

Der Einfluss eines Umweltbildungsprogramms auf das Umweltwissen von Schüler:innen über das Wattenmeer

Till Schmäing¹ und Norbert Grotjohann²

¹Didaktik der Biologie, Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik, Kiel

²Fakultät für Biologie, Universität Bielefeld

Zusammenfassung:

Das Wattenmeer prägt die Nordseeküste. Auch aufgrund vielseitiger Bedrohungen ist es notwendig, Schüler:innen dieses näherzubringen. Daher wurde ein schulisches Umweltbildungsprogramm entwickelt und mit 157 Lernenden durchgeführt. Um den Einfluss dieser Intervention auf das Umweltwissen erschließen zu können, wurde zuvor ein Wissenstest konzipiert und seine Eignung empirisch überprüft. Der Einsatz in der Hauptstudie zeigt mittels einfaktorieller Varianzanalyse mit Messwiederholung eine kurzfristige und langfristige signifikante Änderung des Umweltwissens.

L'influence d'un programme d'éducation environnementale sur les connaissances environnementales des élèves concernant la mer des Wadden

Résumé:

La mer des Wadden caractérise la côte de la mer du Nord. Il est nécessaire de la faire connaître aux élèves, notamment en raison des nombreuses menaces qui pèsent sur elle. C'est pourquoi un programme d'éducation environnementale scolaire a été mis au point et réalisé avec 157 élèves. Afin d'évaluer l'influence de cette intervention sur les connaissances environnementales, un test de connaissances a été conçu au préalable et sa pertinence a été vérifiée empiriquement. L'utilisation de ce test dans l'étude principale montre, par le biais d'une analyse de variance à un facteur avec répétition de la mesure, une modification significative des connaissances environnementales à court et à long terme.

The influence of an environmental education program on students' environmental knowledge about the Wadden Sea

Abstract:

The Wadden Sea characterizes the North Sea coast. Also due to various threats it is necessary to teach students about it. Therefore, a school-based environmental education program was developed and implemented with 157 learners. In order to assess the impact of this intervention on environmental knowledge, a knowledge test was designed and its suitability was empirically tested. The main study shows a significant short-term and long-term change in environmental knowledge by means of a one-factor analysis of variance with repeated measures.

1 Die Notwendigkeit der Vermittlung und Diagnostik von Wissen in der Umweltbildung

Die größten Bedrohungen der Welt stehen in einem direkten Zusammenhang mit verschiedenen Veränderungen in unserer Umwelt oder den nicht ausreichenden Maßnahmen zur Entgegenwirkung dieser Entwicklungen (World Economic Forum, 2021). Aus dem voranschreitenden anthropogenen Klimawandel resultieren in Europa bereits zum aktuellen Zeitpunkt teilweise weitreichende Konsequenzen für die natürliche Umwelt, aber auch für die Gesellschaft selbst (European Environment Agency, 2017). Trotz der vielseitig dynamischen Entwicklungen in der Corona-Pandemie hat die sich auf einem hohen Niveau befindende Einstellung hinsichtlich der Relevanz für den Klimaschutz in der deutschen Bevölkerung kaum abgenommen (Umweltbundesamt, 2021). Aus der biologiedidaktischen Literatur geht bereits seit langer Zeit die Notwendigkeit des Vorhandenseins von Wissen über die Umwelt als eine Voraussetzung für die Entwicklung von umweltfreundlichen Einstellungen und für entsprechende Verhaltensweisen hervor (Bogner, 1998; Kaiser & Fuhrer, 2003; Rosenberg & Hovland, 1960). In diesem Kontext kann zwischen verschiedenen Formen von Wissen differenziert werden. Haan und Kuckartz (1996) führen den Begriff Umweltwissen auf einer Metaebene sowohl mit dem konkreten Fachwissen beispielsweise über Ökosysteme sowie mit einer Berücksichtigung von Aspekten bezüglich des übergreifenden Verständnisses von verschiedenen Umweltfragen aus. Kaiser, Roczen und Bogner (2008) differenzieren zwischen dem Systemwissen (system knowledge), dem handlungsbezogenen Wissen (action-related knowledge) und dem Wirksamkeitswissen (effectiveness knowledge). Während das Systemwissen primär auf das fachspezifische Wissen intendiert, richtet sich das handlungsbezogene Wissen auf die jeweiligen Verhaltensoptionen und das Wirksamkeitswissen auf die aus diesem Verhalten resultierenden Konsequenzen. In diesem Modell für Umweltbildung wird neben den drei ausgeführten Wissensdomänen zudem die Verbundenheit mit der Natur (Schultz, 2002) als ein weiterer ausschlaggebender Faktor für das Umweltverhalten eines einzelnen Menschen herausgestellt.

Wenngleich das Wissen keinesfalls den einzigen Ansatzpunkt für eine Förderung von umweltbewussten Handlungen darstellt und vielen anderen Konstrukten eine sehr hohe Relevanz zukommt (Bamberg & Möser, 2007; Kollmuss & Agyeman, 2002; Negev, Sagy, Garb, Salzberg & Tal, 2008; Riess, 2003; Schahn, 1993), ist dieser Bereich jedoch ebenso aus einer anderen Perspektive von Bedeutung. So liegt es im Erkenntnisinteresse der fachdidaktischen Forschung die Vorstellungen von Lernenden (Helbig & Reinisch, 2020; Schrenk et al., 2019) und ihr konkretes Wissen zu unterschiedlichen Themenfeldern zum Beispiel infolge von verschiedenen didaktischen Interventionen (Marth & Bogner, 2017; Schneiderhan-Opel & Bogner, 2021) weitreichend erschließen zu können. Mit diesem Vorgehen sind beispielsweise Rückschlüsse für die Gestaltung von curricularen Vorgaben oder für die Schaffung von Lern- und Lehrsituationen, die unter anderem umweltfreundliches Verhalten unterstützen, möglich.

Ein in der Forschung der Biologiedidaktik bisher kaum betrachtetes Ökosystem ist das Wattenmeer. Eine ausführliche Darstellung des Forschungsstandes in dieser Disziplin ist Schmäing & Grotjohann (2021a) zu entnehmen. Das Wattenmeer ist der Lebensraum für Zehntausende Arten von Tieren, Pflanzen und Pilzen (Reise et al., 2010) und wird in Deutschland seit einigen Jahrzehnten gleich von drei verschiedenen Nationalparks in den Bundesländern Hamburg, Niedersachsen und Schleswig-Holstein geschützt (Dierßen, 2014). Mit der Ernennung zum UNESCO-Weltnaturebene erfährt es zudem international den höchstmöglichen Schutzstatus und wurde damit global als ein sehr bedeutendes Ökosystem

anerkannt (Busch & Bostelmann, 2019). Trotz dieser Einzigartigkeit des Wattenmeeres und seiner fachlichen Relevanz liegen keinerlei empirische Erkenntnisse über das Wissen von Schüler:innen über dieses Ökosystem vor. Bisher wurden in unserem übergeordneten Vorhaben Wortassoziationsstudien zu verschiedenen Begrifflichkeiten aus diesem Themenfeld durchgeführt, um in dieser Hinsicht erste Erkenntnisse über die Vorstellungen von Schüler:innen über das Wattenmeer sammeln zu können. Diese Ergebnisse geben verschiedene Hinweise darauf, dass dieses, aber auch seine beiden Schutzauszeichnungen als UNESCO-Weltnaturerbe und Nationalpark, bei einer nicht zu vernachlässigenden Anzahl an Befragten unbekannt ist oder mit fachlich falschen Konzepten beschrieben wird (Schmäing & Grotjohann, 2021a, 2021b). Daraus lässt sich unter anderem die Notwendigkeit einer Thematisierung des Wattenmeeres im Schulunterricht postulieren. Der vorliegende Beitrag knüpft an diese empirischen Erkenntnisse an und betrachtet den Einfluss eines schulischen Umweltbildungsprogramms auf das Umweltwissen der Schüler:innen über das Ökosystem Wattenmeer. In anderen Untersuchungen konnte bereits die Wirksamkeit dieser pädagogischen Intervention auf umweltpsychologische Konstrukte (Schmäing & Grotjohann, 2023) und hinsichtlich der Förderung von Autonomie (Schmäing & Grotjohann, 2024) empirisch belegt werden.

2 Unterrichtsmethodische Umsetzung: Eine Stationsarbeit zum UNESCO-Weltnaturerbe Wattenmeer

Um dieses Ökosystem im schulischen Kontext zu fokussieren und zugleich das Umweltwissen der Lernenden gezielt empirisch beforschen zu können, wurde eine Stationsarbeit für eine Umsetzung im naturwissenschaftlichen Unterricht mit Schulklassen der Sekundarstufe I entwickelt. Es konnte belegt werden, dass diese Methode im schulischen Bereich für die Vermittlung von Wissen ein hohes Potenzial besitzt (Schaal & Bogner, 2010). Auch für außerschulische Lernprozesse ist die Durchführung einer Stationsarbeit relevant (Glaab & Heyne, 2020; Randler, Baumgärtner, Eisele & Kienzle, 2007). Die Unterrichtsmaterialien der in diesem Beitrag betrachteten Stationsarbeit sowie eine ausführliche didaktisch-methodische Kommentierung ist Schmäing & Grotjohann (2022a) zu entnehmen. Nichtsdestotrotz werden an dieser Stelle die Grundlagen der Konzeption auf einer inhaltlichen und methodischen Ebene ausgeführt, da diese – wie dem weiteren Verlauf des vorliegenden Beitrags zu entnehmen sein wird – nicht nur für die praktische Durchführung, sondern auch für die empirische Beforschung eine Bedeutung erfahren.

Um im Sinne einer konstruktivistisch-orientierten Didaktik diesen hohen Grad der Autonomieförderung für die Schüler:innen ermöglichen zu können, wurde sich explizit für diese beschriebene methodische Umsetzung entschieden. Die Konzeption der einzelnen Stationen erfolgte in Kooperation mit dem UNESCO-Weltnaturerbe Wattenmeer-Besucherzentrum Cuxhaven. Auf diese Weise konnte die inhaltliche Richtigkeit der betrachteten Themen sowie auf der Grundlage der konzeptionellen und der praktischen Erfahrungen der Fachleute zugleich die Relevanz der ausgewählten Inhaltsbereiche für verschiedene schulische und außerschulische pädagogische Interventionen mit einem Bezug zum Wattenmeer sichergestellt werden. Wenngleich infolge der kaum ersetzbaren Primärerfahrungen mit dem Wattenmeer keinesfalls ein direkter Transfer der bei einer außerschulischen Wattexkursion zu sammelnden Erlebnisse in den Klassenraum möglich ist, ist die inhaltliche Gestaltung des Vorhabens an diese Form des Erkundens des Wattenmeeres angelehnt. Auf diese Weise ist es möglich, eine thematische Anlehnung an eine Wattexkursion

garantieren zu können. Insgesamt wurden zehn verschiedene Stationen entwickelt, welche unterschiedliche fachliche Schwerpunkte besitzen. Pro Station wurde ein Arbeitsblatt entworfen, das neben einem vorangestellten Informationstext vielseitige Aufgaben umfasst. Diese berücksichtigen wiederum die Kriterien eines hochwertig geplanten Unterrichts und ermöglichen beispielsweise verschiedene Formen der Differenzierung. Der Tabelle 1 sind die Bezeichnungen der einzelnen Stationen zu entnehmen, darüber hinaus werden die jeweiligen inhaltlichen Schwerpunkte illustriert.

Tabelle 1: Die Stationen der didaktischen Intervention mit ihrer jeweiligen inhaltlichen Gestaltung (nach Schmäing & Grotjohann (2022a)).

Nr.	Titel der Station	Inhaltlicher Schwerpunkt
1	Das Wattenmeer – ein Lebensraum mit einer ganz besonderen Bedeutung	Allgemeine inhaltliche Einführung
2	Die Wattwanderung – erlebe das Wattenmeer!	Die Gezeiten und ihre Relevanz für Exkursionen
3	Direkt am Wattenmeer: die Salzwiese	Strategien zur Regulation des Wasserhaushalts von Pflanzen
4	Der Wattboden und die Grundlagen des Lebens im Watt	Die Primärproduktion im Wattenmeer
5	Die Wattschnecke	Die Bedeutung von Watteschnecken für das Ökosystem
6	Die Würmer des Watts	Vergleich von zwei charakteristischen Wurmarten
7	Schneller als gedacht: die Muscheln im Watt	Die Aufnahme von Mikroplastik durch Filtration
8	Der bekannteste Krebs des Watts: die Strandkrabbe	Verschiedene Verhaltensweisen von Strandkrabben
9	Weitere Krebse im Wattenmeer	Das Wattenmeer als „Kinderstube“ für Tierarten
10	Die Gefährdungen des Wattenmeeres	Verschiedene anthropogene Einflüsse auf das Ökosystem

Gemäß den allgemeinen Zielsetzungen eines hochwertigen, die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen berücksichtigenden Unterrichts werden in Bezug auf die konkrete methodische Umsetzung verschiedene Experimente eingebunden sowie unterschiedliche Präparate eingesetzt. So wird beispielsweise mit einer Gurke und Salz eine Strategie für die Regulation des Wasserhaushalts bei Pflanzen der Salzwiesen demonstriert und mit einem Präparat eine anschauliche Form der Bestimmung des Geschlechts von Strandkrabben ermöglicht. Mit dieser Vorgehensweise wird zugleich der von der Kultusministerkonferenz geforderte Erkenntnisgewinn durch biologische Arbeitsweisen umgesetzt (KMK, 2020). Wie bereits oben begründet ist für eine ausführlichere Darlegung der einzelnen Stationen die genannte Publikation zu betrachten.

3 Wissenstest für das Umweltwissen über das Ökosystem Wattenmeer

Das in der Einleitung begründete Anliegen der Fachdidaktik Biologie hinsichtlich der Ermittlung des Wissens von Lernenden wird in dieser Studie mit der durchgeführten Stationsarbeit in Verbindung gebracht. Dazu wurde in Anlehnung an andere biologiedidaktische Untersuchungen die Entwicklung des Wissens bei den Schüler:innen infolge der unterrichtlichen Intervention ermittelt. Um dieses erfassen zu können, wurde auf der Grundlage der Inhalte der Stationsarbeit ein auf diese abgestimmter Wissenstest erstellt. Nachfolgend wird dieser Wissenstest in seiner Entwicklung und mitsamt den einzelnen Fragen sowie der dazugehörigen möglichen Lösungen vorgestellt. Zudem werden weitere forschungsmethodische Implikationen in Bezug auf einen ersten Einsatz in der Praxis beschrieben.

3.1 Inhaltliche und methodische Entwicklung des Wissenstests

Um grundlegend die fachliche Korrektheit des Wissenstests und wie auch im Allgemeinen die der in der Stationsarbeit berücksichtigten Inhalte gewährleisten zu können, wurde im gesamten Konzeptionsprozess ein intensiver Austausch mit verschiedenen Expert:innen aus dem Bereich der Umweltbildung mit einem Bezug zum Wattenmeer gepflegt. Aufgrund des Schwerpunkts der vorliegenden Arbeit wird an dieser Stelle auf eine fachwissenschaftliche Darstellung der einzelnen Inhalte zum Ökosystem Wattenmeer verzichtet und exemplarisch auf Borchering (2013), Reise & Williamson (2021) und Stock & Schröder (2020) verwiesen. Darüber hinaus ist dieses beschriebene Vorgehen für die spezifische Umsetzung einer wissenschaftlichen Arbeitsweise aus der Perspektive der empirischen Forschung sehr wichtig. In dem Fachbereich der naturwissenschaftlichen Didaktik wird der Kommunikation mit den Expert:innen eine zentrale Bedeutung für das Erfüllen der Inhaltsvalidität eines Wissenstest zugeschrieben (Schmiemann & Lücken, 2014).

Der Aufbau des Wissenstests orientiert sich an der mit der Tabelle 1 vorgestellten Gliederung der gesamten Stationsarbeit. Um einen übergeordneten Einstieg in die inhaltlichen Schwerpunkte zum Wattenmeer zu ermöglichen, erfolgt eingangs die Bezugnahme zu den Besonderheiten dieses Ökosystems. Bevor der Fokus auf einzelne ausgewählte Arten gelegt wird, gibt es mit der Wattwanderung einen erlebnisorientierten Kontext sowie eine Thematisierung der Salzwiese. Anschließend werden die von dem Entwickler:innenteam als besonders charakteristisch beurteilten Lebewesen mitsamt ihrer kennzeichnenden Verhaltens-/Lebensweisen aufgegriffen. Bei der Auswahl wurden die bereits zu diesem Zeitpunkt gewonnenen ersten Erkenntnisse aus den Wortassoziationsstudien und somit die Vorstellungen von Lernenden berücksichtigt. Abschließend erfolgt im Sinne der Umweltbildung bzw. der Bildung für nachhaltige Entwicklung eine gesonderte Berücksichtigung der Gefährdungen des Wattenmeeres (Nationalpark Wattenmeer, 2017), welche eine vielseitige Bezugnahme zu verschiedenen globalen Problemfeldern ermöglicht. Letztlich soll mit den Fragen das Umweltwissen der Schüler:innen über das Ökosystem Wattenmeer erschlossen werden können. Dabei wird dieses in Anlehnung an die Definition von Kuckartz (1995) mit einer besonders ausgeprägten fachlichen Komponente definiert. Gemäß des in der Einleitung angeführten Modells nach Kaiser, Roczen und Bogner (2008) handelt es sich somit hauptsächlich um das Systemwissen. Dieses Vorgehen ist damit zu begründen, dass entsprechendes Wissen die Grundlage für die Entwicklung der weiteren Wissensformen ist (Frick et al., 2004). Daher sollte es bei jungen Menschen im besonderen Maße gefördert werden. Dieser Forderung wird mit der Stationsarbeit nachgekommen.

Für eine Herausarbeitung und eine Formulierung von konkreten Fragen aus diesen Inhaltsfeldern besteht die Möglichkeit neben offenen ebenso halboffene und geschlossene Fragen zu entwickeln (Döring & Bortz, 2016). Die Inhalte zum Wattenmeer ermöglichen grundlegend einen hohen Grad der Offenheit. Andererseits besteht bei einer ausschließlichen Verwendung von offenen Fragen das Risiko, die zu vermeidende Überforderung der Befragten aufkommen zu lassen. Gerade aufgrund der Zielgruppe des Wissenstest bzw. im Allgemeinen der Stationsarbeit sollte dieser Aspekt nicht vernachlässigt werden. Daher wurde sich in Anlehnung an andere biologiedidaktische Untersuchungen (Röllke, 2019) für eine Kombination von offenen und geschlossenen Fragestellungen entschieden. So werden im Wissenstest beide Formen von Fragen in einer gleichen Anzahl berücksichtigt.

3.2 Der Wissenstest

In der Abbildung 1 ist der aus der Konzeptionsphase resultierende Wissenstest zum Ökosystem Wattenmeer dargestellt. Um dem Anspruch eines zeitökonomischen Einsatzes gewährleisten zu können, wurde zu jedem der aus Tabelle 1 hervorgehenden Bereiche lediglich eine Frage mit einem jeweils charakteristischen Inhalt ausgewählt. Zur Bearbeitung des Tests wurde die folgende Aufgabenstellung formuliert: „Bitte bearbeite die Aufgaben. Bei den Ankreuzaufgaben ist je nur eine Antwort richtig“.

Mit der Nennung der konkreten Anzahl der richtigen Antworten bei den Multiple-Choice-Aufgaben wurde den Schüler:innen somit ein weiterer Hinweis für die Bearbeitung des Wissenstests gegeben. In der Abbildung 1 sind – anders als bei der in der Studie eingesetzten Version – die korrekten Antworten auf die Multiple-Choice-Fragen mit einem Kreuz gekennzeichnet. Bei den offenen Fragestellungen werden jeweils exemplarische und von den Teilnehmenden sehr häufig genannte korrekte Antwortmöglichkeiten angegeben. Im weiteren Verlauf des methodischen Kapitels werden weitere Erörterungen zu der Wertung der offenen Fragen gegeben.

1. Beschreibe zwei Besonderheiten des Lebensraums Wattenmeer.
z.B. *anspruchsvolle Lebensbedingungen, Beeinflussung die Gezeiten, Weltnaturerbe*
2. Nenne zwei Wetterlagen, bei denen eine Wattwanderung gefährlich werden kann.
z.B. *Gewitter, Nebel, starke Hitze*
3. In welchem Lebensraum kann man Schlickgras hauptsächlich finden?
o Dünen o Wattenmeer x Salzwiese o Wattwiese
4. Wobei handelt es sich um die braunen Flächen auf der Oberseite des Wattbodens?
o tote Muscheln o Kot von Vögeln x Algen o kleine Schnecken
5. Welche besondere Fähigkeit haben Wattschnecken?
x sie können mit Hilfe des Wassers surfen o sie können vor Feinden wegspringen
o sie können mit Gerüchen miteinander kommunizieren o keine Antwort ist richtig
6. Was sind die „Spaghettihäufchen“, die auf dem gesamten Wattboden zu sehen sind?
z.B. *Kothaufen von Wattwürmern, von Wattwürmern gefilterter Sand*
7. Wie graben sich Muscheln im Watt ein?
o mit ihren Siphonen x durch ruckartige Bewegungen
o mit Hilfe des Wassers o sie können sich nicht eingraben
8. Nenne zwei Verhaltensweisen, die für Strandkrabben typisch sind.
z.B. *Drohen mit den Scheren, seitliche Fortbewegung, Eingraben*
9. Was sind Seepocken?
o Bestandteile von Bühnen o Pflanzen
o Bestandteile des Panzers von Strandkrabben x Krebstiere
10. Nenne zwei Gefährdungen des Wattenmeers.
z.B. *globaler Klimawandel, Verschmutzung mit Plastikmüll, Überfischung*

Abbildung 1: Der konzipierte Wissenstest zum Ökosystem Wattenmeer.

3.3 Erster praktischer Einsatz des Wissenstests und seine Auswertung

Bevor dieser Wissenstest im Rahmen der Stationsarbeit eingesetzt werden konnte, musste er auf seine Eignung in der Praxis überprüft geprüft werden. Aufgrund der dargestellten Vorgehensweise bei der Entwicklung konnte mit der inhaltlichen Nähe zu den Materialien sichergestellt werden, dass er grundlegend für eine Evaluation des Unterrichts eingesetzt werden kann. Trotzdem war eine Überprüfung vor einem Einsatz für diesen Zweck unerlässlich, um unter anderem seine Schwierigkeit ermitteln zu können. Ansonsten bestünde die Gefahr des Aufkommens von Frustration bei den Lernenden und damit verbunden das Risiko des negativen Erlebnisses der pädagogischen Intervention (Theyßen, 2014). Für ein schüler:innenorientiertes Unterrichtsvorhaben und die Erfüllung der Forderung nach qualitativ hochwertigen Bildungsangeboten galt es dies in aller Deutlichkeit zu vermeiden. Wenngleich der Prozess des Austausches mit den Fachleuten als eine Form der kommunikativen Validierung bewertet werden kann (Steinke, 2007), konnte dieser erste Entwicklungsschritt allerdings nur mit der direkten Verwendung bei den Probandinnen der Zielgruppe umgesetzt werden.

Für die Prüfung der Eignung des Wissenstests für das fachdidaktische Vorhaben wurden gemäß den Empfehlungen aus der Literatur die drei Größen der Itemschwierigkeit, der Itemvarianz und der Itemtrennschärfe betrachtet (Kelava & Moosbrugger, 2012, 2020). In Anlehnung an die methodische Umsetzung in anderen biologiedidaktischen Studien wurden zu schwere Fragen ($P_i < 10$) und zu einfache Fragen ($P_i > 90$) ausgeschlossen, um eine Über- bzw. Unterforderung der Befragten zu vermeiden (Damerau, 2012; Röllke, 2019; Scharfenberg, 2005). Fragen mit einer Itemvarianz $\sigma^2(x_i) = 0$ wurden auch ausgeschlossen, da es für die Erhebung des (verschieden ausgeprägten) Wissens notwendig ist, dass die Studienteilnehmenden unterschiedlich auf die einzelnen Fragen antworten (Kelava & Moosbrugger, 2012). In Bezug auf die Itemtrennschärfe $r_{i(t-1)}$ eines Items i ist herauszustellen, dass höhere Werte die Eignung eines jeweiligen Items anzeigen, da dieses mit den anderen Items und letztlich mit dem zu untersuchenden Umweltwissen über das Ökosystem Wattenmeer in Verbindung steht. Dabei werden Werte zwischen 0,4 bis 0,7 als gut bewertet (ebd.).

Innerhalb des ersten Einsatzes des Wissenstests wurden insgesamt 77 Schüler:innen der Zielgruppe mit dem Test befragt. Das Durchschnittsalter der Teilnehmenden betrug 14,31 Jahre, 57,14 % von ihnen waren weiblich. Während der Verwendung des Wissenstests gab es keinerlei vorherige Umsetzung einer unterrichtlichen Intervention zum Wattenmeer oder eine sonstige Thematisierung dieses Ökosystems. Der Fragebogen wurde somit ohne jegliche Form einer inhaltlichen Instruktion in den Regelunterricht eingereicht und von den Schüler:innen bearbeitet. Bei der Auswertung wurde für jedes der zehn Items (maximal) ein Punkt vergeben, sodass alle Fragen und die damit verbundenen Inhaltsbereiche eine gleich starke Gewichtung erfahren haben. Bei den Aufgaben im Multiple-Choice-Format (Fragen 3, 4, 5, 7, 9) wurde für die richtige Antwort ein Punkt vergeben, für die falsche oder keine Antwort gab es keinen Punkt. Da jeweils nur genau eine Antwort richtig ist, wurden keine halben Punkte vergeben. Bei den Aufgaben im offenen Format (Fragen 1, 2, 6, 8, 10) besteht die richtige Antwort immer aus zwei verschiedenen Komponenten. Sofern beide Aspekte korrekt dargelegt worden sind, wurde ein Punkt vergeben. Im Falle einer richtigen Antwortkomponente wurde ein halber Punkt vergeben. Bei zwei falsch genannten Aspekten oder dem vollständigen Fehlen einer Antwort gab es keinen Punkt. Auf Grundlage dieser Auswertungsmethodik konnte jeder der Teilnehmenden für den gesamten Wissenstest maximal zehn Punkte erhalten.

Um bei der Auswertung der offenen Aufgaben eine wissenschaftliche Vorgehensweise garantieren zu können, wurden die gegebenen Antworten unabhängig voneinander von zwei Fachpersonen bepunktet. Dies ist notwendig, da bei der Bewertung der Aufgaben im offenen Format im Gegensatz zu den Multiple-Choice-Fragen durchaus verschiedene Einschätzungen und somit voneinander abweichende Bepunktungen vorgenommen werden können. Auf der Grundlage der vollkommen unabhängigen Wertung der Antworten der Schüler:innen von beiden Personen kann die Interrater-Reliabilität geprüft werden (Wirtz & Caspar, 2002). In der naturwissenschaftlichen Didaktik wird Cohens Kappa als geeignetes Maß zur Berechnung von dieser herausgestellt (Hammann & Jördens, 2014) und wurde daher entsprechend angewandt. Der ermittelte κ -Wert beträgt 0,92, der Grad der Übereinstimmung der Bewertung der offenen Aufgaben von den beiden Kodierenden kann daher als sehr gut bewertet werden (Altman, 1991).

Die Tabelle 2 gibt die ermittelten Werte für die Itemschwierigkeit, die Itemvarianz und die Itemtrennschärfe an. Für die Auswertung wurde (wie auch für die nachfolgenden Berechnungen) das Programm IBM SPSS Statistics verwendet.

Tabelle 2: Die Ergebnisse des ersten Einsatzes des Wissenstests.

Item	P_i	$\sigma^2(x_i)$	$r_{i(t-1)}$
W_I	31,82	0,17	0,48
W_II	27,92	0,16	0,55
W_III	18,61	0,24	0,6
W_IV	16,88	0,24	0,68
W_V	13,42	0,23	0,68
W_VI	27,27	0,18	0,62
W_VII	15,15	0,23	0,56
W_VIII	27,92	0,17	0,48
W_IX	16,88	0,24	0,49
W_X	26,62	0,18	0,64

Da aus den Fragen im Multiple-Choice-Format eine Wahrscheinlichkeit für die richtige Beantwortung durch bloßes Raten von 25 % resultiert und dies somit auf insgesamt die Hälfte aller Fragen zutrifft, wurde gemäß bei der Berechnung des Schwierigkeitsindex eine Ratekorrektur vorgenommen (Kelava & Moosbrugger, 2012). Diese berücksichtigt unter anderem die Anzahl der gegebenen Antwortalternativen pro Frage. Die der Tabelle 2 zu entnehmenden Werte berücksichtigen bereits diese Form der Korrektur.

Die Ergebnisse belegen die Sinnhaftigkeit der zuvor in der Konzeptionsphase getroffenen Annahmen und Entscheidungen. Die Schwierigkeit aller Items liegt in einem Bereich zwischen 13,42 und 31,8. Gemäß der vorherigen auf der Grundlage von Literatur vorgenommenen Erörterungen können die Fragen daher aus einer Perspektive der Biologiedidaktik weder als zu schwer noch als zu leicht bewertet werden. Auch die Werte der Itemvarianz $\sigma^2(x_i)$ und die der Itemtrennschärfe $r_{i(t-1)}$ entsprechen den angeführten Kriterien. Die Trennschärfe aller Items liegt in dem Wertebereich, welcher auf eine gute Eignung schließen lässt (Kelava & Moosbrugger, 2012). Daher genügen alle Fragen den Vorgaben aus der Literatur und konnten diesem Kriterium folgend für eine empirische Untersuchung der Stationsarbeit angenommen werden.

4 Methodische Vorgehensweise bei der empirischen Untersuchung des Umweltwissens von Schüler:innen mit einer Bezugnahme zur Stationsarbeit

In diesem Kapitel werden das skizzierte unterrichtliche Konzept mit den bisherig beschriebenen methodischen Umsetzungen vor einem biologiedidaktischen Hintergrund miteinander verbunden und dabei unter anderem explizit Fragestellungen formuliert. Zudem werden weitere Konkretisierungen hinsichtlich der umgesetzten statistischen Auswertungsverfahren vorgenommen.

4.1 Studiendesign und Fragestellungen

Der vorgestellte und in der Praxis empirisch auf die Eignung für dieses Vorhaben überprüfte Wissenstest wird für eine fachdidaktische Evaluation der Stationsarbeit zum Ökosystem Wattenmeer eingesetzt. Der Wissenstest wird dabei in einem Prä-Post-Design mit anschließender Follow-up-Testung zu drei verschiedenen Zeitpunkten eingesetzt. So erfolgt der Einsatz unmittelbar vor dem Beginn der Stationsarbeit (T0), direkt nach der gesamten Bearbeitung von dieser (T1) sowie weitere sechs Wochen später (T2). Daher können unter einer Berücksichtigung dieses Studiendesigns und der zuvor dargestellten Zielsetzungen dieser Studie die folgenden Fragestellungen aufgestellt werden:

1. Welchen kurzfristigen Einfluss hat die Stationsarbeit auf das Umweltwissen der Schüler:innen über das Ökosystem Wattenmeer?
2. Welchen langfristigen Einfluss hat die Stationsarbeit auf das Umweltwissen der Schüler:innen über das Ökosystem Wattenmeer?

Dabei wird der kurzfristige Einfluss mit einer Betrachtung der potenziellen Veränderung des Umweltwissens der Schüler:innen zwischen den beiden Zeitpunkten T0 und T1 definiert. Der langfristige Einfluss fokussiert hingegen auf die potenzielle Veränderung zwischen den beiden Zeitpunkten T0 und T2.

4.2 Stichprobe

An der Untersuchung nahmen insgesamt 157 Schüler:innen teil, von ihnen waren 51,6 % männlich. Das Durchschnittsalter der Teilnehmenden betrug 14,4 Jahre. Alle Teilnehmenden haben zum Zeitpunkt der Durchführung eine neunte Klasse an einem Gymnasium besucht. Die Stationsarbeit wurde von ihnen jeweils im Biologieunterricht bearbeitet.

4.3 Erneute Prüfung der Eignung des Wissenstests

Bevor den aufgestellten Fragestellungen nachgegangen wird, wird äquivalent zum ersten Einsatz des Wissenstests auf Grundlage der erhobenen Daten erneut die Itemschwierigkeit, die Itemvarianz und die Itemtrennschärfe der einzelnen Fragen betrachtet. Um eine möglichst weitreichende Überprüfung der Eignung des Wissenstests für den vorliegenden Kontext vornehmen zu können, wurden sämtliche Werte zu allen drei Messzeitpunkten unabhängig voneinander ermittelt. Auf diese Weise können die Erkenntnisse aus der vorherigen Untersuchung nochmals überprüft werden. Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind der Tabelle 3 zu entnehmen.

Tabelle 3: Die Itemkennwerte zu den drei verschiedenen Messzeitpunkten.

Item	P_i	$\sigma^2(x_i)$	$r_{i(t-1)}$	P_i	$\sigma^2(x_i)$	$r_{i(t-1)}$	P_i	$\sigma^2(x_i)$	$r_{i(t-1)}$
	(T0)	(T0)	(T0)	(T1)	(T1)	(T1)	(T2)	(T2)	(T2)
W_I	29,93	0,13	0,53	71,02	0,14	0,53	66,88	0,15	0,43
W_II	27,71	0,11	0,47	66,56	0,17	0,47	64,01	0,18	0,48
W_III	10,82	0,22	0,52	44,8	0,24	0,42	37,15	0,25	0,42
W_IV	9,13	0,22	0,60	60,1	0,21	0,46	52,44	0,23	0,52
W_V	7,43	0,21	0,61	60,1	0,21	0,46	56,69	0,22	0,42
W_VI	37,58	0,22	0,44	80,25	0,14	0,32	76,11	0,16	0,46
W_VII	17,62	0,24	0,51	62,63	0,20	0,40	45,65	0,24	0,48
W_VIII	25,48	0,17	0,39	69,75	0,17	0,48	62,42	0,19	0,42
W_IX	6,58	0,21	0,66	47,13	0,24	0,44	50,74	0,25	0,49
W_X	20,7	0,14	0,60	70,71	0,14	0,47	63,06	0,18	0,41

Auf der Grundlage dieser Ergebnisse können die zuvor getroffenen Annahmen bestätigt werden. Zu allen drei Testzeitpunkten entsprechen nahezu alle Werte den zuvor aus einer Perspektive der empirisch-forschenden Biologiedidaktik als notwendig herausgestellten Kriterien. Bei dem Vortest weisen drei der zehn Items eine Schwierigkeit von $P_i < 10$ auf und waren damit für die Lernenden deutlich schwerer zu beantworten als für die Befragten der vorherigen Untersuchung. Entsprechend der Umsetzung in anderen biologiedidaktischen Untersuchungen hätten diese Items daher ausgeschlossen werden können (Damerau, 2012; Röllke, 2019; Scharfenberg, 2005). Da jedoch die dazugehörigen Trennschärfen dieser drei Items als gut zu bewerten sind, steht ein Beibehalten dieser Fragen im Einklang mit den Literaturempfehlungen (Kelava & Moosbrugger, 2012) und wurde ebenso vor dem Hintergrund der zuvor festgestellten Ergebnisse umgesetzt. Von den zu allen Messzeitpunkten insgesamt 30 ermittelten Werten der Trennschärfe können 28 als gut bewertet werden (ebd.) Die beiden übrigen Werte von $r_{i(t-1)}$ haben eine Höhe von 0,32 bzw. 0,39 und liegen nur sehr knapp unter der beschriebenen Untergrenze, sodass diese in diesem Zusammenhang nicht in besonderer Form herausgehoben werden müssen. Diese Schlussfolgerung wird zusätzlich damit gestützt, dass in der Literatur teilweise nicht 0,4, sondern 0,3 als die untere Grenze für eine ausreichend hohe Trennschärfe beurteilt wird (Bühner, 2010). Diese Grenze wird ausnahmslos von allen Items zu allen drei Messzeitpunkten erfüllt.

4.4 Vorgehensweise bei der statistischen Auswertung

Für die Ermittlung eines potenziellen Effekts der Stationsarbeit auf das Umweltwissen der Teilnehmenden über das Ökosystem Wattenmeer wurden die zu den drei Messzeitpunkten erhobenen Daten miteinander verglichen. Als Referenzwert wurde die Summe der Items und somit der Gesamtwert der Wissensskala zu den drei Zeitpunkten betrachtet. Dieser hat aus der Wertung der Antworten resultierend wie bereits dargestellt einen Wertebereich zwischen null und zehn. Für die Umsetzung dieses Vergleichs wurde eine einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung berechnet. Da die Stichprobe ausreichend groß ($n > 30$) ist, wurde dem zentralen Grenzwerttheorem gefolgt und eine Normalverteilung der Daten angenommen (Bortz & Schuster, 2010). Darüber hinaus muss für die Durchführung des gewählten Verfahrens die Voraussetzung der Sphärizität gegeben sein (Janczyk & Pfister, 2013). Der Mauchly-Tests zeigt, dass im vorliegenden Fall Sphärizität angenommen werden kann ($Mauchly-W = 0,98, p = 0,179$) und somit kein Korrekturverfahren durchgeführt werden muss (Girden, 1992).

5 Ergebnisse

Die Abbildung 2 veranschaulicht gemäß der beiden aufgestellten Fragestellungen die Entwicklung des Umweltwissens der Schüler:innen über das Wattenmeer zu den drei verschiedenen Messzeitpunkten.

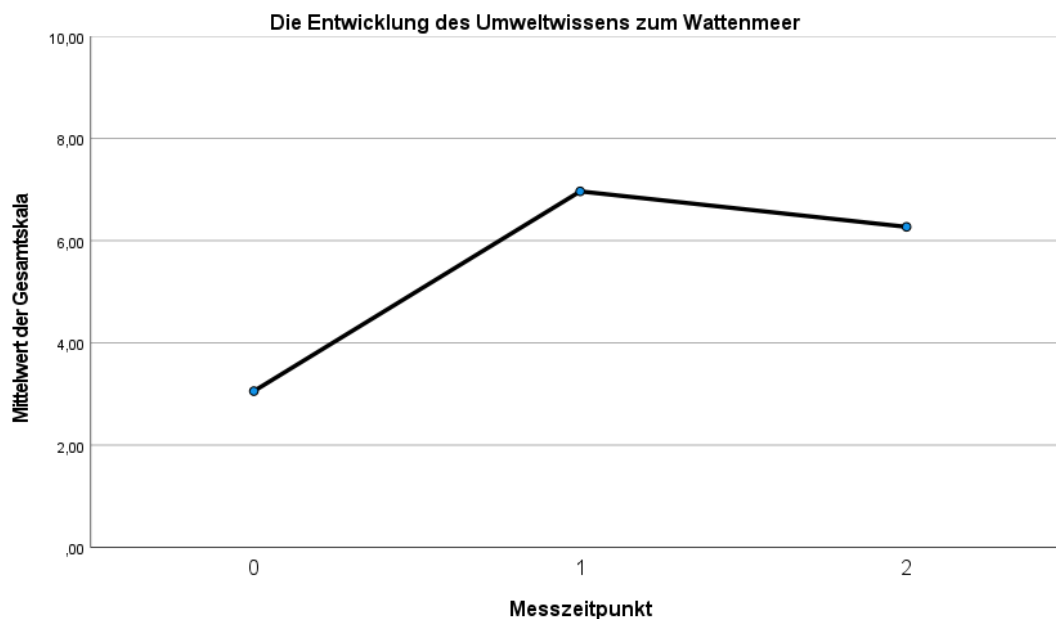


Abbildung 2: Die Skalengesamtwerte zu den drei Messzeitpunkten.

Die einfaktorielle Varianzanalyse zeigt, dass sich das Umweltwissen der Lernenden über das Ökosystem Wattenmeer zu den drei Messzeitpunkten statistisch signifikant voneinander unterscheidet ($F(2, 312) = 123,99; p < 0,001$). Aufgrund dieser statistischen Signifikanz konnte eine post-hoc-Testung durchgeführt werden, um zu ermitteln, zwischen welchen der drei Messzeitpunkte dieser signifikante Unterschied besteht. Aus dem Bonferroni-korrigierten post-hoc-Test geht hervor, dass sich das Umweltwissen der Schüler:innen zwischen den Messzeitpunkten T0 ($M = 3,06; SD = 2,72$) und T1 ($M = 6,97; SD = 2,47$) statistisch signifikant voneinander unterscheidet ($p < 0,001$), auch der Unterschied zwischen den Messzeitpunkten

T0 und T2 ($M = 6,27$; $SD = 2,62$) ist statistisch signifikant ($p < 0,001$). Die Entwicklung des Umweltwissens zwischen den Messzeitpunkten T1 und T2 ist ebenso statistisch signifikant ($p = 0,015$). Zur Bewertung des Ausmaßes dieser Mittelwertsunterschiede wurde unter Zunahme des partiellen Eta-Quadrats die Effektstärke f nach Cohen berechnet. Der ermittelte Effekt beträgt $f = 0,89$ und ist damit als stark zu bewerten (Cohen, 1988).

6 Diskussion

Mit dem Einsatz des zuvor auf seine Eignung überprüften Wissenstests kann grundlegend die Veränderung des Umweltwissens der Schüler:innen über das Ökosystem Wattenmeer statistisch belegt werden. Der Post-hoc-Test illustriert, dass jeweils zwischen allen drei Testzeitpunkten ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Werten der Gesamtskala zum Umweltwissen der Lernenden vorhanden ist. Es kann zum einen ein statistisch signifikanter kurzfristiger positiver Effekt ermittelt werden (Forschungsfrage 1). Selbst einige Wochen nach der Durchführung der Stationsarbeit unterscheidet sich das Umweltwissen der Schüler:innen statistisch signifikant von den Ausgangswerten (Forschungsfrage 2). An dieser Stelle müssen jedoch Limitierungen der Ergebnisse in Bezug auf die methodische Vorgehensweise in dieser Studie angeführt werden. Wenngleich aufgrund der inhaltlichen Nähe zwischen der didaktischen Intervention und dem Wissenstest sowie der wiederholten Überprüfung seiner Eignung der positive Einfluss der im Biologieunterricht durchgeführten Stationsarbeit auf das Umweltwissen nahliegend ist, muss das Fehlen einer Kontrollgruppe in aller Deutlichkeit kritisch angeführt werden. Mit dem umgesetzten Forschungsdesign bleibt es unklar, welchen Einfluss das dreimalige Ausfüllen des Fragebogens – losgelöst von der durchgeführten Stationsarbeit – besitzt. So sollte in weiteren (Interventions-) Studien mit einer Bezugnahme zum Umweltwissen über das Ökosystem Wattenmeer bei einem Einsatz von diesem Wissenstest unbedingt die Implementierung einer Kontrollgruppe umgesetzt werden. Auf diese Weise ist es möglich, potenziell ermittelte Effekte eindeutig auf eine Intervention zurückzuführen und den Einfluss anderer Faktoren ausschließen zu können.

In anderen biologiedidaktischen Studien konnten mit dem Einsatz eines mit dem jeweiligen Bildungsprogramm abgestimmten Wissenstests vergleichbare Erkenntnisse geschlussfolgert und ein kurzfristiger positiver Einfluss der einzelnen Interventionen auf das Wissen der Lernenden festgestellt werden (Damerau, 2012; Röllke, 2019). Allerdings ist in diesem Kontext anzumerken, dass bei der vorliegenden Studie nicht nur die Zunahme, sondern auch die Abnahme des Wissens zwischen dem Post- und dem Follow-up-Test, also zwischen den Zeitpunkten T1 und T2, statistisch signifikant ist. Der Wissensrückgang vom Nach- zum Langzeittest konnte bei anderen biologiedidaktischen Studien mit verschiedenen inhaltlichen Schwerpunkten in vergleichbarer Weise festgestellt werden. Die Untersuchungen betrachteten jeweils den Einfluss von unterschiedlichen Bildungsprogrammen zum DNA-Barcoding (Schneiderhan-Opel & Bogner, 2020), zu erneuerbaren Energien (Schumm & Bogner, 2016) und zu Bienen (Schönfelder & Bogner, 2017) auf das Wissen der Lernenden. Das in der vorliegenden Studie erhaltende Ergebnis ist daher nicht überraschend und steht im Einklang mit diesen Erkenntnissen. Es kann somit erneut die sehr große Herausforderung einer langanhaltenden Wissensvermittlung für die didaktische Gestaltung von Lern- und Lehrsituationen – unabhängig von dem konkreten inhaltlichen Schwerpunkt – herausgestellt werden.

Bei einem Umweltbildungsprogramm in einem botanischen Garten konnte hingegen belegt werden, dass es zwischen dem Post- und dem Follow-up-Test keinen Wissensverlust gab (Sellmann & Bogner, 2013). Zu einem ähnlichen Ergebnis kam eine Studie mit einer Intervention über Vögel, die in Abhängigkeit von einzelnen Lernansätzen keinen Wissensverlust zwischen diesen beiden Zeitpunkten ermittelte (Sturm & Bogner, 2008). Insofern wird mit einer Bezugnahme zu der vorliegenden Untersuchung die grundsätzliche Möglichkeit einer langfristigen Vermittlung der Inhalte und damit einer statistisch nicht signifikanten Abnahme zwischen den Messzeitpunkten T1 und T2 deutlich. Mit der umgesetzten Stationsarbeit konnte dieser Effekt nicht erreicht werden. Allerdings ist an dieser Stelle nochmals hervorzuheben, dass das Umweltwissen der Lernenden über das Ökosystem Wattenmeer im Follow-up-Test statistisch signifikant höher ist als im Prätest. Daher kann trotz der Abnahme zwischen den beiden betrachteten Zeitpunkten insgesamt eine langfristig positive Entwicklung und damit der Erfolg des Unterrichts in dieser Hinsicht empirisch belegt werden.

Da die Stationsarbeit letzten Endes eine – wenngleich wie im zweiten Kapitel beschrieben sehr anschauliche und praxisbezogene – reguläre Form des schulischen Unterrichts darstellt, könnte für die langfristig anhaltende Wissensvermittlung bzw. dem Minimieren eines Wissensverlusts zwischen dem Post- und dem Follow-up-Test dem außerschulischen Lernen eine besondere Relevanz zukommen. Die Studie von Bogner & Sellmann (2013) gibt diesbezüglich wie skizziert Hinweise. Im Allgemeinen sind die Erfahrungen mit der Natur für Kinder eine elementare Voraussetzung für unterschiedliche Bildungsprozesse (Piberger, Wiest & Münte, 2021). Daher könnte auch dem Wattenmeer als außerschulischer Lernort eine hohe Relevanz zukommen. Laut Expert:innen aus verschiedenen Bereichen der Bildung mit einem Bezug zum Wattenmeer besitzt dieses als Lernort in vielerlei Hinsicht ein besonderes Potenzial (Schmäing & Grotjohann, 2022b). Insofern erscheint es als sinnvoll, den potenziellen kurz- und langfristigen Wissenserwerb infolge einer Exkursion in das Wattenmeer zu beforschen. In diesem Bereich liegen in der biologiedidaktischen Forschung bisher keinerlei Erkenntnisse vor. Auf diese Weise könnten nicht nur Bezüge zu den vorliegenden Ergebnissen aus dieser Studie genommen, sondern auch unterschiedliche Vergleiche hinsichtlich der Wissensvermittlung an außerschulischen Lernorten mit der in einer schulischen Umgebung ermöglicht werden. Dabei ist es möglich, die in dieser Studie als kritisch zu bewertende Umsetzung in Bezug auf die Methodik zu optimieren und mit einem Einsatz einer Kontrollgruppe die Eignung des vorliegenden Wissenstests vertieft zu überprüfen.

In diesen weitergehenden Forschungsvorhaben wäre es außerdem möglich, die inhaltliche Auswahl des Wissenstests breiter zu gestalten. Wie aus der Theorie von Kaiser, Roczen und Bogner (2008) abgeleitet und forschungstechnisch begründet, fokussiert der vorliegende Wissenstest auf das Systemwissen. Um auch das handlungsbezogene Wissen und das Wirksamkeitswissen untersuchen zu können, sind weitere Schwerpunkte bei einer Befragung notwendig. Diese könnten auf der Grundlage einer außerschulischen Intervention mit einem Schwerpunkt auf die Bildung für nachhaltige Entwicklung ausgeweitet und der Wissenstest entsprechend ergänzt oder modifiziert werden. Aus der Literatur geht hervor, dass für junge Menschen der Klimaschutz vor allem wichtig ist, um negative Konsequenzen für zukünftige Generationen zu minimieren (Sothmann & Menzel, 2021). Aufgrund der vielseitigen Besonderheiten des Ökosystem Wattenmeer und den zahlreichen auch fächerübergreifenden Anknüpfungspunkten für Umweltbildung bzw. Bildung für nachhaltige Entwicklung erscheint es als vielversprechend, außerschulisches Lernen im Wattenmeer

beispielsweise in dieser Hinsicht vor dem Hintergrund der Wissensvermittlung empirisch zu betrachten.

Neben einer Beforschung der Entwicklung des Umweltwissens mit einer Bezugnahme zum außerschulischen Lernen ist es des Weiteren sinnvoll, das Potenzial dieser Erkundungsform des Wattenmeeres zu erschließen. Wie in der Einleitung dargelegt, kommt der Verbundenheit mit der Natur für das dieser Studie zugrundeliegende Modell von Kaiser, Roczen und Bogner (2008) eine besondere Relevanz zu. Es ist empirisch belegt, dass die mehrmalige Teilnahme an außerschulischen Umweltbildungseinrichtungen einen positiven Einfluss auf dieses Konstrukt hat (Gollmann, 2021). Daher sollte bei weiteren Untersuchungen nicht nur ein Fokus auf das Wissen, sondern auch auf die Naturverbundenheit gelegt werden. Diesbezüglich wurde bereits der Bedarf an weiterer Forschung herausgestellt (Basten, Fränkel & Sellmann-Risse, 2021) und kann mit einer Bezugnahme zum Wattenmeer als Lernort auch vor dem Hintergrund des Umweltwissens aufgegriffen werden.

Darüber hinaus ist für eine vertiefte Diskussion der Ergebnisse dieser Studie nicht nur die Relevanz der Inhalte der Stationsarbeit zu fokussieren, sondern auch diese unterrichtliche Methodik selbst. So wurde, wie in dem zweiten Kapitel unter einer Zunahme von didaktischer Literatur und empirischen Studien begründet, diese methodische Umsetzung explizit ausgewählt. Um die erhaltenen Ergebnisse auch unter diesen Gesichtspunkten beurteilen zu können, könnten weitere Vorhaben das Wattenmeer mit einer anderen Methodik im schulischen Unterricht thematisieren. So ist es möglich, einen Fokus auf den Einfluss der Methodik bei möglichst gleichbleibenden Inhalten zu setzen. Dieser Aspekt sollte daher mit den Ergebnissen in Verbindung gebracht und eine potenzielle methodische Abhängigkeit von der Langfristigkeit der Wissensvermittlung untersucht werden. In der vorliegenden Studie wurde dieser Faktor nur sekundär betrachtet, da letztlich vor allem der inhaltliche Bezug zum Wattenmeer im Zentrum stand.

Ebenso ist es möglich auf diesen Ergebnissen aufbauend den Aufenthalt im Wattenmeer ohne eine Bezugnahme zu außerschulischen oder schulischen Lern- und Lehrprozessen zu betrachten. In der Forschung geht im Allgemeinen die Wichtigkeit von Naturerfahrungen hervor, um zum Beispiel infolge der Erholung einen positiven Einfluss auf die menschliche Gesundheit zu ermöglichen (Hartig & Lindal, 2021). Insofern liegen weitere Anknüpfungspunkte für vertiefende Forschungsvorhaben vor. Dem Schwerpunkt dieser Arbeit entsprechend ist es sinnvoll, informelle Lernprozesse und deren Auswirkungen im Wattenmeer zu untersuchen.

7 Gesamtresümee

Der Anspruch der vorliegenden Arbeit war es, das Umweltwissen von Schüler:innen über das in der Biologiedidaktik bisher kaum betrachtete Ökosystem Wattenmeer mit einem konkreten Bezug zu einer schulischen Intervention zu erschließen. Die aus der Diskussion abgeleitete Sinnhaftigkeit der Beforschung der Wissensvermittlung infolge von Exkursionen in das Wattenmeer kann grundlegend mit dem vorliegenden Wissenstest umgesetzt werden. Darüber hinaus ist wie geschlussfolgert der Einsatz im Rahmen von anderen schulischen Vorhaben, aber auch innerhalb von informellen Lernprozessen mit einem Bezug zu diesem Ökosystem sinnig, um deren Wirkungen mit den Ergebnissen dieser Studie in Verbindung setzen zu können. Allerdings muss an dieser Stelle nochmals ausdrücklich die Relevanz der in der methodischen Diskussion angebrachten Limitierungen hervorgehoben werden, sodass für weitere Vorhaben vor allem die Implementierung einer Kontrollgruppe notwendig ist.

Literatur

- Altman, D. G. (1991). *Practical statistics for medical research* (1. ed.). London: Chapman and Hall.
- Bamberg, S. & Möser, G. (2007). Twenty years after Hines, Hungerford, and Tomera: A new meta-analysis of psycho-social determinants of pro-environmental behaviour. *Journal of Environmental Psychology*, 27(1), 14-25. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2006.12.002>
- Basten, M., Fränkel, S. & Sellmann-Risse, D. (2021). Do boys and girls feel equally in touch with nature? – Gender differences in outdoor experiences and connectedness to nature among primary school children. *Umweltpsychologie*, 25(2), 134-151.
- Borcherding, R. (2013). *Naturführer Wattenmeer* (1. Aufl.). Neumünster, Hamburg: Wachholtz.
- Bühner, M. (2010). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion*. München: Pearson Studium.
- Busch, J. A. & Bostelmann, A. (2019). Das Wattenmeer als gemeinsame Verantwortung verstehen. *Biologie in unserer Zeit*, 49(1), 40–47. <https://doi.org/10.1002/biuz.201910666>
- Bogner, F. X. (1998). The Influence of Short-Term Outdoor Ecology Education on Long-Term Variables of Environmental Perspective. *The Journal of Environmental Education*, 29(4), 17–29. <https://doi.org/10.1080/00958969809599124>
- Bortz, J. & Schuster, C. (2010). Stichprobe und Grundgesamtheit. In J. Bortz & C. Schuster (Hrsg.), *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler* (Springer-Lehrbuch, S. 79–95). Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-12770-0_6
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2. ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Damerau, K. (2012). *Molekulare und Zell-Biologie im Schülerlabor. Fachliche Optimierung und Evaluation der Wirksamkeit im BeLL Bio (Bergisches Lehr-Lern-Labor Biologie)*. <http://elpub.bib.uni-wuppertal.de/edocs/dokumente/fbc/biologie/diss2012/damerau/dc1231.pdf>
- Dierßen, K. (2014). Nationalparks Schleswig-Holsteinisches, Hamburgisches und Niedersächsisches Wattenmeer. In U. Hampicke, R. Böcker & W. Konold (Hrsg.), *Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege* (S. 1–12). Weinheim: Wiley-VCH Verlag. <https://doi.org/10.1002/9783527678471.hbnl2004007>
- Döring, N. & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. Berlin, Heidelberg: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-41089-5>
- European Environment Agency. (2017). *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report* (EEA report, no 2017,1). Luxembourg: Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2800/534806>
- Frick, J., Kaiser, F.G. & Wilson, M. (2004). Environmental knowledge and conservation behavior: exploring prevalence and structure in a representative sample. *Personality and Individual Differences*, 37(8). <https://doi.org/10.1016/j.paid.2004.02.015>
- Girden, E. R. (1992). *ANOVA. Repeated measures*. Newbury Park, Calif.: Sage Publ.
- Glaab, S. & Heyne, T. (2020). Focus wildlife park: Outdoor learning at workstations for primary school children. *Applied Environmental Education & Communication*, 19(2), 141-154. <https://doi.org/10.1080/1533015X.2018.1554461>
- Gollman, D. (2021). Förderung umweltfreundlichen Handelns von Kindern. Erhöhung von Umweltwissen und Naturverbundenheit bei Grundschulkindern – Kurzbericht. *Umweltpsychologie*, 25(2), 120-133.
- Haan, G. de & Kuckartz, U. (1996). *Umweltbewußtsein. Denken und Handeln in Umweltkrisen*. Opladen: Westdt. Verl.
- Hammann, M. & Jördens, J. (2014). Offene Aufgaben codieren. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 169–178). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Hartig, T. & Lindal, P. J. (2021). Die Erholungsperspektive: Verbindung zwischen Naturerleben und Gesundheit. *Umweltpsychologie*, 25(2), 13-37.

- Helbig, K. & Reinisch, B. (2020). Vorstellungsforschung – Hürden, die es zu überwinden gilt! In B. Reinisch, K. Helbig & D. Krüger (Hrsg.), *Biologiedidaktische Vorstellungsforschung: Zukunftsweisende Praxis* (S. 1–8). Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-61342-9_1
- Janczyk, M. & Pfister, R. (2013). Varianzanalyse mit Messwiederholung. In M. Janczyk & R. Pfister (Hrsg.), *Inferenzstatistik verstehen* (S. 137–147). Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-34825-9_10
- Kaiser, F. G. & Fuhrer, U. (2003). Ecological Behavior's Dependency on Different Forms of Knowledge. *Applied Psychology*, 52(4), 598–613. <https://doi.org/10.1111/1464-0597.00153>
- Kaiser, F. G., Roczen, N. & Bogner, F. X. (2008). Competence formation in environmental education: advancing ecology-specific rather than general abilities. *Umweltpsychologie*, 12(2), 56–70. <https://doi.org/10.5167/uzh-9249>
- Kelava, A. & Moosbrugger, H. (2012). Deskriptivstatistische Evaluation von Items (Itemanalyse) und Testwertverteilungen. In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (S. 75–102). Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-20072-4_4
- Kelava, A. & Moosbrugger, H. (2020). Deskriptivstatistische Itemanalyse und Testwertbestimmung. In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (S. 143–158). Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-61532-4_7
- Kollmuss, A. & Agyeman, J. (2002). Mind the Gap: Why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior? *Environmental Education Research*, 8(3), 239–260. <https://doi.org/10.1080/13504620220145401>
- Konferenz der Kultusminister (2020). *Bildungsstandards im Fach Biologie für die Allgemeine Hochschulreife*. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Biologie.pdf
- Kuckartz, U. (1995). Umweltwissen, Umweltbewusstsein, Umweltverhalten. In G. de Haan (Hrsg.), *Umweltbewußtsein und Massenmedien. Perspektiven ökologischer Kommunikation* (Publikationsreihe "Wissenschaft im Deutschen Hygiene-Museum", Bd. 2, S. 71–85). Berlin: Akademie-Verlag.
- Marth, M. & Bogner, F. X. (2017). Does the issue of bionics within a student-centered module generate long-term knowledge? *Studies in Educational Evaluation*, 55, 117–124. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2017.09.001>
- Nationalpark Wattenmeer (2017). *Bildungskonzept der Nationalpark-Einrichtungen*. https://www.cuxhaven.de/_Resources/Persistent/a/c/4/5/ac451889ce34c1170c02ee78f0d63e8cb38db445/Umweltbildungskonzept_der_NLPE___2017.11.08.___.pdf
- Negev, M., Sagy, G., Garb, Y., Salzberg, A. & Tal, A. (2008). Evaluating the Environmental Literacy of Israeli Elementary and High School Students. *The Journal of Environmental Education*, 39(2), 3–20. <https://doi.org/10.3200/JOEE.39.2.3-20>
- Piberger, J., Wiest, E.-M., Münte, P. (2021). Naturdarstellungen in Kinderzeichnungen. Zur Bildungsbedeutsamkeit pädagogisch vermittelter Naturerfahrungen. *Umweltpsychologie*, 25(2), 97-119.
- Randler, C., Baumgärtner, S., Eisele, H. & Kienzle, W. (2007). Learning at Workstations in the Zoo: A Controlled Evaluation of Cognitive and Affective Outcomes. *Visitor Studies*, 10(2), 205-216. <https://doi.org/10.1080/10645570701585343>
- Reise, K. & Williamson, D. (2021). *Das Watt - erlebt, erforscht, erzählt. Wunderwelt zwischen Land und Meer* (1. Auflage). Hamburg: KJM Buchverlag.
- Reise, K., Baptist, M., Burbridge, P., Dankers, N., Flemming, B., Oost, A. P. et al. (2010). The Wadden Sea – A Universally Outstanding Tidal Wetland. *WADDEN SEA ECOSYSTEM*, (29), 7–23.
- Riess, W. (2003). Die Kluft zwischen Umweltwissen und Umwelthandeln als pädagogische Herausforderung - Entwicklung und Erprobung eines Prozessmodells zum „Umwelthandeln in alltäglichen Anforderungssituationen“. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 9, 147–159.
- Röllke, K. (2019). *Was kann ein Schülerlabor leisten? Konzeptionierung des Schülerlabors teutolab-biotechnologie als Lehr-Lern-Labor mit Angeboten zur Breiten- und zur Begabtenförderung von Schülerinnen und Schülern*. <https://doi.org/10.4119/unibi/2935577>

- Rosenberg, M. J. & Hovland, C. J. (1960). Cognitive, Affective and Behavioral Components of Attitudes. In C. J. Hovland & M. J. Rosenberg (Hrsg.), *Attitudes Organization and Change*. New: Yale University Press.
- Schaal, S. & Bogner, F.X. (2010). Human visual perception — learning at workstations. *Journal of Biological Education*, 40(1), 33-37. <https://doi.org/10.1080/00219266.2005.9656006>
- Schahn, J. (1993). Die Kluft zwischen Einstellung und Verhalten beim individuellen Umweltschutz. In J. Schahn & T. Giesinger (Hrsg.), *Psychologie für den Umweltschutz* (S. 29–49). Weinheim: Beltz Psychologie-Verl.-Union.
- Scharfenberg, F.-J. (2005). *Experimenteller Biologieunterricht zu Aspekten der Gentechnik im Lernort Labor: empirische Untersuchung zu Akzeptanz, Wissenserwerb und Interesse*.
- Schmäing, T. & Grotjohann, N. (2021a). Students' Word Associations with Different Terms Related to the Wadden Sea: Does the Place of Residence (Coast or Inland) Have an Influence? *Education Sciences*, 11(6), 284. <https://doi.org/10.3390/educsci11060284>
- Schmäing, T. & Grotjohann, N. (2021c). The Wadden Sea as a National Park and UNESCO World Heritage Site: Students' Word Associations with These Two Conservation Designations. *Sustainability*, 13(14), 8006. <https://doi.org/10.3390/su13148006>
- Schmäing, T. & Grotjohann, N. (2022a). Das UNESCO-Weltnaturerbe Wattenmeer. Eine Stationsarbeit zu diesem einzigartigen Ökosystem für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Die Materialwerkstatt. *Zeitschrift für Konzepte und Arbeitsmaterialien für Lehrer*innenbildung und Unterricht*, 4(1), 1. <https://doi.org/10.11576/dimawe-4995>
- Schmäing, T., & Grotjohann, N. (2022b). The Potential and Limitations of the Wadden Sea in University, School, and Out-Of-School Contexts From the Perspective of Biology Education. *Interdisciplinary Journal of Environmental and Science Education*, 18(4), e2286. <https://doi.org/10.21601/ijese/12072>
- Schmäing, T., Grotjohann, N. (2023). Environmental education in teaching science on the Wadden Sea ecosystem: What are the effects on environmental psychological constructs? *Environmental Education Research*, 29(2), 232–247. <https://doi.org/10.1080/13504622.2022.2102584>
- Schmäing, T., Grotjohann, N. A classroom station work on the Wadden Sea and its influence on the motivation and interest. *European Journal of Psychology of Education* 39, 455–473 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10212-023-00699-0>
- Schmiemann, P. & Lücken, M. (2014). Validität –Misst mein Test, was er soll? In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 107–118). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Schneiderhan-Opel, J. & Bogner, F. X. (2020). The Relation between Knowledge Acquisition and *Environmental Values* within the Scope of a Biodiversity Learning Module. *Sustainability*, 12(5), 2036. <https://doi.org/10.3390/su12052036>
- Schneiderhan-Opel, J. & Bogner, F. X. (2021). The Effect of Environmental Values on German Primary School Students' Knowledge on Water Supply. *Water*, 13(5), 702. <https://doi.org/10.3390/w13050702>
- Schönfelder, M. L. & Bogner, F. X. (2017). Two ways of acquiring environmental knowledge: by encountering living animals at a beehive and by observing bees via digital tools. *International Journal of Science Education*, 39(6), 723–741. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1304670>
- Schrenk, M., Gropengießer, H., Groß, J., Hammann, M., Weitzel, H. & Zabel, J. (2019). Schülervorstellungen im Biologieunterricht. In J. Groß, M. Hammann, P. Schmiemann & J. Zabel (Hrsg.), *Biologiedidaktische Forschung: Erträge für die Praxis* (S. 3–20). Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58443-9_1
- Schultz, W. P. (2002). Inclusion with Nature: The Psychology Of Human-Nature Relations. In P. Schmuck & W. P. Schultz (Hrsg.), *Psychology of Sustainable Development* (S. 61–78). Boston, MA: Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0995-0_4
- Schumm, M. F. & Bogner, F. X. (2016). The impact of science motivation on cognitive achievement within a 3-lesson unit about renewable energies. *Studies in Educational Evaluation*, 50, 14–21. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2016.06.002>
- Sellmann, D. & Bogner, F. X. (2013). Climate change education: quantitatively assessing the impact of a botanical garden as an informal learning environment. *Environmental Education Research*, 19(4), 415–429. <https://doi.org/10.1080/13504622.2012.700696>
- Sothmann, J.-N., Menzel, S. (2021). Does environmental concern relate to young people's well-being? An explorative study with German teenagers. *Umweltpsychologie*, 25(2), 152-168,

- Steinke, I. (2007). Qualitätssicherung in der qualitativen Forschung. In U. Kuckartz, H. Grunenberg & T. Dresing (Hrsg.), *Qualitative Datenanalyse: computergestützt* (S. 176–187). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-90665-2_11
- Stock, M. & Schröder, T. (2020). *Wunderwelt Wattenmeer. Das Weltnaturerbe neu entdeckt* (1. Auflage). Bielefeld: Delius Klasing Verlag.
- Sturm, H. & Bogner, F. X. (2008). Student-oriented versus Teacher-centred: The effect of learning at workstations about birds and bird flight on cognitive achievement and motivation. *International Journal of Science Education*, 30(7), 941–959. <https://doi.org/10.1080/09500690701313995>
- Theyßen, H. (2014). Methodik von Vergleichsstudien zur Wirkung von Unterrichtsmedien. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 67–79). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Umweltbundesamt. (2021). *25 Jahre Umweltbewusstseinsforschung im Umweltressort. Langfristige Entwicklungen und aktuelle Ergebnisse*. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021_hgp_umweltbewusstseinsstudie_bf.pdf
- Wirtz, M. A. & Caspar, F. (2002). *Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität. Methoden zur Bestimmung und Verbesserung der Zuverlässigkeit von Einschätzungen mittels Kategoriensystemen und Ratingskalen*. Göttingen, Bern: Hogrefe Verl. für Psychologie.
- World Economic Forum. (2021). *The Global Risks Report 2021 16th Edition. INSIGHT REPORT*. https://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2021.pdf