften vom Klimabündnis (2024), die auch Projektideen oder Experimente enthalten. Im Beitrag EPIZ (2015), der eine Zuordnung zum Lehrstoff vornimmt, ist es aber auch wieder wie bei den meisten Materialien der oben genannten Datenbanken so, dass diese projektbasiert und dadurch sehr zeitintensiv sind. Ein Buch, das im deutschsprachigen Raum speziell für den Fachunterricht konzipiert wurde, ist das Südwind-Handbuch von Tischler (2019), deren Unterrichtskonzepte aber auch immer mehrere Einheiten in Anspruch nehmen. Auf all diese Materialien trifft nun die bereits im Abschnitt 2.2 erwähnte Kritik zu, dass die sehr aufwendigen BNE-Unterrichtsstunden nicht mit dem leistungsorientierten Curriculum des Faches Mathematik vereinbar sind und daher viele Lehrpersonen ihre Unterrichtszeit nicht für aufwendige BNE-Materialien verwenden. Aus diesem Grund schlägt Vásquez (2021) vor, BNE in Mathematikschulbüchern und tägliche Unterrichtsmaterialien einzubauen, BNE dann noch in kooperativen Settings und außerhalb des Klassenraums mittels Projekten einfließen zu lassen und schließlich die BNE-Lernziele zu überprüfen. Ebenso für eine Einbindung von BNE in den Mathematikunterricht durch Textaufgaben plädiert Danz (2017). Dabei warnt Danz (2017) aber vor einer zu starken Vereinfachung des Kontextes, weshalb er vorschlägt, die Kapitel in Schulbüchern verschiedenen Umweltthemenblöcken zu widmen, um die BNE-Themen genauer und somit realitätsnäher behandeln zu können. Bei den Unterrichtsvorschlägen von Danz (2017) entsteht aber dann wieder die von Vásquez (2023) kritisierte Problematik, dass sehr lange Aufgaben entstehen, die nur für mehrstündigen fächerübergreifenden Unterricht geeignet sind und nicht für die Erarbeitung von mathematischem Lehrstoff. Ähnliches lässt sich auch in der Materialsammlung von Stocker (2006) beobachten, in der ebenso viele mathematische Fertigkeiten für das Lösen eines Problems benötigt werden. Genau solche Materialsammlungen könnten dann aber zur Wiederholung von mehreren Stoffgebieten dienen und gleichzeitig das problembasierte Lernen der Schüler*innen fördern.

Aufgaben, die nun, wie von Vásquez (2023) beschrieben, einfach in den Fachunterricht integriert werden können sowie mehrstündige fächerübergreifende Projekte beinhaltet das neue Schulbuch MathematiX Future Edition von (Boxhofer et al., 2023a). Es bräuchte nun aber ein Mathematikschulbuch, das wie MathematiX Future Edition Boxhofer et al. (2023a) aufgebaut ist und aber gleichzeitig niederschwellige BNE-Aufgaben enthält, die einen Großteil der BNE Lernziele abdecken und die hier genannten Anforderungen, die an Mathematikbeispiele gestellt werden, erfüllen. Inwiefern die Aufgaben von MathematiX Future Edition Boxhofer et al. (2023a) diesen Anforderungen genügen, wird

im Abschnitt 4.3.1 analysiert. Zusätzlich zur Verwendung geeigneter BNE-Aufgaben sollte verstärkt auf mehrstündige, fächerübergreifende Unterrichtseinheiten und Projekte aus den oben genannten Datenbanken zurückgegriffen werden, um insbesondere kooperatives und entdeckendes Lernen zu fördern.

2.2.4. Messung der Wirksamkeit von BNE

Rieß (2010) fasst in dem Forschungsstand seines Buches zur Wirksamkeit nachhaltiger Mathematikeinheiten eine Vielzahl von Studien der 1990er und 2000er Jahre zusammen. Die genannten Forschungsarbeiten beschäftigten sich zu diesem Zeitpunkt noch mit der sogenannten Umweltbildung und nicht mit der hier diskutierten Bildung für nachhaltige Entwicklung. Alle genannten Arbeiten verzeichnen eine positive Auswirkung der Umweltprojekte oder Umweltaufgaben, wobei Rieß (2010) betont, dass in vielen Forschungsarbeiten ein Effekt auf die Umwelteinstellungen gemessen werden konnte. Dabei entspricht die Umwelteinstellung der sozio-emotionalen Kompetenz, wie im Abschnitt 2.1.2 dargestellt. Zusätzlich konnte in Bezug auf die verhaltensbezogene Kompetenz gezeigt werden, dass schulische Umweltbildung mit einer Effektstärke von $r = 0.65$ einen höheren Effekt auf das Umweltverhalten hat, als eine außerschulische Umweltbildung mit der Effektstärke von $r = 0.27$ (Rieß, 2010). Allgemein erzielten längere Interventionen, spezifisch geschultes Lehrpersonal sowie Umweltbildung, die von Eltern unterstützt wird, einen höheren Effekt. Rieß (2010) hat in seiner Studie die Wirksamkeit zweier Unterrichtskonzepte in einer Grundschule gemessen und schließlich folgende positive Effekte nachgewiesen: Die Schüler*innen hatten mehr Kenntnisse über Handlungen, die die Umwelt belasten, konnten Verantwortungszuschreibung besser reflektieren und hatten zusätzlich noch komplexere Handlungsergebniserwartungen. Anhand dieser Metastudie ist zu erkennen, dass die Forschung zur Wirkung von Umweltbildung in Schulen bereits 2010 fortgeschritten war. In Bezug auf die Wirkung von BNE wurde nun auf diese Arbeit verwiesen, da laut Künzli et al. (2010) die Umweltbildung bis auf Unterschiede in den didaktischen Prinzipien der BNE sehr ähnlich ist. Bei BNE kommen im Vergleich zur Umweltbildung nur noch die globale Perspektive, die Zukunftsorientierung und soziokulturelle Sichtweise hinzu. In einer neueren Längsschnittstudie konnten dann auch Olsson et al. (2022) einen Effekt auf die *action competence* der Schüler*innen messen.

In Bezug auf den Forschungsstand zur Wirksamkeit wurde schon von Rieß (2010) kritisiert, dass viele der Studien weder Methoden noch fächerspezifische Aufgaben testen. So konnten während der Recherche keine Studien zur Wirksamkeit konkreter Materialien, geschweige denn Studien zur Wirksamkeit von BNE-Mathematikaufgaben, gefunden werden. Die Studien zur Wirksamkeit von BNE bezogen sich stattdessen vor allem auf die Grundschule oder beschäftigten sich mit der Wirkung von einzelnen Stunden oder einzelnen Unterrichtskonzepten, die meist fächerunspezifisch waren. Wie nun die Wirkung BNE-orientierter mathematischer Textaufgaben aussieht, bleibt also unklar. Aus diesem Grund möchte ich nun noch kurz im nächsten Absatz darauf eingehen, wie die Wirkung solcher Aufgaben gemessen werden kann.

Wenn wir die Wirkung von BNE-Mathematikaufgaben messen wollen, muss vorab geklärt werden, was deren Ziel ist. Wie bereits im Unterkapitel 2.2.1 dargestellt, soll

2.2. DIDAKTISCHER FORSCHUNGSSTAND ZU BNE

Mathematikunterricht so gestaltet werden, dass er nicht nur zu einer momentanen Auseinandersetzung anregt, sondern auch zu einer außerschulischen Auseinandersetzung. Dafür muss das Interesse der Schüler*innen geweckt werden, um auch eine Beschäftigung mit dem Thema in der Zukunft zu gewährleisten. Zusätzlich dazu beschreibt Wagener (2019), dass Interesse ein zentrales Konstrukt zur Erklärung von lang andauernder Verhaltensbereitschaft ist und auch diese Verhaltensbereitschaft ist schließlich ein zentrales Ziel von BNE. Blankenburg und Scheersoi (2018) schreiben in ihrer theoretischen Rahmung zur Interessensentwicklung, dass die erste Interessensphase meist durch eine Person oder eine bestimmte Unterrichtsgestaltung geweckt wird. Um das situative Interesse zu erhalten, ist in der zweiten Phase die aktive Beteiligung von Lernenden und der Inhalt bedeutend (Blankenburg & Scheersoi, 2018). Schließlich kann durch die Berücksichtigung der motivationalen Bedingungen ein individuelles Interesse entwickelt werden, wobei der Lerngegenstand von den Schüler*innen als wichtig genug eingestuft werden muss, um so später als Interessensgegenstand Teil des Wertesystems zu werden. Benesch (2018) betont, dass in der Schule vor allem das situative Interesse beeinflusst werden kann, da für das individuelle Interesse der intrinsische Faktor sehr hoch ist. Das situative Interesse kann nun in eine *catch*- und eine *hold*-Komponente unterteilt werden, wobei vielfältige Unterrichtsmaterialien und Eigenaktivität zu einem *Catch* und authentische Probleme und deren wahrgenommene Wichtigkeit zu einem *Hold* führen (Benesch, 2018). Eine Lernumgebung, die das Interesse an Mathematik fördert, soll nun speziell drei Aspekte nach Benesch (2018) beinhalten. Erstens sollen Freiräume geschaffen werden, sodass Schüler*innen die Möglichkeit haben, sich individuell mit spezifischen Lernthemen auseinanderzusetzen. Zweitens müssen dann Schüler*innen mit positivem Feedback bestärkt werden und drittens benötigt es noch abwechselnde Sozialformen, sodass Aufgaben in Paar- oder Gruppenarbeit gemeinsam erschlossen werden (Benesch, 2018). Klimova und Schwäbisch (2014) zeigen auf, dass über die Schullaufbahn hinweg das Interesse an Mathematik abnimmt. Ein besonders starker Abfall an Mathematikinteresse zeigt sich dabei zu Beginn der Sekundarstufe I. Anregende mathematische Inhalte und vielseitige Organisationsformen sollen nun zum erneuten Entstehen beziehungsweise zur Steigerung von situationalem Interesse beitragen (Klimova & Schwäbisch, 2014). Auch Schurtz und Artelt (2014) beschreiben, dass das Anfangsinteresse in der Grundschule in allen Fächern sehr hoch ist und über die Schullaufbahn vor allem in den Fächern Mathematik, Deutsch und Englisch signifikant sinkt. Die Abnahme von Interesse an Mathematik ist dabei in der 5. Schulstufe besonders stark (Schurtz & Artelt, 2014).

Basierend auf dem Vier-Phasen-Modell von Renninger und Hidi (2015), auf das sich auch Benesch (2018), Blankenburg und Scheersoi (2018) und Glock (2023) beziehen, wurden folgende Interessenstufen als Basis für die Messung verwendet: *Triggered situational interest*, *maintained situational interest*, *Emerging individual interest* und *Well-developed individual interest*. Da sich Renninger und Hidi (2015) in ihrem Modell explizit auf Lernprozesse beziehen, ist dies besonders geeignet. Aus diesen Stufen und der Theorie des Nichtinteresses wurden schließlich von Glock (2023) folgende Interessensstufen für die Kategorisierung der Items gewählt: *Desinteresse*, *situatives Interesse*, *hohes situatives Interesse*, *individuelles Interesse* und *hohes individuelles Interesse*. Die-

KAPITEL 2. THEORETISCHE GRUNDLAGEN

sen fünf Interessensstufen wurden je nach Schwerpunkt der Interessensmessung zum Teil die Kategorie Gleichgültigkeit hinzugefügt, da vor allem bei dem Thema Umwelt die Abwesenheit von situativem Interesse nicht automatisch gleichbedeutend mit einem Desinteresse ist, wie es auch bei Blankenburg und Scheersoi (2018) beschrieben wird. Die genaue Einteilung der Items in diese Interessensstufen kann dabei dem Abschnitt 4.2 entnommen werden und wird in Abschnitt 5.1 genauer untersucht. Denn speziell in Bezug auf das situative Interesse gibt es verschiedene Herangehensweisen, dieses zu messen, weshalb eine Unterteilung in situatives und hohes situatives Interesse zu kurz greifen könnte. So untersuchen beispielsweise Linnenbrink-Garcia et al. (2010) das situative Interesse mit drei Unterkategorien und Potvin et al. (2023) mit vier Unterkategorien. Ebenso wird bei diesen Messungen nur das situative Interesse gemessen und beispielsweise kein individuelles Interesse. Studien, die hingegen die Stärke von Interesse messen, verzichten oft auf eine genaue Unterteilung von Interesse, so zum Beispiel auch Eichler und Isaev (2023). In dieser Studie wurden nur Items zur Erfragung von Interesse verwendet, die bei voller Zustimmung entweder auf ein sehr hohes oder ein sehr geringes Interesse rückschließen lassen.

Ergänzend zur Erfassung des Interesses kann die Wirkung von BNE Aufgaben, in Anknüpfung an die von Rieß (2010) dargestellten Untersuchungen, auch mit der Messung der Umweltkompetenz erhoben werden. Eine genauere Ausführung zu den Überlegungen zur Messung der Wirksamkeit der BNE-Mathematikmaterialien kann in Kapitel 4.2.2 nachgelesen werden.

3. Gegenstand und Fragestellung der Untersuchung

Im Kapitel 2 wurde bereits die Bedeutung von Education for sustainable Development (ESD) beziehungsweise Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) für den Schulunterricht sowie auch die curriculare Verankerung des Themas Umwelt und Nachhaltigkeit im österreichischen Lehrplan dargelegt. Ebenso gibt es immer mehr Materialien, die sich mit der Aufbereitung dieser BNE-Themen für den Unterricht beschäftigen, so auch für das Fach Mathematik. Möchte man aber als Lehrperson einen Mathematikunterricht für nachhaltige Entwicklung gestalten, bieten sich einem vielfach nur Möglichkeiten eines fächerübergreifenden oder projektbasierten Unterrichts. Da dies, wie bei Budde und Blasse (2023) und Grundmann (2017) erläutert, nicht immer praktikabel ist, stellt sich die Frage, ob mit Mathematikaufgaben, die inhaltlich auf den SDGs beruhen, die Behandlung von Nachhaltigkeits- und Umweltthemen im Mathematikunterricht niederschwellig implementiert werden kann und ebenso eine Wirkung bei den Schüler*innen erzielt werden kann. Was nun dazu genau untersucht wurde und wie die exakten Forschungsfragen und ihre Hypothesen lauten, wird in diesem Kapitel erläutert.

3.1. Untersuchungsgegenstand

Gegenstand dieser Untersuchung sind kurze Mathematikaufgaben, die sich auf Themen wie Umwelt und Nachhaltigkeit beziehen und den BNE-Kompetenzen zuordenbar sind. Dabei wurden die Aufgaben, die schlussendlich untersucht wurden, auf Beispiele aus dem Schulbuch MathematiX 1 Future Edition von Boxhofer et al. (2023b) aufgebaut. Die Aufgabensammlung, die nun getestet wurde, stellt also eine Mischung aus bereits existierenden Aufgaben des Schulbuches und neu erstellten Aufgaben dar. Eine detaillierte Erläuterung zur Zusammenstellung erfolgt dabei im Kapitel 4.3.2. Um die Wirkung der Materialien auf Schüler*innen zu testen, wurden nun insgesamt 12 Klassen der 5. Schulstufe ausgewählt. Diese 12 Klassen sind auf vier AHS-Schulen verteilt, wobei drei Schulen in Wien liegen und eine Schule in Niederösterreich ist. Von diesen vier Schulen wurde nun wiederum eine Schule als Kontrollgruppe ausgewählt. So ergibt sich die Verteilung von neun Klassen, die die BNE-Mathematikaufgaben durchgeführt haben und drei Klassen, die ähnliche Aufgaben ohne BNE-Schwerpunkt bekommen haben.

Die Wirkung der Aufgaben wurde dann mit Itemsammlungen zum mathematischen Interesse, zum Umweltinteresse und zur Umweltkompetenz gemessen. Hierzu werden die ersten beiden Kriterien mittels Aussagen gemessen, aus denen sich ein Index für die jeweiligen Interessensstufen ergibt und das dritte Kriterium mit Aussagen, die die

kognitive, emotionale und verhaltensbezogene Kompetenz messen. Ebenso wurde das Umweltinteresse der Lehrpersonen gemessen, um den Einfluss dieser Variable auf die Kriterien zeigen zu können. Genauere Details zur Befragung und Berechnung werden im Kapitel 4 dargestellt.

3.2. Forschungsfragen und Hypothesen

Aus dem Untersuchungsgegenstand ergibt sich nun die Forschungsfrage, welche Wirkung BNE-Mathematikaufgaben auf das mathematische Interesse, das Umweltinteresse und die Umweltkompetenz der Schüler*innen haben. Zur genauen Beantwortung dieser Fragen dienen folgende drei Unterfragen:

- (F1) Inwiefern beeinflussen Mathematikaufgaben zur nachhaltigen Entwicklung das mathematische Interesse der Schüler*innen?
- (F2) Inwiefern beeinflussen Mathematikaufgaben zur nachhaltigen Entwicklung das Umweltinteresse der Schüler*innen.
- (F3) Inwiefern beeinflussen Mathematikaufgaben zur nachhaltigen Entwicklung die Umweltkompetenz der Schüler*innen und somit die durch die BNE definierten Kompetenzdimensionen des kognitiven, emotionalen und verhaltensbezogenen Lernens?

Da aber im Unterricht immer auch die Lehrperson einen erheblichen Anteil zur Durchführung von Beispielen beiträgt, beschäftigt sich die letzte Teilfrage noch mit dem Einfluss, den die Lehrpersonen haben. Es stellt sich also die Frage:

- (F4) Lässt sich ein Einfluss der Lehrperson, abhängig von dem durch den Lehrerfragebogen berechneten Umweltinteresse, auf die Ergebnisse der Schüler*innen messen?

In Bezug auf die Forschungsfragen wird angenommen, dass die Einbindung von Aufgaben mit Inhalten zu den Themen, die im ESD-Katalog von UNESCO (2017) vorgeschlagen werden, zu einer ausgeprägteren Umweltkompetenz und einem höheren mathematischen Interesse beitragen. Ebenso wird davon ausgegangen, dass durch die wiederholte Thematisierung von Umweltthemen im Unterricht das Umweltinteresse von Schüler*innen steigt. Die Intensität der Wirkungen hängt dabei von verschiedenen Faktoren ab, wobei besonders die Anzahl der bearbeiteten Aufgaben einen Einfluss auf die Differenzen der gemessenen Mittelwerte des Prä- und Posttest haben. Zusätzlich beeinflusst auch das gemessene Umweltinteresse der Lehrperson die Ergebnisse der Schüler*innen. Diese Vermutungen ergeben konkret folgende Hypothesen:

- (H1) Durch den Lebensweltbezug und die Praxisnähe der Mathematikaufgaben entwickelt sich bei den Schüler*innen ein erhöhtes mathematisches Interesse.

3.2. FORSCHUNGSFRAGEN UND HYPOTHESEN

Dies zeigt sich durch eine Abnahme in der Kategorie *Desinteresse* und eine Steigung in der Kategorie *situatives Interesse*.

- (H2) Durch die vielen unterschiedlichen thematischen Inputs in den Mathematikaufgaben der Intervention, wird erwartet, dass sich dadurch ein positiver Anstieg im Umweltinteresse messen lässt. Dieser Anstieg zeichnet sich durch eine Verringerung des Desinteresses und der Gleichgültigkeit und durch eine Erhöhung des situativen Interesses aus.
- (H3) Die Mathematikaufgaben, die an dem BNE-Kompetenzkatalog orientiert sind, führen bei den Schüler*innen zu höheren Umweltkompetenzen. Konkreter werden folgende Veränderungen in den gemessenen Kompetenzen erwartet:
 - Die kognitive Umweltkompetenz steigt im Vergleich zum gemessenen Wert vor der Intervention an.
 - Die emotionale Kompetenz verzeichnet den stärksten absoluten Anstieg im Vergleich zu den Werten vor der Intervention.
 - Die Handlungsbereitschaft der Schüler*innen steigt, wobei jedoch kein höheres verhaltensbezogenes Lernen gemessen werden kann. Das bedeutet, dass Schüler*innen nach der Intervention ihre Verhaltensweisen nicht ändern.
- (H4) Die Wirkungen der Aufgaben, die in den Hypothesen eins, zwei und drei vorgestellt wurden, sind abhängig von der Anzahl der erledigten Aufgaben und werden gleichzeitig auch durch das Umweltinteresse der elf Lehrpersonen beeinflusst.

4. Methodisches Vorgehen

Dieses Kapitel beschreibt in vier Unterkapiteln die Methodik des empirischen Teils dieser Arbeit. Dazu widmet sich das erste Unterkapitel 4.1 der Beschreibung der Vorgehensweise. Daraufhin folgt mit 4.2 ein ausführliches Unterkapitel zu den zwei Fragebögen, die in den Schulen durchgeführt wurden. Das Unterkapitel 4.3 bietet eine Darstellung der erstellten Mathematikaufgaben. Zuletzt wird im vierten Unterkapitel 4.4 noch die statistische Auswertungsmethode beschrieben, die schließlich zur Ergebnisanalyse der Fragebögen verwendet wird.

4.1. Vorgehensweise

Der empirische Teil dieser Arbeit besteht aus vier Teilen. Der erste Teil ist der Fragebogen, der den Lehrpersonen geschickt wurde und einerseits die Voraussetzung der Materialerstellung darstellt und andererseits das Umweltinteresse der Lehrpersonen abfragt. Genauere Informationen zu diesem Fragebogen können im Abschnitt 4.2.1 nachgelesen werden. Die darauf folgenden drei Teile der empirischen Forschung stellen das Kernstück der Arbeit dar und dienen der Untersuchung der Wirksamkeit der mathematischen Aufgaben zur nachhaltigen Entwicklung im Fachunterricht. Die drei Teile sind dabei der Prätest, die Intervention und der Posttest. Der Prä- und der Posttest werden dabei in Form von Fragebögen, die je 15 Minuten dauern, an die Schüler*innen ausgehändigt. Der Aufbau dieses Fragebogens wird im Abschnitt 4.2.2 erläutert. Zwischen den Testungen findet eine siebenwöchige Intervention statt, für die sechs Arbeitsblätter mit Textaufgaben zu den Themen Umwelt, Klima und Nachhaltigkeit ausgeteilt wurden. Diese Arbeitsblätter werden dann von den jeweiligen Mathematiklehrpersonen der Klassen in den Unterricht eingebaut, um nach dieser Intervention schließlich den Posttest durchzuführen.

Da später in der Auswertung, deren Theorie im Abschnitt 4.4 genau erläutert wird, die Wirkung der eingesetzten Materialien überprüft werden soll, wird eine Kontrollgruppe eingesetzt. Diese ermöglicht es, dass durch den Vergleich mit der Interventionsgruppe die Ergebnisse auf die eingesetzten Materialien zurückzuführen sind (Dormann, 2017). Im Rahmen dieser Untersuchung bedeutet das, dass die Interventionsgruppe Materialien mit Umwelt-, Klima- und Nachhaltigkeitsbezug bearbeitet, während die Kontrollgruppe identisch strukturierte Aufgaben ohne diesen thematischen Fokus erhält. Die Struktur der Untersuchung ist dabei aber in beiden Gruppen ident. Die Erhebung umfasst also in beiden Gruppen einen Fragebogen zum Umweltinteresse für die Lehrpersonen und für die Schüler*innen einen Prä- und Posttest, zwischen denen eine etwa zweimonatige Bearbeitung der Aufgaben stattfand. Die genauere Gestaltung dieser Aufgaben kann im Abschnitt 4.3.2 nachgelesen werden. Im Anhang können schließlich auch alle Fragebögen

im Abschnitt C und alle erstellten Materialien im Abschnitt B eingesehen werden.

4.2. Fragebögen

Insgesamt wurden zwei verschiedene Fragebögen erstellt, wobei der erste Fragebogen für Lehrpersonen war und der zweite für Schüler*innen und sowohl als Prä- als auch als Posttest verwendet wurde. Beide Fragebögen bestanden bis auf den soziodemografischen Teil und bis auf drei offene Fragen im kognitiven Kompetenzteil aus geschlossenen Aussagen, die von den Teilnehmenden mit ihrer Zustimmung bewertet werden mussten. Dazu wurde eine Likert-Skala verwendet, da diese für latente Variablen wie das Interesse, also Variablen, die nicht direkt messbar sind, besonders geeignet ist. Die Skala, mit der die Befragten die Aussagen bewerten, ist dabei nach McCrum-Gardner (2008) ordinal und besteht bei diesen Fragebögen aus fünf Abstufungen, mit denen die Befragten ihre Zustimmung ausdrücken können (Brosius et al., 2022). Dabei entspricht die Zahl 1 keiner Zustimmung und die Zahl 5 einer sehr hohen Zustimmung. Diese Anzahl an Abstufungen hat den Vorteil, dass die Zahl fünf durchaus Differenzierungen in der Intensität der Zustimmung zulässt und gleichzeitig aber auch noch nicht zu hoch ist, sodass keine Zufallsantworten entstehen, die dann die Reliabilität der Antworten negativ beeinflussen würden. Menold und Bogner (2019) zeigen auch, dass eine Skala mit Mitte die Validität und Reliabilität der Studie steigert, weshalb schlussendlich die fünfstufige Skala aus der Abbildung gewählt wurde. Ebenso können sich die Befragten auch für eine neutrale Antwort entscheiden, sodass kein Zwang entsteht, sich für eine Tendenz entscheiden zu müssen, wie es bei einer sechsstufigen Skala der Fall wäre. Diese sechste Option, keine Angabe zu machen, ist dafür neben der Ziffer 5 positioniert. Dadurch wird die Tendenz zur Mitte, der sogenannte *satisficing Effekt* abgeschwächt. Zusätzlich wird durch dieses Feld sichergestellt, dass keine Person zu Angaben gezwungen wird. Die Skala weist die in Abbildung 4.1 dargestellte Struktur auf.

	keine Zustimmung					sehr hohe Zustimmung
		1	2	3	4	5
						keine Angabe
Ich lerne Mathematik nur, wenn es notwendig ist		☐	☐	☐	☐	☐

Abbildung 4.1.: Item mit Likert-Skala

In Bezug auf die Beschriftung der Skala wurde die erste und letzte Kategorie verbalisiert, da laut Menold und Bogner (2014) eine Verbalisierung für die Befragten unterstützend wirkt. Gleichzeitig zeigen sie aber auch das Problem der Verbalisierung der Zwischenkategorien, hier Stufe zwei bis vier, auf. Aus diesem Grund wurden die mittleren Stufen, die oft sehr unterschiedlich quantifiziert werden, mit keiner Verbalisierung versehen. Zusätzlich zu den Items gab es dann noch in jeder Kategorie eine Kontrollfrage, die sicherstellt, dass

die Befragten auch den Fragebogen gewissenhaft ausfüllen. Wurde die falsche Antwort bei der Kontrollfrage angekreuzt, wurde die Person nicht für die Auswertung verwendet. Zuletzt ist noch zu erwähnen, dass es sich bei dieser Zustimmungsskala um eine unipolare Ratingskala handelt, wodurch die Kategorie drei einer mittleren Zustimmung entspricht und nicht im Vergleich zu einer bipolaren Skala Gleichgültigkeit bedeutet (Menold & Bogner, 2019).

4.2.1. Lehrer*innenfragebogen

Die Konzeption des Lehrer*innenfragebogens erfolgte aus zwei primären Motiven. Im Vordergrund stand dabei die Notwendigkeit der Erhebung von Daten für die Materialerstellung, da der geplante Lehrstoff im Interventionszeitraum April und Mai abgefragt wurde. Andererseits ist für die Verwendung der Arbeitsblätter im Unterricht auch das Umweltinteresse der Lehrpersonen relevant, da diese je nach Interesse die Aufgaben unterschiedlich vermitteln könnten. Aus diesen Überlegungen ergab sich ein kurzer Fragebogen aus vier Blöcken, der im Abschnitt C vollständig abgebildet ist.

- **soziodemografische Daten**

Im ersten Block wurden die Lehrpersonen gebeten, die Schule, die Klasse, ihr Zweitfach, Geschlecht und Alter anzugeben. Die ersten beiden Daten werden benötigt, um später einen Zusammenhang zwischen dem Umweltinteresse der Lehrpersonen und den Ergebnissen ihrer jeweiligen Klassen zu berechnen. Die restlichen Daten wurden erhoben, um Zusammenhänge für den vorletzten Block *Wert von Umwelt in der Schule* analysieren zu können

- **Umweltinteresse**

Das Umweltinteresse wurde angelehnt an Items von Eichler und Isaev (2023), Code et al. (2016) und Glock (2023) konzipiert, indem einige Items nur kontextuell abgeändert wurden. So wurden insgesamt 15 Items so verändert, sodass die Aussagen statt Mathematik das Thema Umwelt und Nachhaltigkeit behandeln. Weitere neun Aufgaben wurden dabei zusätzlich konzipiert, um eine ähnliche Anzahl an Items pro Itemkategorie zu erhalten, da sich manche Items nicht einfach von Aussagen über Mathematik auf Aussagen über die Umwelt umkonzipieren ließen. Die Items wurden dabei vorerst in die sechs Kategorien *Desinteresse*, *Gleichgültigkeit*, *situatives Interesse*, *hohes situatives Interesse*, *individuelles Interesse* und *hohes individuelles Interesse* eingeteilt, deren Unterteilung im Abschnitt 2.2.4 begründet wurde und im Abschnitt 5.1 erneut diskutiert wird.

- **Wert von Umwelt in der Schule**

In diesem dritten Block wird erfragt, inwiefern Interesse oder Bereitschaft auf Seite der Lehrpersonen vorhanden ist, Umweltthemen auch in ihren Unterrichtsfächern einzubauen und welche Voraussetzungen sich die Lehrpersonen wünschen würden. Die Fragen, die dazu gestellt wurden, können im gesamten Lehrer*innenfragebogen im Anhang eingesehen werden und werden in den Ausblick miteinbezogen. Dazu

werden vor allem Gemeinsamkeiten und auffallende Unterschiede in den Ergebnissen diskutiert.

- **Schulstoff**

Um im letzten Abschnitt herauszufinden, welche mathematischen Inhalte für den Zeitraum April und Mai am besten verwendet werden können, wurde noch der geplante Stoff abgefragt. In einer Matrix war somit auszufüllen, welche mathematischen Themengebiete in diesem Schuljahr bereits behandelt wurden, welche im April und Mai behandelt werden und welche gar nicht mehr behandelt werden.

Für die Auswertung des Lehrer*innenfragebogens in Bezug auf die Forschungsfrage, ob sich ein Einfluss der Lehrperson, abhängig von ihrer eigenen Einstellung zu den Themen Nachhaltigkeit, Klima- und Umweltschutz auf die Ergebnisse der Schüler*innen messen lässt, ist der Block Umweltinteresse für die Diskussion der Ergebnisse von großer Bedeutung. Gleichzeitig stellt der Fragebogen selbst einen ersten Versuch dar, das Umweltinteresse der Lehrpersonen in verschiedenen Ausprägungen zu messen. Die Items selbst wurden daher untersucht und die Ergebnisse davon können im Abschnitt 5.1 eingesehen werden.

4.2.2. Schüler*innenfragebogen für den Prä- und Posttest

Basierend auf der Forschungsfrage, die in drei Unterfragen nach dem mathematischen Interesse, dem Umweltinteresse und der Umweltkompetenz fragt, wurde auch der Schüler*innenfragebogen in diese Blöcke aufgeteilt. Gemeinsam mit den soziodemografischen Daten besteht der Fragebogen nun aus den folgenden vier Punkten:

- **soziodemografische Daten**

Die soziodemografischen Daten dienen in der Umfrage vor allem der Zuordnung. Durch die Angabe der Schule und der Klasse wird die Zuordnung zwischen Lehrpersonen und ihrer jeweiligen Klasse sowie die Zuordnung der Schüler*innen zu den anderen Schüler*innen ihrer Klasse möglich. Das angegebene Geburtsdatum ermöglicht dann die gepaarte Analyse, die im Abschnitt 4.4 erklärt wird.

- **mathematisches Interesse**

In diesem Block wurden den Schüler*innen 31 Aussagen vorgelegt, anhand derer schließlich die Stärke eines Desinteresses, situativen Interesses und eines individuellen Interesses berechnet werden kann. 21 Items stammen dabei von Glock (2023) und 10 weitere von Eichler und Isaev (2023) und Code et al. (2016). Angelehnt an Glock (2023) wurden dabei fünf Kategorien zum Interesse verwendet: *Desinteresse*, *situatives Interesse*, *hohes situatives Interesse*, *individuelles Interesse* und *hohes individuelles Interesse*. Die Items von Eichler und Isaev (2023) und Code et al. (2016) wurden dabei gemeinsam mit Michael Fischer und Lukas Strohhammer, der in seiner Masterarbeit die gleiche Itemssammlung verwendete, in die jeweiligen Interessenskategorien eingeordnet.

- **Umweltinteresse**

Der zweite Interessensblock beinhaltet nun Aussagen, die angelehnt an die Aussagen zum mathematischen Interesse das Umweltinteresse der Schüler*innen messen sollen. Dabei wurden ebenso wie beim Umweltinteresse der Lehrpersonen sechs Kategorien definiert, die sich von den Kategorien von Glock (2023) durch eine Aufspaltung der Kategorie *Desinteresse* unterscheiden. Im Gegensatz zu den Items des Lehrer*innenfragebogens zum Umweltinteresse wurden die Items zum Umweltinteresse von Schüler*innen sprachlich vereinfacht und der gesamte Fragebogen wurde im Umfang etwas gekürzt. Die 18 Items setzen sich somit nun aus 10 Items, die an die Itemssammlung von Glock (2023) angelehnt sind, aus einem Item von Eichler und Isaev (2023) und aus sieben selbsterstellten Items zusammen.

- **Umweltkompetenz**

Der letzte Block wurde nun anders als die zwei vorhergehenden Blöcke gestaltet, da es sich um keine Interessensmessung handelt. Zusätzlich handelt es sich bei der Messung der Umweltkompetenz um eine Umfrage, die sowohl an die Arbeitsblätter angepasst sein muss als auch für Erstklässler*innen der Sekundarstufe I geeignet sein muss. Daher wurde bei der Erstellung der Items im Gegensatz zu den restlichen Blöcken auf keine bestehende Umfrage aufgebaut. Die Items dieses Fragebogenblocks wurden daher selbst erstellt und unter Berücksichtigung der BNE-Kompetenzen sowie der SDGs entwickelt. Bezogen auf den Kompetenzkatalog für Education for Sustainable Development wurden die im Abschnitt 2.1.2 genauer erklärten Kompetenzbereiche, die kognitive, emotionale und verhaltensbezogene Kompetenz gemessen. Alle Aussagen dieser Bereiche wurden in die drei Kategorien *keine Kompetenzen*, *mittlere Kompetenz* und *hohe Kompetenz* unterteilt. Im kognitiven Kompetenzbereich befinden sich dazu Aussagen, die Wissen und Denkmuster zu den SDGs abbilden. Der emotionale Kompetenzbereich soll dann messen, welche Werte und wie viel Empathie die Lernenden entwickelt haben und ob sie über Inhalte der SDGs reflektieren. Der letzte Kompetenzbereich zum verhaltensbezogenen Lernen fragt die Bereitschaft der Lernenden, ihr Verhalten im Kleinen zu ändern, ab. Dieser letzte Kompetenzbereich weicht dabei von der von UNESCO (2017) definierten Verhaltenskompetenz, die im Abschnitt 2.1.2 erklärt wurde, ab, da die dort geforderte Kompetenz für eine zweimonatige Intervention für eine erste Klasse zu komplex ist.

Die Erstellung der Items basiert auf Kompetenzen zu den SDGs nach UNESCO (2017), die auch in die Arbeitsblätter integriert wurden. Dazu wurden die jeweiligen Kompetenzen, die durch die Arbeitsblätter erlernt werden können, vorab verschriftlicht und schließlich für die Erstellung der Items verwendet. Vor allem der kognitive Teil fragt dabei nach Wissen, das in den Arbeitsblättern erwähnt wurde. Für die Items zur kognitiven Umweltkompetenz wurde die letzte Kategorie so konzipiert, dass eine hohe kognitive Kompetenz durch das Ankreuzen der Auswahl *keine Zustimmung* zum Ausdruck gebracht wird. Diese Entscheidung wurde getroffen, da sich bei Aussagen wie „die Überfischung der Meere hat große Auswirkungen auf das Ökosystem“ aufgrund der sogenannten Truth-Default-Theorie von Levine

und McCornack (2014) eine hohe Zustimmung einstellt, da die Aussage inhaltlich kohärent wirkt. Die Entscheidung, eine Aussage mit *keine Zustimmung* zu verstehen, braucht hingegen aber eine Differenz zwischen dem eigenen Wissen und der Aussage (Levine & McCornack, 2014). Die Items, die für eine hohe kognitive Kompetenz mit keiner Zustimmung bewertet werden sollten, sind dabei in der Itemsammlung mit dem Zusatz *disagree* versehen, da für die Auswertung die Ergebnisse invertiert werden müssen.

Zusätzlich wurden für die kognitive Kompetenz auch drei offene Fragen gestellt, die abfragen, inwiefern die Schüler*innen Gelerntes nicht nur wiedererkennen, sondern auch reproduzieren können. Die Fragen beziehen sich dabei auf Themen, die mehrfach in den Arbeitsblättern angesprochen wurden und werden anschließend qualitativ ausgewertet und mit der Auswertung der Items verglichen. Dazu wird auch wieder gepaart die Qualität der Antworten untersucht, um zu erkennen, inwiefern Schüler*innen im Posttest anders als im Prätest geantwortet haben. Die Fragen mit ihrem jeweiligen Erwartungshorizont sind in der folgenden Tabelle 4.1 abgebildet. Dabei umfasst der Erwartungshorizont jene Antworten, die aus der Bearbeitung der Arbeitsblätter hervorgehen. Das bedeutet, dass es natürlich noch weitere Antworten gibt, die beispielsweise auf die Frage nach den Folgen der Erderwärmung korrekt wären, die aber nicht aus den Arbeitsblättern hervorgehen und daher in der Tabelle nicht gelistet werden.

Fragen	Erwartungshorizont
Worauf kannst du achten, wenn du einkaufen gehst?	So wenig Verpackungen wie möglich, weniger Fleisch, Regionalität und Saisonalität, woher das Essen kommt (Transportweg).
Was passiert durch die zu schnelle Erderwärmung?	Schmelzen von Gletschern und Eisschildern, Meeresspiegelanstieg, weniger Biodiversität, mehr Naturkatastrophen, Artensterben, Ökosysteme kippen.
Warum sind Mischwälder wichtig?	Sie können vor Naturkatastrophen schützen, sind weniger anfällig für Schädlingsbefall, senken die CO ₂ -Konzentration in der Atmosphäre, fördern Biodiversität.

Tabelle 4.1.: offene Fragen und deren Erwartungshorizont zur kognitiven Kompetenz

Der Fragebogen wurde nun unverändert zweimal ausgefüllt. Das erste Mal als Prätest und nach der Intervention als Posttest. Die Items mit ihrer Kategorisierung können alle im Abschnitt A des Anhangs eingesehen werden. Ebenso kann im Abschnitt C der gesamte Fragebogen, der von den Schüler*innen bearbeitet wurde, betrachtet werden. Ob die Items schließlich die Gütekriterien erfüllen und somit ein Fragebogen erstellt wurde, der auch für weitere Forschungsarbeiten verwendet werden kann, wird im Abschnitt 5.1 untersucht. Dafür wurden die Abschnitte zum Umweltinteresse, zum mathematischen Interesse und zur Umweltkompetenz mit dem Cronbach-Alpha-Koeffizienten bewertet.

4.2.3. Gütekriterien der Fragebögen

Moosbrugger und Kelava (2020) nennen zehn Gütekriterien, von denen drei Kriterien besonders wichtig sind, um zu garantieren, dass es sich bei dem verwendeten Fragebogen um ein wissenschaftliches Messinstrument handelt. Diese Hauptkriterien sind die Objektivität, Reliabilität und die Validität. Ein Test ist dabei nach Moosbrugger und Kelava (2020) objektiv, wenn das gesamte Verfahren so genau festgelegt ist, sodass der Testleiter keinen Verhaltensspielraum bei der erneuten Durchführung, Auswertung und Interpretation eines Testes hat. Dazu unterscheidet man die Durchführungsobjektivität, die Auswertungsobjektivität und die Interpretationsobjektivität. Die Reliabilität eines Tests ist dann gegeben, wenn er das Merkmal, das er misst, ohne Messfehler misst (Moosbrugger & Kelava, 2020). Dies wird mittels der Berechnung des Cronbach-Alpha-Koeffizienten überprüft, der ein viel verwendetes Maß ist, um die interne Konsistenz von Messungen zu berechnen (Bonett & Wrigth, 2015). Dabei werden die verschiedenen Items, die Aufschluss über ein Merkmal geben sollen und zu einer Itemgruppe gehören, überprüft. Um nun die Gruppierung der Items zu testen, wird berechnet, ob die Proband*innen bei Items, die einer Gruppe angehören, die Aussagen auch konsistent bearbeiten (Schecker, 2014). Dazu wird nach Schecker (2014) mittels der Varianz der Items und deren Gesamtvarianz sowie der Anzahl der Proband*innen der Wert α berechnet. In der überwiegenden Anzahl der Fälle gilt für α die Einschränkung: $0 < \alpha \leq 1$. In der Literatur wird dann für $0,6 \leq \alpha \leq 0,9$ von einem akzeptablen Wert gesprochen, der die innere Konsistenz der Items belegt. Schecker (2014) argumentiert aber in Bezug auf den Schwellenwert des Cronbach-Alpha-Koeffizienten aus einer fachdidaktischen Perspektive, dass für das Erfassen komplexer Konstellationen oft eine inhaltliche Bandbreite benötigt wird, die jedoch zu einem niedrigen α -Wert führen kann. Gemäß Schecker (2014) wären Reduktionen des inhaltlichen Umfangs bei Testverfahren für höhere Alpha-Werte aus fachdidaktischer Perspektive als kontraproduktiv zu erachten. Insbesondere in Bildungseinrichtungen, in denen die zur Verfügung stehende Testzeit begrenzt ist und somit nur eine begrenzte Anzahl an Items bearbeitet werden kann, wäre die Durchführung fachdidaktisch umfangreicher Tests ansonsten nicht realisierbar (Schecker, 2014).

Zuletzt muss noch die Validität der Fragebögen überprüft werden, die vorliegt, wenn der Test wirklich jenes Merkmal misst, das er messen soll (Moosbrugger & Kelava, 2020). Durch die Durchführung des mathematischen Interessensfragebogens von Glock (2023), deren Fragebogen von Expert*innen überprüft wurde und durch die Kommentierung der Fragebögen zum Umweltinteresse und zur Umweltkompetenz durch die Arbeitsgruppe von Michael Fischer ist die Validität für den Rahmen dieser Masterarbeit ausreichend gegeben.

4.3. Intervention

Die Intervention selbst, also die Bearbeitung der Arbeitsblätter wurde vorab den Lehrpersonen mittels eines Informationsblattes erklärt und war für zwei Monate beraumt. Am Informationsblatt befand sich mitunter die Anweisung, die Arbeitsblätter in den

Unterrichtsstunden zu behandeln, wobei die Aufgaben der Blätter unabhängig voneinander bearbeitet werden können. Relevant in Bezug auf die Bearbeitung war die Vorgabe, dass die Lehrpersonen die Infoboxen gemeinsam mit ihren Schüler*innen lesen und die Ergebnisse der Aufgaben mit einem Antwortsatz kontextualisiert werden. Die Lehrpersonen sollten zusätzlich nun versuchen, so viele Aufgaben wie möglich als Wiederholung des Stoffes oder zur Erarbeitung neuen Stoffes in den Unterricht einzubauen. Ihnen standen dazu 35 Aufgaben, die auf 6 Arbeitsblätter aufgeteilt waren, zur Verfügung. Zusätzlich erhielten sie jeweils pro Arbeitsblatt eine Handreichung für Lehrpersonen und insgesamt ein Übersichtsblatt. Da es nun bei dem Ausfüllen der Fragebögen teils zu großen Verzögerungen in manchen Klassen kam, erlangten die Übersichtsblätter zu den Aufgaben für die Auswertung eine hohe Relevanz. Die Lehrkräfte wurden dafür angewiesen, alle erledigten Aufgaben auf dem Übersichtsblatt zu markieren, um dies bei der Interpretation der Wirkung der Aufgaben berücksichtigen zu können.

Mit welchen Konzepten und Inhalten die Arbeitsblätter gestaltet wurden und wie die Handreichungen der Lehrpersonen aussehen, kann im Abschnitt 4.3.2 nachgelesen werden. Dafür wird in den folgenden Abschnitten zuerst auf das zugrunde liegende Konzept des Schulbuches MathematiX 1 von Boxhofer et al. (2023a) eingegangen, das den Ausgangspunkt der Materialien darstellt, und anschließend wird die Erstellung der Arbeitsblätter sowie die Erstellung der zugehörigen Handreichungen erläutert.

4.3.1. Konzept Future Edition

Die Future Edition des Schulbuches MathematiX 1 vom Verlag Veritas hat zwei neue Formate in dieses Schulbuch integriert, die sich beide auf die Sustainable Development Goals beziehen. Das Schulbuch mit Theorieteil und klassischen Mathematikaufgaben wird dabei einerseits ergänzt mit sogenannten Nachhaltigkeitsaufgaben, welche den Erwerb von fächerübergreifenden Kompetenzen decken sollen, die von mir im Abschnitt Verankerung im Lehrplan 2.1.3 dargestellt wurden. Das zweite Format sind die FUTURE-Mix-Seiten, die vor allem im Rahmen eines Projektunterrichts oder im Sinne des fächerübergreifenden Unterrichts behandelt werden können. Themen darin sind beispielsweise die Müllvermeidung, das Klima und Fragen der Mobilität. Ziel dieser neuen Schulbuchreihe ist nach eigenen Angaben die Auseinandersetzung der Schüler*innen mit Umwelt- und Entwicklungsfragen sowie die Bildung eines Bewusstseins für nachhaltiges Handeln (Boxhofer et al., 2023b).

Das Layout der Nachhaltigkeitsaufgaben ist dabei so gestaltet, dass diese durch eine grau-blaue Box hervorgehoben sind und mit einem Nachhaltigkeitslabel versehen sind. Die Aufgaben selbst haben oft ein Bild, fast immer einen Infoteil und manchmal eine Rechercheaufgabe oder eine Reflexionsaufgabe dabei. Vereinzelt wird zudem die Frage nach potenziellen Lösungen für Umweltprobleme in einer Zusatzfrage der Aufgabenstellung integriert. Die mathematische Fragestellung ist dabei meist aber unabhängig von der Frage nach Lösungen für die Umweltproblematik. Diese Art von Nachhaltigkeitsaufgaben findet sich dabei sowohl im Schulbuch, als auch im dazugehörigen Übungsbuch, aus dem ebenso Aufgaben für die Arbeitsblätter entnommen wurden (Boxhofer et al., 2023c).

Welche Inhalte der SDGs dafür genau ausgewählt wurden, wird nun in die-

sem Teil kurz dargestellt. Dabei erfolgt die Zuordnung nach der Tabelle 2.1 und den SDG-Kompetenzen von UNESCO (2017). Die SDGs, denen die Inhalte der Mathematikaufgaben aus dem Schulbuch und Übungsbuch zugeordnet werden konnten, waren die SDGs 2, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13 und 15. Dabei standen die Themen Plastikabfall, Transport, Solarzellen, Abholzung, Bodenversiegelung, Gletscherschmelze und Wasserverbrauch im Vordergrund. Es bleiben also viele Themen, die in der Tabelle 2.1 aufgelistet wurden, unbesprochen, jedoch wurde auch kein Anspruch auf die vollständige Abbildung der SDGs gestellt. Ein solcher Anspruch wäre auch als nicht realistisch zu erachten, da die SDGs mit 169 Unterzielen in einem Mathematikbuch für die erste Klasse nicht alle dargestellt werden können. Gleichzeitig wurden aber viele der Themen sehr oberflächlich behandelt oder nicht in den Aufgaben selbst, sondern nur in der Infobox angesprochen. So wird beispielsweise nun der Einkauf im Bio-Hof erledigt statt in einem herkömmlichen Supermarkt und unter einigen Beispielen stehen Infoboxen, die Schüler*innen darauf hinweisen, dass Radfahren oder Zufahren gut für unsere Umwelt ist. Es fehlt jedoch der umweltspezifische Kontext in der Textaufgabe selbst, der durch das Lösen der Aufgabe eine Diskussion über Umweltthemen ermöglicht. Zusätzlich waren auch manche Themen, die in den SDGs wenig vertreten sind, oder aber auch in den ESD Themen von UNESCO (2017) nicht zu finden waren, sehr präsent. Damit sind im Speziellen die Beispiele rund um das Thema Plastikmüll gemeint. So ist zwar generell das Thema Abfall in den SDGs 6, 8, 9, 11, 12, 14 und 15 IUFE (2020) eingebunden, jedoch geht es dabei um das Verständnis von Müllsystemen, Recycling, Müllvermeidung und die Verschmutzung der Meere. Auch wenn es durchaus wichtig ist zu vermitteln, dass mit Plastik gespart werden sollte, führt eine überproportionale Erwähnung eines Teilthemas nicht zwangsläufig zu einem höheren Lerneffekt. Vielmehr ist eine Vernachlässigung anderer, gleichfalls wichtiger Themen zu befürchten. Eine ähnliche Kritik gilt für das Thema Mobilität, das im Schulbuch überproportional oft als Nachhaltigkeitsthema gewählt wurde.

Für die Verwendung der Aufgaben während der Intervention wurde daher darauf geachtet, dass ein Gleichgewicht zwischen den SDGs herrscht und vor allem auch Aufgaben verwendet werden, durch die die Schüler*innen schon durch das Rechnen selbst Umweltkompetenz erlernen, da dies auch dem BNE-Konzept entspricht. Das bedeutet, dass für Schüler*innen durch die Interpretation des Rechenergebnisses beispielsweise Umweltprobleme in ihrer Größe vorstellbar werden oder die Wirkung von Maßnahmen zum Klimaschutz bewertet werden kann. Wie nun bei der Auswahl und Vervielfachung der Aufgaben für die Intervention genau vorgegangen wurde, beschreibt das kommende Unterkapitel 4.3.2.

4.3.2. Erstellung der Materialien

Um für die durch den Lehrerfragebogen bestimmten mathematischen Inhalte genügend Aufgaben zu haben, die einen Nachhaltigkeits- oder Umweltbezug aufweisen, wurden Aufgaben des Schulbuches und des Übungsbuches MathematiX 1 Future Edition von Boxhofer et al. (2023a, 2023b) ausgewählt und zusätzliche Aufgaben erstellt. Neben der Vervielfachung der Aufgaben tragen die selbst erstellten Aufgaben zugleich dazu bei, die Arbeitsblätter so zu gestalten, dass sie das Konzept der Bildung für nachhaltige Entwick-

KAPITEL 4. METHODISCHES VORGEHEN

lung innerhalb der gegebenen Rahmenbedingungen bestmöglich umsetzen. Dafür sollen die Materialien einerseits verschiedene Themen der SDGs abdecken und andererseits die Anforderungen an die Bildung für nachhaltige Entwicklung erfüllen, wie sie im Abschnitt 2.1.2 erläutert wurden. Gemeinsam mit der Handreichung für Lehrpersonen sollen die Materialien dann möglichst unkompliziert in den regulären Mathematikunterricht integriert werden können, um dadurch dann die Umweltkompetenz, das Umweltinteresse und das mathematische Interesse der Schüler*innen im Mathematikunterricht zu fördern. Dies entspricht der Forderung von Waltner (2020), die im Abschnitt 2.2.2 dargestellt wurde.

Methodisch sollten BNE-Materialien laut dem BNE-Konzept auf kooperatives und problembasiertes Lernen aufbauen und oftmals projektbasiert gestaltet sein. Da nun aber, wie im Forschungsstand ersichtlich wurde, die Implementierung dieser Materialien sehr oft aufgrund der Struktur der Schule sowie aufgrund einer unzureichenden Lehrer*innenausbildung scheitert, habe ich mich entschlossen meine Materialien auf den zwei BNE-Dimensionen kognitives und emotionales Lernen aufzubauen, sowie den Fokus auf die Inhalte der Aufgaben zu legen, um mit dieser Mischung schließlich das im Abschnitt 2.2.1 erwähnte reflektierte Lernen zu fördern. Mittels der verschiedenen Inhalte und deren Verbindung soll das kognitive Lernen, das im Abschnitt 2.1.2 erklärt wurde, angesprochen werden. Gleichzeitig wird dadurch ein Teil der im Abschnitt 2.1.2 erstgenannten Kompetenz aus dem Lehrplan erfüllt, indem Schüler*innen das Zusammenwirken ökologischer, ökonomischer und sozialer Faktoren bei Umweltproblemen verstehen. Mit der emotionalen Dimension, die durch die Infoboxen auf den Arbeitsblättern und durch Gespräche zu den oft wahrscheinlich unerwarteten Ergebnissen angeregt wird, werden auch gleich weitere Kompetenzen aus dem Lehrplan erfüllt (siehe 2.1.2). Denn Schüler*innen lernen sich dadurch als Teil der Natur verstehen und sehen durch selbst errechnete Ergebnisse, welche Wirkung umweltschonender Konsum haben kann. Aus diesen Erkenntnissen könnten dann Schlüsse für das eigene Verhalten gezogen werden, wobei dafür wahrscheinlich mehr Zeit eingeplant werden müsste. Da nun die Materialien aber das Ziel haben, möglichst wenig zeitintensiv zu sein, wurde auf diese Dimension in der Erstellung der Materialien verzichtet. Trotzdem muss mit Verweis auf den Forschungsstand gesagt werden, dass eine vollständige Implementierung von BNE in der Schule ebenso einen fächerübergreifenden projektbasierten Unterricht benötigen würde, der vor allem die Handlungsdimension beachtet und kooperatives und problembasiertes Lernen fördert.

Neben den methodischen Überlegungen muss nun aber bei authentischen realitätsbezogenen Aufgaben vor allem der Inhalt der Mathematikaufgaben gut durchdacht sein. Wie bereits im Abschnitt 2.1.1 erklärt wurde, stellt das SDG 13, aufgrund der starken Verflechtung mit den anderen SDGs, den Dreh- und Angelpunkt der Aufgaben dar, weshalb die damit eng verbundenen Themen Umwelt und Nachhaltigkeit den inhaltlichen Schwerpunkt der Materialien bilden. Bei der Erstellung neuer Beispiele wurden vor allem Inhalte recherchiert, die im Schulbuch von Boxhofer et al. (2023a) nicht vorkamen. Als inhaltlicher Leitsatz galt mir dabei folgender Satz zur Education for Sustainable Development der UNESCO (2017):

„While the learning objectives cover the necessary learning outcomes (including

knowledge, skills, attitudes and behaviour) to support the achievement of the SDGs and are intended to be generally applicable around the world, they convey core ideas only. They must therefore be complemented by appropriate locally-relevant topics, and updated regarding the new issues that constantly emerge in our rapidly changing world.“(UNESCO, 2017, S. 8)

Die Inhalte wurden daher den vorgeschlagenen Inhalten des Artikels zu ESD von UNESCO (2017) entnommen und etwas adaptiert. Die jeweiligen Inhalte, die von UNESCO zur Auswahl standen, können nun in der Tabelle 2.1 im Abschnitt 2.1.2 nachgelesen werden und wurden für die Beispiele, wie im obigen Zitat empfohlen mit lokalen Daten, die besonders aktuell sind, ergänzt. Durch die Berücksichtigung der an Materialien gestellten inhaltlichen Forderungen, die im Abschnitt 4.3.2 verschriftlicht wurden, wurden so aktuelle lokale sowie globale Daten verwendet, die dann durch die Aufgabenstellungen zu eigenen umweltspezifischen Erkenntnissen führen sollten, sowie reflexives Lernen und kritisches Denken anregen sollten. Zusätzlich wird dadurch auch das didaktische Prinzip des vernetzten Denkens in die Aufgaben integriert. Von nicht nur methodischer, sondern auch inhaltlicher Bedeutung sind auch die Infoboxen, da diese ethische und emotionale Aspekte beleuchten, extra Faktenwissen zur Verfügung stellen und für die Kontextualisierung der Aufgaben hilfreich sind. Dabei muss jedoch bedacht werden, dass trotz Infoboxen, die Gefahr, die Aufgaben zu wenig zu kontextualisieren (siehe 4.3.2), nicht behoben werden kann, da dafür die Aufgaben nach Umweltinhalten sortiert werden müssten. Gegen solch eine Sortierung habe ich mich jedoch bewusst entschieden, da es einerseits wieder die Einbindung in den alltäglichen Mathematikunterricht erschwert, andererseits, wie im Abschnitt 4.3.2 dargestellt wurde, ohnehin die meisten bestehenden Materialien nicht nach den fachlichen Inhalten sortiert sind. Um diesem Problem jedoch ein kleines bisschen entgegenzuwirken, wurde versucht, einen leichten Fokus auf ein Thema pro Arbeitsblatt zu setzen. So bot sich beispielsweise für das Arbeitsblatt *Umfang und Fläche von Rechteck und Quadrat* das Thema Bodenversiegelung und Flächenverbrauch an.

Welche Inhalte nun schlussendlich gewählt wurden, wie diese die Aufgaben des Schulbuches von Boxhofer et al. (2023a) ergänzen und welche Quellen zur Recherche der Inhalte verwendet wurden, wird in diesem Abschnitt kurz umrissen. Dabei muss erwähnt werden, dass es zu den mathematischen Inhalten der 5. Schulstufe noch keine fachspezifischen Themenvorschläge gibt. Würde die Erstellung der Aufgaben die Sekundarstufe II mit den Themen Analysis, Statistik und Wahrscheinlichkeit betreffen, könnten die vorgeschlagenen Themen von Schreiber und Siegel (2016) verwendet werden.

Insgesamt besteht die Sammlung der sechs Arbeitsblätter aus 35 Aufgaben, wovon zwölf dem Schulbuch von Boxhofer et al. (2023a) entstammen und nicht verändert wurden. Eine weitere Aufgabe wurde dann basierend auf Tischler (2019) entworfen und die restlichen 22 Aufgaben wurden von mir selbst erstellt. Dazu wurden für die Inhalte vor allem Webseiten wie das Umweltbundesamt (2024c), (Umweltbildung, 2024), (GeoSphere Austria, 2024) oder das Umweltbundesamt (2024b) verwendet. Neben der Einbindung der recherchierten Inhalte in die Aufgaben, habe ich dann versucht, basierend auf dem Kompetenzkatalog, manche Aufgaben als Wissensaufgaben anzulegen, deren Ziel der Wissenszuwachs der Schüler*innen in der kognitiven Dimension ist. Andere Aufgaben hatten

KAPITEL 4. METHODISCHES VORGEHEN

dann die emotionale Dimension oder das verhaltensbezogene Lernen als Ziel, indem diese Aufgaben den Einfluss von uns Menschen auf die Krisen aufzeigen, um so Reflexionen in Bezug auf die eigene Verantwortung anzustoßen und auch die emotionale Bindung zur Natur und im Allgemeinen zu unserer Welt zu stärken. In Bezug auf die SDGs wurde versucht, eine größere Breite abzudecken, wie es in der Abbildung 4.2 ersichtlich ist. Diese Abbildung zeigt zwei Häufigkeitsdiagramme, die jeweils verdeutlichen, welchen SDGs die ausgewählten Aufgaben von Veritas (siehe Abbildung 4.2a) und welchen die selbsterstellten Aufgaben (siehe Abbildung 4.2b) zugeordnet werden können. Für die Erstellung dieser Diagramme wurden alle Aufgaben jeweils ein bis drei SDGs zugeordnet, da die Themen in den Aufgaben und deren Infoboxen oft nicht nur einem SDG angehören, sondern eine Verflechtung von SDGs darstellen. Auffällig war dabei, dass in den Aufgaben des Schulbuches oft nur ein SDG angesprochen wurde und das erst in der Infobox. Dieses Feedback, dass manche Umweltthemen erst in den Infoboxen erwähnt wurden, habe ich auch von meinen Betreuern Michael Fischer und Thomas Körber erhalten, die die Aufgaben Korrektur gelesen haben und dabei aber nicht wussten, welche Aufgaben von mir stammten und welche aus dem Schulbuch von Boxhofer et al. (2023a).

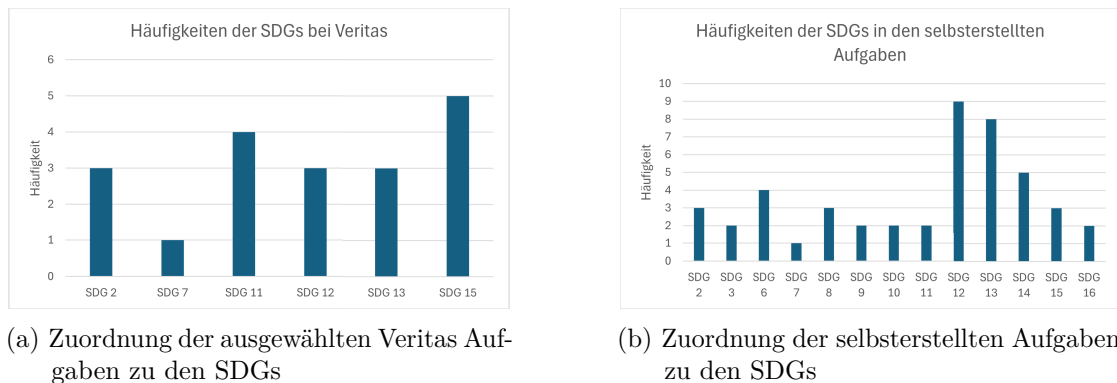


Abbildung 4.2.: Häufigkeiten der thematisierten SDGs in den Arbeitsblättern

Die Säulendiagramme zeigen nun, dass bis auf die SDGs 1, 4, 5 und 17 schlussendlich alle SDGs insgesamt mindestens zweifach auf den Arbeitsblättern thematisiert wurden und schlussendlich die verwendeten Arbeitsblätter eine große Vielzahl der SDGs abdecken. So wurden auch die SDGs 4 und 5 in Form von Gestaltungsprinzipien in die Arbeitsblätter eingebunden. SDG 4, das Sustainable Development Goal in Bezug auf die Bildung, wird dabei durch den BNE-Ansatz der Aufgaben erfüllt und ebenso wird das SDG 5 zur Gleichberechtigung aller Geschlechter in den Aufgaben durch die geschlechtersensible Sprache und die Vermeidung von Rollenbildern miteinbezogen. SDGs 1 und 17 stellten sich für die Erstellung dieser mathematischen Aufgaben nicht als geeignet heraus. Ebenso zeigt sich am Diagramm, dass speziell für die erste Klasse und den dazugehörigen Mathematikstoff Aufgaben zu nachhaltigen Städten, Konsum, Klimawandel, Leben im Meer und Leben am Land gut für die Erstellung von Aufgaben geeignet sind, wodurch die SDGs 11, 12, 13, 14 und 15 in den Diagrammen stärker vertreten sind. Andere

4.4. STATISTISCHE AUSWERTUNGSMETHODE

Themen wie beispielsweise die Klimagerechtigkeit, die zum SDG 16 gehört, sind jedoch im regulären Mathematikunterricht schwieriger einzubauen. Dafür würde es dann den fächerübergreifenden und projektbasierten Unterricht brauchen, in dem solche Fragen tiefergehend diskutiert werden könnten.

Zusätzlich zu den bisher beschriebenen Arbeitsblättern bekamen die Lehrpersonen der teilnehmenden Klassen auch Handreichungen, die einerseits als Lösungen und andererseits als Informationsblätter dienten. Die Lehrerausgaben sind dazu folgendermaßen aufgebaut: Zu Beginn werden die Aufgaben dem mathematischen Lehrstoff zugeordnet, damit die Lehrenden keine Zeit verschwenden müssen, um die passenden Aufgaben für ihren Unterricht auszuwählen. Daneben wird der inhaltliche Fokus der Aufgaben mittels der SDGs kurz erläutert. Danach beginnen die Lösungen der einzelnen Aufgaben, wobei in den grünen Kästchen unter den jeweiligen Lösungen kurz Umweltinformationen verschriftlicht sind, die für den Unterricht genutzt werden können. Diese sollen einerseits den Lehrer*innen ermöglichen, fachlich richtig Umweltfragen zu beantworten, die bei manchen Aufgaben aufkommen könnten, andererseits sollen diese die Sicherheit der Lehrpersonen, eine Aufgabe zu besprechen, erhöhen. Dies ging aus der Überlegung hervor, dass vielleicht manche BNE-Aufgaben gemieden werden könnten, sobald diese sich mit einem etwas komplexeren Thema wie beispielsweise CO₂-Äquivalenten beschäftigen. Wenn nun die Umwelt-Informationsboxen nicht vorhanden wären, müsste die Lehrperson sich selbstständig informieren, wodurch wiederum Rechercheaufwand entsteht. Dieses Problem sollen die grünen Boxen weitestgehend beheben. Welche Kompetenzen in Bezug auf den ESD-Kompetenzkatalog in den Aufgaben erlangt werden können, habe ich vorerst ebenso in der Handreichung für Lehrpersonen verschriftlicht. Schlussendlich habe ich diese aber aufgrund der Übersichtlichkeit für die Lehrpersonen entfernt und schließlich nur für die Erstellung des Umweltkompetenzen-Fragebogens verwendet.

4.4. Statistische Auswertungsmethode

Durch die Bewertung der Aussagen mit der eigenen Zustimmung mittels der Likert Skala wird ein Indexwert berechnet, der die untersuchte Eigenschaft besser abbildet als ein einzelnes Item (Brosius et al., 2022). Dazu werden von jeder Kategorie die jeweiligen arithmetischen Mittelwerte berechnet und für die spätere Analyse dann mit dem gepaarten Wert des Posttests verglichen. Bei einzelnen fehlenden Items wird der Wert mit dem arithmetischen Mittel der Kategorie ergänzt. Das bedeutet, dass beispielsweise für die Ermittlung des Umweltinteresses jede Person für die einzelnen Interessensstufen einen arithmetischen Mittelwert bekommt, der aus den Antworten der zugehörigen Items berechnet wird. Sollte dabei ein Wert eines einzelnen Items fehlen, wird dieser Wert durch das arithmetische Mittel der restlichen Items, die der gleichen Kategorie angehören, gebildet. Für die Beantwortung der Forschungsfragen F1 - F3 wird dann für jede Klasse der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test durchgeführt und zusätzlich für den Vergleich zwischen der Interventionsgruppe und Kontrollgruppe eine mixed ANOVA. Der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test ist ein nichtparametrischer statistischer Test, dessen Nullhypothese lautet, dass die Unterschiede der Mediane der gepaarten Gruppen 0

KAPITEL 4. METHODISCHES VORGEHEN

sind (McCrum-Gardner, 2008). Wenn hingegen die Mittelwerte der Gruppen signifikant voneinander abweichen, kann die Nullhypothese verworfen werden. Konstruiert wird die Teststatistik dabei in drei Schritten. Zuerst werden die Differenzen der Werte des Posttests X'_i und des Prätests X_i mit $D_i = X'_i - X_i$ gebildet und den betragsmäßigen Differenzen werden der Größe nach Ränge, also die Zahlen 1 bis n , zugeordnet (Fahrmeir et al., 2023). Nun werden noch die gebildeten Ränge mit $rg|D_i|$ bezeichnet und es ergibt sich die Teststatistik mit:

$$W^+ = \sum_{i=1}^n rg|D_i| Z_i \quad \text{mit} \quad Z_i = \begin{cases} 1 & \text{wenn } D_i > 0 \\ 0 & \text{wenn } D_i < 0 \end{cases}.$$

W^+ gibt nun also die Rangsumme der positiven Differenzen an. Wenn diese gleich W^- also der Rangsumme der negativen Differenzen wäre, so unterscheiden sich die Mittelwerte der abhängigen Gruppen nicht voneinander. Ist $W^+ > W^-$, so sind die Mittelwerte des Posttests höher, als die des Prätests. Ob dieser Unterschied nun signifikant ist, kann für $N > 20$ mit den jeweiligen Ablehnungsbereichen berechnet werden, da W^+ approximativ normalverteilt ist, mit dem Erwartungswert $\frac{n(n+1)}{4}$ und der Standardabweichung $\frac{n(n+1)(2n+1)}{24}$ (Fahrmeir et al., 2023).

Voraussetzungen für diesen Test sind nach Fahrmeir et al. (2023) die Abhängigkeit der Stichproben und die zweifache Ausprägung der unabhängigen Variable. Zusätzlich dazu sollte dann noch die abhängige Variable mindestens ordinalskaliert und annähernd symmetrisch verteilt sein. Dieser Test wird dann für das Umweltinteresse, das mathematische Interesse und die Umweltkompetenz wiederholt ausgeführt.

Um nun nicht nur die Signifikanz einzelner Klassen zu testen, werden weitere Tests durchgeführt, die testen, ob die Veränderungen der Interventionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant sind. Ist die abhängige Variable nicht nur symmetrisch verteilt, sondern auch normalverteilt, kann für diese Testung eine ANOVA durchgeführt werden. Diese hat zwar strengere Voraussetzungen als der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test, führt jedoch dafür zu deutlicheren Signifikanzen (Dormann, 2017). Kurz gesagt misst nun eine ANOVA im Gegensatz zum Wilcoxon Test nicht die Signifikanz des Unterschieds der Mediane, sondern viel mehr versucht sie diesen Unterschied zu erklären. Eine ANOVA misst dafür den Effekt einer kategorialen Variable, einem sogenannten Faktor, auf eine kontinuierliche Variable (Dormann, 2017). Hat man nun mehr als einen Faktor, der die abhängige Variable beeinflusst, kann die zweifaktorielle Varianzanalyse verwendet werden. Diese Form der Varianzanalyse zerlegt die Streuung der abhängigen Variable in die Streuung der zwei unabhängigen Variablen und die Fehlervarianz, also die Streuung, die durch die unabhängigen Variablen nicht geklärt werden konnte (Hussy et al., 2013). Mit einer zweifaktoriellen ANOVA können wir dann nach Hussy et al. (2013) beantworten, ob der erste Faktor einen signifikanten Effekt auf die abhängige Variable hat und die gleiche Frage kann auch für den zweiten Faktor beantwortet werden. Ebenso wird der Effekt des einen Faktors auf den anderen Faktor getestet. Bei der Verwendung zweier Faktoren, nämlich Zeit und Studienfaktor-Gruppe, spricht man von einer mixed ANOVA, die nach Sachs und Hedderich (2009) ein gemischtes zweifaktorielles ANOVA Modell ist.

4.4. STATISTISCHE AUSWERTUNGSMETHODE

Es können mit dieser Testung nun folgende drei Hypothesen überprüft werden: „Wechselwirkung zwischen Studienfaktor (Gruppe) und Zeit, Effekt durch den Studienfaktor und Effekt durch die Zeit (Wiederholung)“ (Sachs & Hedderich, 2009, S. 546). Im Falle dieser Studie bedeutet das, dass der Einfluss, ob eine Klasse der Interventions- oder der Kontrollgruppe angehört und der Einfluss, ob die Daten dem Prä- oder Posttest angehören, auf das mathematische Interesse, das Umweltinteresse und die Umweltkompetenz gemessen werden. Voraussetzungen für die Durchführung dieses Tests sind nun neben den gleichen Voraussetzungen des Wilcoxon-Tests noch die Normalverteilung der Daten, die Homogenität der Varianzen zwischen den Gruppen und die Spharizität zwischen den Messzeitpunkten (Planing, 2024). Die Varianzhomogenität zwischen den Gruppen fordert dabei, dass die Varianz der Fehler zwischen den Gruppen gleich ist. Dies wird meist mit dem Levene-Test überprüft (Planing, 2024). Mit dem Mauchly Test wird die Spharizität, also die Varianz zwischen den verschiedenen Zeitpunkten ab mehr als zwei Messungszeitpunkten getestet (Planing, 2024). Zusätzlich wird dann noch überprüft, ob der Datensatz frei von Ausreißern ist (Sachs & Hedderich, 2009). Werden diese Voraussetzungen nicht erfüllt, muss für die Testung ein robusterer Test verwendet werden, wie der Quade-Test, um trotzdem auf einen signifikanten Unterschied zwischen den Blöcken Prätest, Posttest, Interventionsgruppe und Kontrollgruppe zu testen. Diese Arten von Tests sind dann so wie der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test nicht parametrische Tests, die durch die Bildung von Rängen keine Normalverteilung der Daten benötigen und gegen Ausreißer stabil sind (Pereira et al., 2015). Die nicht parametrischen Tests sind darüber hinaus aussagekräftiger als der parametrische Test, wenn die Voraussetzungen des parametrischen Tests verletzt werden (Bortz et al., 2008). Die Nullhypothese ist daher bei signifikanten Ergebnissen der robusteren Tests zu verwerfen, auch wenn die mixed ANOVA nicht signifikant ist (Bortz et al., 2008). Sind die Voraussetzungen der ANOVA jedoch erfüllt, liefert die ANOVA ein aussagekräftigeres Ergebnis und liefert zusätzlich dazu die Effektgröße des jeweiligen Faktors (Sachs & Hedderich, 2009).

Wenn nun als Einflussgrößen nicht nur kategoriale Variablen, sondern auch metrische Variablen verwendet werden, wird dann noch die ANCOVA, eine Kovarianzanalyse, benötigt (Fahrmeir et al., 2023). Diese wird gebraucht, um den Effekt der Anzahl der erledigten Aufgaben sowie den metrischen Effekt des Umweltinteresses der Lehrpersonen auf die abhängigen Variablen zu schätzen. Im Gegensatz zu einer multiplen linearen Regression funktioniert die ANCOVA so, dass statt einer zusätzlichen unabhängigen Variable der Einfluss einer Kovariate kontrolliert wird. Im Falle einer exakten Beantwortung der Forschungsfrage vier gibt es also einen diskreten Faktor, der die Anzahl der bearbeiteten Aufgaben darstellt und eine kontinuierliche Kovariate, die das Umweltinteresse der Lehrpersonen miteinbezieht.

Die Antworten auf die Items zum Fragebogenabschnitt *Wert von Umwelt in der Schule*, werden dann nicht mehr statistisch quantitativ ausgewertet, sondern einer qualitativen Analyse unterzogen, wobei die gemeinsamen Wünsche, Werte und Vorstellungen, sowie auffallende Unterschiede im Ausblick diskutiert werden. Ebenso wird untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen der Anzahl der bearbeiteten Aufgaben und der Bereitschaft, BNE in den eigenen Unterricht zu integrieren, erkennbar ist. Die drei offenen Fragen

KAPITEL 4. METHODISCHES VORGEHEN

zur Erfassung der kognitiven Kompetenz untersuchen die Reproduktion von Wissen und ergänzen damit die Messung der kognitiven Kompetenz durch geschlossene Items. Zur Analyse wurden die Antworten mittels einer qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2022) in einem gepaarten Design ausgewertet. Hierzu wurden deduktiv die Kategorien *kein Wissen*, *oberflächliches Wissen* und *tiefergehendes Wissen* definiert und den Antworten entsprechend zugeordnet. Die Kategorie *kein Wissen* umfasst leere Antwortfelder oder inhaltlich falsche Antworten. Die Differenzierung zwischen *oberflächlichem Wissen* und *tiefergehendem Wissen* erfolgte anhand eines Erwartungshorizonts: Aussagen, die lediglich Teilaspekte einer vollständigen Antwort enthielten, wurden als *oberflächliches Wissen* klassifiziert. Aussagen, die inhaltlich dem Erwartungshorizont entsprachen, wurden der Kategorie *tiefergehendes Wissen* zugeordnet. Ein Beispiel hierfür ist die Aussage: „Mischwälder sind wichtig, weil der Wald die Menschen vor Windböen schützt.“ Diese Antwort wurde als *oberflächliches Wissen* bewertet, da die Schutzfunktion des Waldes zwar grundsätzlich erkannt wird, jedoch eine unzutreffende Ursache genannt wird. Eine präzisere Antwort wäre beispielsweise, dass der Wald vor extremen Wetterereignissen schützt. Für die Kategorie *tiefergehendes Wissen* mussten die Schüler*innen vollständig korrekte und differenzierte Antworten geben. Statt einer Paraphrasierung und Generalisierung der Antworten werden dann die Ergebnisse quantitativ gezählt. Dafür wurden bei jeder Frage die Anzahl an codierten Antworten pro Kategorie im Prätest gezählt und mit den codierten Antworten im Posttest verglichen. Bei einer gleichbleibenden Anzahl an oberflächlichen und tiefergehenden Antworten wurde die Reproduktion von Wissen zwischen Prä- und Posttest als unverändert bewertet. Bei einer minimalen Besserung wurde ebenso die Veränderung als unverändert bewertet. Ein Beispiel hierfür ist eine Person, die im Prätest durchgehend „das weiß ich nicht“ antwortete und im Posttest lediglich bei einer Frage „Sauerstoff“ angab. Da diese Antwort auf die Frage nach dem Nutzen von Mischwäldern zu unspezifisch ist, um als inhaltlich korrekt zu gelten, wurde in diesem Fall kein Wissenszuwachs festgestellt. Weist eine Person eine Zunahme im *oberflächlichen* oder *tiefergehenden Wissen* auf, wird sie als Person mit Wissenszuwachs erfasst. Bei einer Abnahme wird hingegen eine Wissensabnahme dokumentiert. Die Ergebnisse werden anschließend im Ergebnisteil prozentual in einer Tabelle dargestellt.

5. Resultate

Im Rahmen der statistischen Analyse wurden alle erhobenen Daten gemeinsam mit Michael Fischer bereinigt und schließlich, wie im Abschnitt 4.4 beschrieben, ausgewertet. Die Ergebnisse bestehen dabei aus der Analyse der Items im Abschnitt 5.1 der ausführlichen Analyse des Prä- und Posttest, deren Ergebnisse im Abschnitt 5.2 dargestellt werden und einer Auswertung der Lehrer*innenfragebögen im Abschnitt 5.3. Die Ergebnisse werden dann im Kapitel 6 zusammengeführt und unter den jeweiligen Forschungsfragen mit Bezug auf den Theoretischen Teil 2 diskutiert.

5.1. Güte der Items

Im Folgenden werden die Ergebnisse zur Objektivität, Reliabilität und Validität der Fragebogenteile dargestellt. Dazu werden sowohl die Items des Schüler*innenfragebogens zum mathematischen Interesse, Umweltinteresse und zur Umweltkompetenz untersucht als auch die Items zum Lehrer*innenfragebogen.

Die Durchführungsobjektivität ist dabei gegeben, da die Lehrpersonen zu ihrem Fragebogen sowie für den Fragebogen der Schüler*innen alle die gleichen detaillierten Informationen zur Durchführung bekommen haben. Zusätzlich erfolgte die Durchführung der Fragebögen in allen Klassen nach einem Zeitraum von sieben Wochen, sodass der gleiche Zeitraum für alle Klassen gegeben war. So wurde zuerst der Lehrer*innenfragebogen ausgefüllt, anschließend der Prätest von den Schüler*innen und erst dann wurde die Intervention begonnen und zuletzt wurde noch der Posttest ausgefüllt. Die Auswertungsobjektivität ist durch die statistische Berechnung der Ergebnisse der Likert-Skala gegeben. Die genaue Vorgehensweise dieser Berechnungen kann dabei im Abschnitt 4.4 eingesehen werden. Da sich nach Moosbrugger und Kelava (2020) die Interpretationsobjektivität ausschließlich auf das untersuchte Merkmal bezieht und nicht auf aufbauende Schlussfolgerungen, kann auch die Interpretationsobjektivität durch den Vergleich von errechneten Daten erfüllt werden.

Für die Überprüfung der Reliabilität wurde nun für alle Itemkategorien der Cronbach-Alpha-Koeffizient berechnet und in Diagrammen und Tabellen dargestellt. Der hier verwendete Fragebogen zum mathematischen Interesse, der eine Zusammensetzung aus Items von Glock (2023), Eichler und Isaev (2023) und Code et al. (2016) ist, hat einen Cronbach-Wert von $\alpha \approx 0.82$ für das Desinteresse. Für das situative Interesse wurde der Wert $\alpha \approx 0.50$ berechnet und der Cronbach-Alpha-Koeffizient für das individuelle Interesse ist $\alpha \approx 0.81$. In der Abbildung 5.1 können die jeweiligen Werte für das Umweltinteresse abgelesen werden.

KAPITEL 5. RESULTATE

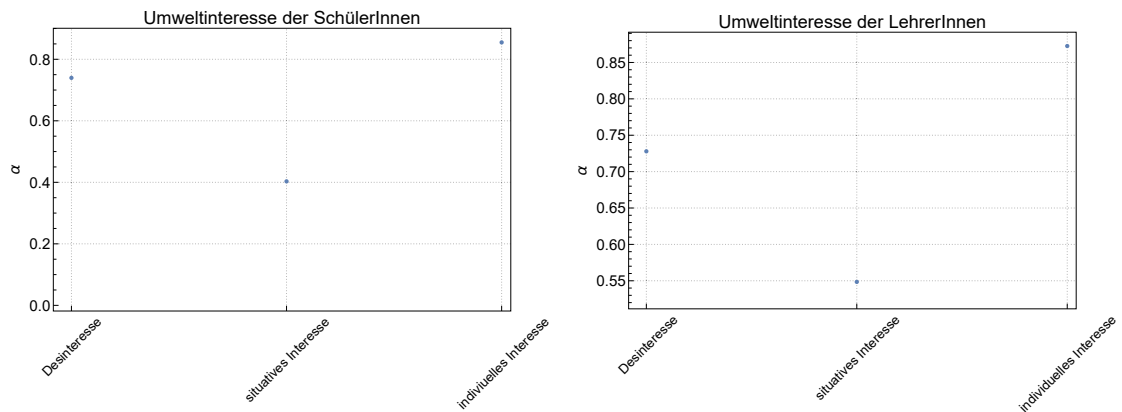


Abbildung 5.1.: Cronbach-Alpha-Werte für das Umweltinteresse

Es fällt auf, dass mit $\alpha \approx 0.40$ bei den Schüler*innen und $\alpha \approx 0.55$ bei den Lehrer*innen das situative Interesse den niedrigsten Cronbach-Alpha-Wert hat. Das Desinteresse und das individuelle Interesse haben hingegen bei beiden Fragebögen mit $\alpha > 0.7$ eine gute Reliabilität. Die Umweltkompetenz wurde nun noch ebenso mit dem Cronbach-Alpha-Koeffizienten untersucht, wobei sich für die verschiedenen Arten der Umweltkompetenz und deren Kategorien α -Werte ergaben, die in Abbildung 5.2 ersichtlich sind.

Kognitive Kompetenzen			emotionale Umweltkompetenz		
keine Kompetenz	mittlere Kompetenz	hohe Kompetenz	keine Kompetenz	mittlere Kompetenz	hohe Kompetenz
0.600392	0.763716	0.710824	0.685483	0.491496	0.781439

verhaltensbezogene Umweltkompetenz		
keine Kompetenz	mittlere Kompetenz	hohe Kompetenz
0.778151	0.642833	0.780401

Abbildung 5.2.: Cronbach-Alpha-Werte für die Umweltkompetenz

Auch hier sind bei der emotionalen Umweltkompetenz und der verhaltensbezogenen Umweltkompetenz die α -Werte der mittleren Kategorie am kleinsten. Die Items der verhaltensbezogenen Umweltkompetenz haben für die Kategorien keine Kompetenz und hohe Kompetenz mit $\alpha \approx 0.78$ gute Alphawerte und auch die Alphawerte der emotionalen Kompetenz sind nach Schecker (2014) akzeptabel. Im Gegensatz zu den mittleren Kategorien der emotionalen und der verhaltensbezogenen Umweltkompetenz ist in der kognitiven Kompetenz der Cronbach-Alpha-Wert der mittleren Kategorie mit $\alpha \approx 0.76$ der höchste Wert.

Die Inhaltsvalidität der Fragebögen wurde dann durch die Bewertung der Fragebögen durch Michael Fischer und Thomas Körber gewährleistet. Ebenso wurde der Fragebogenteil zum mathematischen Interesse aus bereits validierten Fragebögen zusammengesetzt und der Teil zum Umweltinteresse wurde mit diesen Fragebögen verglichen,

wodurch die Kriteriumsvalidität für das Ausmaß einer Masterarbeit ausreichend gegeben ist. Für eine Verwendung der Fragebögen in einem größeren Rahmen wird jedoch eine Faktoranalyse empfohlen (Bonett & Wrigth, 2015).

5.2. Auswertung des Fragebogens der Schüler*innen

Die Daten der Schüler*innen wurden durch die Angabe des Geburtsdatums gepaart und durch die Information zur Schule und zur Klasse gruppiert. Daraus ergaben sich etwa 150 Datenpaare für die Interventionsgruppe und 27 Datenpaare für die Kontrollgruppe. Die Größe der Kontrollgruppe verringerte sich dabei um etwa 20 Schüler*innen, da eine Klasse den Posttest nicht mehr ausfüllte. Allgemein wurde ein Datenpaar für eine Kategorie aus der Auswertung ausgeschlossen, wenn die Person mehrere Items in einer Unterkategorie nicht beantwortet hat. Daraus ergab sich, dass bei manchen Kategorien etwa 130 Datenpaare für die Interventionsgruppe ausgewertet wurden und etwa 25 Datenpaare für die Kontrollgruppe. Da die Auswertung der Daten je nach gegebenen Voraussetzungen pro Kategorie unterschiedlich verlief, wird im Folgenden die Vorgehensweise, welche statistische Auswertung für die jeweilige Kategorie passend ist, kurz dargestellt. In den einzelnen Blöcken kann somit auf eine lange Darstellung der Voraussetzungen verzichtet werden.

Wie im Kapitel 4.4 bereits beschrieben wurde, wurden einerseits die einzelnen Klassen auf einen Unterschied zwischen den Messzeitpunkten getestet und andererseits mit einer mixed ANOVA der Effekt von Gruppe und Zeit berechnet. Für die erste Testung wurde ein Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test durchgeführt, wofür aber zuerst noch die Voraussetzungen überprüft werden müssen. Die Abhängigkeit der Stichproben ist dabei gegeben, da die gleichen Personen den Prä- und Posttest ausgefüllt haben und die Zuordnung mittels Klasse, Schule und Geburtsdatum ausgeführt werden konnte. Ebenso ist die abhängige Variable mindestens ordinalskaliert, da sie mittels Likert-Skala gemessen wurde und schließlich ist die abhängige Variabel annähernd symmetrisch. Dies wurde einerseits für die Gesamtheit der Klassen im Mann-Whitney-Test gezeigt und dann für einzelne Klassen mittels eines Boxhistogramms von Michael Fischer beurteilt. Eine annähernde Symmetrie wurde dadurch in den einzelnen Klassen festgestellt. Ein Beispiel für die Symmetrie einer Kategorie ist die Abbildung 5.3, die für den Mann-Whitney-Test erstellt wurde.

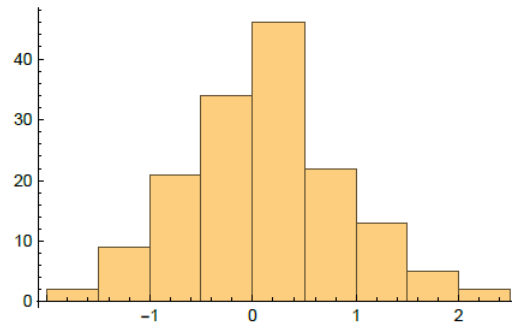


Abbildung 5.3.: Beispiel für die Symmetrie für situatives Umweltinteresse

Für die Durchführung des Wilcoxon-Tests wurden die Differenzen der arithmetischen Mittel der Itemkategorien des Prätests und des Posttests gebildet und auf einen signifikanten Unterschied getestet. Dieser Test wurde dann für das Umweltinteresse, das mathematische Interesse und die Umweltkompetenz wiederholt ausgeführt.

Die Durchführung der mixed ANOVA wurde dann wie im Kapitel 4.4 bei den Kategorien ausgeführt, die die Voraussetzungen erfüllten. Da aber die Erfüllung der Voraussetzungen bei vielen Kategorien nicht gegeben war, wurden robustere Tests verwendet. Der Mann-Whitney-Test wurde als nicht parametrischer Test für die Testung der Unterschiede zwischen den Gruppen verwendet (MacFarland & Yates, 2016). Dazu wurden die Differenzen der Werte von Prä- und Posttest gebildet und dann mit dem Mann-Whitney-Test der Unterschied zwischen den Gruppen gemessen. Um wie bei der mixed ANOVA die Signifikanz zwischen den Gruppen und den Messzeitpunkten zu berechnen, wurden dann der Friedman-Test und der Quade-Test verwendet (Theodorsson-Norheim, 1987). Denn diese beiden Testverfahren testen die Rangsummen der Blöcke auf signifikante Unterschiede (Pereira et al., 2015). Die Blöcke sind dabei im Falle dieser Studie der Prätest der Interventionsgruppe, der Posttest der Interventionsgruppe, der Prätest der Kontrollgruppe und der Posttest der Kontrollgruppe. Der Friedman Test wird dabei für kleine Gruppen ($n \leq 7$) verwendet und der Quade Test für Gruppen mit $n > 7$. Mit welchen Tests nun die Voraussetzungen berechnet wurden und wie darauf die passenden Tests zur Überprüfung der Hypothesen ausgewählt wurden, wird im Pfad der Abbildung 5.4 veranschaulicht.

5.2. AUSWERTUNG DES FRAGEBOGENS DER SCHÜLER*INNEN

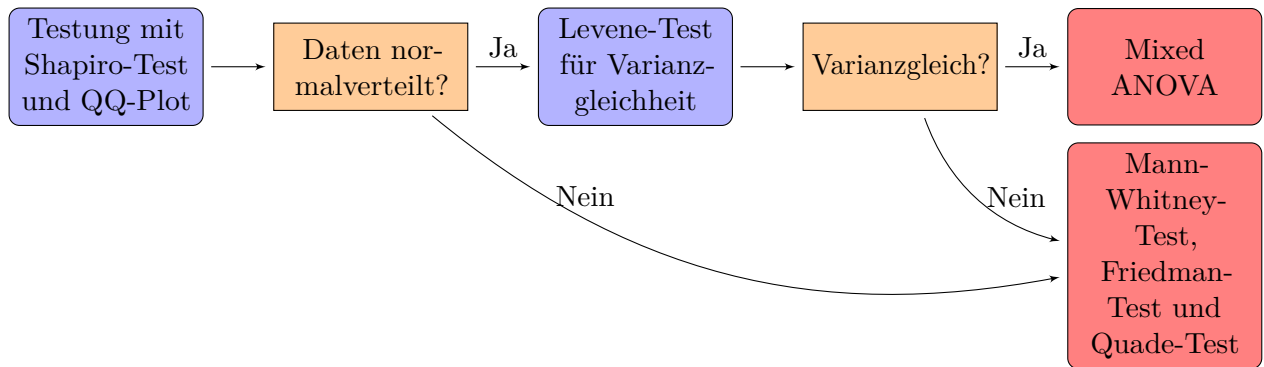
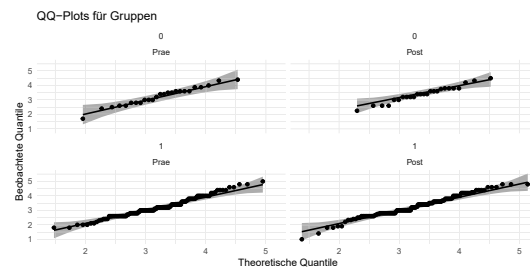


Abbildung 5.4.: Pfad zur Veranschaulichung der Auswahl des Testverfahrens

Dass die Prüfung auf Normalverteilung durch den Shapiro-Test und den QQ-Plot erfolgt, liegt dabei daran, dass bei Gruppen mit sehr unterschiedlichen Gruppengrößen der Shapiro-Test durch Ausreißer zu stark beeinflusst wird und daher Shatz (2023) zur Verwendung von grafischen Methoden zur Überprüfung von Voraussetzungen aufruft. Wenn nun die Punkte im QQ-Plot eine annähernd lineare Funktion bilden und nur die Enden leicht abweichen, so liegt approximativ Normalverteilung vor (Meier, 2022). Um nun aber bei den ausgegebenen QQ-Plots ein verlässliches Ergebnis zu erhalten, wann die Abweichungen nicht mehr als normalverteilt gelten, wurde zusätzlich eine entsprechende Hüllkurve eingezeichnet, die die natürliche Schwankung, bei der noch von einer Normalverteilung gesprochen werden kann, vorgibt (Meier, 2022). Ein Beispiel für diesen Vorteil des QQ-Plots gegenüber dem Shapiro-Test kann in Abbildung 5.5 betrachtet werden. Hier ist der Shapiro-Test im Bild 5.5a für die Interventionsgruppe signifikant, dass bedeutet, dass keine Normalverteilung vorliegt. Der QQ-Plot im Bild 5.5b deutet aber noch auf Normalverteilung hin, da sich die Ausreißer innerhalb der Hüllkurve befinden.

Group	Condition	variable	statistic	p
0	Prae	Interesse	0.9757168	0.78936546
0	Post	Interesse	0.9717384	0.68937099
1	Prae	Interesse	0.9774472	0.03002517
1	Post	Interesse	0.9802292	0.05655950

(a) Shapiro-Test



(b) QQ-Plot

Abbildung 5.5.: Tests auf Normalverteilung zum situativen Umweltinteresse

In den folgenden Abschnitten werden nun die Ergebnisse der unterschiedlichen Kategorien dargelegt. Dazu wird zuerst auf die Testung zwischen der Interventionsgruppe und der Kontrollgruppe sowie zwischen den Messzeitpunkten eingegangen. Um die Unterschiede zwischen den Gruppen noch besser zu veranschaulichen, wurden zusätzlich zu den Tests Boxplots erstellt, die die Werte der Schüler*innen in den einzelnen Kategorien darstellen. Dabei sind in Blau die Werte der Kontrollgruppe verbildlicht und in Gelb die Werte der Interventionsgruppe. Auf der y -Achse können dann die arithmetischen Mittelwerte, die mittels der Antworten der Items gebildet wurden, abgelesen werden. 1 bedeutet dabei *keine Zustimmung* und 5 entspricht einer sehr hohen Zustimmung. Entlang der x -Achse lässt sich zudem ablesen, ob die Boxplots die Daten des Prätests oder des Posttests repräsentieren. In einem zweiten Schritt werden dann zusätzlich zu jeder Kategorie die Ergebnisse des Wilcoxon Tests der einzelnen Klassen besprochen. Um die Ergebnisse anonymisiert darzustellen, werden den Klassen der Interventionsgruppe die Zahlen eins bis neun zugeordnet. Die Kontrollgruppe erhält schließlich noch die Zahlen zehn und elf.

Die Ergebnisse werden nun so dargestellt, dass zuerst die Auswertung Umweltkompetenz gemeinsam mit der qualitativen Analyse der offenen Fragen dargestellt wird. Danach folgt das Umweltinteresse und schließlich noch das mathematische Interesse.

5.2.1. Umweltkompetenz

Kognitive Kompetenz

Die kognitive Umweltkompetenz wurde mittels der Kategorisierung keine Kompetenz, mittlere Kompetenz und hohe Kompetenz gemessen. Bei der Prüfung der Voraussetzungen zeigt sich, dass bei keiner der Unterkategorien Normalverteilung vorliegt, der Levene Test jedoch nicht signifikant ist und somit Varianzgleichheit zwischen den Gruppen vorliegt. Die Verletzung der Normalverteilung liegt dabei in allen Kategorien zum größten Teil in der Interventionsgruppe, wie im QQ-Plot der Abbildung 5.6 beispielhaft gezeigt wird.

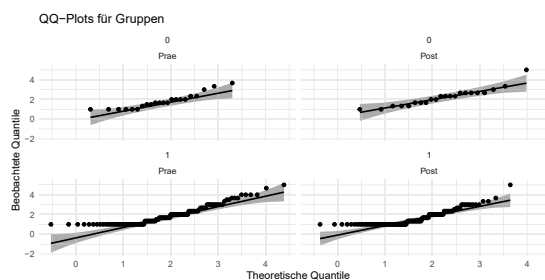


Abbildung 5.6.: QQ-Plot zur Unterkategorie *keine kognitive Kompetenz*

Wir betrachten daher für die Analyse der Ergebnisse die robusteren Tests. Für die Kategorie *keine kognitive Kompetenz* zeigt der Mann-Whitney-Test, dass mit einem Wert von $p = 0.015$ ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen vorliegt. Diese unterschiedliche Verteilung zwischen den Gruppen ist in der Abbildung 5.7a visualisiert. Dieser Boxplot zeigt, dass die Kontrollgruppe 0 eine starke Zunahme in der Kategorie

5.2. AUSWERTUNG DES FRAGEBOGENS DER SCHÜLER*INNEN

keine kognitive Kompetenz hat. So haben beispielsweise im Posttest mindestens 75% der Schüler*innen der Kontrollgruppe einen Wert zwischen 1.6 und 3.4, wohingegen im Prätest nur 50% in diesem Bereich liegen. Die unteren 75% der Kontrollgruppe haben im Prätest hingegen einen Wert unter 2. Im Vergleich dazu ist der Median der Interventionsgruppe gesunken und die Quartilspannweite hat im Posttest abgenommen. So haben im Prätest noch 50% der Schüler*innen der Interventionsgruppe einen Wert zwischen 1 und 1.7 und im Posttest haben die unteren 50% der Schüler*innen einen Wert zwischen 1 und 1.4.

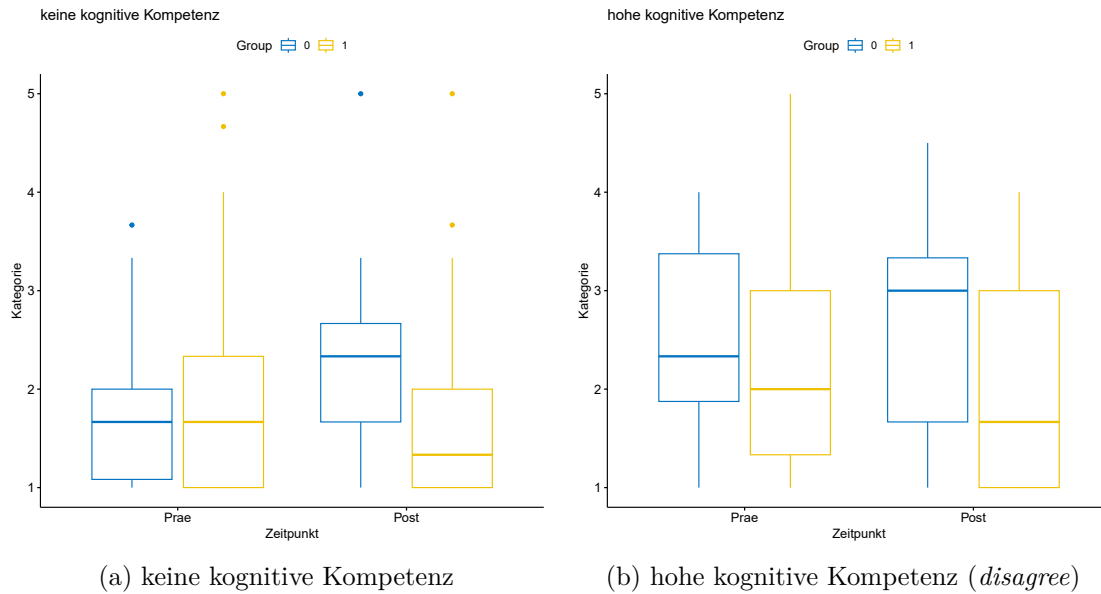


Abbildung 5.7.: Boxplot zu den Unterkategorien

Mit $p = 0.0455$ zeigt auch der Friedman Test, dass auch der Unterschied zwischen den vier Blöcken signifikant ist und gleiches zeigt auch der Quade Test mit $p = 0.02207$, der aufgrund der Stichprobengröße hier der aussagekräftigere Test ist. Auch die ANOVA weist mit $p = 0.004$ auf einen hohen Interaktionseffekt zwischen den Faktoren Gruppe und Zeit hin, und hat einen geringen Effekt von 0.0230. In Anbetracht der Verletzung der Normalverteilung sind die Ergebnisse der ANOVA jedoch wenig robust und daher nur eingeschränkt interpretierbar.

Eine ähnliche Veränderung zwischen Prä- und Posttest ist bei der hohen kognitiven Kompetenz ersichtlich. Da die Kategorie *hohe kognitive Kompetenz* als *disagree*-Kategorie kodiert ist, impliziert eine Abnahme in dieser Kategorie eine Zunahme der hohen kognitiven Kompetenz. Die Boxplots in Abbildung 5.7b zeigen dabei einen höheren Median der Kontrollgruppe im Posttest und einen niedrigeren Median der Interventionsgruppe im Posttest. Zusätzlich haben in der Interventionsgruppe im Prätest mindestens 50% der Schüler*innen einen Wert zwischen 1 und 2 und im Posttest haben mindestens 50% einen Wert zwischen 1 und 1.8. Insgesamt sind diese Tendenzen jedoch nicht stark genug, um einen signifikanten Unterschied zwischen den Blöcken in der Kategorie *hohe kognitive Kompetenz* festzustellen. So ist zwar der Friedman-Test mit $p = 0.035$ signifikant, jedoch

KAPITEL 5. RESULTATE

der Quade-Test mit $p = 0.1137$ nicht.

Keine signifikanten Unterschiede konnten in der Kategorie *mittlere kognitive Kompetenz* gefunden werden, wobei hier auffällt, dass in der Kontrollgruppe beim Posttest im Vergleich zum Prätest die Quartilspannweite zunahm. Der entgegengesetzte Effekt zeigt sich in der Interventionsgruppe, deren Quartilsabstand im Vergleich zum Prätest kleiner wurde.

Betrachtet man nun die Veränderung in den einzelnen Klassen mit dem Wilcoxon Test, fällt auf, dass beispielsweise in der Kategorie *keine kognitive Kompetenz* in beiden Kontrollklassen eine Zunahme verzeichnet wurde und in allen Interventionsklassen eine Abnahme oder ein gleichbleibender Median. Dabei haben Klassen mit einem ohnehin niedrigen Wert im Prätest beim Posttest nur eine kleine Abnahme des Medians. Klassen mit einem höheren Wert verzeichnen hingegen eine eindeutige Abnahme. Die gleiche Veränderung ist auch in der Kategorie *hohe kognitive Kompetenz* beobachtbar, wobei hier die Unterschiede zwischen den Medianen etwas kleiner sind. Aus der Analyse der Plots des Wilcoxon-Tests konnte nun einerseits die Veränderung des Medians pro Klasse (Zunahme, Abnahme oder Konstanz) sowie der zugehörige p-Wert abgelesen werden. Einer Übersicht über die Ergebnisse zur kognitiven Umweltkompetenz bietet die Tabelle 5.8.

keine kognitive Kompetenz			mittlere kognitive Kompetenz			hohe kognitive Kompetenz		
Klasse	Veränderung des Medians	p-Wert	Klasse	Veränderung des Medians	p-Wert	Klasse	Veränderung des Medians	p-Wert
1	Konstanz	0.7127	1	Zunahme	0.5838	1	Konstanz	1
2	Abnahme	0.4280	2	Konstanz	0.9431	2	Abnahme	0.1785
3	Abnahme	0.0075	3	Zunahme	0.0726	3	Abnahme	0.0658
4	Konstanz	0.8551	4	Konstanz	1	4	Abnahme	0.5807
5	Abnahme	0.1436	5	Zunahme	0.1221	5	Abnahme	0.6453
6	Konstanz	0.7546	6	Abnahme	0.5381	6	Konstanz	1
7	Konstanz	0.8645	7	Konstanz	0.8334	7	Zunahme	0.8551
8	Abnahme	0.1249	8	Abnahme	0.6349	8	Zunahme	0.0748
9	Abnahme	0.0748	9	Zunahme	0.0332	9	Abnahme	0.0130
10	Zunahme	0.1156	10	Zunahme	0.6823	10	Zunahme	0.6349
11	Zunahme	0.7246	11	Abnahme	0.5991	11	Konstanz	1

Abbildung 5.8.: Überblick der Ergebnisse des Wilcoxon-Tests zur kognitiven Umweltkompetenz

Eine signifikante Abnahme in der Kategorie *keine kognitive Kompetenz* hat mit einem p-Wert von 0.0075 die Klasse drei zu verzeichnen. Die gleiche Klasse hat auch in der *mittleren kognitiven Kompetenz* mit $p = 0.0726$ eine Zunahme zu verzeichnen, die jedoch nicht signifikant ist und auch in der hohen kognitiven Kompetenz zeigt sich eine Zunahme an Wissen, die jedoch mit $p = 0.0658$ auch hier die Signifikanz verfehlt. Eine signifikante Veränderung weist Klasse neun in der Kategorie *hohe kognitive Kompetenz* mit $p = 0.0130$ auf und ebenso in der Kategorie *mittlere kognitive Kompetenz* mit $p = 0.0332$. In beiden Kategorien hat die Klasse neun eine Zunahme in der kognitiven Kompetenz. Ebenso hat die Klasse neun in der Kategorie *keine kognitive Kompetenz* eine Abnahme, wobei diese mit $p = 0.0748$ nicht signifikant ist. Im Gegensatz dazu zeigt sich in den Klassen vier,

5.2. AUSWERTUNG DES FRAGEBOGENS DER SCHÜLER*INNEN

sechs und sieben fast keine Veränderung in den Medianen des Prätests und des Posttests.

Damit das kognitive Wissen nicht nur über das Einschätzen von Aussagen mittels der Likert-Skala berechnet wird, werden hier die Ergebnisse der Analyse der offenen Fragen dargestellt. Dazu wurden die Datensets analysiert, die sowohl im Prä- als auch im Posttest vollständige und ernsthafte Angaben enthielten. Durch die Bereinigung des Datensets mussten 23 Schüler*innen von der Analyse ausgeschlossen werden. Die quantitative Zusammenfassung der qualitativen Analyse von nun 138 Schüler*innen-Antworten, ist in der Tabelle 5.1 veranschaulicht.

Klassen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
WZ in %	20	63	50	38	63	38	55	42	100	33	27

Tabelle 5.1.: Prozentualer Wissenszuwachs (WZ) basierend auf der Beantwortung der offenen Fragen

Die Klasse eins hat insgesamt wenig ausgefüllt, wodurch auch wenig Wissenszuwachs beobachtet werden konnte. Genauer gesagt haben die Schüler*innen dieser Klasse meist nur die erste Frage beantwortet und dies nur mit einem kurzen Wort. Zwei der zehn Schüler*innen dieser Klasse gaben beim Posttest jedoch trotzdem genauere Antworten als beim Prätest. In der Klasse zwei konnte bei 63% der insgesamt 19 Schüler*innen ein Wissenszuwachs festgestellt werden. Bei der Klasse drei waren es 7 von 14 Schüler*innen, die nach der Intervention qualitativ hochwertigere sowie neue Antworten gaben. Die Intervention hat bei der Klasse vier zu einem Wissenszuwachs bei 3 von 8 Schüler*innen geführt. Das entspricht 38%. In der Klasse fünf waren es 10 von 16 Schüler*innen, also 63%, die einen Wissenszuwachs aufwiesen. 38% der Schüler*innen aus Klasse sechs gaben bessere Antworten im Posttest und in Klasse sieben waren es 55%, bei denen ein Wissenszuwachs sichtbar wurde. In der Klasse acht gaben 42% der Schüler*innen im Posttest bessere Antworten und in der Klasse neun waren es 8 von 8 Schüler*innen, die die Fragen beim Posttest deutlich besser beantworteten als beim Prätest. In den Kontrollklassen konnte bei beiden Klassen ein Wissenszuwachs von einmal 33% in Klasse zehn und 27% in Klasse elf gemessen werden.

Insgesamt zeigte sich noch, dass die Antworten des Posttests bei einem Großteil der Befragten deutlich kürzer waren. Trotzdem hat die Qualität der Antworten zugenommen, indem speziell Kinder mit oberflächlichem Wissen im Posttest präzise Antworten gaben, die als tiefergehendes Wissen eingestuft werden konnten. Ein Beispiel dafür ist die Klasse 4, die im Gegensatz zu anderen Klassen wenig Wissenszuwachs aufwies. Die Qualität der Antworten steigerte sich aber trotzdem, da im Prätest zehn Antworten dem oberflächlichen Wissen zugeordnet wurden und 19 Antworten dem tiefergehenden Wissen. Im Posttest gab es dann fünf oberflächliche Antworten und 26 tiefergehende Antworten. Die Entwicklung von oberflächlichem zu tiefergehendem Wissen über den Interventionszeitraum hinweg zeigt sich konsistent über alle Klassen der Intervention. Von den insgesamt 62 Schülerinnen, die in den offenen Fragen einen Wissenszuwachs

aufwiesen, konnte bei 46 eine Vertiefung des Wissens im Posttest im Vergleich zum Prätest festgestellt werden. Hingegen erlangten 16 Schülerinnen kein präziseres, jedoch neues Wissen im Vergleich zum Prätest. Dieser Wissenszuwachs trat insbesondere bei der zweiten und dritten Frage auf. Bei diesen Fragen war oft beim Prätest kein Wissen vorhanden und beim Posttest änderte sich dies zu oberflächlichem oder tiefergehendem Wissen. Bei Frage eins ist die geringste Änderung zu sehen, da viele Kinder schon beim Prätest meist zwei bis vier korrekte Antworten gaben. Auch bei den Kontrollklassen wurde ein Wissenszuwachs gemessen, wobei auffällig ist, dass dieser Wissenszuwachs speziell die Frage zwei betrifft und alle Schüler*innen sehr ähnliche Antworten bei dieser Frage gaben. So wurde die Frage zwei im Prätest in der Kontrollgruppe nur selten oder gar nicht beantwortet, während im Posttest etwa ein Viertel der Schüler*innen auf diese Frage mit der Antwort „Die Pole schmelzen und Eisbären sterben“ reagierten.

Emotionale Kompetenz

Auch im Block der emotionalen Kompetenz sind die Daten aufgrund der Interventionsgruppe nicht normalverteilt. Ebenso ist im ersten Block der emotionalen Kompetenz der Levene-Test signifikant, wodurch auch die Varianzgleichheit zwischen den Gruppen nicht gegeben ist. Eine Interpretation der mixed ANOVA ist dadurch unzulässig. Betrachtet man nun den Mann-Whitney-Test beispielsweise für den dritten Block *hohe emotionale Kompetenz*, fällt auf, dass dieser hier wieder aufgrund der Symmetrie anwendbar ist. In Abbildung 5.9 wird mit dem linken Histogramm die Symmetrie überprüft und der rechte Plot zeigt das Ergebnis des Mann-Whitney-Tests, das mit $p = 0.11527$ nicht signifikant ist. Die auf der y -Achse ablesbaren Werte stellen dabei die Differenz zwischen den Posttest-Werten und den Prätest-Werten dar.

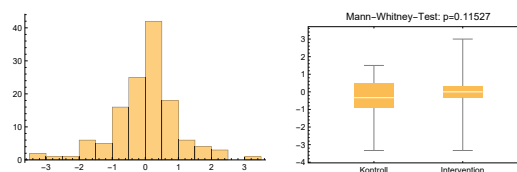


Abbildung 5.9.: Mann-Whitney-Test zur hohen emotionalen Kompetenz

Ebenso nicht signifikant waren der Friedman-Test und der Quade-Test in allen drei Unterkategorien der emotionalen Kompetenz. Auch der p -Wert in der Abbildung 5.9 zeigt, dass der Unterschied zwischen den Gruppen zwar nicht signifikant ist, jedoch lässt sich aus dem Mann-Whitney-Plot erkennen, dass die Antworten in der Interventionsgruppe weitgehend konstant blieben, während die Kontrollgruppe eine größere Differenz zwischen den Prä- und Posttestergebnissen aufweist. Aus diesem Grund werden nun die Boxplots der emotionalen Kompetenz aus der Abbildung 5.10 in allen drei Unterkategorien analysiert.

Die Boxplots zur *hohen emotionalen Kompetenz* in Abbildung 5.10c zeigen eine Veränderung, die auch bereits in Abbildung 5.9 sichtbar wurde. Die Interventionsgruppe hat beinahe idente Boxplots, wohingegen der Median der Kontrollgruppe gesunken ist.

5.2. AUSWERTUNG DES FRAGEBOGENS DER SCHÜLER*INNEN

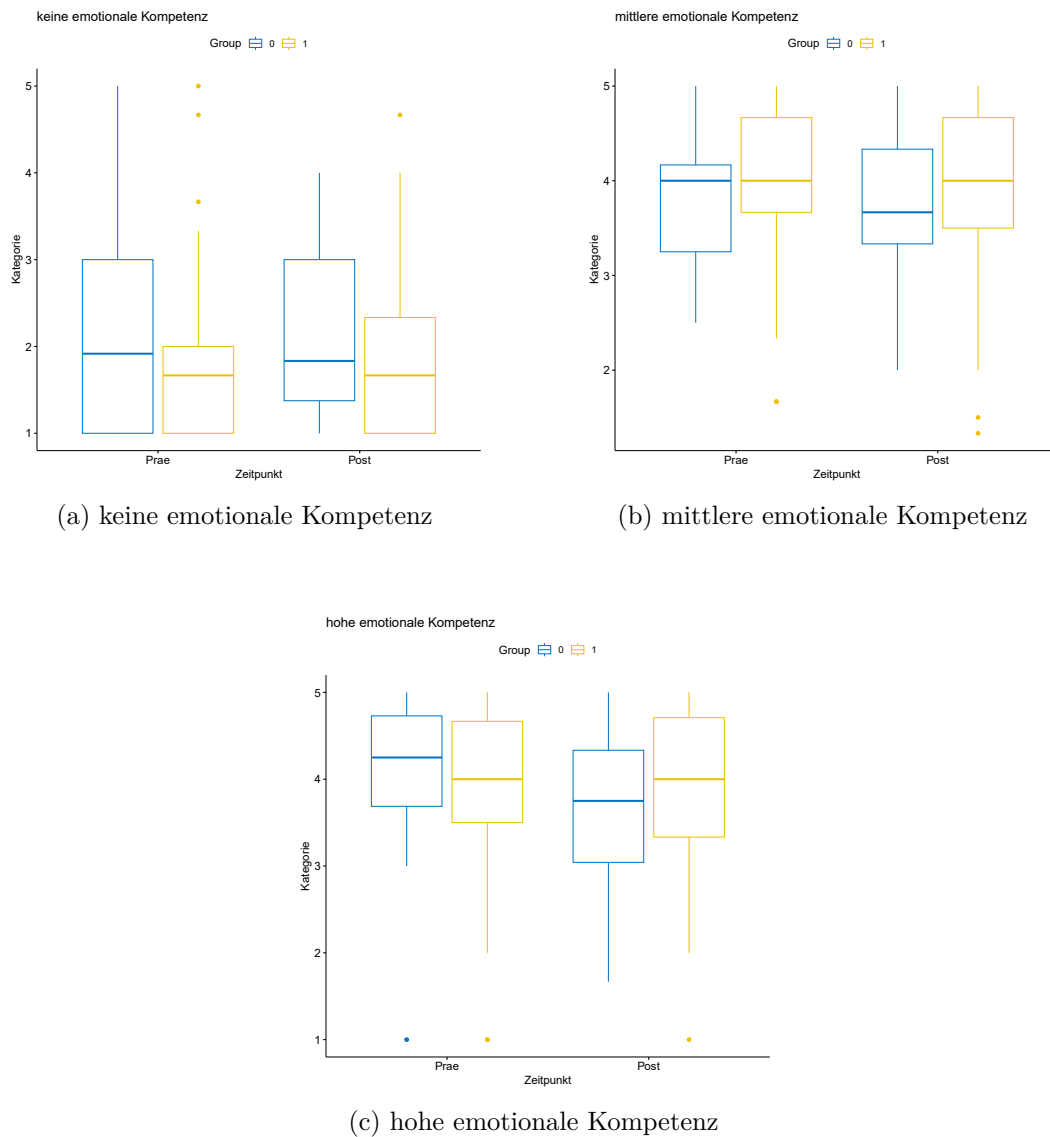


Abbildung 5.10.: Boxplots zu den emotionalen Kompetenzen

Darüber hinaus hat sich der Interquartilsabstand der Kontrollgruppe verbreitert. Sehr ähnlich sieht es mit den Boxplots der Abbildung 5.10b zur *mittleren emotionalen Kompetenz* aus. Durch den niedrigeren Median befinden sich die unteren 50% der Kontrollgruppe beim Posttest zwischen den Werten 2 und 3.7, wohingegen beim Prätest die unteren 50% im Bereich [2.5; 4] lagen. In der Unterkategorie *keine emotionale Kompetenz* zeigt sich, dass schon im Prätest die Interventionsgruppe niedrigere Werte hatte als die Kontrollgruppe. So befinden sich etwa die unteren 50% der Kontrollgruppe in jenem Bereich, in dem sich etwa 75% der Interventionsgruppe befinden. Im Posttest der Kontrollgruppe befinden sich die mittleren 50% in einem Bereich mit höheren Werten als beim Prätest.

Gleichzeitig wächst aber auch der Interquartilsabstand der Interventionsgruppe.

Dass im Block *keine emotionale Kompetenz* die Tests keine signifikanten Ergebnisse liefern und auch die gruppierten Boxplots wenig Aussagen zulassen, spiegelt sich in den Ergebnissen der klassenspezifischen Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests wider. Während es in der Klasse eins mit $p = 0.072$ zu einer Abnahme des Medians kommt und auch die Klassen fünf und acht Abnahmen verzeichnen, kommt es in den Klassen zwei, sechs und sieben zu vergleichsweise starken Zunahmen. Die stärkste Zunahme hat dabei die Klasse sieben mit einem Median, der von 1.1 auf den Wert 1.5 gestiegen ist. Bei der *mittleren emotionalen Kompetenz* ließ sich nur in Klasse fünf der Interventionsgruppe mit $p = 0.0114$ ein signifikanter Anstieg verzeichnen. Alle anderen Klassen haben sowohl beim Posttest also auch beim Prätest etwa einen Median von vier. Keine signifikanten klassenspezifischen Ergebnisse wurde in der Kategorie *hohe emotionale Kompetenz* gefunden. Es zeigt sich, dass es in fast allen Klassen der Interventionsgruppe zu keiner Veränderung kam. Nur die Kontrollgruppe hat in beiden Klassen eine eindeutig sichtbare Abnahme, die zwar nicht signifikant ist, jedoch die Veränderung im Posttest der Abbildung 5.10c erklärt.

Verhaltensbezogene Kompetenz

Für die verhaltensbezogene Kompetenz konnte für die Kategorien *keine verhaltensbezogene Kompetenz* und *mittlere verhaltensbezogene Kompetenz* keine Normalverteilung der Daten festgestellt werden. Die Daten der dritten Unterkategorie sind normalverteilt, jedoch sind die Posttests der beiden Gruppen nicht varianzgleich, wodurch für keine der drei Unterkategorien die mixed ANOVA interpretiert werden darf. So sind beispielsweise in der Kategorie *keine verhaltensbezogene Kompetenz* die Unterschiede zwischen den Gruppen und die Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten nach Berechnungen mit der ANOVA signifikant, jedoch kann diese Signifikanz nicht mit den robusteren Tests beibehalten werden. Betrachtet man den Boxplot von *keine verhaltensbezogene Kompetenz* zeigt sich, dass die mittleren 50% der Kontrollgruppe im Prätest im Bereich $[1, 3]$ waren und im Posttest im Bereich $[1.7, 3]$. Diese Verschiebung könnte jedoch auch auf natürliche Schwankungen in den Daten zurückzuführen sein. Die mittleren 50% der Interventionsgruppe blieben hingegen unverändert in beiden Tests im Bereich $[1, 2.3]$. Signifikante Ergebnisse bei den robusteren Tests gab es in der Kategorie *mittlere verhaltensbezogene Kompetenz*. Hier war der Quade-Test mit einem Wert von $p = 0.0247$ signifikant.

Die Auswertung des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests ergab hingegen keine signifikanten Ergebnisse in der mittleren und hohen verhaltensbezogenen Kompetenz. So verzeichnen beispielsweise beide Kontrollgruppen eine Abnahme in der Kategorie *mittlere verhaltensbezogene Kompetenz* und gleiches gilt für sechs der neun Klassen der Interventionsgruppe. Zwei weitere Klassen blieben unverändert und nur die Klasse eins wies eine Zunahme des Medians auf, die aber nicht signifikant ist. Eine ähnliche Tendenz zeigt sich in der Kategorie *hohe verhaltensbezogene Kompetenz*, wobei hier die Unterschiede noch kleiner sind, wodurch schließlich auch der Quade-Test nicht signifikant ist. Ebenso blieben die Boxplots der dritten Kategorie der verhaltensbezogenen Kompetenz in beiden Gruppen fast unverändert. Das einzig signifikante Ergebnis mit $p = 0.017$ hatte die Klasse

5.2. AUSWERTUNG DES FRAGEBOGENS DER SCHÜLER*INNEN

zwei in der Kategorie *keine verhaltensbezogene Kompetenz*

5.2.2. Umweltinteresse

Für das Umweltinteresse konnte für die Kategorie *situatives Umweltinteresse* sowohl die Normalverteilung mit dem QQ-Plot, als auch die Varianzhomogenität zwischen den Gruppen mit dem Levene-Test bestätigt werden. Die mixed ANOVA darf also für diese Kategorie interpretiert werden. Für die beiden Kategorien *Desinteresse für die Umwelt* und *individuelles Interesse für die Umwelt* müssen jedoch wieder die robusteren Tests verwendet werden. Betrachtet man nun zuerst die mixed ANOVA für das situative Interesse, zeigt sich, dass mit $p = 0.452$ für die Gruppen und $p = 0.202$ für die Intervention keine der beiden Faktoren zu einem signifikanten Unterschied geführt haben. Dieses Ergebnis spiegelt sich auch mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test in den einzelnen Klassen wider. Die Zusammenfassung der Ergebnisse des Wilcoxon-Tests ist in Abbildung 5.11 veranschaulicht.

Desinteresse für die Umwelt			situatives Umweltinteresse			individuelles Umweltinteresse		
Klasse	Veränderung des Medians	p -Wert	Klasse	Veränderung des Medians	p -Wert	Klasse	Veränderung des Medians	p -Wert
1	Konstanz	1	1	Zunahme	0.8879	1	Zunahme	0.0339
2	Zunahme	0.393	2	Abnahme	0.662	2	Zunahme	0.8158
3	Konstanz	0.721	3	Zunahme	0.3601	3	Zunahme	0.049
4	Abnahme	0.446	4	Zunahme	0.28	4	Zunahme	0.57
5	Abnahme	0.53	5	Konstanz	1	5	Abnahme	0.15
6	Abnahme	0.608	6	Abnahme	0.61	6	Zunahme	0.443
7	Abnahme	0.68	7	Zunahme	0.065	7	Abnahme	0.623
8	Abnahme	0.0514	8	Abnahme	0.147	8	Abnahme	0.634
9	Abnahme	0.93	9	Zunahme	0.3516	9	Abnahme	0.725
10	Abnahme	0.1411	10	Abnahme	0.1141	10	Konstanz	0.8869
11	Zunahme	0.208	11	Zunahme	0.037	11	Zunahme	0.1726

Abbildung 5.11.: Überblick der Ergebnisse des Wilcoxon-Tests zum Umweltinteresse

Denn bei diesem Test zeigten die Plots für das situative Umweltinteresse in beiden Gruppen sowohl Abnahmen in den Klassen zwei, acht, sechs und zehn als auch Zunahmen in den Klassen eins, drei, vier, sieben, neun und elf. Dabei war nur die Zunahme in der Klasse 11 mit $p = 0.037$ signifikant. Eindeutiger ist dahingegen die Situation beim *Desinteresse für die Umwelt*. Hier zeigt der Wilcoxon Test, dass fast alle Klassen der Intervention eine Abnahme vorweisen und nur eine Klasse eine Zunahme des Medians von 1.9 auf 2.2 hat. Bei der Kontrollgruppe zeigte sich, dass in dieser Kategorie Klasse elf eine Zunahme von Desinteresse und Klasse zehn eine Abnahme von Desinteresse hatte. Dass speziell die oberen 50% der Interventionsgruppe im Posttest ein geringeres Desinteresse haben, ist in der Abbildung 5.12a ersichtlich. Dort zeigt sich auch, dass sich die Spannweite der Interventionsgruppe verkleinert hat und auch die Quartilsabstände kleiner wurden, wobei dies auf natürliche Schwankungen rückführbar sein kann. Die Kontrollgruppe hat hingegen den gegenläufigen Effekt.

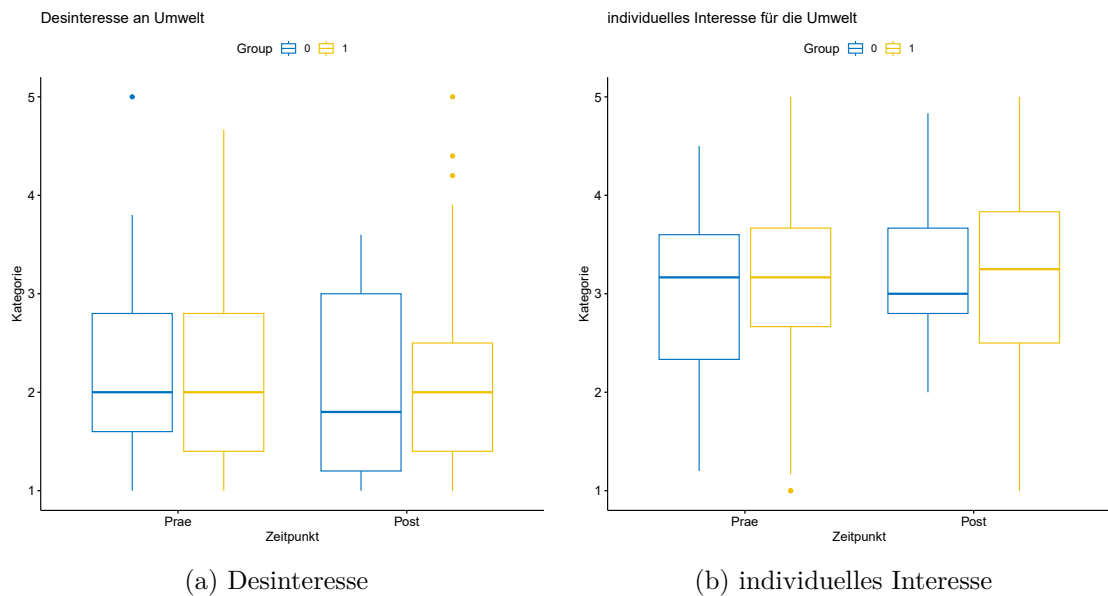


Abbildung 5.12.: Boxplots zum Umweltinteresse

Für das individuelle Interesse zeigt der Wilcoxon-Test, dass die Klasse eins mit $p = 0.0339$ und die Klasse drei mit $p = 0.049$ eine signifikante Zunahme haben. Es gibt aber ebenso Klassen der Interventionsgruppe mit einer Abnahme, deren p-Werte jedoch nicht signifikant sind. Daraus ergibt sich der breitere Quartilsabstand, der in Abbildung 5.12b zu sehen ist. Da nun aber insgesamt mehr Klassen der Interventionsgruppe eine Zunahme haben, ergibt sich der leichte Anstieg des Medians, den der gelbe Boxplot in Abbildung 5.12b aufweist. Die Kontrollgruppe hat in der Klasse elf einen Anstieg des Medians von 2.8 auf 3.4 und die Klasse zehn blieb unverändert. Dadurch wurde der Quartilsabstand im Posttest kleiner und die mittleren 50% befinden sich nun in einem höheren Bereich, wie in Abbildung 5.12b bei den blauen Boxplots zu sehen ist. Die Unterschiede, die durch den Wilcoxon-Test sichtbar werden, zeigen aber über alle Klassen hinweg keinen einheitlichen Effekt und auch der Quade-Test ist in keiner Kategorie signifikant.

5.2.3. Mathematisches Interesse

Ident zum Umweltinteresse erfüllt auch hier die Kategorie zum situativen Interesse die Voraussetzungen für eine mixed ANOVA. Für die Kategorien *Desinteresse an Mathematik* und *individuelles Interesse an Mathematik* müssen aufgrund der Verletzung der Voraussetzungen wieder die robusteren Tests verwendet werden. Die mixed ANOVA hat mit $p = 0.154$ für den Faktor Gruppe und $p = 0.091$ für den Faktor Messzeitpunkt keine signifikanten Unterschiede gemessen. Ebenso ist der Unterschied zwischen den Gruppen nach dem Mann-Whitney-Test in keiner der drei Unterkategorien signifikant. Die Anwendung des Friedman-Tests und des Quade-Tests zur Überprüfung von Unterschieden zwischen Blöcken ergab für die Kategorien *Desinteresse an Mathematik* und *individuelles Interesse an Mathematik* signifikante Ergebnisse. Der Quade-Test, der aufgrund der

5.2. AUSWERTUNG DES FRAGEBOGENS DER SCHÜLER*INNEN

Stichprobengröße aussagekräftiger ist, hat mit $p = 0.00044$ ein signifikantes Ergebnis für das Desinteresse und auch beim individuellen Interesse konnten mit einem p von 0.011 signifikante Unterschiede zwischen den Blöcken gefunden werden. Diese Unterschiede zeigen sich auch in den Boxplots der Abbildung 5.14. Die Boxplots in 5.14a zeigen, dass der Median des Desinteresses in der Kontrollgruppe den Wert 3 etwa beibehalten hat. Gleiches zeigt auch der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test (siehe Abbildung 5.13), der mit $p = 1$ in der Klasse elf gar keinen Unterschied in der Kategorie Desinteresse misst und in Klasse zehn anhand des Plots eine leichte Zunahme aufzeigt. Im Vergleich dazu hat die Interventionsgruppe mit einem Median von 2.5 im Prätest ein niedrigeres Desinteresse. Im Posttest hingegen nähert sich der Median der Interventionsgruppe der Kontrollgruppe an. Das Desinteresse der Interventionsgruppe ist also gestiegen. Dieser Anstieg des mathematischen Desinteresses lässt sich auch in der Tabelle 5.13 beobachten, in der die Klasse drei mit $p = 0.038$ und die Klasse sechs mit $p = 0.0001$ eine signifikante Zunahme verzeichnen.

Desinteresse			situitives Interesse			individuelles Interesse		
Klasse	Veränderung des Medians	p -Wert	Klasse	Veränderung des Medians	p -Wert	Klasse	Veränderung des Medians	p -Wert
1	Zunahme	0.61	1	Zunahme	0.3503	1	Zunahme	0.1
2	Zunahme	0.586	2	Abnahme	0.1912	2	Abnahme	0.22
3	Zunahme	0.038	3	Konstanz	0.825	3	Abnahme	0.055
4	Zunahme	0.4404	4	Abnahme	0.04	4	Abnahme	0.0829
5	Zunahme	0.7224	5	Abnahme	0.1	5	Abnahme	0.31
6	Zunahme	0.0001	6	Abnahme	0.331	6	Abnahme	0.026
7	Zunahme	0.4419	7	Konstanz	0.837	7	Konstanz	0.878
8	Zunahme	0.1638	8	Abnahme	0.3461	8	Abnahme	0.181
9	Konstanz	1	9	Zunahme	0.3428	9	Zunahme	0.25
10	Zunahme	0.7	10	Konstanz	0.887	10	Konstanz	0.1
11	Konstanz	1	11	Abnahme	0.726	11	Konstanz	0.833

Abbildung 5.13.: Überblick der Ergebnisse des Wilcoxon-Tests zum mathematischen Interesse

Auch die Analyse der Plots zeigt, dass in zwei Klassen eine signifikante Zunahme des Desinteresses zu verzeichnen ist, während in den übrigen Klassen der Interventionsgruppe die Mediane nahezu unverändert blieben. Diese Beobachtungen spiegeln sich in der Veränderung des gelben Boxplots wider, wie in Abbildung 5.12a dargestellt. Auch im individuellen Interesse an Mathematik hat die Klasse sechs mit $p = 0.026$ eine Abnahme. Eine Zunahme zeigt sich im individuellen Interesse mit $p = 0.25$ hingegen nur in Klasse neun und mit $p = 0.1$ in Klasse eins. Da diese Zunahmen jedoch nicht signifikant sind und die restlichen Klassen der Interventionsgruppe auch eine Abnahme aufweisen, entsteht die Abnahme des individuellen Interesses in der Interventionsgruppe, die im gelben Boxplot der Abbildung 5.14c ersichtlich ist. Für das situative Interesse lässt sich auch mithilfe des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests keine Tendenz erkennen. So hat zwar die Klasse vier eine signifikante Abnahme mit $p = 0.04$, jedoch zeigt sich in den Plots der Klassen auch zum Teil eine Zunahme oder eine Konstanz des Medians, wie in Abbildung 5.13 zu sehen ist. Gleiches gilt hier auch für die Klassen der Kontrollgruppe. Dass hier somit weder

KAPITEL 5. RESULTATE

zwischen den Gruppen noch zwischen den Messzeitpunkten eindeutige Veränderungen vorhanden sind, kann auch in Abbildung 5.14b erkannt werden.

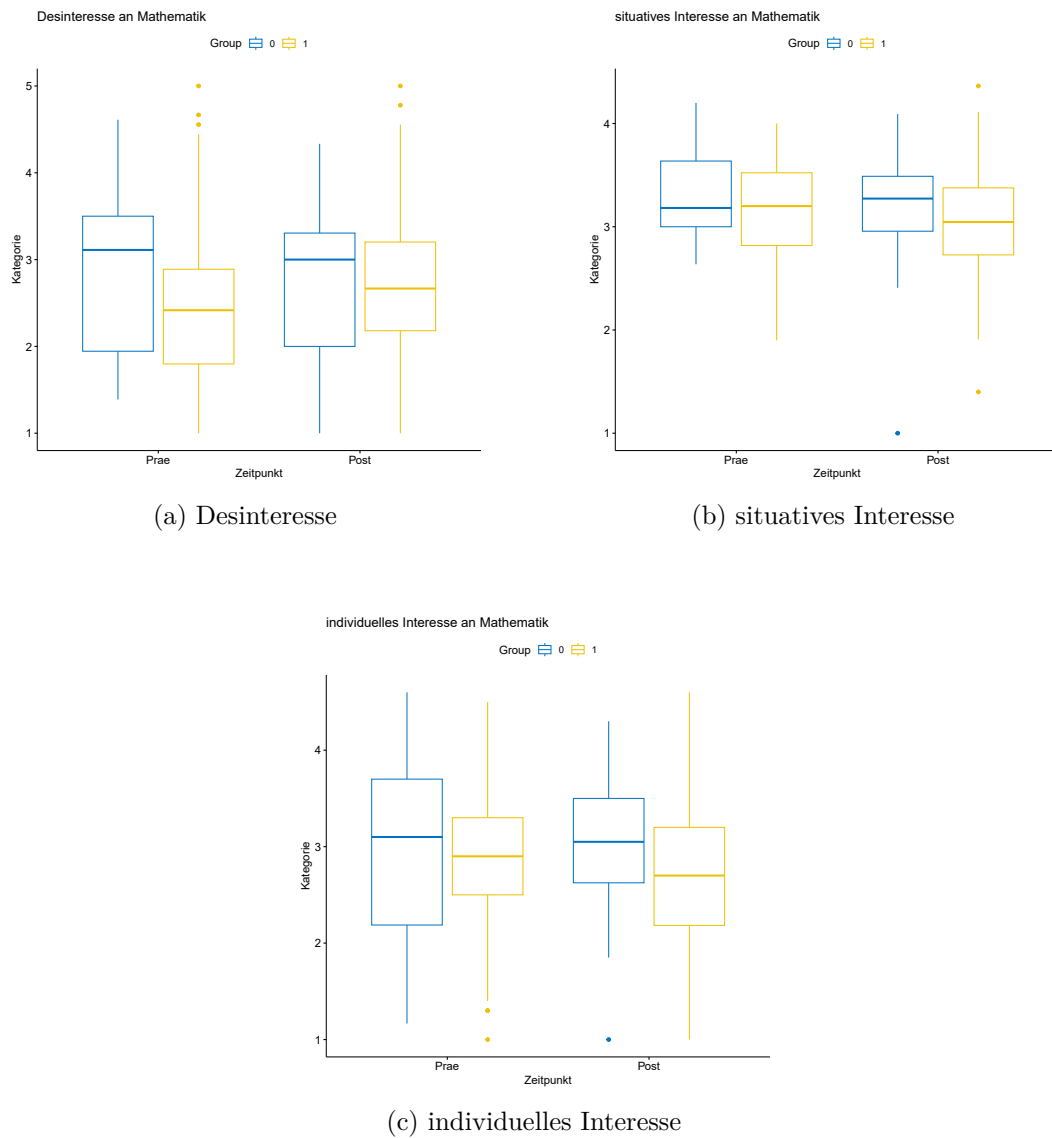


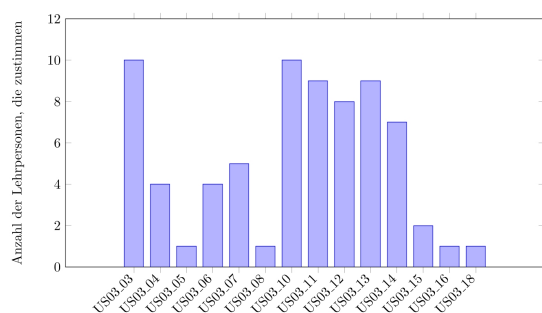
Abbildung 5.14.: Boxplots zum mathematischen Interesse der Schüler*innen

5.3. Auswertung des Fragebogens der Lehrpersonen

Da die Intervention über zwei Monate von unterschiedlichsten Lehrpersonen durchgeführt wurde, ergeben sich viele unkontrollierbare Variablen, die die Entwicklung von mathematischem Interesse, Umweltinteresse und Umweltkompetenz beeinflussen haben können. So spielt etwa die Einstellung der Lehrperson gegenüber dem Thema Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Schule sowie auch ihr eigenes Umweltinteresse eine wichtige Rolle für die Umsetzung und Durchführung der Aufgaben. Zusätzlich ist aber vor allem bei solchen textlastigen Aufgaben die Lesekompetenz der Schüler*innen nicht zu vernachlässigen. Das bedeutet, dass vor allem auch die Intensität, mit der die Aufgaben und deren Ergebnisse kontextualisiert und diskutiert wurden, einen Einfluss auf die Wirkung der Aufgaben haben könnten. Nicht alle dieser Faktoren, die einen Einfluss auf die Wirkung haben könnten, können nun im Rahmen einer Masterarbeit ausreichend untersucht werden. Um nun aber erste Einblicke in eventuelle Zusammenhänge zwischen manchen dieser Faktoren und der Wirkung der Aufgaben zu gewinnen, wird in den nächsten drei Abschnitten die Einstellung der Lehrperson zu BNE, das Umweltinteresse und die Anzahl der bearbeiteten Aufgaben gemeinsam mit den Bemerkungen der Lehrpersonen dargestellt.

5.3.1. Die Einstellung der Lehrpersonen zur BNE

Die Einstellung der Lehrpersonen zur Bildung für nachhaltige Entwicklung wurde abgefragt, indem Lehrpersonen diejenigen Aussagen ankreuzen sollten, denen sie zustimmen. Die Anzahl an Lehrpersonen, die einer Aussage zugestimmt haben, ist in der Abbildung 5.15a veranschaulicht. Die Kurzzusammenfassung der Items kann in der Tabelle der Abbildung 5.15b eingesehen werden und die ausformulierten Items können im Anhang A nachgelesen werden.



(a) Anzahl der Zustimmungen pro Item

Item	Beschreibung
US03.03	würde Projekte unterstützen
US03.04	würde auch organisieren
US03.05	habe schon bei Umweltprojekten in der Schule mitgewirkt
US03.06	würden gerne Umwelt thematisieren, weiß aber nicht wie
US03.07	BNE-Materialien zu recherchieren, ist zu viel Aufwand.
US03.08	Umweltthemen sind in Mathe nicht unterzubringen
US03.10	kann mir vorstellen, mit fertigen Aufgaben BNE in den Matheunterricht zu integrieren
US03.11	finde es wichtig, SuS Umweltthemen zu vermitteln
US03.12	wenn kein Mehraufwand, dann gerne BNE einbauen
US03.13	BNE mit fächerübergreifenden Unterricht generell einbauen
US03.14	BNE mit Projektunterricht in Mathe einbauen
US03.15	in Zweifach ja, aber nicht in Mathematik
US03.16	baue BNE schon in Unterricht ein
US03.18	Umwelt wichtig, aber nicht während des Unterrichts

(b) Kurzzusammenfassung der Items

Abbildung 5.15.: Überblick über die Ergebnisse: Einstellungen der Lehrpersonen zur BNE

Durch die Umfrage zeigte sich, dass bei zehn der zwölf Lehrpersonen BNE einen hohen Stellenwert hat und diese BNE-Projekte unterstützen würden. Ebenso können sich zehn Lehrpersonen vorstellen, BNE mit fertigen Materialien in den Mathematikunterricht zu integrieren. Acht Lehrende kreuzen zusätzlich an, dass BNE gerne eingebunden

wird, solange kein Mehraufwand entsteht und fünf Lehrpersonen geben an, dass die Selbstrecherche von BNE-Aufgaben zu viel Aufwand ist. Die Bereitschaft BNE einzubauen, ist also speziell dann sehr hoch, wenn Materialien leicht zugänglich sind und kein extra Aufwand für die Lehrpersonen entsteht. Sieben von den zwölf befragten Lehrpersonen geben dann noch an, dass sie auch BNE mit Projekten in den Mathematikunterricht integrieren würden. Eine sehr hohe Bereitschaft BNE in der Schule zu integrieren, weisen nun die Lehrpersonen der Klassen eins, acht, neun, zehn und elf auf. Dies äußert sich darin, dass sie angeben, Projekte zu organisieren oder bereits an Umweltprojekten teilgenommen zu haben. Der Rest der Lehrpersonen weist bis auf die Lehrperson der Klasse sechs und die Lehrperson der Klasse, die den Posttest nicht mehr ausgefüllt hat, eine positive Einstellung gegenüber BNE auf, jedoch gibt es Bedenken bezüglich des Aufwandes. Trotzdem ist es fast allen Lehrpersonen ein Anliegen, Umweltthemen in ihrem Unterricht zu thematisieren. Die Lehrperson der Klasse sechs ist hingegen der Meinung, dass BNE in Mathematik keinen Platz hat, wobei auch dieser Lehrperson die Vermittlung von Umweltthemen allgemein wichtig ist. Zusätzlich geben vier Lehrpersonen an, dass sie nicht wissen, wie BNE im Mathematikunterricht eingebunden werden kann, dies aber gerne tun würden. Auch die Lehrperson der Klasse sechs hat dies angegeben, wodurch eine Bereitschaft, BNE im Mathematikunterricht einzubauen, vorhanden zu sein scheint.

5.3.2. Umweltinteresse

Um im Kapitel 6 für die Diskussion der vierten Forschungsfrage das Umweltinteresse der Lehrpersonen miteinzubeziehen, stellt die Abbildung 5.16 das Umweltinteresse der Lehrpersonen in allen drei Unterkategorien dar. Dazu sind auf der x -Achse die drei Unterkategorien verschriftlicht und mithilfe der y -Achse kann dann das arithmetische Mittel der Items der jeweiligen Kategorie für jede Lehrperson abgelesen werden. Um die Lehrpersonen anonym zu halten, wurden sie direkt den anonymisierten Klassenzahlen zugeordnet. Da nun Klasse zehn und elf die gleiche Lehrperson haben, gibt es für diese Klassen nur eine Linie. Die Werte der Lehrperson jener Klasse, die den Posttest nicht mehr ausgefüllt hat, sind schließlich noch anhand einer grau strichlierten Linie im Diagramm abzulesen. Die zugehörige Klasse wird dabei im Index als Klasse x bezeichnet.

5.3. AUSWERTUNG DES FRAGEBOGENS DER LEHRPERSONEN

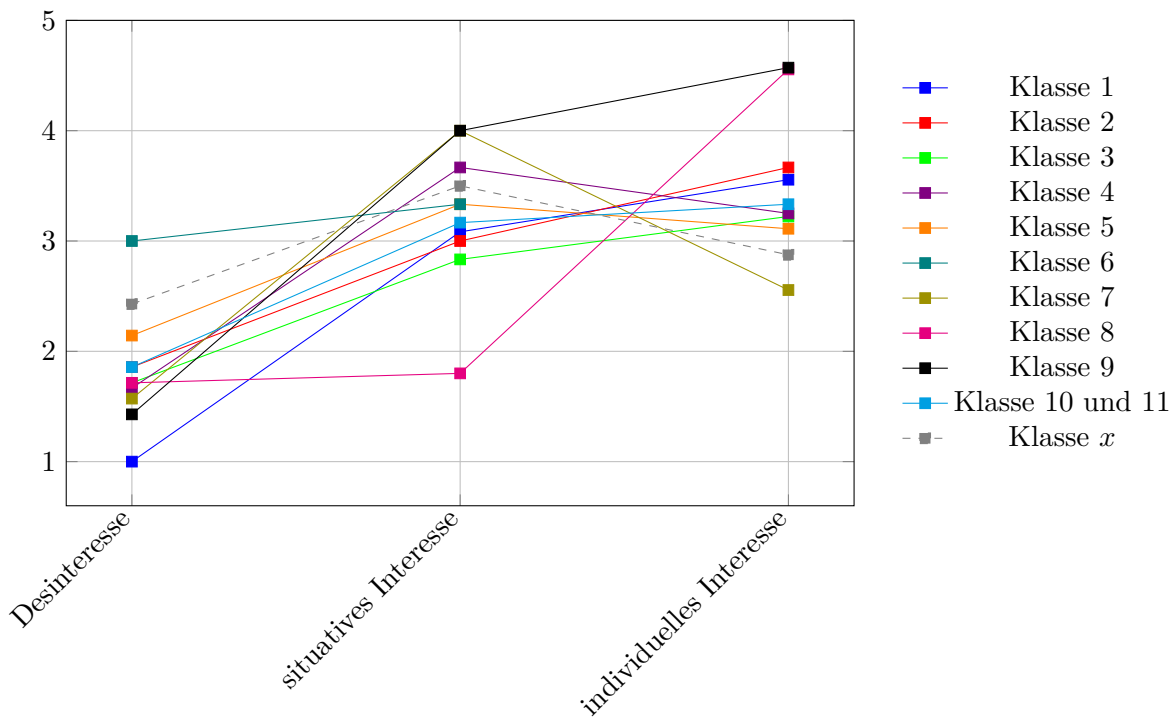


Abbildung 5.16.: Das Umweltinteresse der Lehrpersonen zugeordnet zu deren Klassen

Bei Betrachtung des Desinteresses fällt auf, dass nur drei Lehrpersonen ein Desinteresse mit einem Wert über 2 haben. Dabei hat die Lehrperson der Klasse sechs das höchste Desinteresse mit einem Wert von 3. Darunter liegt dann das Desinteresse der Lehrpersonen der Klasse fünf und der Klasse x , die nicht ausgewertet wurde. Das geringste Desinteresse hat die Lehrperson der Klasse eins gefolgt von der Lehrperson der Klasse neun. Die restlichen Lehrpersonen haben ein Desinteresse im Bereich $[1.5; 2]$. Das situative Interesse liegt bei einem Großteil der Lehrpersonen bei etwa 3. Ein besonders hohes situatives Interesse weist mit dem Wert 4 die Klasse neun und sieben auf. Auffällig ist im situativen Interesse auch die Lehrperson der Klasse acht, die ein situatives Interesse von 1.8 hat. Dahingegen hatte dieselbe Lehrperson ein Desinteresse von etwa 1.7 und ein individuelles Interesse von 4.5. Die Lehrperson der Klasse neun, die im situativen Interesse den höchsten Wert hatte, hat auch im individuellen Interesse den höchsten Wert. Die restlichen Lehrpersonen, bis auf die Lehrperson der Klassen sieben, haben im individuellen Interesse einen ähnlichen Wert wie im situativen Interesse. Ausgenommen davon ist die Lehrperson der Klasse sieben, die zwar ein sehr hohes situatives Interesse hat, jedoch ein vergleichsweise niedriges individuelles Interesse.

5.3.3. Erledigte Aufgaben und Kommentierungen

Die meisten Klassen der Interventionsgruppe haben das erste Arbeitsblatt mit dem Titel Rechteck und Quadrat erledigt. Abgesehen von diesem Arbeitsblatt, wurden je nach

KAPITEL 5. RESULTATE

Klasse thematisch unterschiedliche Aufgaben erledigt und auch recht unterschiedlich in den Unterricht eingebaut. Zusätzlich dazu variierte auch die Anzahl der erledigten Aufgaben pro Klasse stark. Um einen Überblick zu geben, zeigt die Abbildung 5.17 nun die Anzahl der erledigten Aufgaben pro Klasse. Die Kontrollgruppe ist dabei nicht im Diagramm abgebildet, da diese keine der Aufgaben mit Nachhaltigkeitskontext bearbeitet hat. Die x -Achse des Diagramms zeigt die Zahl, die der jeweiligen Klasse zugeordnet wurde und an der y -Achse kann die Anzahl der erledigten Aufgaben abgelesen werden.

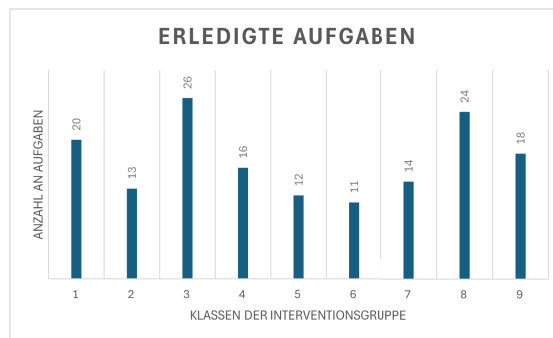


Abbildung 5.17.: Anzahl der erledigten Mathematikaufgabe zur nachhaltigen Entwicklung

Da es nun insgesamt 35 Aufgaben gab, waren die Klassen eins, drei, acht und neun diejenigen Klassen, die mehr als die Hälfte der Aufgaben erledigt haben. Nun geht es bei diesen Aufgaben aber vor allem auch um die methodische Durchführung, da für eine merkbare Wirkung die errechneten Ergebnisse verstanden und kontextualisiert werden müssen. Es werden also nun die Anmerkungen der Lehrpersonen kurz vorgestellt, wobei die jeweilige Klasse in Klammern genannt wird.

- Die Aufgaben waren eine sprachliche Herausforderung, wurden aber von den Schüler*innen als spannend empfunden. (Klasse 1)
- Viele der Aufgaben wurden als Hausaufgaben erledigt. (Klasse 2)
- Die Aufgaben wurden bis auf eine Aufgabe gemeinsam erledigt und es wurde viel über Begriffliches gesprochen. (Klasse 5)
- Es wurden Begrifflichkeiten geklärt. Die Aufgaben wurden dann in Einzelarbeit erledigt. (Klasse 7)
- Es wurde viel Zeit für die Aufgaben aufgewendet und viel über die Inhalte der Aufgaben diskutiert. (Klasse 9)

Die Lehrpersonen der restlichen Klassen haben keine Angaben zur genauen Durchführung der Aufgaben gemacht. Zusätzlich zu den Bemerkungen der Durchführung wurde von fast allen Lehrpersonen rückgemeldet, dass der Fragebogen zu lange war und speziell beim Posttest die Schüler*innen wenig Motivation für das erneute Ausfüllen hatten.

6. Diskussion der Ergebnisse

Im folgenden Kapitel werden alle Ergebnisse dieser Masterarbeit diskutiert, indem die statistische Analyse mit dem theoretischen Teil verbunden wird. Diese Verbindung soll die Beantwortung der Forschungsfragen $F1 - F3$ ermöglichen. Zusätzlich dazu wird auch die Qualität der Items des Fragebogens diskutiert. Im letzten Abschnitt dieses Kapitels wird dann noch auf die Forschungsfrage 4 eingegangen, wobei diese nur ausblickshaft beantwortet wird. Eine genauere Beantwortung würde den Rahmen dieser Masterarbeit überschreiten, da weitere Analysen der Daten erforderlich wären.

6.1. Diskussion zu den Items

Neben der gegebenen Objektivität und einer einfachen Prüfung der Validität, die für den Rahmen dieser Masterarbeit ausreichend war, sind für die Diskussion der Items vor allem die Ergebnisse der Reliabilität von Interesse.

Die Auswertungen ergaben dabei, dass die mittlere Kategorie über nahezu alle Kategorien hinweg einen vergleichsweise niedrigen α -Wert aufwies. Diese Ergebnisse decken sich mit dem *alpha*-Wert in der Arbeit von Glock (2023), in der ebenso ein niedriger Cronbach-Alpha-Wert für das situative Interesse errechnet wurde. Das Problem mit dieser Kategorie könnte dabei an zwei Faktoren liegen. Erstens sind die Items des situativen Interesses so gestellt, sodass die Abgrenzung zum individuellen Interesse nicht ganz klar ist. Somit konnten von der Testperson die Items des situativen Interesses unterschiedlich interpretiert werden, wodurch die Homogenität der Antworten über eine Kategorie hinweg verletzt wird. Aus diesem Grund wurde das Item „Ich bin neugierig auf neue Fakten über die Umwelt und nachhaltige Lebensweisen“ aus dem situativen Interesse gestrichen. Diese unterschiedliche Interpretation der Items im situativen Interesse zeigt sich auch im Umweltinteresse der Lehrpersonen in der Abbildung 5.16, in der manche Werte des situativen Interesses den Werten im Desinteresse und individuellen Interesse entgegengesetzt waren. Zweitens wird situatives Interesse, wie es bereits im Abschnitt 2.2.4 dargestellt wurde, oft mit drei oder vier verschiedenen Unterkategorien gemessen, die dann das Konstrukt situatives Interesse gut abbilden können. Es würde also eine klarere Differenzierung zwischen den verschiedenen Arten des situativen Interesses benötigen. Da aber damit wiederum eine große Anzahl an Items miteinhergeht, von der im Schulkontext abgeraten wird, wurde eine drei oder vierteilige Unterteilung des situativen Interesses für diese Studie ausgeschlossen. Die Kategorisierung der Items in die zwei Stufen *situatives Interesse* und *hohes situatives Interesse* erwies sich jedoch durch die Berechnung des Cronbach-Alpha-Wertes als ungeeignet. Denn auch hier war es wahrscheinlich auch die geringe Anzahl an Items, die zu einer niedrigeren Reliabilität führte. Aus diesem Grund

KAPITEL 6. DISKUSSION DER ERGEBNISSE

wurde schließlich auf die Kategorisierung in mehr Stufen verzichtet, wodurch für die Auswertung der Daten die drei Kategorien Desinteresse, situatives Interesse und individuelles Interesse betrachtet wurden. Denn so hat beispielsweise das individuelle mathematische Interesse den Wert $\alpha \approx 0.72$ und das hohe individuelle Interesse den Wert $\alpha \approx 0.66$. Durch die Zusammenlegung dieser zwei Kategorien zur Kategorie individuelles Interesse ergab sich der Cronbach-Alpha-Wert von 0.81. Der gleiche Effekt ließ sich auch bei den kleineren Kategorien des Umweltinteresses beobachten. Die Items mit ihrer jeweiligen Zuordnung zu diesen drei Kategorien können im Abschnitt A des Anhangs eingesehen werden.

Die Cronbach-Alpha-Werte der Items zeigen also, dass eine feingliedrige Kategorisierung mit den Kategorien *Desinteresse*, *Gleichgültigkeit*, *situatives Interesse*, *hohes situatives Interesse*, *individuelles Interesse* und *hohes individuelles Interesse* für diese Studie im Schulkontext zu schlechteren Cronbach-Werten führt. Eine Ausdifferenzierung der Überkategorien *Desinteresse*, *situatives Interesse* und *individuelles Interesse* kann also nur mit einem umfangreicheren Fragebogen bewältigt werden. Dies wäre jedoch für die aufmerksame Beantwortung der Items kontraproduktiv, da die Lehrpersonen schon für den bestehenden Fragebogen den Umfang des Fragebogens kritisiert haben.

Für die Messung des Interesses mit den erstellten Items folgt also für das situative Interesse, dass die Reliabilität in diesem Bereich sowohl im mathematischen Interesse als auch im Umweltinteresse nicht gegeben ist, jedoch eine komplexere Messung des situativen Interesses für den Schulkontext aufgrund des Ausmaßes des Fragebogens nicht geeignet ist. Dass Gleiches nun sowohl für das mathematische als auch für das Umweltinteresse gilt, ist nicht verwunderlich, da, wie in der Methodik im Abschnitt 4.2 erklärt wurde, das Umweltinteresse vom mathematischen Interesse aus konzipiert wurde. Eine Möglichkeit wäre demnach, dem Beispiel von Code et al. (2016) und Eichler und Isaev (2023) zu folgen und das Interesse nur mit Aussagen zu messen, die in dieser Arbeit den Items zum individuellen Interesse und zum Desinteresse entsprechen. Die Items zum individuellen Interesse sind dabei gleichbedeutend mit einem hohen Interesse und die Items zum Desinteresse werden mit *disagree* versehen, wodurch eine Ablehnung solcher Aussagen ebenso einem hohen Interesse entspricht. Dadurch kann im Endeffekt dann ein Indexwert für das Interesse ermittelt werden, anstatt mehrere Werte pro Kategorie zu errechnen. Eine andere Möglichkeit wäre die Erstellung eines Fragebogens für das situative Interesse. Hierfür sollte aber aufgrund des Umfangs nur das situative Interesse gemessen werden. Je nach Forschungsanliegen zeigt diese Arbeit also, dass entweder ein neuer Fragebogen für das situative Interesse entwickelt werden müsste, um nur die Wirkung von Mathematikaufgaben auf ein situatives Interesse zu messen, oder aber für eine Messung von Interesse im Ganzen die Items dieses Fragebogens verwendet werden können, solange auf die Items zum situativen Interesse verzichtet wird. Dies gilt dabei für die Verwendung des Fragebogenabschnittes zum mathematischen Interesse sowie zu den Abschnitten zum Umweltinteresse für Schüler*innen und Lehrpersonen.

In den Fragebogenabschnitten zur Umweltkompetenz sind die Cronbach-Alpha-Koeffizienten für die Kategorien für solch eine kurze Itemssammlung zufriedenstellend. Eine Ausnahme dabei bilden nur die mittleren Kategorien der emotionalen und der verhal-

tensbezogenen Umweltkompetenz. Dabei zeigt sich bei genauerer Betrachtung der Items, dass die Aussagen der mittleren Kategorie so formuliert sind, sodass sowohl Personen mit einer guten mittleren Kompetenz als auch Personen mit einer hohen Kompetenz die Aussage mit einer hohen Zustimmung versehen könnten. Ein Beispiel dafür ist das Item: „Ich finde es traurig, dass die Natur immer mehr zerstört wird“, das Teil der mittleren Kategorie der emotionalen Umweltkompetenz ist. Diese Aussage soll die Empathie für die Umwelt messen, die nach UNESCO (2017) eine wichtige Kompetenz für das Erreichen einer ausgeprägten emotionalen Umweltkompetenz ist. Eine Person, die nun eine hohe emotionale Kompetenz hat, könnte aufgrund tiefergehender Reflexionen dieser Aussage nun zustimmen oder nur teilweise zustimmen, weil der Satz nicht die komplexe Gefühlslage dieser Person abbildet. Die Interpretation der mittleren Kategorien durch die Befragten kann also auch hier individuell variieren, wodurch die Homogenität der Itemkategorie geringer ausfällt als bei den äußeren Itemkategorien. Dass hingegen die mittlere Kategorie der kognitiven Umweltkompetenz einen sehr hohen Cronbach-Alpha-Wert hat, könnte damit zusammenhängen, dass die mittlere Kategorie das allgemeine Wissen darstellt und ausgesprochen klare Aussagen zu explizitem Umweltwissen enthält. Ein Interpretationsraum bei den jeweiligen Aussagen ist hier also im Vergleich zu den Items der restlichen mittleren Kategorien nicht gegeben. Allgemein zeigen die Cronbach-Alpha-Werte zu den Bereichen der Umweltkompetenz, dass mit $\alpha > 0.6$ der Fragebogen laut Schecker (2014) für einen inhaltlich-spezifischen Fragebogen für die Schule eine akzeptable Reliabilität hat.

6.2. Ausführung und Interpretation der Ergebnisse

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse in Bezug auf die Hypothesen aus Abschnitt 3 diskutiert. Dabei wird einerseits überprüft, ob die Hypothesen für die gesamte Gruppe sowie auch für die einzelnen Klassen auf einem Signifikanzniveau von 5% signifikant sind. Zusätzlich dazu werden Ausblicke auf erkennbare Tendenzen gegeben, da nach Rost (2022) eine Hypothese zwar nur signifikant oder nicht signifikant sein kann, interessante Tendenzen für weitere Forschungsarbeiten jedoch auch in nicht signifikanten Ergebnissen liegen können.

6.2.1. Forschungsfrage 1

Die erste Forschungsfrage bezieht sich auf das mathematische Interesse und lautete:

- (F1) Inwiefern beeinflussen Mathematikaufgaben zur nachhaltigen Entwicklung das mathematische Interesse der Schüler*innen?

Dafür wurde die Hypothese aufgestellt, dass das mathematische Desinteresse sinkt und das situative Interesse in der Interventionsgruppe im Vergleich zum Prätest erhöht ist. Ausschlaggebend für diese Hypothese war, dass die Materialien nach den Grundsätzen ansprechender Mathematikaufgaben von Hamilton (2014) gestaltet wurden und ansprechende Inhalte nach Klimova und Schwäbisch (2014) das Interesse steigern sollten.

Dass also die getesteten Aufgaben, wie von Hamilton (2014) gefordert, an globale und lokale Realitäten anknüpfen, reale Daten verwenden und Zusammenhänge von Systemen aufzeigen, sollte demnach hier zu einer Interessenssteigerung führen. Die Ergebnisse des Abschnittes 5.2.3 zeigen jedoch einen Effekt, der auf den ersten Blick auf das Gegenteil der Hypothese hindeutet. Denn so ist zwar der Quade-Test in den Kategorien Desinteresse und individuelles Interesse signifikant, jedoch spricht dies keineswegs für die Hypothese.

Um nun die Signifikanz des Quade-Tests hier richtig zu interpretieren, wird nochmals auf die Bedeutung des Tests eingegangen. Die Signifikanz des Quade-Tests bedeutet, dass sich mindestens ein Medianwert der Blöcke signifikant von den der anderen unterscheidet. Betrachtet man die Plots der Abbildungen 5.14a und 5.14c zeigt sich, dass dieser Unterschied des Medianwertes einmal in der Interventionsgruppe im Vergleich von Prätest und Posttest sichtbar wird und andererseits speziell in der Abbildung 5.14a auch ein gruppenspezifischer Unterschied sichtbar ist. Dieser zweifache Unterschied in der Kategorie *Desinteresse an Mathematik* führt mit $p = 0.00044$ zu einem signifikanten Ergebnis. Gleichzeitig ist ein Unterschied zwischen den Gruppen auch im Mann-Whitney-Test zu sehen, der für das Desinteresse den Wert $p = 0.066$ hat. Entgegen der Hypothese, dass nach der Intervention eine Abnahme von Desinteresse gemessen werden kann, zeigt sich eine Zunahme von Desinteresse in der Interventionsgruppe, wobei zu beachten ist, dass der Median der Interventionsgruppe sowohl im Prä- als auch im Posttest unter dem Median der Kontrollgruppe liegt. Die zwei Klassen der Kontrollgruppe haben also von Grund auf ein höheres Desinteresse als die Klassen der Interventionsgruppe. Eine Abnahme im mathematischen Interesse zeigt sich aber auch in der Kategorie *individuelles Interesse an Mathematik*, bei der die Kontrollgruppe höhere Werte im Prä- und im Posttest aufweist. Während die Kontrollgruppe nur eine leichte Abnahme im individuellen Interesse hat, wie der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test besagt, hat die Interventionsgruppe eine Abnahme des Medianwertes, die in der Abbildung 5.14c sichtbar ist. Betrachtet man nun aber auch die einzelnen Klassen der Interventionsgruppe mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test, zeigt sich, dass eine signifikante Zunahme im Desinteresse nur in den Klassen drei, vier und sechs vorhanden ist, alle anderen Klassen blieben unverändert oder hatten eine leichte Zunahme an Desinteresse. Ähnliches zeigt sich auch für das situative Interesse, in dem wieder die Klassen drei und sechs eine signifikante Abnahme aufzeigen, und bis auf die Zunahmen der Klassen eins und neun die restlichen Klassen wieder unverändert blieben oder nur leichte Abnahmen in den Plots sichtbar wurden. Auch im individuellen Interesse ist es die Klasse vier, die eine signifikante Abnahme hat und die Klassen eins und neun sind es wieder, die eine Zunahme aufzeigen, die jedoch hier nicht signifikant ist. Die restlichen Klassen sind entweder wieder gleich oder haben eine leichte Abnahme über den Interventionszeitraum.

Mit diesen Vergleichen zeigt sich, dass eine Abnahme von mathematischem Interesse nur in den Klassen drei, vier und sechs stattgefunden hat. Die anderen Klassen blieben hingegen relativ unverändert oder hatten eine nicht signifikante Zunahme, wie es bei Klasse neun und eins der Fall war. Nichtsdestoweniger muss die Hypothese, dass der Einsatz von Mathematikaufgaben zur nachhaltigen Entwicklung zu einer Abnahme von Desinteresse und einer Zunahme von situativem Interesse führt, verworfen werden. Viel

mehr hat sich in der Interventionsgruppe eine Abnahme von mathematischem Interesse gezeigt, wobei aufgrund der nicht signifikanten Ergebnisse der Effekt der Intervention nicht interpretiert werden darf. Zusätzlich dazu wird die Interpretation dieser Abnahme erschwert, da sich die Abnahme nicht in allen Interventionsklassen zeigt und der Unterschied zur Kontrollgruppe auch an der unterschiedlichen Gruppengröße der Interventions- und Kontrollgruppe liegen könnte. Ebenso gibt es besonders in der fünften Schulstufe, wie es bereits im Abschnitt 2.2.4 dargestellt wurde, eine Verringerung des mathematischen Interesses. Dass sich solch eine Abnahme also trotz Intervention in einer genügend großen Interventionsgruppe zeigt, jedoch in der kleinen Kontrollgruppe nicht beobachtet wurde, ist daher nicht überraschend. Darüber hinaus wird das mathematische Interesse von Schüler*innen nicht nur durch die inhaltlichen Aspekte des Unterrichts geprägt, sondern auch maßgeblich durch die Art und Weise, wie diese Inhalte vermittelt werden (Klimova & Schwäbisch, 2014). Insbesondere Sozialformen, positives Feedback und ein gewisser Freiraum spielen eine zentrale Rolle bei der Förderung des Interesses (Benesch, 2018). Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, inwieweit mathematisches Interesse in einer Intervention zuverlässig gemessen werden kann, wenn diese von verschiedenen Lehrpersonen individuell umgesetzt wird. Schließlich kann dadurch nur der behandelte Inhalt kontrolliert werden und alle anderen Einflussgrößen wie die Organisationsform, das Feedback sowie allgemein die Intensität, mit der die Aufgaben kontextualisiert wurden, bleiben unklar.

6.2.2. Forschungsfrage 2

Im theoretischen Abschnitt des Kapitels 2 wurde bereits dargelegt, dass in der Studie von Wagener (2019) nachgewiesen wird, dass Interesse eine andauernde Verhaltensbereitschaft fördern kann und zudem die außerschulische Auseinandersetzung mit dem jeweiligen Themenbereich begünstigt. In Anlehnung daran sollte mit der zweiten Forschungsfrage die Wirkung von Mathematikaufgaben zur nachhaltigen Entwicklung auf das Umweltinteresse der Schüler*innen erfragt werden. Dazu wurde die Hypothese aufgestellt, dass die verschiedenen Umweltthemen in den Arbeitsblättern dazu beitragen, dass das Desinteresse an Umweltfragen im Posttest geringer ausfällt als im Prätest, während gleichzeitig das situative Interesse eine Zunahme verzeichnet. Da nun der Cronbach-Alpha-Koeffizient des situativen Interesses mit $\alpha = 0.495396$ den schlechtesten α -Wert von allen Unterkategorien hatte und mit $\alpha < 0.6$ keine akzeptable Reliabilität hat, kann diese Unterkategorie nicht sinnvoll interpretiert werden. Interessanter ist hier also die Veränderung im Desinteresse und dem individuellen Interesse, da, wie im Abschnitt 6.1 erläutert wurde, diese beiden Kategorien aussagekräftiger sind.

Die Ergebnisse der Datenanalyse des Umweltinteresses der Schüler*innen zeigen, dass über alle Klassen der Interventionsgruppe eine leichte, aber nicht signifikante Abnahme von Desinteresse gemessen wurde. Für den ersten Teil der Hypothese zum Desinteresse zeigt sich, dass zwar in allen Klassen der Interventionsgruppe – mit Ausnahme von Klasse zwei – eine Abnahme des Medians in den Plots sichtbar ist, jedoch diese Rückgänge in den einzelnen Klassen statistisch nicht signifikant sind, wie durch den Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test ermittelt wurde. Dieser Teil der Hypothese kann daher für die Gesamtheit

KAPITEL 6. DISKUSSION DER ERGEBNISSE

der Klassen nicht auf einem 5%-Niveau bestätigt werden. In den Kategorien *situatives Interesse für die Umwelt* und *individuelle Interesse für die Umwelt* konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen und den Messzeitpunkten festgestellt werden. Dies liegt vor allem daran, dass die Wirkungen in den unterschiedlichen Klassen variieren. Es wäre daher an dieser Stelle interessant, mehr Informationen über die Bearbeitung der Aufgaben zu haben, da die Art der Bearbeitung sowie verwendete Sozialformen hier eine Rolle spielen könnten. Die gemessenen Zu- und Abnahmen bewegen sich dabei aber in einem sehr kleinen Bereich. Es zeigt sich im situativen Interesse allgemein in allen Klassen keine Veränderung, wodurch der zweite Teil der Hypothese verworfen wird. In Bezug auf das individuelle Interesse, das aufgrund des hohen Cronbach-Alpha-Wertes an Bedeutung gewonnen hat, zeigt sich aber eine leichte Zunahme des Medians in der Interventionsgruppe und eine Abnahme des Medians in der Kontrollgruppe. Eine signifikante Zunahme hatten dabei im individuellen Interesse die Klassen eins und drei. Eine Zunahme über alle Klassen hinweg zeigt sich jedoch nicht, weshalb auch hier wieder keine signifikanten Ergebnisse errechnet wurden. Zusammengefasst zeigt sich in Bezug auf die Forschungsfrage 2, dass Tendenzen in einigen Klassen der Interventionsgruppe messbar waren, die auf einen Anstieg im Umweltinteresse hindeuten. Dabei war diese Veränderung besonders in den Klassen eins und drei, und zwar in den Unterkategorien *Desinteresse* und *individuelles Interesse* ersichtlich. Da diese Tendenzen jedoch nur im Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test in einzelnen Klassen sichtbar waren, muss die Hypothese basierend auf dem Vergleich zwischen Interventions- und Kontrollgruppe verworfen werden.

Allgemein gilt auch für das Umweltinteresse, ebenso wie für die Auswertung des mathematischen Interesses, dass das Interesse neben den Inhalten der Arbeitsblätter von vielen weiteren Bedingungen beeinflusst wird. Aus diesem Grund würden genauere Informationen zur Intensität, mit der die Aufgaben behandelt und kontextualisiert wurden sowie zu den Sozialformen, mit denen sie bearbeitet wurden, benötigt werden. Ein differenzierender Blick auf die Klassen eins und drei, die eine Zunahme des Umweltinteresses zeigten, wirft die Frage auf, welche Faktoren diese von den übrigen Klassen unterscheiden. Einen ersten Hinweis darauf bietet Abschnitt 6.2.4, der die Rolle der Lehrpersonen im Hinblick auf die Entwicklung des Umweltinteresses der Schülerinnen untersucht. Es ist jedoch zu beachten, dass das Umweltinteresse der Lehrkraft lediglich eine von mehreren Einflussvariablen darstellt. So deutet das Ergebnis der Kontrollklassen zehn und elf darauf hin, dass auch die thematische Behandlung in anderen Unterrichtsfächern das Umweltinteresse der Schülerinnen maßgeblich beeinflussen kann. Beide Klassen hatten dabei die gleiche Lehrperson, jedoch zeigen sich in der Entwicklung des Umweltinteresses gegenläufige Bewegungen auf. Auffällig ist besonders, dass die Kontrollgruppenklasse elf im situativen Interesse eine signifikante Zunahme hatte und auch im individuellen Interesse eine Zunahme bei dieser Klasse gemessen wurde. Die gegenteilige Entwicklung zeigt dabei der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test von der Klasse zehn. Dass nun der Zuwachs des Umweltinteresses in der einen Kontrollklasse mit einem anderen Fach zusammenhängen könnte, wird im Abschnitt 6.2.3 genauer dargestellt, da eine ähnliche Entwicklung in der Analyse der offenen Fragen beobachtet werden konnte.

6.2.3. Forschungsfrage 3

Die dritte Forschungsfrage fragt nach der Wirkung, die die Aufgaben auf die Umweltkompetenzen der Schüler*innen haben. Die Kompetenzen, die mit den Materialien angesprochen werden sollten, waren dabei speziell die kognitive Kompetenz und die sozio-emotionale Kompetenz, wie in Abschnitt 4.3.2 erklärt wurde. Dabei wurde in den Materialien Wissen über die Inhalte der SDGs dargelegt sowie Herausforderungen aufgezeigt, weshalb dadurch die kognitive Kompetenz angesprochen werden sollte. Zugleich wurden Reflexionsfragen und Informationsblöcke in Form von Infoboxen auf den Arbeitsblättern zur Verfügung gestellt, wodurch auch die sozio-emotionale Kompetenz gefördert werden sollte. Um jedoch diese Kompetenz zu fördern, braucht es eine intensive Kommunikation über die SDGs, Reflexion und Empathie, wie im Abschnitt 2.1.2 aufgezeigt wurde. Ob diese im Unterricht auch stattgefunden hat, liegt wiederum an der individuellen Durchführung durch die einzelnen Lehrpersonen. Die Hypothese auf die Frage, welche Wirkung BNE-Aufgaben auf die Umweltkompetenz von Schüler*innen haben, lautet, dass die emotionale Kompetenz den stärksten absoluten Anstieg hat und ebenso die Handlungsbereitschaft der Schüler*innen, gleich wie bei Olsson et al. (2022) steigt. Ebenso wird auch erwartet, dass die kognitive Kompetenz im Vergleich zum gemessenen Wert vor der Intervention ansteigt.

Bei den Berechnungen zu den Umweltkompetenzen konnten nun die meisten Veränderungen im Bereich der kognitiven Kompetenz festgestellt werden. Dies war in Bezug auf die Erwartung, die auf den Studien von Rieß (2010) und Olsson et al. (2022) basierte, überraschend. Gleichzeitig verdeutlicht es jedoch, dass der gezielte Fokus der Materialien auf die Förderung der kognitiven Kompetenz dazu führte, dass die stärkste Wirkung in diesem Bereich beobachtet wurde. In den Unterkategorien der kognitiven Kompetenz zeichnet sich dabei die stärkste Veränderung im Bereich *keine kognitive Kompetenz* ab. Die im Abschnitt 5 aufgezeigte Abnahme der Interventionsgruppe und Zunahme der Kontrollgruppe bedeutet, dass die Schüler*innen nach der Intervention weniger Unwissen haben, da sie falschen Aussagen noch weniger zugestimmt haben, als vor der Intervention. Die Kontrollgruppe hingegen hat diesen falschen Aussagen im Durchschnitt mehr zugestimmt, wobei diese Zunahme nicht signifikant ist und somit auch eine natürliche Schwankung sein könnte. Dies zeigt sich schlussendlich auch im Quade-Test, der die Signifikanz der Ergebnisse der Interventionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe belegt. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Schüler*innen der Interventionsgruppe falsche Aussagen häufiger ablehnen, was laut Levine und McCornack (2014) auf ein gesteigertes Bewusstsein für die Diskrepanz zwischen eigenem Wissen und der Aussage hinweist.

In Bezug auf die *mittlere kognitive Kompetenz* wurde zwar in einzelnen Klassen der Interventionsgruppe eine Zunahme gemessen, jedoch konnte dies nicht für alle Interventionsklassen festgestellt werden. Zusätzlich dazu war auch nur der Anstieg der Klasse neun signifikant. Eindeutigere Ergebnisse liefert hingegen die *disagree*-Kategorie zur *hohen kognitiven Kompetenz*, die eine Abnahme in der Interventionsgruppe und eine Zunahme in der Kontrollgruppe verzeichnet. Im Falle einer *disagree*-Kategorie bedeutet das, dass die Interventionsgruppe eine Steigerung der *hohen kognitiven Kompetenz* aufweist, indem

KAPITEL 6. DISKUSSION DER ERGEBNISSE

die Schüler*innen komplexeren falschen Aussagen im Posttest weniger zustimmten. Die Kontrollgruppe hingegen hat eher zugestimmt, weshalb diese Schüler*innen weniger *hohe kognitive Kompetenz* beim Posttest aufwiesen als beim Prätest. Diese Veränderungen sind in den Plots der Abbildung 6.1 veranschaulicht.

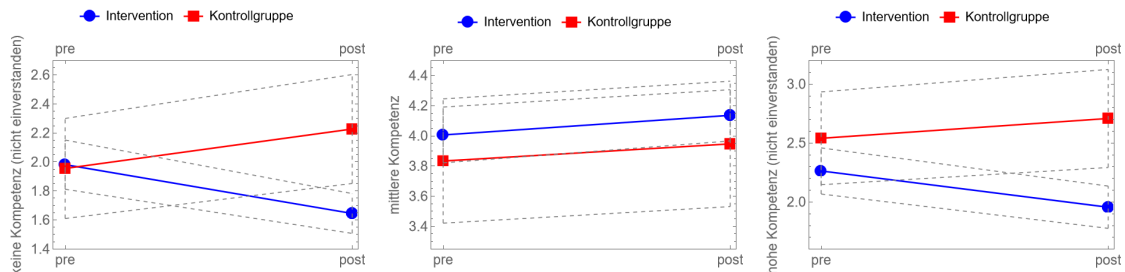


Abbildung 6.1.: Veränderung der kognitiven Umweltkompetenz in der Intervention

Durch das signifikante Ergebnis des Quade-Tests im Bereich *kein Wissen* kann über alle Klassen der Interventionsgruppe hinweg die Hypothese zur kognitiven Kompetenz bestätigt werden. Ebenso zeigt sich die Zunahme der kognitiven Kompetenz nicht nur in der Kategorie *keine Kompetenz*, sondern auch in der Kategorie *hohe kognitive Kompetenz*. Denn in diesen Kategorien der kognitiven Kompetenz kann in fast allen Klassen der Interventionsgruppe eine Entwicklung beobachtet werden, die für eine Zunahme des kognitiven Wissens spricht. Besonders stark war die Wirkung der Intervention dabei in den Klassen drei und neun, die signifikante Ergebnisse im Wilcoxon-Test erzielten. Wenig bis keinen Effekt auf die kognitive Kompetenz hatte die Intervention auf die Klassen vier, sechs und sieben.

Um diese Ergebnisse zu unterstützen und zu zeigen, dass die Schüler*innen im Posttest neue Antworten auf Fragen zu den Arbeitsblättern haben, beziehungsweise tiefergehendes Wissen ersichtlich ist, wurden noch die offenen Fragen analysiert. Dabei zeigt sich, dass alltägliches Wissen zur Nachhaltigkeit, wie beispielsweise Wissen über nachhaltiges Einkaufsverhalten, in den untersuchten ersten Klassen bereits ausgeprägt vorhanden ist. Dies ist an der Beantwortung der ersten Frage, die über alle Klassen hinweg meist ausführlich beantwortet werden konnte, zu beobachten. Dass nun der Wissenszuwachs vor allem bei Frage zwei und drei stattgefunden hat, weist also darauf hin, dass, wie im Abschnitt 4.3.2 argumentiert wurde, die Themen der Aufgabenblätter möglichst breit gefächert sein sollten. Denn besonders bei schwierigeren nachhaltigen Themen lernen die Schüler*innen Neues, das sonst selten thematisiert wird. Neben dem Zuwachs an Wissen zeigt die Beantwortung der offenen Fragen, dass die Schüler*innen deutlich weniger geschrieben haben und oft die Beantwortung der offenen Fragen im Posttest ganz ausgelassen haben. So kann beispielsweise die Veränderung in der Klasse eins nur unzureichend interpretiert werden, da mehr als die Hälfte der Schüler*innen die offenen Fragen nicht zur Gänze beantwortet haben. Diese unvollständigen Antworten auf die offenen Fragen lassen darauf schließen, dass das wiederholte Ausfüllen desselben Fragebogens auf eine geringe Motivation seitens der Teilnehmenden gestoßen ist. Inwiefern

6.2. AUSFÜHRUNG UND INTERPRETATION DER ERGEBNISSE

dieses Problem nur das Ende des Fragebogens mit den Freitextfragen betrifft oder gar den ganzen Fragebogen, kann nicht beantwortet werden. Bemerkenswert ist zudem, dass über alle Klassen hinweg, einschließlich der Kontrollgruppe, ein Wissenszuwachs erkennbar war. Allerdings zeigte sich in der Kontrollgruppe lediglich bei einem Drittel der Teilnehmenden eine Verbesserung in den Antworten. Zudem wurden in Klasse elf der Kontrollgruppe identische Antworten auf eine bestimmte Frage festgestellt, was darauf hindeutet, dass die Aufmerksamkeit der Schüler*innen in diesem Klassenverband möglicherweise durch ein Projekt gezielt auf das Schmelzen von Eis und das Aussterben von Eisbären gelenkt wurde. Diese Antwort wurde nämlich nur in der Kontrollgruppe im Posttest gefunden. Dies impliziert aber auch, dass ein Teil des Wissenszuwachses auch auf Wissen, das in anderen Fächern innerhalb des Interventionszeitraumes erworben wurde, zurückzuführen ist. Geht man nun also auf Basis der Abbildung 5.1 davon aus, dass über den Interventionszeitraum etwa bis zu 35% der Schüler*innen unabhängig von den Arbeitsblättern einen Wissenszuwachs gehabt hätten, bleiben trotzdem noch sechs Klassen über, die einen Wissenszuwachs bei über 40% der Schüler*innen aufweisen. Speziell auffallend sind dabei die Klassen zwei, fünf und neun, in denen über 60% der Schüler*innen bessere Antworten im Posttest gaben. Vergleicht man dies mit den Ergebnissen zur kognitiven Kompetenz, die ohne offene Fragen gemessen wurde, zeigt sich, dass ebenso wie bei den offenen Fragen speziell die Klasse neun sehr starke Veränderungen erzielte. Insgesamt hat die kognitive Kompetenz also in der Interventionsgruppe zugenommen, da dies sowohl bei der Auswertung der Likert-Skala als auch bei der Analyse der offenen Fragen gezeigt werden konnte.

Durch die Einbindung der ersten drei Prinzipien von Hamilton (2014) zur Gestaltung eines nachhaltigen Mathematikunterrichts konnten also Inhalte geschaffen werden, die sich auf das kognitive Wissen positiv ausgewirkt haben. Das vierte Prinzip besagt nun, wie bereits im Kapitel 2.2.1 erklärt wurde, dass zusätzlich zu den anderen Prinzipien die Aufmerksamkeit der Schüler*innen durch beispielsweise Diskussionen und intensive Kontextualisierungen auch auf die ethischen und emotionalen Aspekte gelegt werden muss. Dies ist es dann schließlich, mit dem eine sozio-emotionale Kompetenz, wie sie im Kapitel 2.1.2 beschrieben wurde, gefördert werden kann. Betrachten wir nun alle Ergebnisse der Unterkategorien der sozio-emotionalen Kompetenz, zeigt sich, dass diese bereits vor der Intervention recht stark in allen Gruppen ausgeprägt war. So liegen sowohl die Mediane der Kontroll- als auch der Interventionsgruppe bei der *mittleren emotionalen Kompetenz* und bei der *hohen emotionalen Kompetenz* bei etwa vier und der Wert für die Kategorie *keine emotionale Kompetenz* beträgt etwa 2, wodurch ebenso auf eine recht hohe emotionale Kompetenz geschlossen werden kann. Trotz keiner signifikanten Veränderung zeigt sich aber vor allem in der *mittleren emotionalen Kompetenz* und der *hohen emotionalen Kompetenz*, dass die Kontrollgruppe eher in ihrer emotionalen Kompetenz abnimmt, wohingegen die Interventionsgruppe unverändert bleibt. Bei dieser Entwicklung kann es sich aber auch um natürliche Schwankungen handeln. Etwas anders ist es aber bei der Kategorie *keine emotionale Kompetenz*, wobei hier besonders die Werte der Interventionsgruppe schon im Prätest sehr niedrig sind. Das bedeutet, dass die Interventionsgruppe schon vor der Intervention Aussagen, die auf keine emotionale

KAPITEL 6. DISKUSSION DER ERGEBNISSE

Kompetenz hindeuten, weniger zustimmt als die Kontrollgruppe. In diesem eher kleinen Bereich kommt es aber dann im Posttest zu recht unterschiedlichen Ergebnissen. So hatte beispielsweise die Klasse eins eine Abnahme des Medians. Diese Klasse hat also im Posttest anhand der Plots des Wilcoxon-Tests ersichtlich weniger zugestimmt als im Prätest, wodurch auf eine Zunahme der sozio-emotionalen Kompetenz in dieser Unterkategorie geschlossen werden kann. Neben anderen Klassen, die eine leichte Zunahme der emotionalen Umweltkompetenz hatten, wie Klasse fünf und acht, blieben jedoch die meisten Klassen in der Kategorie *keine emotionale Kompetenz* unverändert. Interessant ist, dass auch hier wieder die Klassen zwei, sechs und sieben keine Steigerung in der emotionalen Kompetenz vorweisen. Ebendiese Klassen zeigten bereits zuvor nur geringe Veränderungen in der kognitiven Kompetenz. Ebenso fällt auf, dass die Klasse fünf eine signifikante Zunahme in der Kategorie *hohe emotionale Kompetenz* hat und dies dieselbe Klasse ist, die auch schon im kognitiven Bereich im Posttest bessere Ergebnisse erzielt hat, als im Prätest, auch wenn im kognitiven Bereich die Ergebnisse dieser Klasse nicht signifikant waren. Zusammengefasst haben also nur Klasse fünf und Klasse eins einen signifikanten Zuwachs in der emotionalen Kompetenz, wodurch die These, dass über alle Klassen hinweg die emotionale Kompetenz über die Intervention hinweg zunimmt, verworfen werden muss. Interessant wäre es für weitere Forschungen mit einer größeren Kontrollgruppe zu testen, ob, ähnlich wie im mathematischen Interesse, eine Abnahme in der emotionalen Kompetenz auch in einer größeren Gruppe ersichtlich wäre.

In Bezug auf die verhaltensbezogene Kompetenz konnten nur sehr kleine Änderungen beobachtet werden. Es zeigt sich also, entgegengesetzt zur Hypothese, dass sich die verhaltensbezogene Kompetenz über die Intervention hinweg nicht verändert. Vielmehr könnte in weiteren Forschungsarbeiten die neue Hypothese getestet werden, inwiefern die verhaltensbezogene Kompetenz allgemein in diesem Alter abnimmt. Denn die Zunahme in der Kategorie *keine verhaltensbezogene Kompetenz*, die in der Klasse 11 der Kontrollgruppe in dem Plot des Wilcoxon-Test ersichtlich wurde, bedeutet, dass sich die verhaltensbezogene Kompetenz in dieser Klasse verschlechtert hat. Im Gegensatz dazu blieb sie in der Interventionsgruppe annähernd unverändert. Die *mittlere verhaltensbezogene Kompetenz* hat sich hingegen laut dem Quade-Test signifikant verändert. Dabei zeigt sich über alle Klassen hinweg eine leichte Verschlechterung durch eine leichte Abnahme der Mediane, wobei jedoch die Veränderung der Mediane durch den Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test keine Signifikanz aufzeigt. Die Signifikanz der Unterschiede im Quade-Test ist daher vermutlich vor allem auf die breiteren Quartilsabstände und die höhere Streuung zurückzuführen. Dies stößt die Vermutung an, dass vielmehr durch die Länge des Fragebogens und durch dessen Wiederholung eine Unschärfe in den Antworten des Posttests entstanden ist, die auf die geringe Motivation der Schüler*innen im Posttest zurückzuführen ist. Denn einerseits lässt sich dadurch die starke Verbreiterung der Quartilsabstände erklären, andererseits würde das auch zu den kurzen Antworten der offenen Fragen im Posttest passen sowie zu Rückmeldungen einzelner Lehrpersonen. Da nun die Signifikanz der *mittleren verhaltensbezogenen Kompetenz* aufgrund der Überprüfung mit dem Wilcoxon-Test für keine signifikante Abnahme spricht, wird angenommen, dass die Intervention in der verhaltensbezogenen Kompetenz zu keiner Veränderung geführt hat.

Ob nun die Schwankung in den Antworten auf einen Motivationsverlust hindeutet oder ob die verhaltensbezogene Kompetenz allgemein in diesem Alter leicht abnimmt, müsste mit einer größeren Stichprobe weiter untersucht werden. In jedem Fall wird daher die Hypothese, dass eine leichte Zunahme in der Verhaltensbereitschaft stattfindet, verworfen.

6.2.4. Forschungsfrage 4

Basierend auf dem Abschnitt 2.2.2 des theoretischen Teils, der bereits die Relevanz der Lehrperson bei der Durchführung von BNE aufzeigte, fragt die letzte Forschungsfrage nach dem Einfluss der Lehrpersonen auf die gemessene Wirkung der Aufgaben bei den Schüler*innen. Dazu besagt die Hypothese, dass die Wirkung der Aufgaben in den Klassen abhängig von der Anzahl der erledigten Aufgaben ist und ebenso das Umweltinteresse der Lehrpersonen die Wirkung bei den Schüler*innen beeinflusst. Betrachten wir also nun alle Ergebnisse des Kapitels 5, indem speziell die Ergebnisse der Schüler*innen mit den Ergebnissen der Lehrpersonen verglichen werden.

Die Umfrage zu den Einstellungen der Lehrpersonen gegenüber BNE ergab, dass nahezu alle Lehrkräfte eine sehr positive Haltung einnehmen. Eine Ausnahme bilden lediglich die Lehrpersonen der Klasse sechs sowie jene der Klasse, deren Schüler*innen den Posttest nicht mehr ausgefüllt haben. Auffällig ist, dass genau diese Lehrpersonen zugleich die höchsten Werte im Bereich des Desinteresses für Umweltfragen aufweisen. Das bedeutet also, dass ihr Interesse an Umwelt am geringsten ist. Ein besonders niedriges Desinteresse und ein hohes individuelles Interesse haben die Klassen eins, acht und neun. Dabei hat sich über alle Unterkategorien des Umweltinteresses gezeigt, dass speziell die Lehrperson der Klasse neun ein besonders hohes Interesse an der Umwelt hat. Im individuellen Interesse hat die Lehrperson der Klasse acht ein sehr ähnlich hohes individuelles Interesse, wobei das situative Interesse stark von den restlichen Lehrpersonen abweicht. Da nun der niedrige Wert im Desinteresse auch für die Lehrperson der Klasse acht für ein hohes Interesse an der Umwelt spricht, stellt sich die Frage, ob die Items zum situativen Interesse hier zu Missverständnissen geführt haben. Da sich ein ähnliches Missverständnis auch bei der Lehrperson der Klasse sieben zeigte und der Cronbach-Alpha-Wert dieser Teilkategorie schlecht war, wird das situative Interesse von der weiteren Interpretation ausgeschlossen. Für den Rest der Klassen zeigt sich bis auf Klasse sieben ein niedriges Desinteresse und ein mittleres situatives und individuelles Interesse mit Werten zwischen 3 und 4. Die Lehrperson der Klasse sieben hat nämlich mit einem Wert von etwa 2,5 ein vergleichsweise niedriges individuelles Interesse. Zusammengefasst bildet sich also ein besonders hohes Umweltinteresse bei den Lehrpersonen der Klassen eins, acht und neun und ein eher niedrigeres Interesse bei den Lehrpersonen der Klassen sechs, sieben und x ab. Dass ein hohes Interesse nun mit der Anzahl der erledigten Aufgaben zusammenzuhängen scheint, zeigt die Abbildung 5.17, da es auch hier die Klassen eins, acht und neun sowie die Klasse drei sind, die mehr als die Hälfte aller Aufgaben erledigt haben. Zusätzlich dazu ist speziell von den Klassen eins, fünf und neun bekannt, dass diese alle Aufgaben gemeinsam erledigt haben und intensiv über Begriffe und Kontexte diskutiert haben.

Betrachtet man nun alle Veränderungen in den einzelnen Klassen, die sich durch den Wilcoxon-Test gezeigt haben, fällt auf, dass es über alle Kategorien hinweg die Klassen eins,

KAPITEL 6. DISKUSSION DER ERGEBNISSE

drei, fünf, acht und neun waren, die signifikante Veränderungen im Positiven erzielt haben. So hatte die Klasse eins einen signifikanten Anstieg im Umweltinteresse und zusätzlich dazu Anstiege der Mediane in der emotionalen Kompetenz, der verhaltensbezogenen Kompetenz und im mathematischen Interesse. Die Klasse drei hatte einen Anstieg in der kognitiven Kompetenz und im Umweltinteresse, hatte jedoch gleichzeitig eine Abnahme des mathematischen Interesses, wobei alle drei Veränderungen signifikant sind. Klasse fünf zeigt über die Intervention hinweg einen Anstieg der Mediane in der kognitiven und emotionalen Kompetenz und hatte auch bei den offenen Fragen einen Wissenszuwachs von über 60%. Signifikant war dabei in der Klasse fünf nur der Anstieg in der emotionalen Kompetenz. Auch Klasse acht hatte einen Zuwachs in der kognitiven und der emotionalen Kompetenz sowie ein höheres Umweltinteresse, wobei diese Veränderungen in den Plots zu beobachten waren, jedoch nicht signifikant sind. Klasse neun hatte hingegen einen signifikanten Anstieg in der kognitiven Kompetenz und ebenso bei den offenen Fragen. Zusätzlich dazu hat auch das mathematische Interesse in dieser Klasse zugenommen, wobei diese Veränderung nicht signifikant ist. Es zeigt sich also ein Zusammenhang zwischen den erledigten Aufgaben, der Art diese zu besprechen und dem Umweltinteresse. Denn alle signifikanten Ergebnisse bei den Schüler*innen konnten genau in jenen Klassen erreicht werden, die besonders viele Aufgaben erledigt haben, besonders intensiv diskutiert haben, wie beispielsweise Klasse fünf, oder deren Lehrperson ein starkes Umweltinteresse hat. Umgekehrt waren es auch die Klassen zwei, vier, sechs und sieben, die in der Umweltkompetenz und dem Umweltinteresse eine Abnahme hatten, wobei speziell Klasse sechs und sieben besonders oft eine Verschlechterung aufwiesen, die sich in den Medianen der Plots des Wilcoxon-Tests zeigte. Eine signifikante Verschlechterung hatte dabei Klasse sechs im mathematischen Interesse. Die Klassen sechs und sieben waren dabei einerseits jene Klassen, die weniger als die Hälfte der Aufgaben erledigt haben und zusätzlich zeigte sich auch im Abschnitt 5.3, dass besonders die Lehrpersonen der Klassen sechs und sieben ein vergleichsweise niedriges Umweltinteresse haben.

Es scheint also eine Rolle zu spielen, wie viele Aufgaben erledigt werden, wie intensiv diese kontextualisiert werden und welches Umweltinteresse die Lehrperson hat, die den Unterricht gestaltet. Um nun genauer zu wissen, welcher Faktor welchen Effekt auf die Wirkung bei den Schüler*innen hat, würden komplexere Tests benötigt werden. So könnte mit einer Metrisierung der Lehrpersonenwerte der Effekt auf die Wirkung der Intervention auf die Schüler*innen mittels einer ANCOVA genauer untersucht werden.

6.3. Limitationen

Wie bereits an manchen Stellen erwähnt wurde, gibt es einige Punkte, die für weitere Forschungen auf diesem Gebiet zu beachten sind. Diese Punkte reichen von der Intervention selbst über den Fragebogen bis hin zur statistischen Auswertung.

Beginnend bei der Intervention ist für weitere Arbeiten zu beachten, dass für eine genauere Untersuchung der Zeitraum, der für eine Masterarbeit beraumt ist, mit einer Kooperation mit mehreren Schulen zu kurz ist. Zusätzlich muss bei der Zusammenarbeit mit Schulen vorab schon mit Ausfällen innerhalb von Klassen, aber auch mit spontanen

Absagen von ganzen Klassen kalkuliert werden. Für weitere Untersuchungen wird also zu einer größeren Kontroll- und Interventionsgruppe geraten. Zusätzlich dazu haben einige Klassen nur wenige Aufgaben gemacht, da diese nicht den gesamten Interventionszeitraum genützt haben. Aufgrund von etwaigen Schularbeiten und Zeitdruck am Ende des Schuljahres konnten also manche Klassen der Interventionsgruppe nicht so viele Aufgaben erledigen, wie sie es nach eigenen Angaben gerne getan hätten. Für genauere Ergebnisse sollte also im besten Fall eine solche Intervention über das gesamte Schuljahr hinweg stattfinden, da die Erkenntnisse des Abschnitts 6.2.4 darauf hindeuten, dass die Anzahl der erledigten Aufgabe einen Einfluss auf die gemessene Wirkung bei den Schüler*innen hat. Im Rahmen einer größeren Forschung mit mehr Zeitkapazität sollte zusätzlich ein Fokus auf die Differenzierung der Materialien gelegt werden. So konnten an dieser Intervention nur erste Klassen von AHS-Schulen teilnehmen, da die Aufgaben zwar mit Infoboxen versehen waren, jedoch beispielsweise eine einfachere Sprache und Vokabelboxen für die Verwendung in einer MS notwendig wären. Dass das Textverständnis aber ebenso in den AHS-Schulen, die teilgenommen haben, oft ein Problem war, haben einige Lehrpersonen rückgemeldet. Manche Lehrpersonen berichteten gar, dass sie Textaufgaben mit ihren Klassen allgemein meiden, da diese zu viel Zeit benötigen. Es sollten hier also unabhängig vom Schultyp auf eine sprachensible Aufgabenerstellung geachtet werden, um das Verständnis der BNE-Beispiele zu erhöhen. Ebenso ist für weitere Forschungsarbeiten zu beachten, dass für manche Klassen die Items zum mathematischen Interesse sprachlich zu komplex war. Es sollte also speziell dieser Fragebogenteil bei einer erneuten Durchführung sprachlich vereinfacht werden. Zusätzlich kann in künftigen Fragebögen für die fünfte Schulstufe nur ein Bereich untersucht werden, da der Fragebogen für die Schüler*innen zu umfangreich war. Das bedeutet, dass im Falle dieser Arbeit beispielsweise nur die Umweltkompetenz abgefragt hätte werden sollen. Denn aufgrund von unterschiedlichen Lesegeschwindigkeiten brauchten die Schüler*innen zum Ausfüllen des Fragebogens zwischen 15 und 45 Minuten. Die Dauer des Fragebogens hat somit auch zusätzlich zu einem Motivationsverlust beim Ausfüllen des Posttests geführt, wie manche Lehrpersonen im persönlichen Gespräch berichtet haben. Sollte nun doch in weiteren Arbeiten das Interesse der Schüler*innen gemessen werden, ist zu beachten, dass die Messung des situativen Interesses zu ändern ist, wie bereits im Abschnitt 6.1 ausgeführt wurde.

7. Fazit

In Bezug auf die Frage, welche Wirkung Mathematikaufgaben zur nachhaltigen Entwicklung auf das mathematische Interesse, das Umweltinteresse und die Umweltkompetenz der Schüler*innen haben, konnte gezeigt werden, dass in der Interventionsgruppe eine signifikante Zunahme in der kognitiven Kompetenz im Vergleich zur Kontrollgruppe gemessen wurde. Ebenso zeigt sich in einigen Klassen eine signifikante Zunahme der sozio-emotionalen Kompetenz und in vereinzelter Klassen auch eine Zunahme in der verhaltensbezogenen Kompetenz und im Umweltinteresse. Erste Vergleiche von den Ergebnissen der Klassen und den Ergebnissen der einzelnen Lehrpersonen zeigen dabei, dass signifikante Ergebnisse in jenen Klassen gemessen wurden, in denen die Anzahl der erledigten Aufgaben, das Umweltinteresse der Lehrperson und die Intensität der Kontextualisierung besonders hoch war. Betrachtet man also die BNE-Dimensionen aus Abschnitt 2.1.2, können die erstellten Aufgaben unabhängig von der Lehrperson eine positive Wirkung auf das kognitive Lernen erzielen. Ob das sozio-emotionale Lernen oder auch das Umweltinteresse angesprochen wird, hängt von der Umsetzung ab. Da, wie von Rieß (2010) und Olsson et al. (2022) gezeigt wurde, Materialien für einen projektbasierten oder fächerübergreifenden Unterricht besonders positiv auf das emotionale Lernen und das verhaltensbezogene Lernen wirken, kann eine Kombination von unterschiedlichen Aufgaben die Umweltkompetenz in allen Dimensionen fördern und eine Implementierung von BNE ermöglichen. Das bedeutet, dass man einerseits der Empfehlung von Waltner (2020) folgt und Materialien wie die hier erstellten Aufgaben in Schulbücher integriert, um BNE in den alltäglichen Unterricht niederschwellig einzubauen und die kognitive Kompetenz der Schüler*innen zu steigern. Andererseits aber sollte trotzdem das vielfältige Angebot an Materialien für einen BNE-bezogenen Projektunterricht mit kooperativem Lernen genutzt werden, um somit ebenso die emotionale und die verhaltensbezogene Kompetenz zu fördern.

Für die erstellten Materialien folgt aus den Untersuchungen nun, in Bezug auf die Hypothesen aus Kapitel 3, dass zwar sowohl das mathematische Interesse als auch das Umweltinteresse durch die Wahl der Aufgaben nicht beeinflusst werden konnten, jedoch die Umweltkompetenz je nach Ausführung in einer oder mehreren Dimensionen von den Aufgaben profitiert. Die erstellten Aufgaben sind darüber hinaus für Schulbücher besonders geeignet, da BNE ohne großen Aufwand einfach in den Unterricht eingebaut werden kann. Diese Art der BNE-Mathematikmaterialien kann daher als ein erster temporärer Lösungsansatz gesehen werden, um trotz des im Abschnitt 2.1.2 vorgestellten Problems, dass BNE mit dem jetzigen überbordenden Curriculum nicht zu vereinbaren ist, BNE ohne Mehraufwand für Lehrpersonen in den Unterricht zu integrieren. Dass daran auch die Lehrpersonen in dieser Studie interessiert sind, zeigen die Ergebnisse der Umfrage zur Einstellung der Lehrpersonen, die in Abbildung 5.15 veranschaulicht sind.

KAPITEL 7. FAZIT

Für zukünftige Forschungen bleibt unter anderem die Frage offen, ob das mathematische Interesse und das Umweltinteresse bei einer längeren Intervention, signifikante Veränderungen aufweisen würden. Darüber hinaus wäre es auch wichtig herauszufinden, wie eine Normalverteilung in den Klassen besser erreicht werden kann, um schließlich auch die mixed ANOVA und die Stärke des Effektes interpretieren zu können. Ebenso sollte dann noch mit einer größeren Kontrollgruppe herausgefunden werden, ob das Umweltinteresse in diesem Alter allgemein sinkt, so wie es schon Klimova und Schwäbisch (2014) für das mathematische Interesse gezeigt haben. Zuletzt bleibt noch eine genauere Auswertung der Daten für die Forschungsfrage vier übrig, da hier mittels einer ANCOVA der Einfluss des Umweltinteresses der Lehrperson und die Bedeutung der Anzahl der erledigten Aufgaben noch genauer berechnet werden sollte. Ebenso könnten weitere Faktoren, wie die Organisationsform und die Sozialform, mit denen die Aufgaben bearbeitet werden, detailliert erfasst und analysiert werden.

Literatur

- Alsina, A., & Mulà, I. (2019). Advancing towards a Transformational Professional Competence Model through Reflective Learning and Sustainability: The Case of Mathematics Teacher Education. *Sustainability*, 11(15), 4039. <https://doi.org/10.3390/su11154039>
- Barwell, R. (2013). The mathematical formatting of climate change: critical mathematics education and post-normal science. *Research in mathematics education*, 15(1), 1–16.
- Benesch, T. (2018). Die vier Phasen der Interessensentwicklung dargestellt am Thema Brüche im Fach Mathematik in der Sekundarstufe 1. *Mathematik im Unterricht*, 9, 51–58.
- Berglund, T., & Gericke, N. (2016). Separated and integrated perspectives on environmental, economic, and social dimensions – an investigation of student views on sustainable development. *Environmental Education Research*, 22(8), 1115–1138. <https://doi.org/10.1080/13504622.2015.1063589>
- Blankenburg, J., & Scheersoi, A. (2018). Interesse und Interessenentwicklung. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschafts-didaktischen Forschung* (S. 245–259). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56320-5_15
- BMBF. (2014). *Grundsatzpapier Umweltbildung für nachhaltige Entwicklung*. https://rundschriften.bmbwf.gv.at/download/2014_20.pdf
- BMBWF. (2024a). *Bildung für nachhaltige Entwicklung* [Zugegriffen am 2024-04-02]. <https://www.bmbwf.gv.at/Themen/schule/schulpraxis/ba/bine.html>
- BMBWF. (2024b). *RIS-Lehrpläne der AHS* [Zugegriffen am 2024-04-11]. <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568>
- BMBWF. (2024c). *RIS-Lehrpläne der Mittelschulen* [Zugegriffen am 2024-04-12]. <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20007850>
- BMK. (2024). *Aktionsrahmen Bildung 2030* [Zugegriffen am 2024-03-18]. https://www.bmk.gv.at/themen/klima__umwelt/nachhaltigkeit/bildung/bne__weltaktionsprog.html
- BNE-Portal. (2024). *Lernmaterialien* [Zugegriffen am 2024-06-13]. <https://www.bne-portal.de/bne/de/infothek/lernmaterialien/lernmaterialien.html>
- Boeve-de Pauw, J., & Van Petegem, P. (2018). Eco-school evaluation beyond labels: the impact of environmental policy, didactics and nature at school on student outcomes. *Environmental Education Research*, 24(9), 1250–1267. <https://doi.org/10.1080/13504622.2017.1307327>

- Bonett, D., & Wrigth, T. (2015). Cronbach's alpha reliability: Interval estimation, hypothesis testing, and sample size planning. *Journal of organizational behavior*, 36(1), 3–15.
- Bortz, J., Lienert, G., & Boehnke, K. (2008). Verteilungsfreie und parametrische Tests. In J. Bortz, G. Lienert & K. Boehnke (Hrsg.), *Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik* (S. 79–86). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-74707-9_4
- Boxhofer, E., Lischka, U., & Panhuber-Mayer, B. (2023a). *MathematiX: future edition. 1, Schulbuch*. Veritas.
- Boxhofer, E., Lischka, U., & Panhuber-Mayer, B. (2023b). *MathematiX: future edition. 1, Serviceiteil*. Veritas.
- Boxhofer, E., Lischka, U., & Panhuber-Mayer, B. (2023c). *MathematiX: future edition. 1, Übungen*. Veritas.
- Brosius, H., Haas, A., & Unkel, J. (2022). Messen und Zählen II. In H. Brosius, A. Haas & J. Unkel (Hrsg.), *Methoden der empirischen Kommunikationsforschung: Eine Einführung* (S. 45–59). Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-34195-4_3
- Budde, J., & Blasse, N. (2023). Bildung für nachhaltige Entwicklung zwischen Programmatik und Praxis. *ZEP – Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik*, 2023(2), 4–9. <https://doi.org/10.31244/zep.2023.02.02>
- Bundeskanzleramt. (2024). *Nachhaltige Entwicklung - Agenda 2030 SDGs* [Zugegriffen am 2024-03-09]. <https://www.bundeskanzleramt.gv.at/themen/nachhaltige-entwicklung-agenda-2030.html>
- Code, W., Merchant, S., Maciejewski, W., Thomas, M., & Lo, J. (2016). The Mathematics Attitudes and Perceptions Survey: an instrument to assess expert-like views and dispositions among undergraduate mathematics students. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 47(6), 917–937. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2015.1133854>
- Danz, R. (2017). *Schulbücher für nachhaltige Entwicklung*. UNESCO MGIEP.
- Dormann, C. (2017). *Parametrische Statistik : Verteilungen, maximum likelihood und GLM in R* - (2. Aufl.). Springer. https://usearch.uaccess.univie.ac.at/primos-explore/fulldisplay/UWI_alma51359334230003332/UWI
- Eichler, A., & Isaev, V. (2023). Improving Prospective Teachers' Beliefs About a Double Discontinuity Between School Mathematics and University Mathematics. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 44(1), 117–142. <https://doi.org/10.1007/s13138-022-00206-w>
- EPIZ. (2015). Mathematik. Statistiken rund ums Klima. In EPIZ (Hrsg.), *Ein Klima für den Wandel* (S. 44–49). Globales Lernen in Berlin.
- Fadel, C., Bialik, M., & Trilling, B. (2019). Schule braucht eine radikale Neuausrichtung der Bildungsziele. *Jahrbuch Bildung für nachhaltige Entwicklung*, 33–41.
- Fahrmeir, L., Heumann, C., Künstler, R., Pigeot, I., & Tutz, G. (2023). *Statistik : der Weg zur Datenanalyse* (9. Aufl.). Springer. https://usearch.uaccess.univie.ac.at/primos-explore/fulldisplay/UWI_alma51615321550003332/UWI

- GeoSphere Austria. (2024). *Klima* [Zugegriffen am 2024-03-17]. <https://www.zamg.ac.at/cms/de/forschung/klima>
- Germanwatch. (2024). *Bildungsmaterialien* [Zugegriffen am 2024-06-13]. <https://www.germanwatch.org/de/bildungsmaterialien>
- Glock, J. (2023). *Infektionsraten über eindimensionale zelluläre Automaten im Mathematikunterricht - Eine Analyse zur Auswirkung auf das Interesse von Schüler*innen*. Masterarbeit. Universität Wien. <https://theses.univie.ac.at/detail/68896>
- Grundmann, D. (2017). *Bildung für nachhaltige Entwicklung in Schulen verankern: Handlungsfelder, Strategien und Rahmenbedingungen der Schulentwicklung*. Springer VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-16913-8>
- Hamilton, J. (2014). Sustainability Education: The What and How for Mathematics. *PRIMUS : problems, resources, and issues in mathematics undergraduate studies*, 24(1), 61–80.
- Heymann, W. (1996). *Allgemeinbildung und Mathematik* (Dr. nach Typoskript). Beltz.
- Hoffmann, T., & Gorana, R. (2024). *Die Ziele für nachhaltige Entwicklung im Unterricht*. Engagement Global. https://www.globaleslernen.de/sites/default/files/files/pages/Broschuere_DE-SDG-Barrierefrei-web.pdf
- Holst, J., Singer-Brodowski, M., Brock, A., & de Haan, G. (2024). Monitoring SDG 4.7: Assessing Education for Sustainable Development in policies, curricula, training of educators and student assessment (input-indicator). *Sustainable Development*, 19(n/a), 1–16. <https://doi.org/10.1002/sd.2865>
- Hui-Chuan, L., & Tsung-Lung, T. (2021). Education for sustainable development in mathematics education: what could it look like? *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 53(9), 2532–2542. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0020739X.2021.1941361>
- Hussy, W., Schreier, M., & Echterhoff, G. (2013). *Forschungsmethoden in Psychologie und Sozialwissenschaften für Bachelor*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-34362-9>
- IUFE. (2020). Sustainable Development Goals Abfall- und Kreislaufwirtschaft: Analyse der Schnittmengen in Österreich. https://www.iufe.at/fileadmin/user_upload/IUFE_Factsheet_SDGs____Abfall-_und_Kreislaufwirtschaft_2020.pdf
- Klafki, W. (1985). *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik : Beiträge zur kritisch-konstruktiven Didaktik*. Beltz.
- Klimabündnis. (2019). *17 Ziele für nachhaltige Entwicklung. Lokal gemeistert*. https://www.klimabuendnis.at/wp-content/uploads/2023/08/KBU_sdg_broschuere_210x210mm-1.pdf
- Klimabündnis. (2024). *Materialien* [Zugegriffen am 2024-06-13]. <https://www.klimabuendnis.at/oesterreich/materialien/>
- Klimova, E., & Schwäbisch, G. (2014). Entwicklung von Interesse an der Mathematik. *Gesellschaft für Didaktik der Mathematik*. <https://doi.org/10.17877/DE290R-335>
- Künzli, D., Bertschy, F., & Di Giulio, A. (2010). Bildung für eine Nachhaltige Entwicklung im Vergleich mit Globalem Lernen und Umweltbildung. *Schweizerische Zeitschrift*

- für *Bildungswissenschaften*, 32(2), 213–231. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0111-opus-85986>
- Lehrerbildung LMU. (n. d.). *BNE-BOX: Bildung für nachhaltige Entwicklung* [Zugegriffen am 2024-06-13]. <https://www.bne-box.lehrerbildung-at-lmu.mzl.lmu.de/>
- Levine, T., & McCornack, S. (2014). Truth-Default Theory (TDT): A Theory of Human Deception and Deception Detection. *Journal of language and social psychology*, 33(4), 378–392. <https://doi.org/https://doi-org.uaccess.univie.ac.at/10.1177/0261927X14535916>
- Linnenbrink-Garcia, L., Durik, A., Conley, A., Barron, K., Tauer, J., Karabenick, S., & Harackiewicz, J. (2010). Measuring Situational Interest in Academic Domains. *Educational and Psychological Measurement*, 70(4), 647–671. <https://doi.org/10.1177/0013164409355699>
- MacFarland, T., & Yates, J. (2016). Mann–Whitney U Test. In T. MacFarland & J. Yates (Hrsg.), *Introduction to Nonparametric Statistics for the Biological Sciences Using R* (S. 103–132). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-30634-6_4
- Mayring, P. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse*. Beltz. Verfügbar 16. Januar 2024 unter <https://content.select.com/de/portal/media/view/6230dc9f-d158-4bda-a1f2-1d0db0dd2d03?forceauth=1>
- McCrum-Gardner, E. (2008). Which is the correct statistical test to use. *Britisch Journal of oral and maxillofacial surgery*, (46), 38–41.
- Meier, L. (2022). *ANOVA and Mixed Models: A Short Introduction Using R*. Chapman; Hall/CRC. <https://doi.org/10.1201/9781003146216>
- Menold, N., & Bogner, K. (2019). *Gestaltung von Ratingskalen in Fragebögen*. Springer. https://doi.org/10.15465/SDM-SG_015
- Moosbrugger, H., & Kelava, A. (2020). Qualitätsanforderungen an Tests und Fragebogen („Gütekriterien“). In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (S. 13–38). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-61532-4_2
- Olsson, D., Gericke, N., & Boeve-de Pauw, J. (2022). The effectiveness of education for sustainable development revisited – a longitudinal study on secondary students’ action competence for sustainability. *Environmental Education Research*, 28(3), 405–429. <https://doi.org/10.1080/13504622.2022.2033170>
- österreichisches Portal für Umweltbildung. (2023). Materialien Umweltbildung [Zugegriffen am 2024-06-13]. <https://www.umweltberatung.at/umweltbildung-materialien>
- Pereira, D., Afonso, A., & Medeiros, F. (2015). Overview of Friedman’s Test and Post-hoc Analysis. *Communications in Statistics - Simulation and Computation*, 44(10), 2636–2653. <https://doi.org/10.1080/03610918.2014.931971>
- Planing, P. (2024). Mixed-ANOVA mit R [Book Title: Statistik Grundlagen Publisher: Patrick Planing]. In *Statistik mit R & RStudio*. Planing Publishing. <https://statistikgrundlagen.de/ebook/chapter/mixed-anova-mit-r/>
- Potvin, P., Ayotte-Beaudet, J., Hasni, A., Smith, J., Giamellaro, M., Lin, T., & Tsai, C. (2023). Development and Validation of a Questionnaire to Assess Situational

- Interest in a Science Period: a Study in Three Cultural/Linguistic Contexts. *Research in Science Education*, 53(1), 99–120. <https://doi.org/10.1007/s11165-022-10050-0>
- Renert, M. (2011). Mathematics for Life: Sustainable Mathematics Education. *For the Learning of Mathematics*, 31(1), 20–26. <https://www.jstor.org/stable/41319547>
- Renninger, A., & Hidi, S. (2015). *The Power of Interest for Motivation and Engagement*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315771045>
- Rieß, W. (2010). *Bildung für nachhaltige Entwicklung. Theoretische Analysen und empirische Studien*. Waxmann.
- Rost, D. (2022). *Interpretation und Bewertung pädagogischer und psychologischer Studien: Eine Einführung*. UTB.
- Sachs, L., & Hedderich, J. (2009). *Angewandte Statistik*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-88904-5>
- Schecker, H. (2014). Überprüfung der Konsistenz von Itemgruppen mit Cronbachs alpha. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftlichen Forschung*. Springer.
- Schlüter, D., Göller, R., Hagen, M., Padberg-Gehle, K., & Besser, M. (2024). Mathematisches Modellieren und Bildung für nachhaltige Entwicklung - zusammen denken, was zusammengehört? *BzMU24*.
- Schreiber, J., & Siege, H. (2016). *Curriculum Framework Education for Sustainable Development* (2. Aufl.). Engagement Global. <https://www.ensi.org/global/downloads/Publications/418/Curriculum%20Framework%20ESD%20final%201.pdf>
- Schurtz, I., & Artelt, C. (2014). Die Entwicklung des Fachinteresses Deutsch, Mathematik und Englisch in der Adoleszenz: Ein personenzentrierter Ansatz. *Diskurs Kindheits- und Jugendforschung*, 9(3).
- Shatz, I. (2023). Assumption-checking rather than (just) testing: The importance of visualization and effect size in statistical diagnostics. *Behavior Research Methods*, 56, 826–845. <https://doi.org/10.3758/s13428-023-02072-x>
- Siller, H., & Weigand, H. (2023). Ohne Mathe geht es nicht. *Mathematik lehren*, 2023(237), 2–7. https://elibrary.utb.de/doi/abs/10.5555/ml-237-2023_01
- Skovsmose, O. (2021). Mathematics and crises. *Educational Studies in Mathematics*, 108(1-2), 369–383. <https://doi.org/10.1007/s10649-021-10037-0>
- Specht, B., & Danzer, C. (2024). B2NE – Zur Ausgangslage der Bildung von Mathematiklehramtsstudierenden im Bereich BNE. In *Beiträge zum Mathematikunterricht 2024*.
- Stocker, D. (2006). *Maththatmatters. A teacher resource teacher resource linking math and inking math and social justice*. CCPA Education Project. <https://policyalternatives.ca/sites/default/files/uploads/publications/maththatmatters1.pdf>
- Su, S., Díaz-Levicoy, D., Vásquez, C., & Hsu, C. (2023). Sustainable Development Education for Training and Service Teachers Teaching Mathematics: A Systematic Review. *Sustainability*, 15(10), 8435. <https://doi.org/10.3390/su15108435>

- Taube, D. (2023). Engagiert unterrichten? Globalisierungsbezogene Bildungsmaterialien für Lehrkräfte im Kontext einer Bildung in der Weltgesellschaft auf dem Prüfstand. *ZEP – Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik*, 2023(2), 31–36. <https://doi.org/10.31244/zep.2023.02.07>
- Theodorsson-Norheim, E. (1987). Friedman and Quade tests: BASIC computer program to perform nonparametric two-way analysis of variance and multiple comparisons on ranks of several related samples. *Computers in Biology and Medicine*, 17(2), 85–99. [https://doi.org/10.1016/0010-4825\(87\)90003-5](https://doi.org/10.1016/0010-4825(87)90003-5)
- Tischler, O. (Hrsg.). (2019). *Mathematik Globales Lernen- Global Citizenship Education im Fachunterricht*. https://www.suedwind.at/fileadmin/user_upload/suedwind/Bilden/Handbuch-Mathe_Suedwind_2019.pdf
- Umweltbildung, F. (2024). *Österreichisches Portal für Umweltbildung und Bildung für nachhaltige Entwicklung* [Zugegriffen am 2024-03-09]. <https://www.umweltbildung.at/>
- Umweltbundesamt. (2024a). *Artenschutz-Datenbank* [Zugegriff am 2024-09-04]. <https://www.umweltbundesamt.at/umweltthemen/naturschutz/artenschutz/artenschutz-datenbank>
- Umweltbundesamt. (2024b). *Dashboard Klimadaten* [Zugegriffen am 2024-03-09]. <https://www.umweltbundesamt.at/klima/dashboard>
- Umweltbundesamt. (2024c). *Umweltthemen* [Zugegriffen am 2024-03-09]. <https://www.umweltbundesamt.at/umweltthemen>
- UN. (2015). *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development* [Zugegriffen am 2024-03-19]. <https://sdgs.un.org/2030agenda>
- UN. (2024). *THE 17 GOALS Sustainable Development* [Zugegriffen am 2024-03-18]. <https://sdgs.un.org/goals>
- UNESCO. (2017). *Education for sustainable development learning objectives*. https://www.unesco.de/sites/default/files/2018-08/unesco_education_for_sustainable_development_goals.pdf
- UNESCO. (2021). *Bildung für nachhaltige Entwicklung. Eine Roadmap*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374802.locale=en>
- Unteregger, R. (2018). *Allgemeine Didaktik einer Bildung für nachhaltige Entwicklung: für Lehrerinnen und Lehrer*. Edition Rüeegger.
- Vásquez, C. (2021). Education for sustainable development in primary education textbooks—an educational approach from statistical and probabilistic literacy. *Sustainability*, 13(6), 3115.
- Vásquez, C. (2023). Integrating sustainability in mathematics education and statistics education: A systematic review. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(11), 1–16. <https://doi.org/https://doi.org/10.29333/ejmste/13809>
- Wagener, M. (2019). Interessenförderung im Unterricht zum Lernbereich Globale Entwicklung. *ZEP – Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik*, 2019(1), 30–35. <https://doi.org/10.31244/zep.2019.01.07>

- Wals, A. (2019). Sustainability-oriented learning as a transgressive systemic response to global challenges. In *Vor, Zurück, Stopp, Start* (S. 23–32). Forum Umweltbildung.
- Waltner, E. (2020). What teachers think and know about education for sustainable development and how they implement it in class. *Sustainability*, 12(4), 1690.
- Wilhelm, K. (2022). Nachhaltigkeit im Mathematikunterricht – Der Achtsame Unterricht mit der Sache. In *Beiträge zum Mathematikunterricht 2022. 56. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik*. (S. 507–510).
- Winter, H. (1995). Mathematikunterricht und Allgemeinbildung. *Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik*, 61, 37–46. <https://ojs.didaktik-der-mathematik.de/index.php/%20mgdm/article/view/69/80>

Abbildungsverzeichnis

2.1. Ziele der Bildung für nachhaltige Entwicklung aufbauend auf den SDGs . . .	6
2.2. Die BNE-Handlungsstruktur mit den BNE-Elementen	11
4.1. Item mit Likert-Skala	30
4.2. Häufigkeiten der thematisierten SDGs in den Arbeitsblättern	40
5.1. Cronbach-Alpha-Werte für das Umweltinteresse	46
5.2. Cronbach-Alpha-Werte für die Umweltkompetenz	46
5.3. Beispiel für die Symmetrie für situatives Umweltinteresse	48
5.4. Pfad zur Veranschaulichung der Auswahl des Testverfahrens	49
5.5. Tests auf Normalverteilung zum situativen Umweltinteresse	49
5.6. QQ-Plot zur Unterkategorie <i>keine kognitive Kompetenz</i>	50
5.7. Boxplot zu den Unterkategorien	51
5.8. Überblick der Ergebnisse des Wilcoxon-Tests zur kognitiven Umweltkompetenz	52
5.9. Mann-Whitney-Test zur hohen emotionalen Kompetenz	54
5.10. Boxplots zu den emotionalen Kompetenzen	55
5.11. Überblick der Ergebnisse des Wilcoxon-Tests zum Umweltinteresse	57
5.12. Boxplots zum Umweltinteresse	58
5.13. Überblick der Ergebnisse des Wilcoxon-Tests zum mathematischen Interesse	59
5.14. Boxplots zum mathematischen Interesse der Schüler*innen	60
5.15. Überblick über die Ergebnisse: Einstellungen der Lehrpersonen zur BNE .	61
5.16. Das Umweltinteresse der Lehrpersonen zugeordnet zu deren Klassen . . .	63
5.17. Anzahl der erledigten Mathematikaufgabe zur nachhaltigen Entwicklung .	64
6.1. Veränderung der kognitiven Umweltkompetenz in der Intervention	72

Tabellenverzeichnis

2.1. Mögliche Themen zur Aufgabenerstellung	10
4.1. offene Fragen und deren Erwartungshorizont zur kognitiven Kompetenz .	34
5.1. Prozentualer Wissenszuwachs (WZ) basierend auf der Beantwortung der offenen Fragen	53
A.1. Items zum Umweltinteresse von Lehrpersonen	94
A.2. Items zum mathematischen Interesse von Schüler*innen	95
A.3. Items zum Umweltinteresse von Schüler*innen	96
A.4. Items zur kognitiven Umweltkompetenz	97
A.5. Items zur emotionalen Umweltkompetenz	97
A.6. Items zur verhaltensbezogenen Umweltkompetenz	98

A. Kategorisierung der Items

Kategorien	Items
Desinteresse	1. Ich vermeide es, mich mit Umweltthemen zu beschäftigen. 2. Ich verbinde Umweltthemen mit negativen Gefühlen. (Überforderung, Zorn, Angst,...) 3. Umweltthemen langweilen mich. 4. Ich rege mich schnell über Umweltthemen auf. 5. Gespräche über Umweltthemen versuche ich zu vermeiden. 6. Über Umweltthemen zu sprechen, macht mir nur selten Spaß. 7. Mir ist das Thema Umwelt eher gleichgültig.
situatives Interesse	1. Diskussionen über Umweltthemen versuche ich zu vermeiden. 2. Ich bin neugierig auf neue Fakten über die Umwelt und nachhaltige Lebensweisen. 3. Wenn ich Umweltthemen kompliziert finde, beschäftige ich mich damit nicht näher. 4. Ich interessiere mich für kurze Nachrichten über Umweltthemen, beschäftige mich aber nicht aktiv mehr mit diesen Themen. 5. Ich bin zufrieden, wenn ich die größten Eckdaten über den 6. Klimawandel weiß und nicht jeden Aspekt genau kenne und verstehe. 7. Die Beschäftigung mit Umweltthemen ändert meinen Blick auf die Welt. 8. Wenn ich genügend Zeit hätte, würde ich mich mit Umweltthemen auch tiefergehend beschäftigen. 9. Umweltthemen interessieren mich zwar, haben in meiner Freizeit aber keine Priorität.
individuelles Interesse	1. Ich möchte mehr über Umweltthemen wissen, als ich über die Nachrichten erfahre. 2. Auch wenn die Auseinandersetzung mit Umweltthemen oft anstrengend ist, finde ich es für mich trotzdem sehr wichtig, dies zu tun.

ANHANG A. KATEGORISIERUNG DER ITEMS

Kategorien	Items
	3. Ich bin sicher, dass die Auseinandersetzung mit Umweltthemen meine Persönlichkeit positiv beeinflusst. 4. Ich mache mir viele Gedanken über Umweltthemen. 5. Ich spreche gerne mit Freunden über Umweltthemen. 6. Ich kenne mich sehr gut bei Umweltthemen aus. 7. Ich engagiere mich auch regelmäßig im Bereich Umwelt. 8. Über Umweltthemen zu sprechen, macht mir Spaß. 9. Ich beschäftige mich in meiner Freizeit sehr intensiv mit Umweltthemen.
Kontrollfrage	Diese Frage dient als Kontrollfrage. Kreuzen Sie hier bitte „4“ an.

Tabelle A.1.: Items zum Umweltinteresse von Lehrpersonen

Kategorien	Items
Desinteresse	1. Ich lerne Mathematik nur, wenn es notwendig ist. 2. Ich vermeide es, Mathematikaufgaben zu lösen. 3. Ich verbinde das Fach Mathematik mit negativen Gefühlen (z.B. Angst, Überforderung, Zorn, ...). 4. Schulmathematik hat nichts mit dem zu tun, was ich in der realen Welt erlebe. 5. Themen im Mathematikunterricht langweilen mich. 6. Ich rege mich schnell auf, wenn ich bei einer Mathematikaufgabe nicht weiterkomme. 7. Über Inhalte aus der Mathematik zu reden, macht mir nur selten Spaß. 8. Wenn ich ehrlich sein soll, ist mir Mathematik manchmal eher gleichgültig. 9. Ich vermeide es, mathematische Probleme zu lösen, wenn es möglich ist.
situatives Interesse	1. Ich bin neugierig auf neue Themen im Mathematikunterricht. 2. Im Unterricht werden die Inhalte interessant vermittelt, aber ich beschäftige mich nicht näher damit in meiner Freizeit. 3. In meiner Freizeit beschäftige ich mich nur ungern mit Problemen der Mathematik. 4. Ohne äußeren Druck würde ich mich wohl nicht so regelmäßig mit Inhalten aus Mathematik beschäftigen. 5. Die Beschäftigung mit den Inhalten aus Mathematik gehört nicht gerade zu meinen Lieblingstätigkeiten.

Kategorien	Items
	6. Ich bin zufrieden, wenn ich Aufgaben eines mathematischen 7. Themengebiets bearbeiten kann, auch wenn ich nicht jeden Aspekt voll und ganz verstehe. 8. Ich habe Spaß daran, Mathematikaufgaben zu lösen. 9. Das Lernen von Mathematik verändert meine Vorstellun- gen davon, wie die Welt funktioniert. 10. Die Fähigkeit zur logischen Argumentation, wie ich sie in Mathematik nutze, kann mir im Alltag nützlich sein. 11. Auch wenn das Mathematikstudium anstrengend ist, so ist die Beschäftigung damit doch eine schöne Sache. 12. Wenn ich genügend Zeit hätte, würde ich mich mit be- stimmten Fragen der Mathematik, auch unabhängig von Prüfungsanforderungen, intensiver beschäftigen.
individuelles Interesse	1. Ich setze mich auch zu Hause mit Mathematik auseinander. 2. Ich möchte mehr über Mathematik lernen, als wir im Unterricht erarbeiten. 3. Die Beschäftigung mit bestimmten Inhalten aus Mathe- matik wirkt sich positiv auf meine Stimmung aus. 4. Ich bin sicher, dass die Arbeit mit Mathematik meine Persönlichkeit positiv beeinflusst. 5. Ich löse gerne mathematische Probleme. 6. Ich kenne mich sehr gut in Mathematik aus. 7. Wenn ich eine Mathematikaufgabe herausfordernd finde, gebe ich trotzdem nicht auf, weil ich sie unbedingt lösen möchte. 8. Ich spreche gerne mit meinen Freunden oder Lehrpersonen über Mathematik. 9. Ich beschäftige mich in meiner Freizeit, also nicht für die Schule, mit Mathematik. 10. Die Beschäftigung mit bestimmten Inhalten aus Mathe- matik ist mir wichtiger als Zerstreuung, Freizeit und Unter- haltung.
Kontrollfrage	Wir nutzen diese Aussage, um diejenigen Personen herauszu- filtern, die die Aussagen nicht lesen. Bitte kreuze für diese Aussage „4“ an.

Tabelle A.2.: Items zum mathematischen Interesse von Schüler*innen

Kategorien	Items
Desinteresse	1. Ich beschäftige mich nicht gerne mit Umweltthemen.

ANHANG A. KATEGORISIERUNG DER ITEMS

Kategorien	Items
	2. Ich verbinde Umweltthemen mit negativen Gefühlen. (Überforderung, Zorn, Angst,...) 3. Umweltthemen langweilen mich. 4. Ich spreche nicht gerne über Umweltthemen. 5. Mir ist das Thema Umwelt eher egal.
situatives Interesse	1. Ich bin neugierig auf neue Fakten über die Umwelt und Nachhaltigkeit 2. Wenn ich Umweltthemen kompliziert finde, beschäftige ich mich damit nicht näher. 3. Ich interessiere mich manchmal für kurze Videos oder Nachrichten über Umweltthemen. 4. Ich bin zufrieden, wenn ich die größten Eckdaten über den 5. Klimawandel weiß und nicht alles genau kenne und verstehe. 6. Die Beschäftigung mit Umweltthemen ändert meinen Blick auf die Welt. 7. Umweltthemen interessieren mich zwar, in meiner Freizeit beschäftige ich mich aber lieber mit anderen Themen.
individuelles Interesse	1. Ich mache mir viele Gedanken über Umweltthemen. 2. Ich möchte mehr über Umweltthemen wissen, als ich in der Schule erfahre. 3. Ich finde es wichtig, über Umweltthemen zu sprechen. 4. Ich spreche gerne mit Freunden über Umweltthemen. 5. Ich kenne mich sehr gut bei Umweltthemen aus. 6. Ich engagiere mich auch regelmäßig im Bereich Umwelt.
Kontrollfrage	Diese Frage dient als Kontrollfrage. Kreuzen Sie hier bitte „4“ an.

Tabelle A.3.: Items zum Umweltinteresse von Schüler*innen

Kategorien	Items
kein Wissen zum Klimawandel (keine kognitive Kompetenz)	1. Essen und Einkaufen haben nichts mit den Folgen des Klimawandels zu tun. 2. Die Welt würde auch ohne uns Menschen genauso schnell immer wärmer werden. 3. Die Verschmutzung der Meere hat keinen Einfluss auf uns Menschen.
allgemeines Wissen zum Klimawandel (mittlere kognitive	1. Die Abholzung von Wäldern hat einen Einfluss auf unser Ökosystem. 2. Die Meeresverschmutzung trägt zum Artensterben bei.

Kategorien	Items
Kompetenz)	3. Das 1,5-Grad-Ziel soll nicht umkehrbare Klimafolgen verhindern.
Wissen über komplexe Zusammenhänge	1. gibt keinen Zusammenhang zwischen Ernährung und der Abholzung von Flächen, den CO2 Emissionen und Abfall. (disagree)
(hohe kognitive Kompetenz)	2. Die Industrie hat nur einen sehr kleinen Anteil an den CO2-Emissionen. (disagree)
	3. Die Überfischung der Meere hat keine Auswirkungen auf das Ökosystem. (disagree)

Tabelle A.4.: Items zur kognitiven Umweltkompetenz

Kategorien	Items
Unverständnis (keine emotionale Kompetenz)	1. Die Klimakrise betrifft mich nicht, daher ist sie mir egal. 2. Mein Verhalten wirkt sich nicht auf die Klimakrise aus. 3. Das Artensterben finde ich nicht schlimm, weil schon immer Tiere ausgestorben sind.
Empathie (mittlere emotionale Kompetenz)	1. Menschen an den Küsten tun mir leid, weil sie stark vom Klimawandel betroffen sind. 2. Mein eigenes Verhalten hat auch Auswirkungen auf die Klimakrise. 3. Ich finde es traurig, dass die Natur immer mehr zerstört wird.
Reflexion und Verantwortung (hohe emotionale Kompetenz)	1. Viele Menschen leiden unter den Auswirkungen der Klimakrise. Daher finde ich es wichtig, darüber zu sprechen. 2. Die Klimakrise betrifft alle Länder und besonders stark auch manche Länder, die weniger CO2-Ausstoß haben als Österreich. 3. Wir alle tragen Verantwortung für die Klimakrise, daher achte auch ich auf mein Verhalten.

Tabelle A.5.: Items zur emotionalen Umweltkompetenz

Kategorien	Items
Nicht-Handeln (keine verhaltensbezogene Kompetenz)	1. Ich möchte nichts für die Umwelt tun. (Zum Beispiel kein Projekt, keine Demo, ...) 2. Ich ändere nichts an meinem Verhalten, auch wenn das gut für die Umwelt wäre. 3. Ich möchte nicht über Lösungen zur Klimakrise sprechen.

ANHANG A. KATEGORISIERUNG DER ITEMS

Kategorien	Items
Bereitschaft zum Handeln (mittlere verhaltensbezogene Kompetenz)	1. Ich kann mir vorstellen, für die Umwelt weniger Fleisch zu essen. 2. Ich würde gerne versuchen, weniger Müll zu produzieren. 3. Ich würde gerne bei einem Umweltprojekt mitmachen.
Verhalten aktiv ändern oder für die Umwelt aktiv werden (hohe verhaltensbezogene Kompetenz)	1. Ich verzichte auf manche Produkte, um die Umwelt zu schonen. 2. Ich esse weniger Fleisch für die Umwelt und das Klima. 3. Ich engagiere mich bereits für Umwelt und das Klima.

Tabelle A.6.: Items zur verhaltensbezogenen Umweltkompetenz

B. Materialien

Umfang und Fläche von Rechteck und Quadrat

1. Ein 125 m langes und 78 m breites Waldstück musste aufgrund massiven Borkenkäferbefalls gerodet werden. Vor der Wiederaufforstung eines Mischwaldes muss ein Wildzaun errichtet werden, um die kleinen Bäumchen vor Wildverbiss zu schützen.

Wie viele Meter Zaun werden benötigt, wenn für die Unebenheiten und Überlappungen zusätzlich insgesamt 25 m eingerechnet werden müssen?

Info Aufgrund der Klimaveränderung leiden in Österreich vor allem die Fichtenwälder unter starkem Borkenkäferbefall.

2. Ein Parkplatz in Wien hat eine Länge von 4,8 Metern und eine Breite von 2,5 Metern.
 - a) Wie viele Meter Hecke könntest du um den Parkplatz herum pflanzen.
 - b) Wie viel m^2 nimmt ein Parkplatz ein?

Info Ein Kinderzimmer in Österreich ist durchschnittlich etwa so groß wie ein Parkplatz. Stell dir vor, was alles auf einen Parkplatz passen würde.

3. Böden, die Wasser aufnehmen, schützen uns zum Beispiel vor Überflutungen und sind wichtig für die Artenvielfalt. In Österreich sind aber bereits mehr als die Hälfte der Böden versiegelt. Das würde einem Quadrat mit einer Seitenlänge von etwa 54 km entsprechen.

Wie viel Fläche in km^2 ist in Österreich bereits versiegelt?

Info Ein Boden ist versiegelt, wenn er kein Wasser und keine Luft mehr aufnehmen kann. Ein Beispiel dafür ist eine asphaltierte Straße.

Quelle: ÖRÖK-Atlas, 2022.

4. Durch eine Wiese führt ein 400 m langer und 120 cm breiter Fußweg.
Wie viel Wiesenfläche geht durch den Weg verloren?

Info Bei der Errichtung von Gehwegen sollte darauf geachtet werden, dass das Regenwasser versickern kann und keine Flächen versiegelt werden.

Name: _____

5. Der größte und bekannteste Gletscher Österreichs ist die Pasterze auf dem Großglockner in Kärnten. Sie wird schon lange vermessen:

Jahr	1852	1924	1969	1985	2003	2012	2020
Fläche (in km ²)	26,5	22,6	19,8	18,9	18,1	16,6	15,2

- a) Wie vielen Fußballfeldern entspricht die 1852 gemessene Fläche der Pasterze?
Ein Fußballfeld ist 100 Meter breit und 65 Meter lang.
- b) Wie vielen Fußballfeldern entspricht die 2020 gemessene Fläche der Pasterze?

Info Das Schmelzen der Gletscher ist ein weltweites Phänomen. Arten sterben dadurch und Erdrutsche vermehren sich.

Daten nach: Dr. Andreas Kellerer-Pirklbauer-Eulenstein, Universität Graz.

6. Gewerbe, Industrie und Wohnbau verdrängen Ackerland und Wiesen. Allein in Österreich wurden im Jahr 2021 täglich 11,5 ha Fläche verbaut. Vergleiche die in Österreich im Jahr 2021 verbaute Fläche mit der Fläche Wiens (414 km²).

1 km² = 100 ha

Info Die enorme Bodenversiegelung ist ein großes Umweltproblem. Der Lebensraum von Pflanzen und Tieren wird dadurch bedroht.

Quelle: Umweltbundesamt Wien, 2022.

7. Für unsere Ernährung werden ebenso Böden gebraucht. Für tausend Kilokalorien Rindfleisch werden zum Beispiel 12,5 m² Fläche benötigt. Für tausend Kilokalorien Kartoffeln werden 20 dm² benötigt. Wie viele dm² werden für tausend Kilokalorien Rindfleisch benötigt? Vergleiche die Werte!

Info Da tierische Ernährung die Umwelt deutlich stärker belastet als pflanzliche Ernährung, empfiehlt die Deutsche Gesellschaft für Ernährung, maximal ein Viertel tierische Produkte zu sich zu nehmen. Trotzdem sind in tierischen Produkten oft viele Proteine und Eisen, weshalb du bei deiner Ernährung nicht nur auf Kilokalorien schauen solltest.

Quelle: Statistisches Bundesamt Deutschland, 2018.

Name: _____

Maßstab und Zeitmaße

1. Zwischen 1981 und 1990 stieg der Meeresspiegel pro Jahr durchschnittlich um 1,4 Millimeter. Zwischen 2006 und 2015 waren es hingegen im Durchschnitt 2,6 Millimeter pro Jahr.

- a) Wie viele Zentimeter stieg der Meeresspiegel von 1981 – 1990 insgesamt?
b) Wie viele Zentimeter stieg der Meeresspiegel von 2006 - 2015 insgesamt?

Info 680 Millionen Menschen leben an Küsten oder auf Inseln und ein Teil von diesen Menschen ist schon heute vom Anstieg betroffen.

Quelle: C. Peter, GEO Fakten über den Meeresspiegelanstieg.

2. Täglich werden pro Haushalt in Österreich Lebensmittel im Wert von 82 Cent weggeworfen. Dabei belegen Brote und Backwaren den ersten Platz.
Berechne, wie viele € ein Haushalt pro Jahr sparen könnte, wenn kein Essen weggeworfen wird.

Info In Lebensmitteln stecken wertvolle Ressourcen wie Boden, Wasser, Energie und auch menschliche Arbeitskraft.

Quelle: Bundesministerium Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität und Technologie.

Merktabelle

	12	30	24	60	60
					
Jahr	Monat	Tag	Stunde	Minute	Sekunde
a	m	d	h	min	s

3. Im Jahr 2021 wurden in Österreich pro Sekunde durchschnittlich 2,457 Tonnen CO₂-Äquivalente in die Luft abgegeben.

Wie viele Tonnen CO₂-Äquivalente wurden in einer Minute und in einer Stunde im Jahr 2021 in Österreich ausgestoßen?

Info Mehr als drei Viertel dieser Gase werden durch die Sektoren Energie, Industrie, Verkehr und Gebäudebau verursacht.

Quelle: Klimaschutzbericht 2023, Umweltbundesamt Österreich.

Name: _____

4. In Deutschland werden stündlich 320 00 Einweg-Becher für Heißgetränke verbraucht.

Wie viele Einwegbecher werden in Deutschland pro Tag verbraucht?

Info Einwegbecher sind Müll, der sich einfach vermeiden lässt. Wenn du deinen eigenen Becher dabei hast, brauchst du auf nichts zu verzichten.

Quelle: Bundesministerium für Umwelt und Naturschutz Deutschland, 2024.

5. Die größte Müllinsel ist 1,6 Millionen km² groß. Wie oft würde Österreich ungefähr auf diese Müllinsel passen?

Messe dazu die ungefähre Länge und Breite von Österreich und berechne die Fläche. Achte auf den Maßstab, der im Bild abgebildet ist.



Stand: Februar 2024 © BEV

Info Insgesamt gibt es in den Ozeanen fünf dieser riesigen Müllinseln, die als Müllstrudel bezeichnet werden. In diesen sammeln sich durch Meeresströmungen Kunststoffe und Mikroplastik.

Quelle: GEOlino, Die fünf Müllstrudel der Ozeane.

Name: _____

6. Auf einer Straßenkarte des Burgenlandes im Maßstab 1 : 300 000 hast du Entfernungen abgemessen. Berechne die Strecke in km!

a) Rust – Mörbisch 18 mm

b) Neusiedl – Purbach 54 mm

Info

Ein Radurlaub in Österreich ist eine sehr nachhaltige Form, Erholungstage zu verbringen: keine lange Anreise, regionale Produkte konsumieren und die heimische Wirtschaft fördern.

Name: _____

Wiederholung – Rechnen mit Dezimalzahlen

1. Seit Jahren wird versucht, die Überfischung der Meere einzudämmen, jedoch sind wir sehr weit von diesem Ziel entfernt. Schau dir die Tabelle an und berechne die Gesamtmenge an Fischfang im Jahr 2001 und 2012.

Weltweiter Fischfang bzw. Fischproduktion (Mio. Tonnen)			
Jahr	Meere	Binnengewässer	Aquakulturen
2001	67,9	6,6	11,5
2012	79,7	11,6	60,6
Quelle: FAO – The State of World Fisheries and Aquaculture, 2014			

Info Die Überfischung der Meere führt zu weniger Artenvielfalt und der Zerstörung von marinen Ökosystemen. Darüber hinaus entziehen Massenfänge kleinen Fischereibetrieben die Existenz.

Quelle: 17 Ziele für einen bessere Welt, 2016.

2. Familie Markl besitzt einen Bio-Bauernhof mit insgesamt 14,7 ha Grund. Davon sind 7,5 ha Felder, 3,4 ha Wald und 2,65 ha Wiesen. Die restliche Fläche sind Wege und Gebäude. Wie groß ist die restliche Fläche?

Info Biologischer Anbau ist gelebter Klimaschutz, denn es wird auf moderne Pflanzenschutzmittel und Kunstdünger verzichtet.

3. Österreichweit wurden im Jahr 2022 durchschnittlich 6,88 Tonnen CO₂ pro Kopf gemessen. Weltweit lag der Durchschnitt pro Kopf im Jahr 2022 bei 4,7 Tonnen CO₂.

Wie viele Tonnen pro Kopf lag Österreich in diesem Jahr über dem Durchschnitt?

Info Wenn von Klimagerechtigkeit die Rede ist, bezieht sich dies darauf, dass bestimmte Länder einen deutlich geringeren CO₂-Ausstoß aufweisen, jedoch stärker von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen sind. Daher tragen wir auch aufgrund solcher Ergebnisse eine große Verantwortung.

Quelle: IEA, Global Carbon Atlas, 2022.

4. In Österreich haben wir im Jahr 2018 so viel konsumiert, dass wir im Durchschnitt 19,1 Tonnen pro Kopf an Material verbraucht haben. Das sind etwa 5 Tonnen mehr als der EU-Durchschnitt. Wie viele Tonnen an Material haben 21 Personen im Jahr 2018 benötigt?

Info Mit Materialien werden natürliche Ressourcen gemeint, die wir beispielsweise für Kleidung, Tankfüllung, Häuserbau und Lebensmittel benötigen.

5. Im Jahr 2017 betrug der Strompreis durchschnittlich 0,1978 € pro kWh in Österreich, ein Liter Benzin kostete 1,194 €
Vergleiche die Fahrkosten eines mit Benzin betriebenen Autos mit einem Elektroauto für eine Strecke von 300 km. Bei dem Benziner kannst du von einem Verbrauch von 6,5l auf 100 km, bei dem Elektroauto von 20 kWh auf 100 km ausgehen.

Info Elektroautos brauchen für den Transport bedeutend weniger Energie und haben auch einen geringeren CO₂-Ausstoß. Es braucht für eine Mobilitätswende jedoch auch einen Umbau des Verkehrssystems.

Quelle: Umweltbundesamt Wien, 2021.

6. Eine Biene sammelt auf einem Flug ungefähr 0,05 g Nektar. Wie viele Flüge sind erforderlich, um 20 dag Nektar zu sammeln?

Info Da wir Menschen in den Lebensraum der Insekten eingreifen, sterben immer mehr Bienen.

Quelle: Umweltinstitut München, 2021.

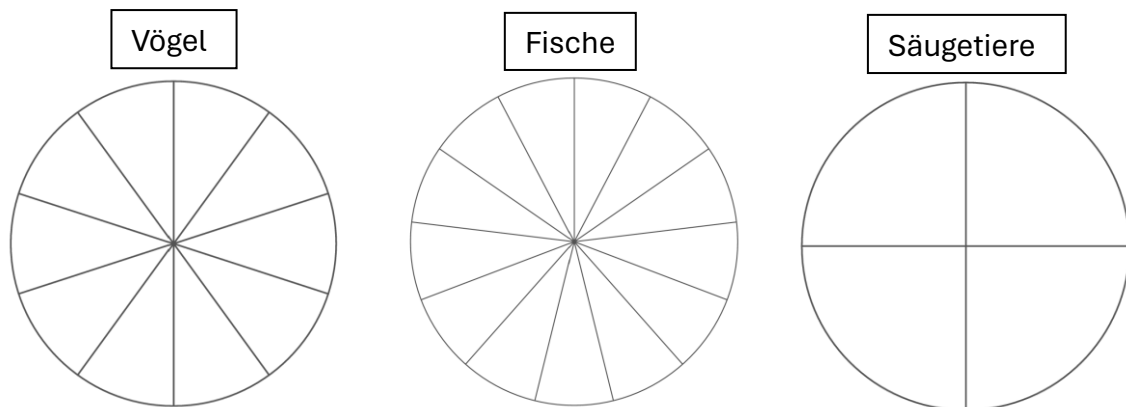
7. Wie viel CO₂ wird bei der Produktion von Kleidung benötigt? Eine Jeans benötigt alleine bei der Herstellung 33,4 kg CO₂. Ein Baumwoll-T-Shirt 2,1 kg.
Wie viel CO₂ wurde für die Produktion von 4 Hosen und 15 T-Shirts ausgestoßen?

Info Neben dem CO₂ benötigt Kleiderproduktion auch riesige Mengen an Wasser, Pestizide für den Anbau von beispielsweise Baumwolle und Chemikalien für die Bearbeitung der Stoffe. Du kannst also ganz schön viel Ressourcen sparen, wenn du Kleidung reparierst oder Second-Hand-Kleidung kaufst.

Darstellen von Brüchen & Anteile berechnen

1. Aufgrund des Klimawandels sind auch in Österreich viele Tiere vom Aussterben bedroht. So sind etwa $\frac{3}{10}$ der Vogelarten, $\frac{6}{13}$ der Fischarten und $\frac{1}{4}$ der Säugetierarten vom Aussterben bedroht.

Male die Anteile der Kreise passend zu den angegebenen Brüchen aus.



Info Welche Tiere in Österreich vom Aussterben bedroht sind, kann auf der roten Liste nachgesehen werden. Der Verlust an Biodiversität wird neben dem Klimawandel als die bedeutendste globale Umweltbedrohung gesehen.

Quelle: Umweltbundesamt Wien, 2022.

2. Der unten abgebildete Balken gibt die einzelnen Anteile an den österreichischen Treibhausgasen im Jahr 2022 an.

Sektor ● Abfallwirtschaft ● Energie & Industrie mit Emissionshandel ● F-Gase ● Gebäude ● Landwirtschaft ● Verkehr



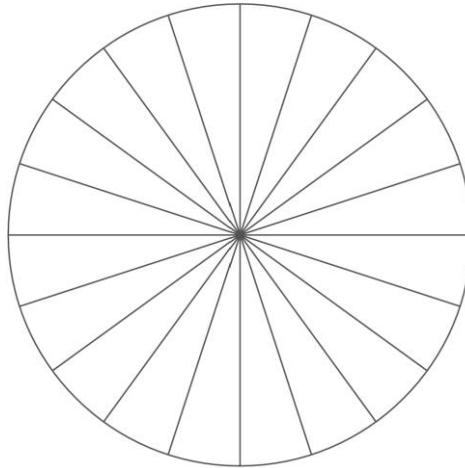
1: Quelle: Umweltbundesamt Wien, 2022.

- a) Wie groß sind die einzelnen Anteile der verschiedenen Sektoren? Verwende zum Messen dein Lineal.
- b) Insgesamt wurden 72 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent in Österreich gemessen. Wie viele Millionen Tonnen stammen aus dem Sektor Gebäude?

Info Gute Nachrichten: Im Jahr 2023 gab es einen Rückgang um 3,9 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent. Trotzdem bleibt für eine Klimaneutralität noch viel zu tun.

Name: _____

3. Um Ressourcen zu schonen, wird in Österreich bereits einiges wiederverwendet. Betrachtet man alle wiederverwendeten Materialien Österreichs, sind $\frac{2}{10}$ Textilien, $\frac{5}{20}$ Elektrogeräte und $\frac{4}{10}$ Möbel. Der Rest der wiederverwendeten Materialien besteht aus sonstigen Produkten wie z.B. CDs. Male die Anteile im Kreis aus und beschrifte diese passend.



Info Die Wiederverwendung von Produkten ist eine einfache Möglichkeit, einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten.

4. Erdem verkauft ein Computerspiel, das er nicht mehr braucht um $\frac{3}{8}$ des Neupreises. Vor fünf Jahren bezahlte er dafür 40 €. Wie viele Euro kostet das Spiel jetzt?

Info Gebrauchte und gut erhaltene Spiele kann man weiterverwenden. So kannst du Ressourcen sparen.

5. Im Jahr 2021 gab es in Österreich etwa 7 Millionen Tonnen Haushaltsmüll. Davon wurden $\frac{5}{8}$ recycelt oder wiederverwendet. Wie viele Millionen Tonnen Müll wurden recycelt oder wiederverwendet?

Info Unter Recycling versteht man die Rückgewinnung einzelner Abfallmaterialien wie Metall oder Glas. So entsteht beispielsweise durch das Recycling einer PET-Flasche der Rohstoff für eine neue Flasche.

Quelle: Umweltbundesamt Wien, 2022.

Name: _____

6. Einer Untersuchung der Donau ergab, dass etwa $\frac{1}{10}$ des gemessenen Mikroplastiks durch die Industrie in das Wasser gelangt. In Aschach befinden sich jährlich etwa 14 Tonnen Mikroplastik in der Donau.

Wie viele Tonnen Mikroplastik stammen von der Industrie?

Info Mikroplastik dringt vor allem durch das Abwasser in die Gewässer ein. Beispielsweise lösen sich aus unserer Kleidung beim Waschen Fasern, die anschließend ins Wasser gelangen. Diese Faser tragen dabei zu mehr als $\frac{1}{3}$ des Mikroplastiks im Meer bei.

Quelle: Umweltbundesamt Wien, 2022.

7. In Deutschland trank im Jahr 2014 jede Person 162 Liter Kaffee. Davon wurde $\frac{1}{20}$ der Menge aus Einwegbechern getrunken.

- a) Wie viele Liter Kaffee wurden pro Person im Jahr 2014 aus Einwegbechern getrunken?
- b) In einen Kaffeebecher passen etwa 200 ml Kaffee. Wie viele Einwegbecher wurden somit im Jahr 2014 pro Person verbraucht?

Info Die meisten Einwegbecher können leider nicht recycelt werden. Sie werden also verbrannt oder landen im schlimmsten Fall im Meer.

Quelle: Bundesministerium für Umwelt und Naturschutz Deutschland, 2024.

Name: _____

Wiederholung - Gleichungen aufstellen

1. Ninas Vater fährt an t Tagen jeweils k Kilometer mit dem Auto. Pro km erhält er 0,42€ Kilometergeld. Mit welcher Gleichung kann Ninas Vater den Fahrkostenersatz berechnen?

Eine der drei Gleichungen ist richtig, kreuze sie an.

☐

a

$$t : k \cdot 0,42$$

☐

b

$$t \cdot k \cdot 0,42$$

☐

c

$$0,42 \cdot k : t$$

Info Dienstfahrten mit der Bahn sind meist günstiger als der Kostenersatz über Kilometergeld und die Umwelt wird geschont.

2. Die Heizkosten H für eine Wohnung setzen sich aus den Fixkosten F und den individuellen Verbrauchskosten (x pro verbrauchter Einheit E) zusammen. Welche **2 Gleichungen** beschreiben die Heizkosten auf richtige Art? Kreuze **beide** an.

☐

a

$$H = F + E$$

☐

b

$$F = H + x \cdot E$$

☐

c

$$H = E \cdot x + F$$

☐

d

$$x + E = H - F$$

☐

e

$$H = F + x \cdot E$$

☐

f

$$H = F \cdot x + E$$

Info Stoßlüften und frei zugängliche Heizkörper helfen, Heizkosten zu sparen und die Umwelt zu schonen.

3. Das 1,5 Grad-Ziel bedeutet, dass sich die Temperatur auf der Erde nicht um mehr als 1,5 Grad erhöhen sollte. Aktuell ist die Temperatur um etwa 1,2 Grad gestiegen. Stelle eine Gleichung auf und berechne, wie viele Grad noch fehlen, bis sich die Welt um 1,5 Grad erwärmt hat.

Info Um das 1,5 Grad- Ziel zu erreichen, müssten die weltweiten Emissionen halbiert werden.

4. Das grönländische und das westantarktische Eisschild werden bei einem Temperaturanstieg von 1,5 Grad stark schmelzen. Das westantarktische Eisschild wird durch das Schmelzen den Meeresspiegel um 10 Zentimeter erhöhen. Gemeinsam werden die geschmolzenen Eisschilder den Meeresspiegel um 15 Zentimeter erhöhen.

Wie viele Zentimeter steigt der Meeresspiegel durch das Schmelzen des grönländischen Eisschildes? Stelle eine Gleichung auf und berechne.

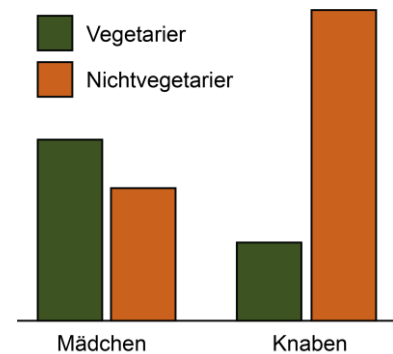
Info Bei einer Erderwärmung von 1,5 Grad werden Kippunkte erreicht, die nicht mehr rückgängig gemacht werden können. Das Schmelzen von Eisschildern ist einer dieser Kippunkte.

Daten 1 – Diagramme verstehen und erstellen

1. Menschen, die kein Fleisch essen, nennt man Vegetarier. Betrachte diese Grafik und überlege, welche Aussagen zutreffend sind.

Kreuze richtige Aussagen an.

- ☐ a Mädchen sind eher Vegetarier als Knaben.
- ☐ b Knaben sind eher Nichtvegetarier als Vegetarier.
- ☐ c Knaben sind eher Vegetarier als Nichtvegetarier.
- ☐ d Mädchen sind eher Nichtvegetarier als Vegetarier.
- ☐ e Mädchen sind eher Vegetarier als Nichtvegetarier.

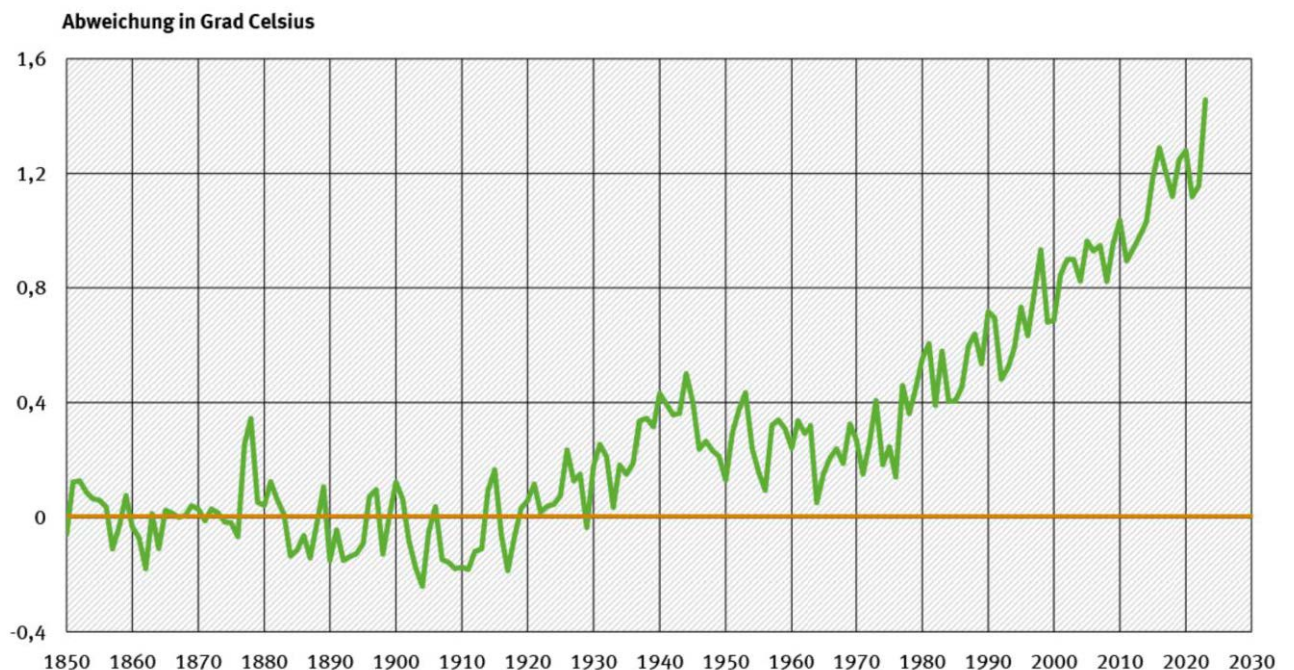


Info Der Fleischkonsum in Österreich liegt im weltweiten Spitzenfeld und hat negative Umweltauswirkungen. Wenn wir weniger, dafür aber qualitativ hochwertiges Fleisch essen, so hat dies einen positiven Effekt auf das Klima, auf unsere Gesundheit und auf das Tierwohl.

Quelle: WWF Österreich 2021.

2. Betrachte das folgende Liniendiagramm genau. Kreuze dann die **beiden** zutreffenden Aussagen an.

Abweichung der globalen Lufttemperatur vom Durchschnitt der Jahre 1850 bis 1900



Quelle: Met Office Hadley Centre, Climate Research Unit; Modell HadCRUT.5.0.2.0;
Median der 200 berechneten Zeitreihen (Aufruf 02/2024)

- a Der Graph gibt die durchschnittlichen Temperaturen der jeweiligen Jahre an.
- b Die Abweichung der Temperatur im Jahr 2010 zum Durchschnitt der Jahre 1850 – 1900 beträgt etwa 1 Grad Celsius.
- c Heute beträgt die Durchschnittstemperatur etwa 1,4 Grad Celsius.
- d Die Temperatur im Jahre 1870 betrug 0 Grad Celsius.
- e Die heutige Temperatur weicht um etwa 1,4 Grad von der Durchschnittstemperatur der Jahre 1850 – 1900 ab.

Info Anhand des schnellen Anstiegs der Abweichung der Temperatur siehst du, warum oft von einer Great Acceleration gesprochen wird. Damit ist gemeint, dass die menschlichen Aktivitäten so stark auf die Umwelt einwirken, dass wir hier keinen natürlichen Temperaturverlauf mehr sehen.

3. Diese Tabelle zeigt die absoluten Häufigkeiten von Verpackungsmaterial (in Stück), das bei einer Familie innerhalb einer Woche anfällt. Erstelle dazu ein Säulendiagramm.

Plastikflaschen	Glasflaschen	Tetrapak	Dosen	Karton
15 Stück	4 Stück	9 Stück	2 Stück	15 Stück

Info Verpackungen sind ein immer größer werdendes Umweltproblem. Die Menge des Plastikmülls nimmt weltweit rasant zu. Umweltorganisationen warnen vor einer Plastikflut. Überlege: Welche Verpackungen sind unnötig und daher verzichtbar?

4. Der CO₂-Ausstoß besteht vor allem aus den zwei großen Teilen: CO₂ aus fossilen Quellen und CO₂ aus biogenen Quellen, mehr dazu in der Infobox. Im Jahr 2021 wurden folgende Werte in Tonnen (gerundet) gemessen:

	CO ₂ aus fossilen Quellen	CO ₂ aus biogenen Quellen
Private Haushalte	15 000	10 000
Wirtschaft	30 000	15 000

Erstelle mithilfe der Werte aus der Tabelle ein Säulendiagramm.

Info Zu den fossilen Quellen gehören beispielsweise Kohle, Erdgas und Erdöl. Biogene Brennstoffe hingegen sind Pflanzenöl, Scheitholz oder Strohpellets. Die Verbrennung von Brennstoffen führt dann ebenfalls zur Freisetzung von CO₂.

Quelle: Umweltbundesamt Wien, 2021.

Umfang und Fläche von Rechteck und Quadrat - Lösungsblatt

Lehrstoff

- Aufgaben zur Umfang- und Flächenberechnung zu Rechtecken und Quadraten.
 - Umfang: 1, 2a)
 - Flächen: 2 b), 3, 4, 5
- Aufgaben zu Flächenumwandlungen
 - Umwandlungen: 6, 7

Umwelt und Nachhaltigkeit

Alle Aufgaben haben einen Bezug zu den Sustainable Development Goals (SDGs), die in der Agenda 2030 verankert sind. Dieses Blatt legt den Fokus auf *SDG 15* (Leben an Land), *SDG 13* (Klimaschutz und Anpassung) und *SDG 12* (nachhaltiger Konsum und Produktion).

Lösungen:

1. Aufgabe¹

$$U = 125 \cdot 2 + 78 \cdot 2$$

$$U = 406 \quad | + 25$$

$$U = 431\text{m}$$

Antwort: Es werden 431 m Zaun benötigt.

Umwelt-Hintergrundwissen: Vor allem Monokulturen wie Fichtenwälder tragen zu einem höheren Schädlingsbefall bei und schaden der Biodiversität in Wäldern. Aufgrund des großen Ungezieferbefalls müssen nun wieder Mischwälder gepflanzt werden.

2. Aufgabe

a)

$$U = 4,8 \cdot 2 + 2,5 \cdot 2$$

$$U = 14,6\text{m}$$

Antwort: Um einen Parkplatz könnten 14,6 Meter Hecken gepflanzt werden.

b)

$$A = 4,8 \cdot 2,5$$

$$A = 12\text{m}^2$$

Antwort: Ein Parkplatz hat eine Fläche von 12 m².

¹ MathematiX 1 future edition, Veritas (2023).

Umwelt-Hintergrundwissen: In Projekten wie der Agenda 21 Wien können auch Kinder bei der Stadtplanung mitwirken. Dafür gibt es sogenannte Grätzel-Projekte, durch die beispielsweise Parkplätze zu Grätzeloasen, Spielplätzen oder Beeten werden.

3. Aufgabe

$$A = 54 \cdot 54$$

$$A = 2916 \text{ km}^2$$

Antwort: 2916 km² von Österreichs Böden sind bereits versiegelt.

Umwelt-Hintergrundwissen: Bodenversiegelung bedeutet, dass Böden beispielsweise aufgrund von Asphaltierung nicht mehr wasser- und luftdurchlässig sind. Dadurch sterben beispielsweise Tiere und Böden können nicht mehr für Landwirtschaft genutzt.

4. Aufgabe ²

$$120\text{cm} = 1,2\text{m}$$

$$A = 400 \cdot 1,2$$

$$A = 480 \text{ m}^2$$

Antwort: Es gehen 480 m² Wiese verloren.

Umwelt-Hintergrundwissen: Böden schützen uns vor Naturkatastrophen, indem sie Wasser aufnehmen. Somit sind nicht versiegelte Böden auch Teil der Katastrophenprävention.

5. Aufgabe ³

$$\text{a)} \quad 26,5 \text{ km}^2 = 265\,000 \text{ a} \quad A_{\text{Fußballfeld}} = 100 \cdot 65$$

$$A = 6\,500 \text{ m}^2 = 65 \text{ a}$$

$$265\,000 : 65 = 4077 \text{ Fußballfelder}$$

$$\text{b)} \quad 15,2 \text{ km}^2 = 152\,000 \text{ a}$$

$$152\,000 : 65 = 2338 \text{ Fußballfelder}$$

² Ebd.

³ Ebd.

6. Aufgabe ⁴

$$11,5 \cdot 365 = 4197,5$$

$$4197,5\text{ha} = 41,975\text{km}^2$$

Antwort: 2021 wurden 41,975 km² verbaut. Das ist etwa ein Zehntel der Fläche Wiens.

7. Aufgabe

$$12,5 \text{ m}^2 = 1250 \text{ dm}^2$$

Antwort: tausend Kilokalorien Fleisch benötigen 1250 dm² Fläche. Das ist etwa 60 mal so viel, wie für tausend Kilokalorien Kartoffeln benötigt wird.

⁴ Ebd.

Maßstab und Zeitmaße - Lösungsblatt

Lehrstoff

- Aufgaben zu Zeitmaßen
 - o Aufgaben 1,2, 3 und 4
- Aufgaben zum Maßstab
 - o Umrechnen und abmessen:
Aufgaben 5 und 6

Umwelt und Nachhaltigkeit

Dieses Blatt legt den Fokus auf *SDG 14* (Leben im Meer), *SDG 13* (Klimaschutz und Anpassung), *SDG 11* (nachhaltige Städte, Mobilität) und *SDG 12* (nachhaltiger Konsum).

Lösungen:

1. Aufgabe

a) $1,4 \cdot 9 = 12,6\text{mm}$
 $12,6\text{mm} = 1,26\text{cm}$

b) $2,6 \cdot 9 = 23,4\text{mm}$
 $23,4\text{mm} = 2,34\text{cm}$

Antwort: Der Meeresspiegel stieg von 1981-1990 um 1,26 cm und von 2006 auf 2015 um 2,34 cm an. Das entspricht fast einem doppelt so schnellen Anstieg.

Umwelt-Hintergrundwissen: Der Meeresspiegel steigt aus zwei Gründen. Einerseits wegen des Schmelzens von Gletschern und Schnee andererseits dehnt sich das Wasser mit höher werdenden Temperaturen aus. Prognosen und Messungen zum Meeresspiegel finden sich beispielsweise auf der Webseite von NASA.

2. Aufgabe

$$0,82 \cdot 365 \approx 300$$

Antwort: Ein Haushalt spart rund 300€ im Jahr, wenn keine Lebensmittel entsorgt werden.

3. Aufgabe

$$2,457 \cdot 60 = 147,42$$

$$147,42 \cdot 60 = 8845,2$$

Antwort: Im Jahr 2021 wurden in der Minute 147,42 Tonnen und in der Stunde 8845,2 Tonnen CO₂-Äquivalente emittiert.

Umwelt-Hintergrundwissen: CO₂-Äquivalente sind eine Maßeinheit, die verschiedene Gase in einem Wert zusammenfassen, um so die Auswirkung auf die Erderwärmung zu messen.

4. Aufgabe

$$320\,000 \cdot 24 = 7\,680\,000$$

Antwort: täglich werden in Deutschland über 7 Millionen Einweg-Becher verwendet.

5. Aufgabe

Die Berechnung der Größe Österreichs ist natürlich nicht ganz exakt. Die Flächenberechnung kann dabei z.B. in zwei Quadrate geteilt werden, kann aber auch anders berechnet werden.

Mögliche Lösung:

Größe Tirol+ Vorarlberg: $280 \cdot 80 = 22\,400\text{km}^2$

Größe Rest Österreichs: $300 \cdot 200 = 60\,000\text{km}^2$

Die Gesamtgröße beträgt etwa $80\,000\text{ km}^2$.

$$1\,600\,000 : 80\,000 = 20$$

Österreich passt etwa 20 Mal auf den größten Müllstrudel im Ozean.

6. Aufgabe¹

a) $18 \cdot 300\,000 = 5\,400\,000\text{mm}$

$5\,400\,000\text{mm} = 5,4\text{ km}$

b) $54 \cdot 300\,000 = 16\,200\,000\text{mm}$

$16\,200\,000\text{mm} = 16,2\text{ km}$

¹ MathematiX 1 future edition, Veritas (2023).

Wiederholung – Rechnen mit Dezimalzahlen - Lösungsblatt**Lehrstoff**

- Dezimalzahlen addieren und subtrahieren
 - Aufgaben 1,2,3
- Dezimalzahlen multiplizieren und dividieren
 - Aufgaben 4, 5 und 6
- Verbindung der Grundrechnungsarten
 - Aufgabe 7

Umwelt und Nachhaltigkeit

Dieses Blatt legt den Fokus auf *SDG 14* (Leben im Meer), *SDG 13* (Klimaschutz und Anpassung), *SDG 11* (nachhaltige Städte, Mobilität), *SDG 12* (nachhaltiger Konsum) und *SDG 15* (Biodiversität).

Lösungen:**1. Aufgabe**

$$2001: \quad 67,9 + 6,6 + 11,5 = 86$$

$$2012: \quad 79,7 + 11,6 + 60,6 = 151,9$$

Antwort: Im Jahr 2001 wurden 86 Tonnen Fisch gefangen. Im Jahr 2012 waren es 151,9 Tonnen.

Umwelt-Hintergrundwissen: Mehr als ein Drittel der Fischarten sind bereits überfischt. Dies muss nun im Sinne der Artenvielfalt und aber auch der Ernährungssicherheit rückgängig gemacht werden.

2. Aufgabe¹

$$14,7 - 7,5 - 3,4 - 2,65 = 1,15 \text{ ha}$$

Antwort: Wege und Gebäude nehmen eine Fläche von 1,15 ha ein.

3. Aufgabe

$$6,88 - 4,7 = 2,18 \text{ Tonnen}$$

Antwort: 2022 lag Österreich 2,18 Tonnen CO₂ über dem Durchschnitt.

Tipp: Auf der „Weltkarte Klimagerechtigkeit“ lässt sich das Thema genauer behandeln.

¹ MathematiX 1 Future Edition, Veritas.

4. Aufgabe

$$19,1 \cdot 21 = 401,1 \text{ Tonnen}$$

Antwort: Für 21 Personen wurden 2018 in Österreich 401,1 Tonnen Material benötigt.

Umwelt-Hintergrundwissen: Rund die Hälfte der weltweiten Treibhausgase und 90% des Biodiversitätsverlustes gehen auf die Entnahme und Verarbeitung von natürlichen Ressourcen zurück.

5. Aufgabe²

Der Benziner benötigt 19,5 Liter. Für eine Strecke von 300km müssen damit $19,5 \cdot 1,19\text{€} = 23,21\text{€}$ für das Benzin veranschlagt werden. Das Elektroauto benötigt 60 kWh, sodass der für die Strecke benötigte Strom $60 \cdot 0,1978\text{€} = 11,87\text{€}$ kostet.

Umwelt-Hintergrundwissen: Nach Angaben des Umweltbundesamtes reicht der Umstieg auf E-Autos nicht aus. Das liegt einerseits an der Entsorgung und der Produktion von E-Autos, andererseits kann mit einem umgebauten Verkehrssystem noch viel mehr CO₂ und Energie eingespart werden.

6. Aufgabe³

$$20 \text{ dag} = 200 \text{ g}$$

$$200 : 0,05 = 4\,000$$

Antwort: Eine Biene muss 4 000 Mal fliegen, um 20 dag Nektar zu sammeln.

7. Aufgabe

$$33,4 \cdot 4 + 2,1 \cdot 15 = 165,1 \text{ kg}$$

Antwort: Für die Produktion von 4 Hosen und 15 T-Shirts werden 165,1 kg CO₂ ausgestoßen.

Umwelt-Hintergrundwissen: Eine Jeans benötigt beispielsweise etwa 7 000 Liter Wasser. Neben dem Wasserverbrauch landen auch durch die Waschgänge Mikrofasern im Abwasser, die wieder 35% des Mikroplastiks im Meer ausmachen.

² Handbuch Mathematik, Südwind.

³ MathematiX 1 Future Edition, Veritas.

Darstellen von Brüchen & Anteile berechnen - Lösungsblatt

Lehrstoff

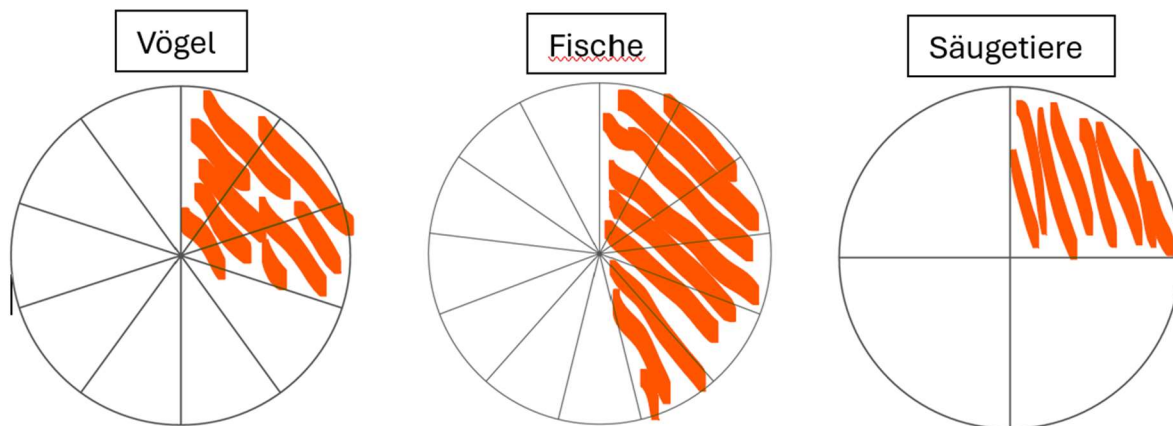
- Brüche darstellen
 - Aufgaben 1,2 und 3
- Anteile berechnen
 - Aufgaben 4,5 und 6

Umwelt und Nachhaltigkeit

Dieses Blatt legt den Fokus auf *SDG 14* (Mikroplastik und Fischsterben), *SDG 13* (CO₂ Ausstoß), *SDG 12* (nachhaltiger Konsum und Abfall) und *SDG 15* (Biodiversität).

Lösungen:

1. Aufgabe



Umwelt- Hintergrundwissen: Arten sind nicht gleichbedeutend mit der Anzahl der lebenden Tiere. Weiters meint ein Biodiversitätsverlust auch zusätzlich zum Artensterben von Tieren den Verlust von Pflanzen. Je weniger Biodiversität, desto weniger widerstandsfähig und weniger produktiv wird die Natur.

2. Aufgabe

Um die Anteile zu erhalten, soll die Gesamtlänge des Balkens und die Länge der einzelnen Sektoren gemessen werden. Je nach Druckskalierung können die Ergebnisse der Gesamtlänge etwas variieren.

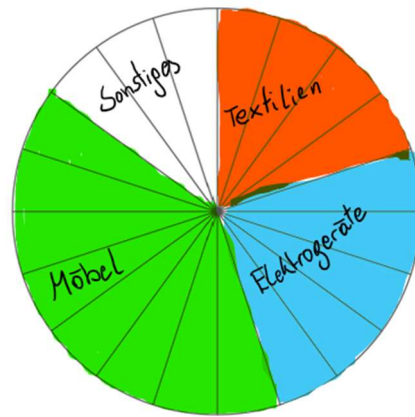
a) Die Brüche ausgerechnet ergeben dann in Prozent etwa:

Abfall: 3%; Energie: 45%; F-Gase: 1,8%; Gebäude 10,6 %; Landwirtschaft 12,5% und Verkehr 28%.

b) $72 \cdot \text{selbst gemessener Anteil} \approx 7,6 \text{ Tonnen}$

3. Aufgabe

Die Sektoren sollten in unterschiedlichen Farben bemalt werden und auch eine Beschriftung bekommen.

**4. Aufgabe¹**

$$40 \cdot \frac{3}{5} = 15\text{€}$$

Antwort: Das Spiel kostet jetzt 15€.

5. Aufgabe

$$7 \cdot \frac{5}{8} = 4,375$$

Antwort: Mehr als 4 Millionen Tonnen Müll wurden in diesem Jahr recycelt.

Umwelt- Hintergrundwissen: Die 7 Millionen Tonnen sind ein Bruchteil des gesamten Mülls, der sich vor allem auch durch Industrie und Aushubmaterial ergibt. Von diesen etwa 77 Millionen Tonnen können nur etwa 34% recycelt werden.

6. Aufgabe

$$14 \cdot \frac{1}{10} = 1,4$$

Antwort: 1,47 Tonnen Mikroplastik in Aschach stammen jährlich von der Industrie.

Umwelt- Hintergrundwissen: Abschwemmungen, Verwehungen, Abwasser und Littering (achtloses wegschmeißen von Müll) machen die restlichen 90% aus. Im Endeffekt landet das Mikroplastik dann im Meer, wodurch auch Binnenländer an der Verschmutzung des Meeres mit Mikroplastik Schuld tragen.

7. Aufgabe

a) $162 \cdot \frac{1}{20} = 8,1\text{Liter}$

b) $8,1\text{Liter} = 8100\text{ml}$

$$8100 : 200 = 40,5$$

Antwort: Pro Person wurden in Deutschland etwa 41 Einwegbecher verwendet.

¹ MathematIX 1 Future Edition, Veritas.

Wiederholung - Gleichungen aufstellen

Lehrstoff

- Mathematische Terme interpretieren
 - Aufgaben 1 und 2
- Gleichungen aufstellen und einfach Umkehroperationen anwenden
 - Aufgaben 3 und 4

Umwelt und Nachhaltigkeit

Dieses Blatt legt den Fokus auf *SDG 13* (Klimawandel) und beschäftigt sich mit dem 1,5-Grad-Ziel. Ebenso Thema sind *SDG 7* (Energie) und *SDG 11* mit dem Thema Mobilität.

Lösungen:

1. Aufgabe¹

b

2. Aufgabe²

c

,

e

3. Aufgabe

$$1,2 + x = 1,5 \quad | -1,2$$

$$x = 0,3$$

Antwort: Die Erde darf sich maximal noch um 0,3 Grad erhitzen, um das 1,5 Grad Ziel noch zu erreichen.

Umwelt- Hintergrundwissen: Das 1,5-Grad-Ziel meint, dass sich die Erde maximal auf 1,5 Grad im Vergleich zum vorindustriellen Niveau erwärmen darf. Danach werden Kipppunkte erreicht, die nicht rückgängig gemacht werden können. Bei 1,5 Grad Schmelzen beispielsweise die Eisschilder ab, die Korallen sterben und der Permafrostboden taut auf.

4. Aufgabe

x Meeresspiegelanstieg durch Schmelzen des grönländischen Eisschildes

$$10 + x = 15 \quad | -10$$

$$x = 5$$

Antwort: Das Schmelzen des grönländischen Eisschildes führt zu einem Anstieg des Meeresspiegels von 5 Zentimetern.

¹ MathematiX 1 Future Edition, Veritas.

² Ebd.

Daten 1 – Diagramme verstehen und erstellen

Lehrstoff

- Säulendiagramme und Liniendiagramme interpretieren.
 - Aufgaben 1 und 2
- Säulendiagramme zeichnen
 - Aufgaben 3 und 4

Umwelt und Nachhaltigkeit

Dieses Blatt legt den Fokus auf *SDG 13* (Klimawandel) und *SDG 12* (nachhaltiger Konsum und nachhaltige Produktion).

Lösungen:

1. Aufgabe¹

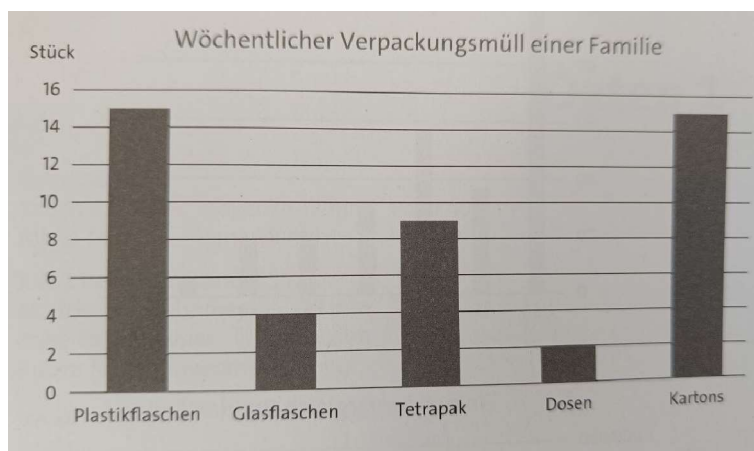
a , b , e

2. Aufgabe

b , e

Umwelt- Hintergrundwissen: Die Jahre 1850-1900 werden gerne als Referenzwert der Durchschnittstemperatur verwendet, da mit der Industrialisierung nach 1900 die Aktivitäten, die das Ökosystem beeinflussen, stark zunahmen. Dieser Trend, der vor allem mit den 1950ern sichtbar wird, wird oft als Great Acceleration bezeichnet.

3. Aufgabe²



Gemeinsam kann kurz überlegt werden, welche Verpackungen leicht weggelassen werden können. Welche Lebensmittel würden ohne Verpackungen zu schnell schlecht werden?

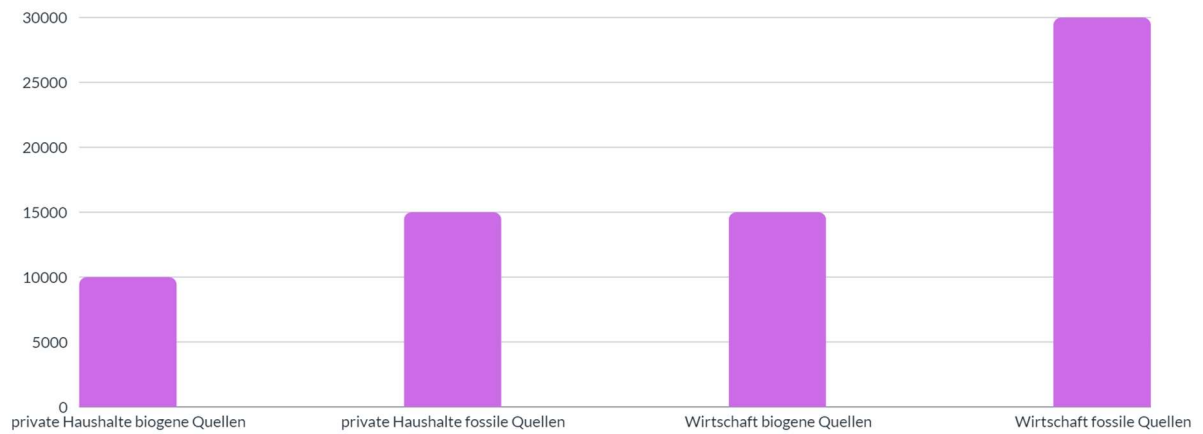
In manchen Bereichen ist Kunststoff wiederum auch sehr hilfreich, wie bei Produkten im medizinischen Bereich.

¹ MathematiX 1 Future Edition, Veritas.

² Ebd.

4. Aufgabe

Die Säulen können auch gepaart gezeichnet werden, sodass die Säulen der privaten Haushalte und die Säulen für die Wirtschaft direkt nebeneinander stehen.



Überblick für die Erledigung der Arbeitsblätter

Um Daten nicht zu verfälschen, ist es für mich wichtig, genau zu wissen welche Aufgaben im Unterricht erledigt wurden. Bitte kreuzen Sie die Aufgaben an, die Sie gemacht haben und bestätigen Sie die Richtigkeit der Angaben mit einer kurzen Unterschrift auf der letzten Seite. Gerne können Sie auch die Aufgaben bewerten oder kommentieren. Besonders wichtig ist aber die zweite Spalte. Setzen Sie in diese Spalte einfach ein Kreuz oder ein Häkchen!

Vielen Dank!

Ich bestätige hiermit, dass ich die angekreuzten Aufgaben mit meiner Klasse _____ in der Schule _____ erledigt habe.

Unterschrift, Datum: _____

Aufgaben	erledigt				Kommentar
AB 1 Rechteck, Quadrat					
1. Aufgabe					
2. Aufgabe					
3. Aufgabe					
4. Aufgabe					
5. Aufgabe					
6. Aufgabe					
7. Aufgabe					
AB 2 Maßstab und Zeitmaße					
1. Aufgabe					
2. Aufgabe					
3. Aufgabe					
4. Aufgabe					
5. Aufgabe					
6. Aufgabe					
AB 3 Rechnen mit Dezimalzahlen					
1. Aufgabe					
2. Aufgabe					
3. Aufgabe					
4. Aufgabe					
5. Aufgabe					
6. Aufgabe					
7. Aufgabe					
AB 4 Brüche und Anteile					
1. Aufgabe					
2. Aufgabe					
3. Aufgabe					
4. Aufgabe					
5. Aufgabe					
6. Aufgabe					
7. Aufgabe					
AB 5 Gleichungen aufstellen					
1. Aufgabe					
2. Aufgabe					
3. Aufgabe					
4. Aufgabe					
AB 6 Daten 1					
1. Aufgabe					
2. Aufgabe					
3. Aufgabe					
4. Aufgabe					

Umfang und Fläche von Rechteck und Quadrat

1. Ein 125 m langes und 78 m breites Grundstück muss neu eingezäunt werden. Wie viele Meter Zaun werden benötigt, wenn für die Unebenheiten und Überlappungen zusätzlich insgesamt 25 m eingerechnet werden müssen?

2. Ein Parkplatz in Wien hat eine Länge von 4,8 Metern und eine Breite von 2,5 Metern.
 - a) Wie lang ist die Begrenzungslinie des Parkplatzes, wenn diese einmal um den gesamten Parkplatz herum verläuft?
 - b) Wie viel m^2 nimmt ein Parkplatz ein?

3. Ein Quadrat hat eine Seitenlänge von 54 km.
Wie groß ist die Fläche dieses Quadrates in km^2 .

4. Durch eine Wiese führt ein 400 m langer und 120 cm breiter Fußweg.
Welche Fläche hat dieser Fußweg? Achte auf die Einheiten!

5. Ein Stück Wald wird schon lange vermessen. Die gemessenen Flächen findest du in der Tabelle:

Jahr	1852	1924	1969	1985	2003	2012	2020
Fläche (in km^2)	26,5	22,6	19,8	18,9	18,1	16,6	15,2

- a) Wie vielen Fußballfeldern entspricht die 1852 gemessene Fläche des Waldes?
Ein Fußballfeld ist 100 Meter breit und 65 Meter lang.
- b) Wie vielen Fußballfeldern entspricht die 2020 gemessene Fläche des Waldes?

6.

- a. Wien hat eine Fläche von 414 km^2 . Wie vielen ha entspricht das?
- b. Eine große Wiese hat eine Fläche von $4197,5 \text{ ha}$. Wie vielen km^2 entspricht das? Vergleich die Größe der Wiese mit der Fläche Wiens.

$1 \text{ km}^2 = 100 \text{ ha}$

7. Ein Badezimmer mit $12,5 \text{ m}^2$ Fläche wird mit Fliesen ausgelegt. Eine Fliese hat eine Fläche von 20 dm^2 .
Wie viele Fliesen werden für den Boden des Badezimmers benötigt?

Name: _____

Maßstab und Zeitmaße

1. Zwischen 1981 und 1990 stieg der Wasserspiegel eines Flusses pro Jahr durchschnittlich um 1,4 Millimeter. Zwischen 2006 und 2015 waren es hingegen im Durchschnitt 2,6 Millimeter pro Jahr.
 - a) Wie viele Zentimeter stieg der Wasserspiegel von 1981 – 1990 insgesamt?
 - b) Wie viele Zentimeter stieg der Wasserspiegel von 2006 - 2015 insgesamt?

2. Du sparst täglich 82 Cent an.
Berechne, wie viele € du damit nach einem Jahr sparen konntest.

Merktabelle

	12	30	24	60	60
					
Jahr	Monat	Tag	Stunde	Minute	Sekunde
a	m	d	h	min	s

3. Ein Fußgängerin dokumentiert ihren Spaziergang und stellt fest, dass sie pro Sekunde 2,457 Meter zurücklegt.
Wie viele Meter legt sie in einer Minute und in einer Stunde zurück?

4. Weltweit werden stündlich etwa 9 000 Babys geboren.
Wie viele Babys werden weltweit pro Tag geboren?

Name: _____

5. Wie groß ist die Fläche Österreichs?

Messe dazu die ungefähre Länge und Breite von Österreich und berechne die Fläche. Achte auf den Maßstab, der im Bild abgebildet ist.



Stand: Februar 2024 © BEV

6. Auf einer Straßenkarte des Burgenlandes im Maßstab 1 : 300 000 hast du Entfernungen abgemessen. Berechne die Strecke in km!

- | | |
|-----------------------|-------|
| a) Rust – Mörbisch | 18 mm |
| b) Neusiedl – Purbach | 54 mm |

Name: _____

Wiederholung – Rechnen mit Dezimalzahlen

1. Berechne.

a) $67,9 + 6,6 + 11,5 =$

b) $79,7 + 11,6 + 60,6 =$

2. Berechne. Du kannst die Subtrahenden zusammenfassen.

a) $14,7 - 7,5 - 3,4 - 2,65 =$

b) $18,75 - 3,4 - 7,5 =$

3. Für Erdbeeren und Bananen zusammen bezahlt Dennis 6,88 €. Für die Erdbeeren bezahlt er 4,70 €.

Wie viel bezahlt Dennis für die Bananen?

4. Für eine Spendenaktion sammelt eine Klasse im Durchschnitt 19,1€ pro Kopf.

Wie viele Euro hat die Klasse gesammelt, wenn 21 Schülerinnen und Schüler in der Klasse sind.

5. Berechne.

a) $19,5 \cdot 1,19 =$

b) $60 \cdot 0,1978 =$

6. Eine Biene sammelt auf einem Flug ungefähr 0,05 g Nektar. Wie viele Flüge sind erforderlich, um 20 dag Nektar zu sammeln?

7. Marin geht auf den Flohmarkt einkaufen und kauft 4 Hosen und 15 T-Shirts. Pro Jeans bezahlt sie 33,4 € und pro Baumwoll-T-Shirt 2,1 €.

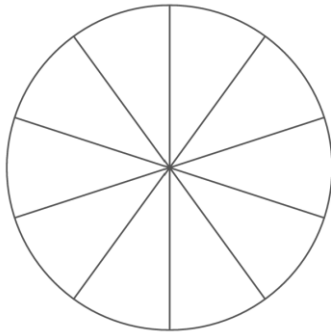
Wie viel € bezahlt Marin?

Darstellen von Brüchen & Anteile berechnen

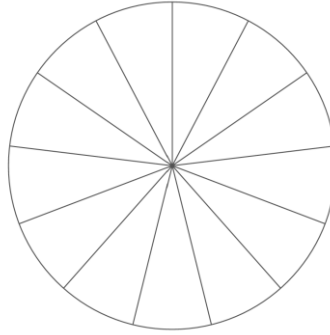
1. Stelle die angegebenen Brüche in den jeweiligen Kreisen dar:

Male die Anteile der Kreise passend aus.

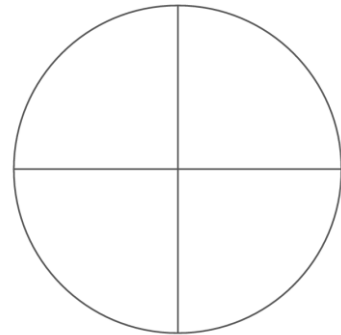
$$\frac{3}{10}$$



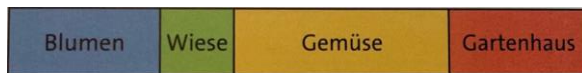
$$\frac{6}{13}$$



$$\frac{1}{4}$$

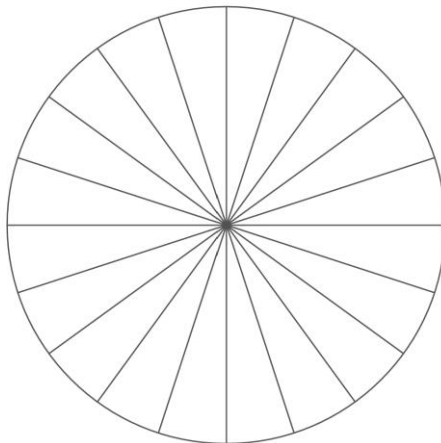


2. Auf Frau Gartners Grundstück gibt es Gemüsebeete, Blumenbeete, eine kleine Wiese und ein Gartenhaus. Wie groß sind die einzelnen Anteile?



- a) Wie groß sind die einzelnen Anteile?
 b) Insgesamt hat ihr Grundstück 5 ha. Wie groß ist die Fläche des Gartenhauses?
3. Paul macht einen Großeinkauf. Von seinem Einkauf sind $\frac{2}{10}$ Textilien, $\frac{5}{20}$ Elektrogeräte und $\frac{4}{10}$ Möbel. Der Rest sind Kleinigkeiten, für die er die Kategorie „Sonstiges“ verwendet.

Male die Anteile im Kreis aus und beschrifte diese passend.



Name: _____

4. Erdem verkauft ein Computerspiel, das er nicht mehr braucht um $\frac{3}{8}$ des Neupreises. Vor fünf Jahren bezahlte er dafür 40 €. Wie viele Euro kostet das Spiel jetzt?

5. Berechne die jeweiligen Anteile.

- a) $\frac{5}{8}$ von 7 Millionen Tonnen
- b) $\frac{1}{10}$ von 14 dag
- c) $\frac{1}{20}$ von 162 Liter

Name: _____

Wiederholung - Gleichungen aufstellen

1. Ninas Vater fährt an t Tagen jeweils k Kilometer mit dem Auto. Pro km erhält er 0,42 € Kilometergeld. Mit welcher Gleichung kann Ninas Vater den Fahrtkostenersatz berechnen?

Eine der drei Gleichungen ist richtig. Kreuze sie an.

☐ a

$t : k \cdot 0,42$

☐ b

$t \cdot k \cdot 0,42$

☐ c

$0,42 \cdot k : t$

2. Die Produktionskosten P für ein Spielzeugfirma setzen sich aus den Fixkosten F und den individuellen Verbrauchskosten (x pro verbrauchter Einheit E) zusammen. Welche **2 Gleichungen** beschreiben die Heizkosten auf richtige Art? Kreuze **beide** an

☐ a

$P = F + E$

☐ b

$F = P + x \cdot E$

☐ c

$P = E \cdot x + F$

☐ d

$x + E = P - F$

☐ e

$P = F + x \cdot E$

☐ f

$P = F \cdot x + E$

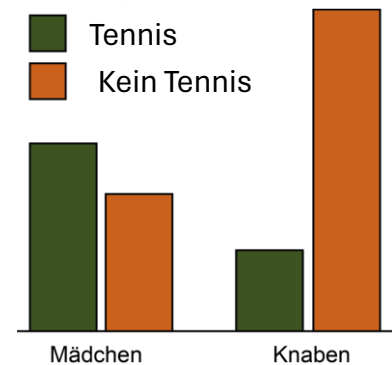
3. Zur Zahl 1,2 wird eine Zahl x addiert. Die Summe der beiden Zahlen ergibt 1,5. Drücke den Sachverhalt als Gleichung aus und berechne die gesuchte Zahl x .
4. Demi hat bei einem Test 10 Aufgaben richtig beantwortet. Insgesamt gab es 15 Aufgaben.
Wie viele Aufgaben hat Demi falsch gelöst? Stelle den Sachverhalt als Gleichung dar.

Daten 1 – Diagramme verstehen und erstellen

1. In einem Sportgymnasium wird eine Umfrage zum Tennisspielen gemacht. Dabei wird abgefragt, ob die jeweiligen Personen schon einmal Tennis gespielt haben oder nicht.

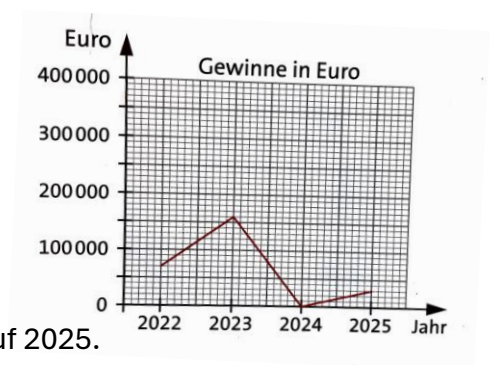
2. Kreuze richtige Aussagen an.

- ☐ a Mädchen haben eher schon Tennis gespielt als Knaben.
- ☐ b Mehr Knaben haben noch kein Tennis gespielt, als die, die Tennis schon einmal gespielt haben.
- ☐ c Knaben spielen eher Tennis.
- ☐ d Mädchen sind eher Nicht-Tennisspielerinnen als Tennisspielerinnen.
- ☐ e Es gibt mehr Mädchen, die schon Tennis gespielt haben als Mädchen, die noch nie gespielt haben.



3. Betrachte das folgende Liniendiagramm genau. Kreuze dann die **beiden** zutreffenden Aussagen an.

- ☐ a Der Gewinn 2022 betrug mehr als 100 000 € .
- ☐ b Zwischen 2022 und 2023 sank der Gewinn.
- ☐ c Zwischen 2022 und 2023 stieg der Gewinn.
- ☐ d Der Gewinn 2022 war geringer als 2025.
- ☐ e Der Gewinn stieg 2022 auf 2023 stärker als von 2024 auf 2025.



4. Diese Tabelle zeigt die absoluten Häufigkeiten der Tiere, die auf dem Bauernhof von Frau Gärtner leben. Stelle den Sachverhalt in einem Säulendiagramm dar.

Hühner	Katzen	Ziegen	Hunde	Kühe
15	4	9	2	15

5. Bei einem Gewinnspiel wurden 10€ und 20€ Preise verlost. Die Verteilung der Gewinne kann dabei aus der unten stehenden Tabelle entnommen werden. Erstelle mithilfe der Werte aus der Tabelle ein Säulendiagramm.

	10 € Gewinn	20 € Gewinn
Frauen	15 000	10 000
Männer	30 000	15 000

Umfang und Fläche von Rechteck und Quadrat - Lösungsblatt

Lehrstoff

- Aufgaben zur Umfang- und Flächenberechnung zu Rechtecken und Quadraten.
 - Umfang: 1, 2a)
 - Flächen: 2 b), 3, 4, 5
- Aufgaben zu Flächenumwandlungen
 - Umwandlungen: 6, 7

Lösungen:

1. Aufgabe¹

$$U = 125 \cdot 2 + 78 \cdot 2$$

$$U = 406 \quad | + 25$$

$$U = 431\text{m}$$

Antwort: Es werden 431 m Zaun benötigt.

2. Aufgabe

a)

$$U = 4,8 \cdot 2 + 2,5 \cdot 2$$

$$U = 14,6\text{m}$$

Antwort: Die Begrenzungslinie um einen Parkplatz hat eine Länge von 14,6 Meter.

b)

$$A = 4,8 \cdot 2,5$$

$$A = 12\text{m}^2$$

Antwort: Ein Parkplatz hat eine Fläche von 12 m².

3. Aufgabe

$$A = 54 \cdot 54$$

$$A = 2916 \text{ km}^2$$

Antwort: Das Quadrat hat eine Fläche von 2916 km².

¹ MathematiX 1 future edition, Veritas (2023).

4. Aufgabe ²

$$120\text{cm} = 1,2\text{m}$$

$$A = 400 \cdot 1,2$$

$$A = 480 \text{ m}^2$$

Antwort: Der Gehweg hat eine Fläche von 480 m².

5. Aufgabe ³

$$\text{a) } 26,5 \text{ km}^2 = 265\,000 \text{ a} \quad A_{\text{Fußballfeld}} = 100 \cdot 65$$

$$A = 6\,500 \text{ m}^2 = 65 \text{ a}$$

$$265\,000 : 65 = 4077 \text{ Fußballfelder}$$

$$\text{b) } 15,2 \text{ km}^2 = 152\,000 \text{ a}$$

$$152\,000 : 65 = 2338 \text{ Fußballfelder}$$

6. Aufgabe ⁴

$$414 \text{ km}^2 = 41\,400 \text{ ha}$$

$$4197,5 \text{ ha} = 41,975 \text{ km}^2$$

Antwort: Die Wiese entspricht etwa einem Zehntel der Fläche Wiens.

7. Aufgabe

$$12,5 \text{ m}^2 = 1250 \text{ dm}^2$$

$$1250 : 20 = 62,5$$

Antwort: Für die Auslegung des Badezimmerbodens werden 63 Fliesen benötigt.

² Ebd.

³ Ebd.

⁴ Ebd.

Maßstab und Zeitmaße - Lösungsblatt**Lehrstoff**

- Aufgaben zu Zeitmaßen
 - Aufgaben 1,2, 3 und 4
- Aufgaben zum Maßstab
 - Umrechnen und abmessen: Aufgaben 5 und 6

Lösungen:**1. Aufgabe**

a) $1,4 \cdot 9 = 12,6\text{mm}$
 $12,6\text{mm} = 1,26\text{cm}$

b) $2,6 \cdot 9 = 23,4\text{mm}$
 $23,4\text{mm} = 2,34\text{cm}$

Antwort: Der Wasserspiegel stieg von 1981-1990 um 1,26 cm und von 2006 auf 2015 um 2,34 cm an.

2. Aufgabe

$$0,82 \cdot 365 \approx 300$$

Antwort: Du kannst dir dadurch rund 300€ im Jahr ansparen.

3. Aufgabe

$$2,457 \cdot 60 = 147,42$$

$$147,42 \cdot 60 = 8845,2$$

Antwort: Die Fußgängerin legt in der Minute 147,42 Meter und in der Stunde 8845,2 Meter zurück.

4. Aufgabe

$$9\,000 \cdot 24 = 216\,000$$

Antwort: Täglich werden weltweit 216 000 Babys geboren.

5. Aufgabe

Die Berechnung der Größe Österreichs ist natürlich nicht ganz exakt. Die Flächenberechnung kann dabei z.B. in zwei Quadrate geteilt werden, kann aber auch anders berechnet werden.

Mögliche Lösung:

Größe Tirol+ Vorarlberg: $280 \cdot 80 = 22\,400 \text{ km}^2$

Größe Rest Österreichs: $300 \cdot 200 = 60\,000 \text{ km}^2$

Die Gesamtgröße beträgt etwa $80\,000 \text{ km}^2$.

6. Aufgabe¹

a) $18 \cdot 300\,000 = 5\,400\,000 \text{ mm}$

$5\,400\,000 \text{ mm} = 5,4 \text{ km}$

b) $54 \cdot 300\,000 = 16\,200\,000 \text{ mm}$

$16\,200\,000 \text{ mm} = 16,2 \text{ km}$

¹ MathematiX 1 future edition, Veritas (2023).

Wiederholung – Rechnen mit Dezimalzahlen - Lösungsblatt

Lehrstoff

- Dezimalzahlen addieren und subtrahieren
 - Aufgaben 1,2,3
- Dezimalzahlen multiplizieren und dividieren
 - Aufgaben 4, 5 und 6
- Verbindung der Grundrechnungsarten
 - Aufgabe 7

Lösungen:

1. Aufgabe

$$a) \quad 67,9 + 6,6 + 11,5 = 86$$

$$b) \quad 79,7 + 11,6 + 60,6 \\ = 151,9$$

2. Aufgabe¹

$$a) \quad 14,7 - 7,5 - 3,4 - 2,65 = 1,15$$

$$b) \quad 18,75 - 3,4 - 7,5 = 7,85$$

3. Aufgabe

$$6,88 - 4,7 = 2,18$$

Antwort: Für die Bananen bezahlt Dennis 2,18€.

4. Aufgabe

$$19,1 \cdot 21 = 401,1$$

Antwort: Die Klasse hat gemeinsam 401,1 € gesammelt.

5. Aufgabe

$$a) \quad 19,5 \cdot 1,19 = 23,21$$

$$b) \quad 60 \cdot 0,1978 = 11,87$$

6. Aufgabe²

$$20 \text{ dag} = 200 \text{ g}$$

$$200 : 0,05 = 4\,000$$

Antwort: Eine Biene muss 4 000 Mal fliegen, um 20 dag Nektar zu sammeln.

7. Aufgabe

$$33,4 \cdot 4 + 2,1 \cdot 15 = 165,1 \text{€}$$

Antwort: Für die Produktion von 4 Hosen und 15 T-Shirts werden 165,1 kg CO₂ ausgestoßen.

¹ MathematiX 1 Future Edition, Veritas.

² Ebd.

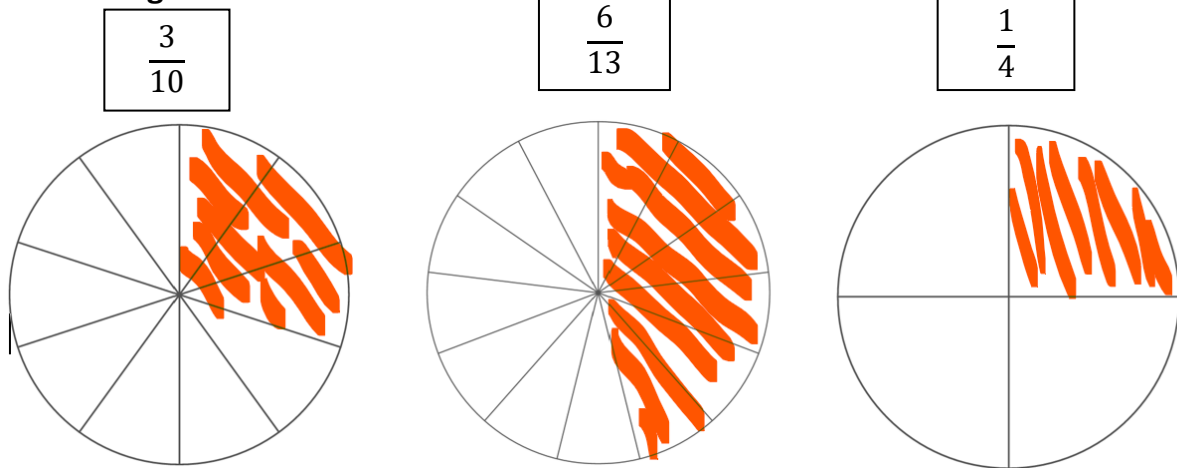
Darstellen von Brüchen & Anteile berechnen - Lösungsblatt

Lehrstoff

- Brüche darstellen
 - Aufgaben 1,2 und 3
- Anteile berechnen
 - Aufgaben 4 und 5

Lösungen:

1. Aufgabe



2. Aufgabe¹

Um die Anteile zu erhalten, soll die Gesamtlänge des Balkens und die Länge der einzelnen Abschnitte gemessen werden. Je nach Druckskalierung können die Ergebnisse der Gesamtlänge etwas variieren.

- a) Die Brüche sind bei einer Länge von 8 cm (Gesamtlänge):

Blumen: $\frac{1}{4}$; Wiese: $\frac{1}{8}$; Gemüse: $\frac{3}{8}$; Gartenhaus: $\frac{1}{4}$

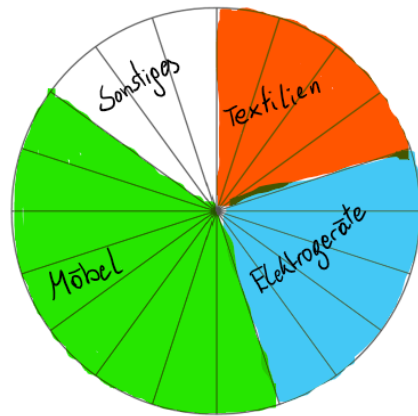
b) $5 \cdot \frac{1}{4} = \frac{5}{4}$

Antwort: das Gartenhaus hat eine Fläche von 1,25 ha.

¹ MathematiX 1 Future Edition, Veritas.

3. Aufgabe

Die Sektoren sollten in unterschiedlichen Farben bemalt werden und auch eine Beschriftung bekommen.



4. Aufgabe²

$$40 \cdot \frac{3}{5} = 15\text{€}$$

Antwort: Das Spiel kostet jetzt 15€.

5. Aufgabe

a)

$$7 \cdot \frac{5}{8} = 4,375 \text{ Tonnen}$$

b)

$$14 \cdot \frac{1}{10} = 1,4 \text{ dag}$$

c)

$$162 \cdot \frac{1}{20} = 8,1 \text{ Liter}$$

² MathematIX 1 Future Edition, Veritas.

Wiederholung - Gleichungen aufstellen

Lehrstoff

- Mathematische Terme interpretieren
 - Aufgaben 1 und 2
- Gleichungen aufstellen und einfach Umkehroperationen anwenden
 - Aufgaben 3 und 4

Lösungen:

1. Aufgabe¹

b

2. Aufgabe²

c

,

e

3. Aufgabe

$$1,2 + x = 1,5 \quad | -1,2$$

$$x = 0,3$$

Antwort: die gesuchte Zahl x ist 0,3.

4. Aufgabe

x ... falsche Aufgaben

$$10 + x = 15 \quad | -10$$

$$x = 5$$

Antwort: Demi hat 5 fünf Aufgaben nicht richtig gelöst.

¹ MathematiX 1 Future Edition, Veritas (inhaltlich abgeändert).

² Ebd.

Daten 1 – Diagramme verstehen und erstellen

Lehrstoff

- Säulendiagramme und Liniendiagramme interpretieren.
 - Aufgaben 1 und 2
- Säulendiagramme zeichnen
 - Aufgaben 3 und 4

Lösungen:

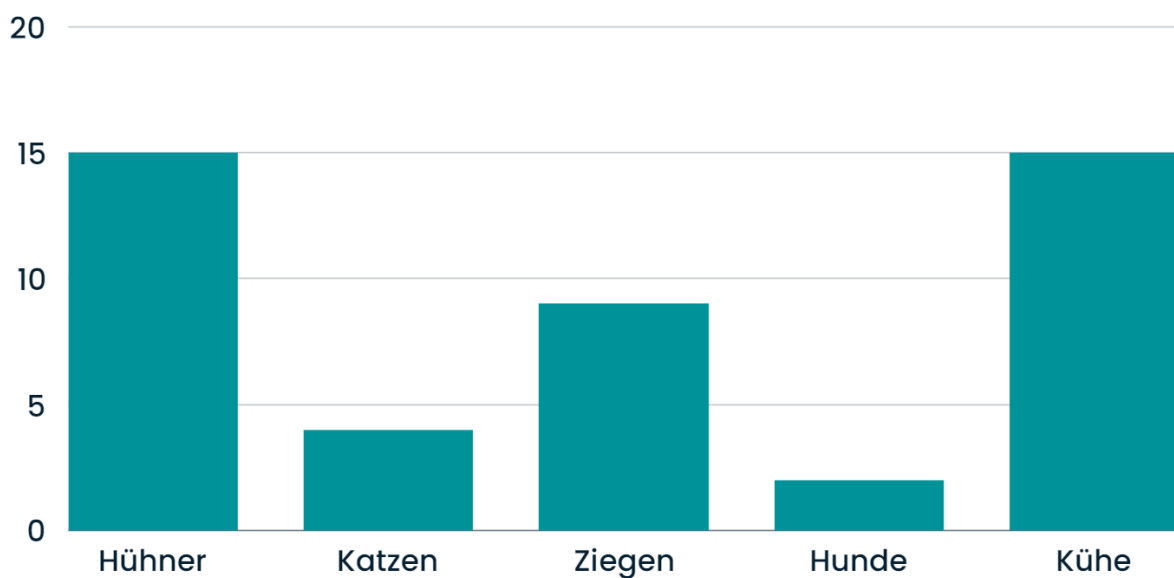
1. Aufgabe¹

a , b , e

2. Aufgabe²

c , e

3. Aufgabe³



¹ MathematiX 1 Future Edition, Veritas (abgeändert).

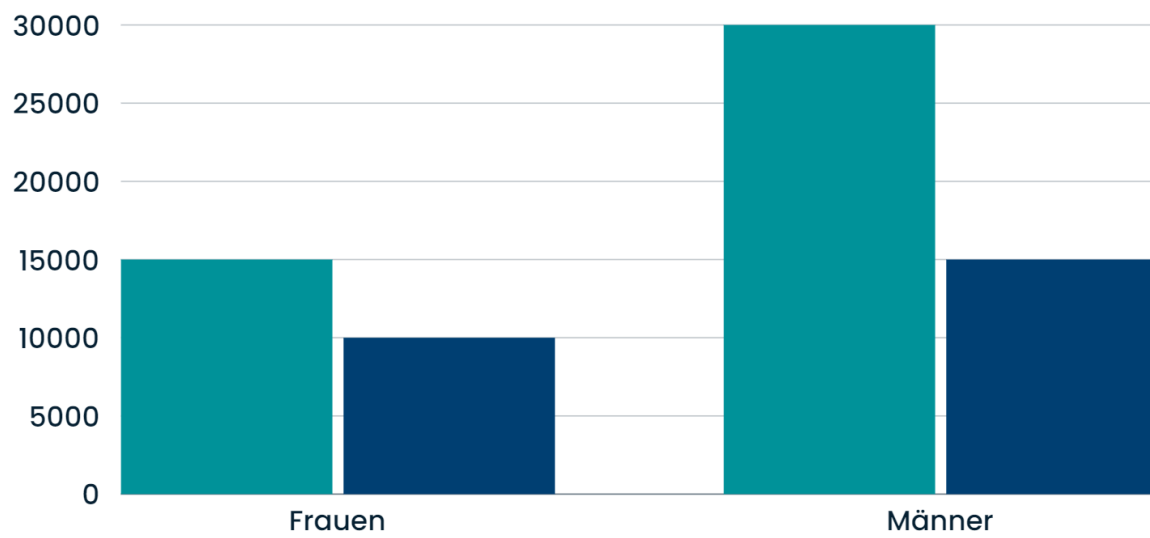
² Ebd.

³ Ebd (abgeändert).

4. Aufgabe

Türkis: 10 € Gewinn

Blau: 20 € Gewinn



C. Fragebögen

Fragebogen Lehrer*innen

SD01

1. Geschlecht

 ▼

2. In welcher Schule unterrichten Sie?

SD02

Geben Sie die Schule an, mit der Sie an diesem Forschungsprojekt teilnehmen.

 ▼

3. Mit welcher Klasse nehmen Sie an diesem Forschungsprojekt teil?

SD03

☐ 1A☐ 1B☐ 1C☐ 1D☐ SonstigeSD04 

4/22/24, 1:31 PM

Korrekturfahne base (interesse_und_umweltwissen) 22.04.2024, 13:30

4. Welche Fächer unterrichten Sie oder haben Sie studiert zusätzlich zum Unterrichtsfach Mathematik?

Mehrfachauswahl möglich!

☐ Sonstige

☐ Sonstige

5. Wie alt sind Sie?

SD05

Bitte wählen Sie die Altersspanne, in die ihr derzeitiges Alter hineinfällt.

[Bitte auswählen] ▼

4/22/24, 1:31 PM

Korrekturfahne base (interesse_und_umweltwissen) 22.04.2024, 13:30

6. Kreuzen Sie bei jeder Aussage an, wie sehr diese auf Sie zutrifft. (1 bedeutet keine Zustimmung, 5 sehr hohe Zustimmung.

Achtung. 1-5 sind keine Schulnoten.

	1 keine Zustir	2	3	4	5 sehr hohe Zustir	keine Angab
Ich vermeide es, mich mit Umweltthemen zu beschäftigen.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ich verbinde Umweltthemen mit negativen Gefühlen. (Überforderung, Zorn, Angst,...)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Umweltthemen langweilen mich.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ich rege mich schnell über Umweltthemen auf.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Gespräche über Umweltthemen versuche ich zu vermeiden.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ich bin neugierig auf neue Fakten über die Umwelt und nachhaltige Lebensweisen.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ich interessiere mich für kurze Nachrichten über Umweltthemen, beschäftige mich aber nicht aktiv mehr mit diesen Themen.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ich bin zufrieden, wenn ich die größten Eckdaten über den Klimawandel weiß und nicht jeden Aspekt genau kenne und verstehe.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Die Beschäftigung mit Umweltthemen ändert meinen Blick auf die Welt.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Diese Frage dient als Kontrollfrage. Kreuzen Sie hier bitte „4“ an.	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Ich möchte mehr über Umweltthemen wissen, als ich über die Nachrichten erfahre.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Wenn ich Umweltthemen kompliziert finde, beschäftige ich mich damit nicht näher.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ich spreche gerne mit Freunden über Umweltthemen.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Über Umweltthemen zu sprechen, macht mir Spaß.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ich engagiere mich auch regelmäßig im Bereich Umwelt.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ich kenne mich sehr gut bei Umweltthemen aus.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Über Umweltthemen zu sprechen, macht mir nur selten Spaß.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Auch wenn die Auseinandersetzung mit Umweltthemen oft anstrengend ist, finde ich es für mich trotzdem sehr wichtig, dies zu tun.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Mir ist das Thema Umwelt eher gleichgültig.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Wenn ich genügend Zeit hätte, würde ich mich mit Umweltthemen auch tiefgehender beschäftigen.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ich beschäftige mich in meiner Freizeit sehr intensiv mit Umweltthemen.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ich bin sicher, dass die Auseinandersetzung mit Umweltthemen meine Persönlichkeit positiv beeinflusst.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ich mache mir viele Gedanken über Umweltthemen.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Umweltthemen interessieren mich zwar, haben in meiner Freizeit aber keine Priorität.	☐	☐	☐	☐	☐	☐

7. Kreuzen Sie die Aussagen an, die auf Sie zutreffen.

Mehrfachauswahl möglich!

- ☐ Bildung für nachhaltige Entwicklung soll an unserer Schule meiner Meinung nach einen hohen Stellenwert haben.
- ☐ Umweltthemen sollten in der Schule durch externe Personen vermittelt werden.
- ☐ Ich würde Projekte an der Schule zu Umweltthemen unterstützen.
- ☐ Ich würde Projekte an der Schule zu Umweltthemen organisieren.
- ☐ Ich habe bereits in der Vergangenheit bei Umweltprojekten in unserer Schule mitgewirkt.
- ☐ Ich würde gerne Umweltthemen in meinem Unterricht thematisieren, weiß aber nicht, wie.
- ☐ Umweltbezogene Materialien für meinen Unterricht zu recherchieren, ist zu viel Aufwand.
- ☐ Ich denke, dass Umweltthemen in Mathematik nicht unterzubringen sind.
- ☐ Ich habe kein Interesse, Umweltthemen in meinem Unterricht zu thematisieren.
- ☐ Ich kann mir gut vorstellen, dass ich mittels fertig erstellter Mathematikaufgaben Umweltthemen im Mathematikunterricht behandle.
- ☐ Mir ist es ein wichtiges Anliegen, meinen Schüler*innen Umweltthemen im Unterricht zu vermitteln.
- ☐ Wenn es keinen Mehraufwand für die Stundenvorbereitung bedeutet, würde ich auch vermehrt Aufgaben zu Nachhaltigkeit und Umwelt in meinen Unterricht einbinden.
- ☐ Ich kann mir vorstellen, Umweltthemen mittels fächerübergreifenden Unterricht in meine Stunden zu integrieren.
- ☐ Ich kann mir vorstellen, durch vermehrten projektbasierten Unterricht Umweltthemen in den Mathematikunterricht einzubinden.
- ☐ Umweltthemen und nachhaltige Lebensweisen finden in meinem Zweitfach einen Platz, aber nicht in Mathematik.
- ☐ Umweltthemen und nachhaltige Lebensweisen baue ich bereits in meinen Mathematikunterricht ein.

- ☐ Mir ist das Thema Umwelt und Nachhaltigkeit wichtig, jedoch soll es nicht während des Unterrichts thematisiert werden.
- ☐ Ich finde, dass Umweltthemen in einem anderen Fach beantwortet werden sollten.
- ☐ Ich stimme keinen der oben genannten Aussagen zu.

8. Welchen Lehrstoff machen Sie im April und Mai in Ihrer Mathematikklasse durch?

Um die Arbeitsblätter an Ihren Unterricht anzupassen, kreuzen Sie bitte für jedes Thema an, ob es bereits behandelt wurde, im April und Mail behandelt wird, oder erst später.

	bereits gelernt	wird im April und Mai gemacht	werde ich erst nach Mai durchma
Natürliche Zahlen mit Verbindung der Grundrechenarten	☐	☐	☐
Einfache Gleichungen	☐	☐	☐
Kreis	☐	☐	☐
Bruchzahlen darstellen	☐	☐	☐
Rechnen mit Bruchzahlen	☐	☐	☐
Dezimalzahlen Schreibweise	☐	☐	☐
Rechnen mit Dezimalzahlen	☐	☐	☐
Eigenschaften von Rechteck, Quadrat	☐	☐	☐
Flächeninhalt und Umwandlungen am Rechteck und Quadrat	☐	☐	☐
Quader	☐	☐	☐
Daten 1 (Balkendiagramm, Strichlisten,...)	☐	☐	☐

Daten 2 (Baumdiagramme, Abzählaufgaben,...)

☐☐☐

Daten 3 (Mittelwert, Median)

☐☐☐

Maßstab und Zeitmaße

☐☐☐

Abhängigkeiten zwischen Größen

☐☐☐

Winkel

☐☐☐

9. Wenn bei der obigen Tabelle ein Thema nicht vorkam, das sie im April oder Mai behandeln werden, ergänzen Sie dies bitte an dieser Stelle.

ST02

Fragebogen Schüler*innen

1. Geschlecht

SD01

2. Bitte geben Sie ihr Geburtsdatum an.

SD06 

In der Form: TT/MM/JJJJ

3. In welche Schule gehst du?

SD07 

Geben Sie die Schule an, mit der Sie an diesem Forschungsprojekt teilnehmen.

 SD08 

4/22/24, 1:27 PM

Korrekturfahne qnr2 (interesse_und_umweltwissen) 22.04.2024, 13:25

4. In welche Klasse gehst du?

☐ 1A

☐ 1B

☐ 1C

☐ 1D

☐ 1G

☐ 1F

☐ Sonstige

4/22/24, 1:27 PM

Korrekturfahne qnr2 (interesse_und_umweltwissen) 22.04.2024, 13:25

5. Kreuzen Sie bei jeder Aussage an, wie sehr diese auf Sie zutrifft. (1 bedeutet keine Zustimmung, 5 sehr hohe Zustimmung.

Achtung: 1-5 sind keine Schulnoten!

	1 keine Zustim	2	3	4	5 sehr hohe Zustir	keine Angab
Ich lerne Mathematik nur, wenn es notwendig ist.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ich vermeide es, Mathematikaufgaben zu lösen.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ich verbinde das Fach Mathematik mit negativen Gefühlen (z.B. Angst, Überforderung, Zorn, ...).	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Schulmathematik hat nichts mit dem zu tun, was ich in der realen Welt erlebe.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Die Themen im Mathematikunterricht langweilen mich.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ich rege mich schnell auf, wenn ich bei einer Mathematikaufgabe nicht weiterkomme.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ich bin neugierig auf neue Themen im Mathematikunterricht.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Im Unterricht werden die Inhalte interessant vermittelt, aber ich beschäftige mich nicht näher damit in meiner Freizeit.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ich bin zufrieden, wenn ich Aufgaben eines mathematischen Themengebiets bearbeiten kann, auch wenn ich nicht jeden Aspekt voll und ganz verstehe.	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Das Lernen von Mathematik verändert meine Vorstellungen davon, wie die Welt funktioniert.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Ich habe Spaß daran, Mathematikaufgaben zu lösen.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Wir nutzen diese Aussage, um diejenigen Personen herauszufiltern, die die Aussagen nicht lesen. Bitte kreuze für diese Aussage „4“ an.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Die Fähigkeit zur logischen Argumentation, wie ich sie in Mathematik nutze, kann mir im Alltag nützlich sein.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Ich setze mich auch zu Hause mit Mathematik auseinander.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Ich möchte mehr über Mathematik lernen, als wir im Unterricht erarbeiten.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Ich kenne mich sehr gut in Mathematik aus.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Wenn ich eine Mathematikaufgabe herausfordernd finde, gebe ich trotzdem nicht auf, weil ich sie unbedingt lösen möchte.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Ich spreche gerne mit meinen Freunden oder Lehrpersonen über Mathematik.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Ich beschäftige mich in meiner Freizeit, also nicht für die Schule, mit Mathematik.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Die Beschäftigung mit den Inhalten aus Mathematik gehört nicht gerade zu meinen Lieblingstätigkeiten.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Über Inhalte aus der Mathematik zu reden, macht mir nur selten Spaß.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Die Beschäftigung mit bestimmten Inhalten aus Mathematik wirkt sich positiv auf meine Stimmung aus.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Auch wenn das Mathematikstudium anstrengend ist, so ist die Beschäftigung damit doch eine schöne Sache.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Wenn ich ehrlich sein soll, ist mir Mathematik manchmal eher gleichgültig.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Die Beschäftigung mit bestimmten Inhalten aus Mathematik ist mir wichtiger als Zerstreuung, Freizeit und Unterhaltung.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Ich bin sicher, dass die Arbeit mit Mathematik meine Persönlichkeit positiv beeinflusst.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Wenn ich genügend Zeit hätte, würde ich mich mit bestimmten Fragen der Mathematik auch unabhängig von Prüfungsanforderungen intensiver beschäftigen.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

In meiner Freizeit beschäftige ich mich nur ungern mit Problemen der Mathematik.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Ohne äußeren Druck würde ich mich wohl nicht so regelmäßig mit Inhalten aus Mathematik beschäftigen.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Ich löse gerne mathematische Probleme.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Ich vermeide es, mathematische Probleme zu lösen, wenn es möglich ist.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

6. Kreuzen Sie bei jeder Aussage an, wie sehr diese auf Sie zutrifft. (1 bedeutet keine Zustimmung, 5 sehr hohe Zustimmung.)

Achtung, 1-5 sind keine Schulnoten

	1 keine Zustir	2	3	4	5 sehr hohe Zustir	keine Angab
Ich beschäftige mich nicht gerne mit Umweltthemen.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ich verbinde Umweltthemen mit negativen Gefühlen. (Überforderung, Zorn, Angst,...)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Umweltthemen langweilen mich.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ich spreche nicht gerne über Umweltthemen	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Mir ist das Thema Umwelt eher egal.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ich bin neugierig auf neue Fakten über die Umwelt und Nachhaltigkeit	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Wenn ich Umweltthemen kompliziert finde, beschäftige ich mich damit nicht näher.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ich interessiere mich manchmal für kurze Videos oder Nachrichten über Umweltthemen.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ich bin zufrieden, wenn ich die größten Eckdaten über den Klimawandel weiß und nicht alles genau kenne und verstehe.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Die Beschäftigung mit Umweltthemen ändert meinen Blick auf die Welt.	☐	☐	☐	☐	☐	☐

https://www.soscisurvey.de/interesse_und_umweltwissen/?s2preview=0sN9IW6hZihtc3ixlSUJpPF0j6gn7bGb&questionnaire=qnr2&csfr

9/15

Umweltthemen interessieren mich zwar, in meiner Freizeit beschäftige ich mich aber lieber mit anderen Themen.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Diese Frage dient als Kontrollfrage. Kreuzen Sie hier bitte „4“ an.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ich mache mir viele Gedanken über Umweltthemen.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ich möchte mehr über Umweltthemen wissen, als ich in der Schule erfahre.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ich finde es wichtig, über Umweltthemen zu sprechen.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ich spreche gerne mit Freunden über Umweltthemen.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ich kenne mich sehr gut bei Umweltthemen aus.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ich engagiere mich auch regelmäßig im Bereich Umwelt.	☐	☐	☐	☐	☐	☐

7. Kreuzen Sie bei jeder Aussage an, wie sehr diese auf Sie zutrifft. (1 bedeutet keine Zustimmung, 5 sehr hohe Zustimmung.)

UW01

Achtung 1-5 sind keine Schulnoten

	1 keine Zustim	2	3	4	5 sehr hohe Zustim	keine Angab
Essen und Einkaufen hat nichts mit den Folgen des Klimawandels zu tun.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Die Welt würde auch ohne uns Menschen genauso schnell immer wärmer werden.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Die Verschmutzung der Meere hat keinen Effekt auf uns Menschen.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Die Abholzung von Wäldern hat einen Einfluss auf unser Ökosystem.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Die Meeresverschmutzung trägt zum Artensterben bei.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Das 1,5 Grad Ziel soll nicht rückgängig machbare Klimafolgen verhindern.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Es gibt keinen Zusammenhang zwischen Ernährung und der Abholzung von Flächen, den CO2 Emissionen und Abfall.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Die Industrie hat nur einen sehr kleinen Anteil an den CO2 Emissionen.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Die Überfischung der Meere hat keine Auswirkung auf das Ökosystem.	☐	☐	☐	☐	☐	☐

https://www.soscisurvey.de/interesse_und_umweltwissen/?s2preview=0sN9IW6hZihtc3ixISUJpPF0j6gn7bGb&questionnaire=qnr2&csrf

11/15

8. Auf was kannst du achten, wenn du einkaufen gehst?

UW04

Schreibe alles auf, was dir dazu einfällt.

9. Was passiert durch die zu schnelle Erderwärmung?

UW05

Schreibe alles auf, was dir dazu einfällt.

10. Warum sind Mischwälder wichtig?

UW06

Schreibe alles auf, was dir dazu einfällt.

UW02

4/22/24, 1:27 PM

Korrekturfahne qnr2 (interesse_und_umweltwissen) 22.04.2024, 13:25

11. Kreuzen Sie bei jeder Aussage an, wie sehr diese auf Sie zutrifft. (1 bedeutet keine Zustimmung, 5 sehr hohe Zustimmung.)

Achtung 1-5 sind keine Schulnoten

	1 keine Zustir	2	3	4	5 sehr hohe Zustir	keine Angab
Die Klimakrise betrifft mich nicht, daher ist sie mir egal.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Mein Verhalten wirkt sich nicht auf die Klimakrise aus.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Das Artensterben finde ich nicht schlimm, weil schon immer Tiere gestorben sind.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Menschen an den Küsten tun mir leid, weil sie stark vom Klimawandel betroffen sind.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Mein eigenes Verhalten hat auch Auswirkungen auf die Klimakrise.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ich finde es traurig, dass die Natur immer mehr zerstört wird.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Viele Menschen leiden unter der Klimakrise. Daher finde ich es wichtig darüber zu sprechen.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Die Klimakrise betrifft alle Länder und besonders stark auch manche Länder, die weniger CO2-Ausstoß haben als Österreich.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Wir sind alle verantwortlich für die Klimakrise, daher achte auch ich auf mein Verhalten.	☐	☐	☐	☐	☐	☐

https://www.soscisurvey.de/interesse_und_umweltwissen/?s2preview=0sN9IW6hZihtc3ixlSUJpPF0j6gn7bGb&questionnaire=qnr2&csfr

13/15

4/22/24, 1:27 PM

Korrekturfahne qnr2 (interesse_und_umweltwissen) 22.04.2024, 13:25

12. Kreuzen Sie bei jeder Aussage an, wie sehr diese auf Sie zutrifft. (1 bedeutet keine Zustimmung, 5 sehr hohe Zustimmung.)

Achtung 1-5 sind keine Schulnoten

	1 keine Zustir	2	3	4	5 sehr hohe Zustir	keine Angab
Ich möchte nichts für die Umwelt tun. (Z.B. Projekt, Demo, ..)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ich ändere nichts an meinem Verhalten, auch wenn das gut für die Umwelt wäre.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ich möchte nicht über Lösungen zur Klimakrise sprechen.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ich kann mir vorstellen, weniger Fleisch für die Umwelt zu essen.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ich würde gerne versuchen, weniger Müll wegzuerwerfen.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ich würde gerne bei einem Umweltprojekt mitmachen.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ich verzichte auf manche Produkte, um die Umwelt zu schonen.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ich esse weniger Fleisch für die Umwelt und das Klima.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ich engagiere mich bereits für Umwelt und das Klima.	☐	☐	☐	☐	☐	☐

https://www.soscisurvey.de/interesse_und_umweltwissen/?s2preview=0sN9IW6hZihtc3ixlSUJpPF0j6gn7bGb&questionnaire=qnr2&csfr

14/15