

Edukative Escape Spiele als geeignete Methode der Bildung für  
nachhaltige Entwicklung? Konzeption und Auswertung eines  
edukativen Escape Spiels zum Thema „Sand als begehrte  
Ressource“ in Kooperation mit dem Freiwilligen Ökologischen Jahr  
Rheinland-Pfalz (FÖJ-KUR).

Vorgelegt an der  
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg  
Fakultät für Umwelt und Natürliche Ressourcen  
Professur für Wald- und Forstgeschichte  
Erstkorrektur: Prof. Dr. Schmidt  
Zweitkorrektur: Prof. Dr. Baumgärtner  
Zusätzliche Betreuung: Fabia Spörckmann

Von  
Katharina Sontheimer  
Matrikelnummer: 3545535  
M. Sc.: Umweltwissenschaften  
Profilinie: Landnutzung und Naturschutz

25. September 2023

**universität freiburg**



## **Danksagung**

Ich möchte mich an dieser Stelle bei dem Freiwilligen Ökologischen Jahr Rheinland-Pfalz (FÖJ-KUR) für die Kooperation bedanken, welche die vorliegende Masterarbeit ermöglicht hat. Danke für den Erfahrungsaustausch und die praktische Unterstützung während dieser Zeit. Mein besonderer Dank gilt Frau Wedemann und Frau Sundermann.

Weiterhin möchte ich mich bei Frau Spörckmann von der Professur für Wald- und Forstgeschichte für die wissenschaftliche Begleitung der Masterarbeit und die Unterstützung bei dem Vorhaben bedanken.

# **1 Zusammenfassung**

Heutige und zukünftige Generationen sehen sich mit zunehmenden ökologischen, sozialen und ökonomischen Herausforderungen konfrontiert. Eine solche Herausforderung stellt der Umgang mit Sandressourcen dar, welche einerseits durch ihre Funktionen in natürlichen Ökosystemen und andererseits als Entwicklungsmaterial eng mit dem Erreichen von vielen der Nachhaltigkeitszielen (SDGs) der UN verknüpft sind. Steigende Bedarfe und sich erschöpfende Lagerstätten haben in den letzten Jahren dazu geführt, dass regionale Knappheiten an Sandressourcen zunehmen. Um zu verhindern, dass sich diese zu einer globalen Knappheit und Krise ausweiten, ist es wichtig, internationale Strategien des Ressourcenmanagement zu entwickeln und umzusetzen. Gleichzeitig muss die öffentliche Aufmerksamkeit zu dem Thema gefördert und Menschen darin bestärkt werden, Antworten auf die Krisen der Nachhaltigkeit zu finden. Diesbezüglich wird Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE) als zentrales Element verstanden.

Innerhalb der BNE gibt es eine wachsende Sammlung an Methoden, die sich unter anderem der ernsten Spiele bedient und die ein entdeckendes und eigenverantwortliches Lernen ermöglichen sowie fördern sollen. Eine neu aufkommende Methode stellen dabei die edukativen Escape Spiele (EES) dar. Ziel der Masterarbeit ist es, EES auf ihre Eignung als Methode der BNE zu untersuchen und auszuwerten. Dafür wurde in Kooperation mit dem Freiwilligen Ökologischen Jahr des Konsortiums der Umweltverbände Rheinland-Pfalz (FÖJ-KUR) ein EES zum Thema „Sand als begehrte Ressource“ entwickelt und mit den Teilnehmenden des aktuellen Jahrgangs durchgeführt.

Die Ergebnisse der Auswertung zeigen, dass das edukative Escape Spiel für die Zielgruppe eine geeignete Methode der BNE darstellt. Es zeichnet sich dadurch aus, dass es die Nachhaltigkeitskompetenz der Kooperation gezielt fördert und auch an die Selbstkompetenz der Teilnehmenden anknüpft. Darüber hinaus eignen sich die Teilnehmenden im EES neues Wissen an und sind in dem EES motiviert und engagiert dabei. Das erstellte Material wird den Teilnehmenden und Umweltverbänden des FÖJ-KUR nach Abschluss der Masterarbeit zur Verfügung gestellt und von diesen weiterverwendet. Damit kann die Masterarbeit an den im Nationalen Aktionsplan beschriebenen Bedarf an BNE geeigneten Lehr- und Lernmaterialien anknüpfen.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Zusammenfassung</b>	<b>ii</b>
<b>2 Einleitung</b>	<b>1</b>
2.1 Anliegen Masterarbeit . . . . .	4
2.2 Methodik der Literaturrecherche . . . . .	5
<b>3 Sandressourcen</b>	<b>5</b>
3.1 Fördermengen - Verbrauch - Bedarf . . . . .	8
3.2 Der Wert von Sand . . . . .	9
3.3 Prognostizierte Knappheiten . . . . .	14
3.4 Sandressourcen und die Nachhaltigkeitsziele der Agenda 2030 . . . . .	14
<b>4 Bildung für nachhaltige Entwicklung</b>	<b>18</b>
4.1 Nachhaltigkeitskompetenzen . . . . .	18
4.2 Pädagogik der BNE . . . . .	20
4.3 Methoden der BNE . . . . .	22
<b>5 Ernste Spiele</b>	<b>23</b>
5.1 Edukative Escape Spiele . . . . .	24
5.2 Forschungsstand Edukative Escape Spiele . . . . .	25
<b>6 Forschungsdesign</b>	<b>26</b>
6.1 STAR-Modell nach BOTTURI und BABAZADEH (2020) . . . . .	27
6.1.1 Kontextelemente . . . . .	27
6.1.2 Spielelemente . . . . .	28
6.2 Konzeption des Fragebogens . . . . .	30
6.3 Statistische Auswertung der Ergebnisse . . . . .	31
<b>7 Ergebnisse</b>	<b>31</b>
7.1 Anwendung des STAR-Modells . . . . .	32
7.2 Konzeption des Fragebogens . . . . .	39
7.2.1 Prä-Erhebung . . . . .	40
7.2.2 Post-Erhebung . . . . .	41
7.3 Ergebnisse der Erhebung . . . . .	43
<b>8 Diskussion</b>	<b>50</b>
8.1 Diskussion der Methoden . . . . .	50
8.2 Diskussion der Ergebnisse . . . . .	56
8.3 Beantwortung der Forschungsfrage . . . . .	63

8.4 Implikationen für die Praxis . . . . .	64
<b>9 Fazit und Ausblick</b>	<b>65</b>
<b>10 Literaturverzeichnis</b>	<b>70</b>
<b>11 Sonstige Verzeichnisse und Glossar</b>	<b>I</b>
11.1 Abkürzungsverzeichnis . . . . .	I
11.2 Abbildungsverzeichnis . . . . .	II
11.3 Tabellenverzeichnis . . . . .	II
<b>12 Anhang A</b>	<b>III</b>
<b>13 Anhang B</b>	<b>XIV</b>
<b>14 Anhang C [CD]</b>	<b>XXVI</b>
<b>15 Eidesstattliche Erklärung</b>	<b>XXVII</b>

## 2 Einleitung

Im Kontext von globalen Herausforderungen, wie zum Beispiel der Klimakrise oder zunehmenden sozialen Ungerechtigkeiten, müssen die heutigen und zukünftigen Generationen lernen, diesen Herausforderungen nachhaltig zu begegnen (RIECKMANN, 2018). Bildung wird dabei als eine Grundvoraussetzung angesehen, um eine nachhaltige Entwicklung zu erreichen (BARTH, 2021). Diese nachhaltige Entwicklung kann als eine Entwicklung verstanden werden, die es den gegenwärtigen Generationen erlaubt ihre Bedürfnisse zu befriedigen, ohne die Fähigkeit künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen (BRUNDLANDT, 1987). In den letzten 20 Jahren hat diesbezüglich das Konzept Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) an Bedeutung und Aufmerksamkeit gewonnen (PESCH et al., 2020; RIECKMANN, 2021; WALTNER et al., 2019). Ziel der BNE ist es, eine nachhaltige Welt zu erreichen, indem Mitglieder der Gesellschaft dazu befähigt werden, aktiv an der Gestaltung einer nachhaltigen Zukunft teilzunehmen (RIECKMANN, 2018). Von den Vereinten Nationen wird BNE dabei als Schlüssel zum Erreichen der 17 Nachhaltigkeitsziele (englisch „Sustainable Development Goals“ - SDGs) angesehen (UNESCO, 2020). Tabelle 1 auf Seite 2 zeigt eine Übersicht dieser Nachhaltigkeitsziele. Sie zielen darauf ab, soziale Ungerechtigkeiten zu bekämpfen, Wohlstand zu fördern, ohne dabei natürliche Lebensgrundlagen zu gefährden und somit ein gutes Leben für alle Menschen zu ermöglichen (VEREINTE NATIONEN, 2015).

Das Konzept der BNE ist in „Ziel 4. Inklusive, gleichberechtigte und hochwertige Bildung gewährleisten und Möglichkeiten lebenslangen Lernens für alle fördern“ als geeignetes Instrument verankert (VEREINTE NATIONEN, 2015, S. 18).

„SDG 4.7: Bis 2030 sicherstellen, dass alle Lernenden die notwendigen Kenntnisse und Qualifikationen zur Förderung nachhaltiger Entwicklung erwerben, unter anderem durch Bildung für nachhaltige Entwicklung und nachhaltige Lebensweisen, Menschenrechte, Geschlechtergleichstellung, eine Kultur des Friedens und der Gewaltlosigkeit, Weltbürgerschaft und die Wertschätzung kultureller Vielfalt und des Beitrags der Kultur zu nachhaltiger Entwicklung.“ (VEREINTE NATIONEN, 2015, S. 18)

Verabschiedet von der Generalversammlung der UN mit der Resolution „70/1. Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung“ (kurz Agenda 2030), sollen diese Nachhaltigkeitsziele bis 2030 erreicht werden und dazu beitragen, eine nachhaltige, friedliche und gerechte Welt zu schaffen (VEREINTE NATIONEN, 2015). Durch BNE sollen die Nachhaltigkeitsziele einem großen Publikum zugänglich gemacht werden, so dass die Mitglieder einer Gesellschaft diese Ziele in einem lokalen und globalen Kontext verstehen, kritisch hinterfragen und priorisieren können. Zusätzlich sollen durch BNE Aktionen initiiert werden, die zum Erreichen der SDGs beitragen (VEREINTE NATIONEN, 2015).

Damit BNE wirksam werden kann, muss sie konsequent in alle Bildungskontexte integriert werden. Um dies zu erreichen, haben die internationale Staatengemeinschaft

Tabelle 1: Die 17 Nachhaltigkeitsziele der UN. Entnommen aus VEREINTE NATIONEN (2015), Seite 15.

Ziele der Nachhaltigkeit	
1.	Armut in allen ihren Formen und überall beenden.
2.	Den Hunger beenden, Ernährungssicherheit und eine bessere Ernährung erreichen und eine nachhaltige Landwirtschaft fördern.
3.	Ein gesundes Leben für alle Menschen jeden Alters gewährleisten und ihr Wohlergehen fördern.
4.	Inklusive, gleichberechtigte und hochwertige Bildung gewährleisten und Möglichkeiten lebenslangen Lernens für alle fördern.
5.	Geschlechtergleichstellung erreichen und alle Frauen und Mädchen zur Selbstbestimmung befähigen.
6.	Verfügbarkeit und nachhaltige Bewirtschaftung von Wasser und Sanitärversorgung für alle gewährleisten.
7.	Zugang zu bezahlbarer, verlässlicher, nachhaltiger und moderner Energie für alle sichern.
8.	Dauerhaftes, inklusives und nachhaltiges Wirtschaftswachstum, produktive Vollbeschäftigung und menschenwürdige Arbeit für alle fördern.
9.	Eine widerstandsfähige Infrastruktur aufbauen, inklusive und nachhaltige Industrialisierung fördern und Innovationen unterstützen.
10.	Ungleichheit in und zwischen Ländern verringern.
11.	Städte und Siedlungen inklusiv, sicher, widerstandsfähig und nachhaltig gestalten.
12.	Nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster sicherstellen.
13.	Umgehend Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkungen ergreifen.
14.	Ozeane, Meere und Meeresressourcen im Sinne nachhaltiger Entwicklung erhalten und nachhaltig nutzen.
15.	Landökosysteme schützen, wiederherstellen und ihre nachhaltige Nutzung fördern, Wälder nachhaltig bewirtschaften, Wüstenbildung bekämpfen, Bodendegradation beenden und umkehren und dem Verlust der biologischen Vielfalt ein Ende setzen.
16.	Friedliche und inklusive Gesellschaften für eine nachhaltige Entwicklung fördern, allen Menschen Zugang zur Justiz ermöglichen und leistungsfähige, rechenschaftspflichtige und inklusive Institutionen auf allen Ebenen aufbauen.
17.	Umsetzungsmittel stärken und die globale Partnerschaft für nachhaltige Entwicklung mit neuem Leben erfüllen.

UN und die Organisation UNESCO in der Vergangenheit ihre Anstrengungen intensiviert, BNE weltweit auf die politische Agenda zu setzen und strukturell in den Bildungswesen der Mitgliedstaaten zu verankern. Die Abbildung 1 auf Seite 3 stellt eine Auswahl an entsprechenden Programmen dar. Derzeit läuft das Programm „Bildung für nachhaltige Entwicklung: die globalen Nachhaltigkeitsziele verwirklichen (BNE 2030)“ der UNESCO, welches die Agenda 2030 komplettiert.

Konkrete Angaben und Empfehlungen zur ganzheitlichen Umsetzung von BNE-Maßnahmen im Bildungswesen gibt die Roadmap der UNESCO (UNESCO, 2020). Diese soll

die Regierungen der UN-Staaten in der Umsetzung und strukturellen Verankerung von BNE in Bildungskontexten stärken sowie Anstrengungen diesbezüglich forcieren. Für die Umsetzung der Empfehlungen sind die Mitgliederstaaten zuständig. Auch wenn bezüglich dieser Integration in den letzten Jahren Fortschritte erzielt werden konnten, ist auch heute der Stand der strukturellen Verankerung von BNE im Bildungswesen auf globaler sowie der deutschen Ebene noch unzureichend vorangeschritten (HELLBERG-RODE & SCHRÜFER, 2016; HOLST et al., 2020; RIESS & MISCHO, 2008; SIEGMUND, 2022). Besonders die Ausbildung von zukünftigen Lehrkräften betreffend, ist BNE in Deutschland noch nicht als fester Teil verankert (HOLST et al., 2020). Dies wird allerdings als Voraussetzung betrachtet, damit Lehrende in ihrem Unterricht von BNE Gebrauch machen und ihre Schüler\*innen zu handlungsfähigen, aktiven Teilnehmer\*innen der Gesellschaft befähigen können (UNESCO, 2020).

Der Nationale Aktionsplan, welcher die strukturelle Verankerung von BNE in deutschen Bildungskontexten regelt, identifiziert der vorgehend genannten Problematik entsprechend einen Bedarf an „Good-Practice“-Beispielen von „Lehr- und Lernmaterialien“ (NATIONALE PLATTFORM BNE, 2017, S. 36). Diese sollen als Implentierungshilfen dienen und dazu beitragen, die strukturelle Verankerung von BNE im Bildungswesen voranzutreiben (NATIONALE PLATTFORM BNE, 2017). Bei der Konzeption und Anwendung solcher Materialien wird unter anderem auf die unterstützende Rolle von Umweltverbänden verwiesen. Diese praktizieren im Rahmen ihrer Kinder- und Jugendarbeit BNE und verfügen diesbezüglich teilweise über jahrelange Erfahrung (NATIONALE PLATTFORM BNE, 2017).

Bildung für Nachhaltige Entwicklung arbeitet mit unterschiedlichen Methoden, die darauf abzielen, Teilnehmende aktiv und selbstbestimmt am Lernen zu beteiligen (BALSIGER et al., 2017; UNESCO, 2020). Dabei wird unter anderem auf Methoden aus dem Bereich der „ernsten Spiele“ zurückgegriffen, in denen Teilnehmende sich mit Inhalten der Nachhaltigkeit auseinandersetzen (RIECKMANN, 2021). Ein neues Format der ernsten Spiele sind

#### Nachhaltigkeit und BNE in Programmen von UN und UNESCO

- UN „Agenda 21“ (1992)
- UN „Dekade Bildung für nachhaltige Entwicklung“ (2005 - 2014)
- UNSECO „Weltaktionsprogramm Bildung für nachhaltige Entwicklung“ (2015-2019)
- UN „Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung“ (SDGs) (2015-2030)
- UNESCO „BNE 2030“ (2020-230)

(UNESCO, 2020)

Abbildung 1: Nachhaltigkeit und BNE in Programmen von UN und UNESCO. Eine Auswahl der Resolutionen und Programme, die der Stärkung von Nachhaltigkeit in Politik und BNE im Bildungswesen der Mitgliederstaaten dienen.



„edukative Escape Spiele“ (EES), bei denen Teilnehmende durch das Lösen von Rätseln innerhalb eines vorgegebenen Zeitrahmens gemeinsam versuchen, ein übergeordnetes Ziel zu erreichen (VELDKAMP, DAEMEN et al., 2020). Dies beinhaltet meist, einer fiktiven Gefahr zu entkommen (englisch „escape“). Diese Methode kommt zunehmend in schulischen und universitären Kontexten zum Einsatz und auch das bildungswissenschaftliche Interesse an der Methode wächst (OUARIACHI & WIM, 2020). Da edukative Escape Spiele ein recht neues Phänomen innerhalb des Forschungsfeldes der ernsten Spiele darstellen, steht auch die Wissenschaft bezüglich ihrer Eignung als Methode zur Wissensvermittlung und ihrer Einsatzfelder noch am Anfang. So wurde zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Masterarbeit keine Studie gefunden, die sich konkret mit der Eignung von Escape Spielen als Methode der BNE beschäftigt.

## **2.1 Anliegen Masterarbeit**

Mit der Masterarbeit soll an den im Nationalen Aktionsplan formulierten Bedarf von „Good-Practice“-Beispielen von Lern- und Lehrmaterialien angeknüpft werden. Ziel ist es, in Kooperation mit dem Freiwilligen Ökologischen Jahr Rheinland-Pfalz, ein edukatives Escape Spiel zum Thema „Sand als begehrte Ressource“ zu konzipieren und entsprechendes Lehr- und Lernmaterial zu erstellen. Das Freiwillige Ökologische Jahr wird vom Konsortium der Umweltverbände Rheinland-Pfalz (FÖJ-KUR) angeboten. Dieses setzt sich aus den rheinland-pfälzischen Landesverbänden des „Bund für Umwelt und Naturschutz e.V.“ (BUND), des „Naturschutzbund Deutschland e.V.“ (NABU) sowie der „Gesellschaft für Naturschutz und Ornithologie Rheinland-Pfalz e.V.“ (GNOR) zusammen. Es stellt einen Ort des nicht-formalen Lernens dar, an dem BNE bereits praktiziert wird und das sich an junge Erwachsene im Alter von 16 bis 26 Jahren richtet.

Bei der Masterarbeit steht die Frage im Vordergrund, ob edukative Escape Spiele (EES) eine geeignete Methode für die BNE darstellen. Dafür wird sich dem Thema auf verschiedene Weisen genähert: (i) durch existierende wissenschaftliche Theorie, (ii) durch angewandte Spielkonzeption sowie (iii) durch die Auswertung des entwickelten Spielkonzepts über eine Befragung von Teilnehmenden der Intervention.

Der Konzeption und Auswertung wird eine Literaturrecherche vorangestellt. Als erster Punkt der Literaturrecherche wird unter Punkt 3 der Masterarbeit das Thema „Sand als begehrte Ressource“ aufbereitet, welches den inhaltlichen Schwerpunkt des entwickelten EES darstellt. Darauf folgend werden in Teil 4 die Ziele und das pädagogische Verständnis der BNE herausgearbeitet. Abschließend werden in Teil 5 edukative Escape Spiele als eine Art der ernsten Spiele vorgestellt. Auf den Ergebnissen der Literaturliteraturarbeit basierend wird das Forschungsdesign in Punkt 6 spezifiziert.

## **2.2 Methodik der Literaturrecherche**

Für die interdisziplinäre Literaturrecherche wird auf verschiedene akademische Magazine zurückgegriffen, die den Naturwissenschaften und den Sozialwissenschaften zugeordnet werden können. Ein spezieller Fokus liegt auf Publikationen der Ressourcenforschung und den Bildungswissenschaften. Informationen werden vorrangig von akademischen Online-Verlagen entnommen, unter anderem vom Elsevier, Wiley, ScienceDirekt und Springer sowie den Online-Plattformen Google Scholar und dem Katalog Plus der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. In einigen Fällen wurden Autor\*innen direkt kontaktiert, um Zugang zu den Artikeln zu erlangen. Gearbeitet wird hauptsächlich mit englischsprachigen Veröffentlichungen, jedoch wird die Suche um deutschsprachige Ergebnisse erweitert, besonders bei dem Themenschwerpunkt der BNE. Verwendet werden Artikel, die von Fachleuten geprüft wurden sowie universitäre Publikationen, Expert\*innen-Interviews, Veröffentlichungen von Konferenzen und Publikationen der Vereinten Nationen und der UNESCO, wie beispielsweise Strategiepapiere oder Resolutionen. Die Publikationen, welche für den Teil der Sandressourcen ausgewertet werden, stammen hauptsächlich aus dem Zeitraum von 2014 bis heute, da in dem Jahr 2014 das wissenschaftliche Interesse zu dem Thema und somit auch die Anzahl der Veröffentlichungen zu dem Thema gestiegen ist. Für die Literaturrecherche für Bildung für nachhaltige Entwicklung und edukative Escape Spiele wird vorrangig mit Literatur aus dem Zeitraum von 2017 bis heute gearbeitet, um die aktuelle Entwicklung der wissenschaftlichen Debatte in diesem Feld abbilden zu können und die Literatúrauswahl einzuschränken.

## **3 Sandressourcen**

Mit dem 2014 von PEDUZZI veröffentlichten Artikel zu „Sand, rarer als man denkt“ ist die Ressource und ihre Endlichkeit im wissenschaftlichen Diskurs angekommen. Hingegen erfährt das Thema gesellschaftlich keine weitreichende Aufmerksamkeit. Dabei ist die Ressource unter den festen Stoffen der meistgeförderte und -gehandelte Rohstoff weltweit (UNEP, 2019). In der internationalen Berichterstattung wird der Begriff Sand nicht einheitlich genutzt und schließt meist Kiese und teilweise auch gebrochenen Stein ein. Soweit dies möglich ist, liegt der Fokus dieser Literaturrecherche auf natürlichen Sanden und Kiesen. Gebrochener Stein wird dabei weitestgehend ausgeklammert, da die Herstellung von Sand aus Naturstein mit anderen Herausforderungen verbunden ist, als der Abbau der Ressource aus den verschiedenen natürlichen Lagerstätten. Es existieren weltweit verschiedene Definitionen von Sanden und Kiesen, variierend nach Ländern und Verwendungsbereichen. Für die Masterarbeit wird die neue Definition des Umweltprogramms der UN (UNEP) verwendet, wie sie in Tabelle 2 auf Seite 6 dargestellt wird. Im Folgenden werden natürliche Sande und Kiese zusammengefasst als Sandressourcen.

Tabelle 2: Definitionen von Sand und Kies. In beiden Fällen empfehlen die Autor\*innen des UNEP (UNEP/GRID-GENEVA, 2022), weitere sekundäre Kenngrößen zur genauen Beschreibung von Sanden und Kiesen zu nutzen.

Begriff	Definition
Sand	Sand ist ein granulares mineralisches Material, das im nassen Zustand bei Umformung nicht haftend ist. Bezogen auf das aufgerechnete Gewicht bestehen 50 Prozent des Materials aus Partikeln, die kleiner sind als 4,75 mm und weniger als 15 Prozent des Materials aus Bestandteilen kleiner als 75 µm (UNEP/GRID-GENEVA, 2022, Seite 5).
Kies	Kies ist ein granulares mineralisches Material, das im nassen Zustand bei Umformung nicht haftend ist. Bezogen auf das aufgerechnete Gewicht bestehen 50 Prozent des Materials aus Partikeln, die größer sind als 4,75 mm aber kleiner als 75 mm und weniger als 15 Prozent des Materials aus Bestandteilen kleiner als 75 µm (UNEP/GRID-GENEVA, 2022, Seite 8).

cen bezeichnet.

Sandressourcen sind vielfältig in ihrer mineralischen Zusammensetzung, da diese von ihrem Ausgangsgestein abhängig ist und wie ein eigener Fingerabdruck verstanden werden kann (BENDIXEN et al., 2021). Durch diese vielseitige mineralische Zusammensetzung ist auch ihre Nutzung vielfältig. Es lassen sich jedoch zwei übergeordnete Nutzungs- und Handelsgruppen unterscheiden: Bausande und -kiese sowie Quarzsande und -kiese. Der weltweit größte Bedarf steckt in der ersten Kategorie, da Sande und Kiese als Zuschlag für Beton und Asphalt oder zur Landaufschüttung genutzt werden und somit die größere Handelsgruppe darstellen (MAGLIOCCA et al., 2021; PEDUZZI, 2014; ROHSTOFFBERICHT, 2022). Quarzsande und -kiese werden zur Glasherstellung und in der verarbeitenden Industrie genutzt. Tabelle 3 auf Seite 7 gibt eine Übersicht zu den verschiedenen Nutzungsarten der beiden Kategorien.

Sandressourcen werden aus unterschiedlichen Lagerstätten gewonnen, wobei offene, trockene Sandablagerungen an Land wie Auen, flussnahe Terrassen, ehemalige Flussbetten oder Gletschersedimente besonders leicht zugänglich sind (TORRES et al., 2021). Diese Lagerstätten werden als inaktiv charakterisiert, da die Sedimentierungsprozesse, durch die sie entstanden sind, bereits abgeschlossen sind (UNEP, 2022). Aber auch aktive Vorkommen werden genutzt. In diesem Fall erfolgt der Abbau von Flussbetten, -rändern und aus Seen (TORRES et al., 2021). Alternativ können Küstenstaaten auch Meeressand von Stränden oder dem Meeresboden abbauen. Marine Sandressourcen werden hauptsächlich zur Landrückgewinnung und Landgewinnung, weniger jedoch für die Betonherstellung genutzt. Denn das den Sand umgebene Salz aus dem Meerwasser führt zu Strukturschäden im Beton, weswegen marine Sandressourcen erst gewaschen werden müssen, was bei den großen Mengen aufwendig ist (TORRES et al., 2021). Erhöht sich der Nutzungsdruck auf die natürlichen Vorkommen, wird auf andere Möglichkeiten des Abbaus ausgewichen. Dieser Druck entsteht beispielsweise durch zunehmende Nachfrage, konkur-

Tabelle 3: Nutzung von Sandressourcen entsprechend ihrer Handelskategorien Bausande und -kiese oder Quarzsande und -kiese. Angaben aus ROHSTOFFBERICHT (2022), TORRES et al. (2021) und UNEP (2022)

Bausande und -kiese	Quarzsande und -kiese
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zuschlag für Beton, Mörtel, Estrich, Asphalt</li> <li>• Frostschutzmaterial</li> <li>• Füllsande im Straßen- und Wegebau sowie Garten- und Landschaftsbau</li> <li>• Aufschüttungsmaterial für Landrückgewinnung oder Landerweiterung an Küsten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baustoffproduktion</li> <li>• Wasseraufbereitung</li> <li>• Glasherstellung</li> <li>• Kunststoffproduktion (Glasfaserverstärkung, bsp. Rotorblätter von Windkraftanlagen)</li> <li>• Solaranlagen</li> </ul>

rierenden Abbau, erschöpfte Ressourcen, Landnutzungskonflikte oder Naturschutzmaßnahmen (ROHSTOFFBERICHT, 2022). In diesem Fall wird bei Verfügbarkeit auf die künstliche Herstellung von Sand aus festem Gestein zurückgegriffen (Sandstein, Kalkstein) oder als Recyclingmaterial aus altem Beton und Mauerwerk (TORRES et al., 2021). Wüstensand hingegen kann größtenteils nicht für den Bausektor genutzt werden, da die Größenverteilung der Körner zu einheitlich ist und diese zu rund geschliffen sind, um dem Beton ausreichende Stabilität zu verleihen (NEUMANN & CURBACH, 2018).

Obwohl natürliche Sande und Kiese durch den Sedimenttransport von Flüssen aus den Bergen in die Meere gespült werden, gelten Sandressourcen als nicht erneuerbar, denn in der Lebensspanne eines Menschen wird kein vollständiger geologischer Gesteinszyklus durchlaufen. Zusätzlich werden Sandressourcen aus Sedimentablagerungen von Gletschern oder alten Flussbetten gewonnen. Diese haben keine Erneuerung während der Lebenszeit eines Menschen (TORRES et al., 2021). Der Sedimenttransport von Flüssen aus den Bergen bestimmt über die Erneuerungsrate der Lagerstätten von Sandressourcen. Diese ist anfällig für menschliche Einflüsse und wird als rückläufig angegeben. MILLIMAN und SYVITSKI (1992) schätzen den globalen Sedimenttransport von Flüssen in die Meere in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts auf 20 Milliarden Tonnen jährlich. Durch den zunehmenden Bau von Staudämmen zur Wasserversorgung und Stromerzeugung, werden diese Sedimente auf dem Weg ins Meer in den Staubecken gefangen (PEDUZZI, 2014). Dadurch wird der Sedimenttransport und die Sedimentmenge, die das Meer erreicht und dort akkumuliert, entsprechend reduziert. So zeigen die Ergebnisse der Autor\*innen YANG et al. (2018), dass der jährlich gemessene Sedimenttransport des Jangtsekiang sich durch den Bau verschiedener Staudämme um 77-99 % verringert hat. Während die Lagerstätten von Sandressourcen endlich sind und Nachschub von Sedimenten auf dem Weg ins Meer aufgehalten wird, steigt weltweit der Verbrauch.

### **3.1 Fördermengen - Verbrauch - Bedarf**

Weltweit steigt der Verbrauch von Sanden und Kiesen an. Schätzungen gehen davon aus, dass sich die Fördermenge von Sandressourcen (inklusive Sand aus gebrochenem Stein) in den letzten 25 Jahren auf 50 Milliarden Tonnen jährlich verdoppelt hat (UNEP, 2022). Dies übersteigt die angegebene Erneuerungsrate von MILLIMAN und SYVITSKI (1992) um mehr als das Doppelte. Genaue Verbrauchsmengen lassen sich jedoch nicht erfassen, da es kein einheitliches Meldesystem für die Fördermenge von Sand gibt (PEDUZZI, 2014). Die Angaben zur Entwicklung der Sandfördermenge weltweit sind daher als Annäherungen zu verstehen. Sie speisen sich einerseits indirekt über die verfügbaren Daten aus der Zementherstellung: Der Großteil der geförderten natürlichen Sande und Kiese wird für die Baubranche verwendet, spezifisch für die Betonherstellung, für die auch Zement benötigt wird. Da die Zementbranche eine hohe CO<sub>2</sub>-Bilanz hat, wird diese weltweit dokumentiert (PEDUZZI, 2014). Über die produzierte Zementmenge lässt sich die im Verhältnis benötigte Sandmenge für Beton berechnen. Für eine Tonne Zement benötigt man sechs bis zehn Tonnen Sand und Kies (UNEP, 2019). 2022 lag die weltweite Zementproduktion bei geschätzten 4,1 Milliarden Tonnen weltweit, wovon China mit 2,1 Milliarden Tonnen mehr als die Hälfte produziert (US GEOLOGICAL SURVEY, 2023). Andererseits werden diesen Zahlen Berechnungen und Schätzungen zu Sandverbrauch für Landaufschüttungen zum Schutz vor Erosion und zur Landneugewinnung sowie für Straßenbau und der Industrie hinzugefügt (PEDUZZI, 2014). Die weltweiten Fördermengen sind mit zusätzlichen Unsicherheiten verbunden. So gibt es deutliche Unstimmigkeiten zwischen den erfassten Daten von Sandimporten und -exporten vieler Länder, wodurch von einem nicht erfassbaren Anteil von illegalem Sandabbau und -handel auszugehen ist (LAMB et al., 2019). Zusätzlich wird Sandabbau in vielen Teilen der Welt im informellen Sektor betrieben und dadurch nicht erfasst (UNEP, 2019). Trotz dieser Unsicherheiten zur weltweiten Fördermenge ist absehbar, dass der Bedarf an Sandressourcen zukünftig noch steigen wird.

Die Gründe für die steigende Nachfrage sind vielseitig, gehen aber hauptsächlich mit dem Bevölkerungswachstum und der fortschreitenden Urbanisierung weltweit einher, für welche Sand als Hauptbestandteil von Beton als Baumaterial essenziell ist (JOHN, 2021). So stecken in einem Einfamilienhaus bis zu 400 Tonnen Sand, in einem Kilometer Autobahnbelag sind es 30.000 Tonnen (BLEISCHWITZ & BAHN-WALKOWIAK, 2007). Hinzu kommt der Ausbau und die Erneuerung von Infrastruktur (TORRES et al., 2021). Aber auch im Zuge des voranschreitenden Klimawandels wird zunehmend Sand zum Flut- und Erosionsschutz an Küsten benötigt sowie für den Wiederaufbau beschädigter Gebäude in Küstennähe (TORRES et al., 2021). Zusätzlich betreiben manche Staaten Anstrengungen, um durch Sandaufschüttungen an Küsten ihr territoriales Gebiet durch Landneugewinnung zu erweitern. Dies ist eindrucksvoll am Beispiel von Singapur zu sehen, dessen Landfläche durch Sandaufschüttungen seit 1965 um mehr als 20 % künstlich gewachsen ist (LAMB

et al., 2019).

Durch das hohe Gewicht von Sand ( $1,8 \text{ t/m}^3$ ) und die großen Mengen, die davon in der Bauindustrie benötigt werden, ist der Transport von Sand wirtschaftlich mit hohen Zusatzkosten verbunden, weswegen in der Regel mit lokalen Ressourcen gearbeitet wird (ROHSTOFFBERICHT, 2022). Durch steigende Bedarfe werden jedoch zunehmend längere Transportwege in Kauf genommen (ROHSTOFFBERICHT, 2022). So bezieht beispielsweise Kalifornien Sand aus Kanada (TORRES et al., 2021); Singapur aus Australien, Kambodscha, Indonesien und Myanmar (LAMB et al., 2019); Nordeuropa aus Norwegen und Schottland (TORRES et al., 2021), Dubai und Saudi Arabien aus Australien (UNEP, 2019). Die steigenden Bedarfe und der zunehmende Abbau von Sand gehen mit steigenden ökologischen und sozialen Konsequenzen an den Abbauorten einher. Auf diese wird im Folgenden eingegangen.

### **3.2 Der Wert von Sand**

Der ökologische Wert von natürlichen, sandbasierten Ökosystemen ist groß, da Sand auf vielfältige Weisen Ökosystemdienstleistungen erbringt. Ökosystemdienstleistungen bezeichnen Vorteile, die Menschen aus Ökosystemen ziehen. Diese wurden von dem Millennial Assessment Programm am Anfang dieses Jahrtausends beschrieben und in vier Kategorien eingeteilt: bereitstellende, regulierende, kulturelle und unterstützende Ökosystemdienstleistungen (LEEMANS & DE GROOT, 2003).

Sie sind in Tabelle 4 auf Seite 10 detailliert abgebildet. Hieraus ergibt sich, dass Sand maßgeblich zum Erosions- und Flutschutz von Meeresküsten und Flüssen beiträgt, Lebensraum für Fische und diverse Wasserorganismen und -pflanzen bietet und somit die Nahrungsgrundlage von Menschen weltweit sichert. An Land trägt er zusätzlich zur Wasserfilterung bei und ist ein wichtiger Grundwasserspeicher. Für Küstenstaaten sind Sandstrände außerdem in Bezug auf Naherholung und Tourismus ein wichtiger kultureller und wirtschaftlicher Faktor. Aufgrund dieser vielfältigen Ökosystemdienstleistungen von hydrologisch aktiven Ökosystemen wird der Abbau aus terrestrischen, trockenen Lagerstätten oftmals präferiert, wie beispielsweise aus glazialen Sedimenten oder ehemaligen Flussbetten. Auch wenn diese keine Erneuerung durch Sandeintrag erfahren, sind die Umweltfolgen des Abbaus dort in der Regel weniger komplex und somit leichter einzuschätzen, beziehungsweise zu mitigieren (UNEP, 2022).

Wenn Sandabbau jedoch unreguliert und ohne Umweltverträglichkeitsprüfung stattfindet, können Bereitstellung, Schutz und regulierende Wirkung von Ökosystemdienstleistungen eingeschränkt werden (PEDUZZI, 2014). Darüber hinaus kann Sandabbau und der Handel damit auch Konsequenzen außerhalb des vom Abbau betroffenen Ökosystems haben. So werden Sandressourcen wegen ihrer großen Abbaumenge vor dem Transport nicht behandelt, um Pilze, Bakterien, Larven oder Eier daraus zu entfernen (TORRES et

Tabelle 4: Ökosystemdienstleistungen natürlicher sandgeprägter Ökosysteme. Zuordnung der Kategorien nach LEEMANS und DE GROOT (2003).

Ökosystem	Dienstleistung	Beschreibung	Autor*innen
Küsten	Bereitstellende Dienstleistungen	Flaches Wasser in Küstenregion als Fischstube zur Nahrungssicherung, Sedimente für Baugewerbe und Industrie	(TORRES et al., 2021)
	Regulierende Dienstleistungen	Strände und Dünen bieten Erosionsschutz, Flutschutz, Schutz vor eindringendem Salzwasser in Inlandwasserkörper	(TORRES et al., 2021; UNEP, 2022)
	Kulturelle Dienstleistungen	Tourismus, Erholung	(PEDUZZI, 2014)
	Unterstützende Dienstleistungen	Bodenformation, Nährstoffkreislauf	(UNEP, 2022)
Meeresboden	Bereitstellende Dienstleistungen	Sedimente für Baugewerbe und Industrie	(TORRES et al., 2021)
	Regulierende Dienstleistungen	Pflanzen auf Meeresboden als Kohlenstoffsенке	(UNEP, 2022)
	Unterstützende Dienstleistungen	Habitat für Mikroorganismen und Cyanobakterien, als Grundlage von Nahrungsketten im Meer	(UNEP, 2022)
Flüsse und Deltas	Bereitstellende Dienstleistungen	Sedimente als Fischstube, hohe Biodiversität, Nahrungssicherung, Lebensraum für Menschen, Sedimente für Baugewerbe und Industrie	(UNEP, 2022)
	Regulierende Dienstleistungen	Schutz vor Erosion	(LAMB et al., 2019)
	Kulturelle Dienstleistungen	Tourismus, Erholung	(PEDUZZI, 2014)
	Unterstützende Dienstleistungen	Nährstoffversorgung anliegender Ökosysteme, Landformation durch Sandablagerungen	(UNEP, 2022)
Terrestrische Sandvorkommen	Bereitstellende Dienstleistungen	Sedimente für Baugewerbe und Industrie	(ROHSTOFFBERICHT, 2022)
	Regulierende Dienstleistungen	Wasserfilter, Grundwasserspeicher	(MAHADEVAN, 2019)

al., 2021). Dadurch können sich invasive Arten, genauso wie Pathogene, unkontrolliert an Orten außerhalb des Abbaugebiets ausbreiten (BENDIXEN et al., 2021). Zusätzlich können sich aus den eingeschränkten Ökosystemdienstleistungen soziale Konsequenzen an den Abbauorten ergeben. Durch die zunehmend steigenden Transportwege werden ökologische sowie soziale Probleme durch Sandressourcenabbau aus den Importländern in die Exportländer verlagert, während sie im Verbraucherland unsichtbar bleiben. Abbil-

dung 2 auf Seite 12 stellt diese sozialen Konsequenzen am Beispiel der Sandimporte von Singapur aus den Ländern Kambodscha und Myanmar vor. Doch nicht nur der Wert von Sand in Bezug auf seine Ökosystemdienstleistungen wird durch den fortschreitenden Abbau zunehmend sichtbar, auch wirtschaftlich und politisch gewinnt die Ressource an Aufmerksamkeit.

Sand gehört in die Gruppe von Mineralien und Materialien, die einen geringen Wert im Verhältnis zu ihrem Gewicht haben und die deswegen meist dafür bestimmt sind, nahe ihres Abbauortes verwendet zu werden (FRANKS, 2020). Dennoch sind sie für die ökonomische Entwicklung eines Landes sehr wertvoll, da diese eng mit den nationalen Bauaktivitäten verbunden ist (FRANKS, 2020; OECD, 2019). Dies schlägt sich auch im ökonomischen Wert von Sand nieder. So waren Bausande und -kiese in Deutschland 2021 erstmals der wertvollste Rohstoff, bei einer Fördermenge von nutzbaren 277 Millionen Tonnen und mit einem Gesamtwert von 2,82 Milliarden Euro (ROHSTOFFBERICHT, 2022). FRANKS (2020) nutzen deswegen den Begriff der Entwicklungsmaterialien und -mineralien, um den Wert der Ressource besser abzubilden.

Normalerweise zeichnen sich solche Entwicklungsmaterialien und -mineralien dadurch aus, dass sie im heimischen Bedarf verbraucht werden, wenig exportiert werden und sich auf Grund des geringen Werts wenig soziale Konflikte und illegale Handelsnetzwerke bilden (FRANKS, 2020). Doch die große regionale Variabilität von Sandvorkommen, gekoppelt mit Einschränkungen bezüglich des Abbaus durch konkurrierender Flächennutzung, Überbauung und Naturschutz, hat die Ressource bei steigender Nachfrage zu einem begehrten Gut avancieren lassen. Mit der bis dato ungesesehenen Nachfrage an Sand wachsen illegale Netzwerke und kriminelle Strukturen rund um Sandabbau, da der Handel mit dem Rohstoff zunehmend lukrativ wird (MAGLIOCCA et al., 2021). Abbildung 3 auf Seite 13 beleuchtet diesen Umstand am Beispiel der Sandmafias in Indien. Ist der Abbau erst einmal getätigt, können Konsument\*innen die Herkunft von Sand in der Regel nicht nachvollziehen, da es leicht ist, illegal abgebauten Sand unter legal abgebauten Sand zu mischen (MAGLIOCCA et al., 2021). Kontrollen finden daher an Abbauorten statt, nicht aber im Transport und Verbrauch (MAGLIOCCA et al., 2021). Auch die Gesetzgebung konzentriert sich auf Einschränkungen an den Abbauorten. So haben viele Länder den Abbau von Sand aus hydrologisch aktiven Sandvorkommen untersagt (UNEP, 2019). Die Einschränkungen und deren Umsetzung variieren jedoch weltweit.

In Ländern, die ihr größtes Bevölkerungs- und Städtewachstum bereits erlebt haben, wurden in der Vergangenheit große Mengen an Sandressourcen gefördert. Durch die Erfahrungen mit den ökologischen und sozialen Folgen des Abbaus, haben sie in der Regel Gesetze verabschiedet, welche den Abbau aus hydrologisch aktiven Ablagerungen einschränken (BENDIXEN et al., 2021; TORRES et al., 2021). In Deutschland beispielsweise unterliegt der Sand- und Kiesabbau auf Bundesebene dem Bundesberggesetz, Baugesetzbuch, Wasserhaushaltsgesetz, Bundesnaturschutzgesetz, Bundesimmisionsschutzge-



### Ökologische und soziale Folgen der Sandimporte von Singapur

Singapur ist ein Stadtstaat, der seine Sandbedarfe nicht aus eigenen Lagerstätten decken kann und stattdessen aus benachbarten Ländern importiert. Vor allem wird in Singapur Sand zur Landgewinnung benötigt: So hat das Land zwischen 1965 und 2015 seine Landfläche um 130 km<sup>2</sup> erweitert und dabei in den letzten 20 Jahren 517 Millionen Tonnen Sand importiert (UNEP, 2019). LAMB et al. (2019, Seite 7) schreibt dazu:

*„Die Expansion der Landesfläche durch Aufschüttungen ist essenziell für Singapurs fortschreitendes Wirtschaftswachstum und Sand für den Bausektor ist dabei ein ebenso wichtiges Element in der Entwicklungsstrategie des Stadtstaats. Es kann argumentiert werden, dass die nachhaltige Lebensqualität - im Sinne von fortschreitenden Wohlstand der Einwohner\*innen - von fortlaufenden Flüssen von Sand und Kies in das Land aus benachbarten Ländern bestimmt wird.“*

Der Sandbedarf von Singapur zum Wohlstandserhalt der eigenen Bevölkerung hat weitreichende Folgen für die Bevölkerung in den Abbaugebieten der Sand importierenden Länder und wirkt sich dort negativ auf deren Lebenssicherheit aus.

**Kambodscha** - Zwischen 2007 und 2016 beziffert Singapur die Sandimporte aus Kambodscha auf 80 Millionen Kubiktonnen, insgesamt ein Drittel der Gesamtimporte in diesem Zeitraum. Die Insel Koh Sralao, in der Nähe der thailändischen Grenze, stellt einen der Orte dar, wo zwischen 2007 und 2017 an den Küsten Sand für den Export nach Singapur abgebaut wurde. Die ökologischen Konsequenzen daraus beinhalten die Trübung des Wassers, Zerstörung von Fischgründen und Algenwäldern, Störung von Fischmigrationsrouten, Beschädigung von Mangrovenwäldern mit folgender zunehmender Erosion und kleineren Landrutschen. Durch die Zerstörung der Fischgründe sinken die Fangquoten und maritime Biodiversität geht verloren. Für die ansässige Bevölkerung, die ihren Lebensunterhalt durch die Fischerei bestreitet, überträgt sich dies auf einen Rückgang von Arbeitsplätzen in lokalen Fischereien, ohne dass der Sandabbau neue Arbeitsmöglichkeiten für sie schafft. Auf der Suche nach neuen Einnahmequellen verlässt ein Teil der Küstenbevölkerung die Region und migrierte landeinwärts (LAMB et al., 2019).

**Myanmar** – Das Land lieferte im Zeitraum von 2007 bis 2016 nach eigenen Angaben 28 Millionen Kubiktonnen Sand nach Singapur. Ein Teil der Menge wurde aus dem hydrologisch aktiven Flussbett des Salween Fluss, in der Nähe der Stadt Hpa-an, gefördert. Dort betreiben Kleinbäuer\*innen traditionell Landwirtschaft auf den Flussauen und Sedimentinseln des Flusses. Die Erzeugnisse dienen ihnen zur Selbstversorgung oder dem Verkauf auf Märkten und stellen ihre Haupteinnahmequelle dar. Der zunehmende Sandabbau beeinflusst die Sedimentierungsprozesse im Salween Fluss, was sich negativ auf die Bildung neuer Sedimentinseln und somit zunehmender Fläche für landwirtschaftliche Nutzung auswirkt. Zusätzlich wird das Flussbett durch den Abbau vertieft, die Flussränder erodieren zunehmend und jährliche Überschwemmungen von landwirtschaftlich genutzten Fläche mit fruchtbaren Sedimenten bleiben aus. Dies beeinträchtigte die landwirtschaftliche Lebensgrundlage für die lokale Bevölkerung stark, sodass in Folge Teile der Bewohner\*innen ihre landwirtschaftlichen Tätigkeiten aufgeben und in andere Gegenden des Landes abwandern (LAMB et al., 2019).

Abbildung 2: Ökologische und soziale Auswirkungen der Sandimporte von Singapur in den Exportländern Kambodscha und Myanmar.

setz und dem Bundesbodenschutzgesetz. Zusätzlich gibt es entsprechende Landesgesetze, die den Rohstoffabbau regulieren (ROHSTOFFBERICHT, 2022). In Europa liegt der Anteil der Flussaggregatsförderung im Verhältnis zu der Gesamtfördermenge bei 0,1 %, während die Hälfte des Bedarfs an Sanden und Kiesen aus gebrochenem Stein künstlich gedeckt wird (HÁMOR & KOVÁCS, 2018). Die andere Hälfte der Fördermenge setzt sich aus natürlichen Sandressourcen (41 %), recyceltem Baumaterial (8 %), marinen Sandressourcen (2 %) sowie Schlacke und Asche zusammen (2 %) (HÁMOR & KOVÁCS, 2018).

Im Vergleich dazu werden in Ländern, bei denen in der Vergangenheit Sandressourcen noch nicht in großen Mengen abgebaut wurden, diese aus leicht zugänglichen Lagerstätten abgebaut, beispielsweise aus Flüssen und von Stränden (BENDIXEN et al., 2021). Dies

### **Sandmafias in Indien**

Mit dem zunehmenden Wirtschaftswachstum Indiens steigt Anfang 2000 der Bedarf an Wohnungen. Dies hat zur Folge, dass der Sandbedarf des Bausektors die Fördermengen übersteigt, welche aus autorisierten Abbaustätten bereitgestellt werden können. Kriminelle Strukturen rund um den Sandabbau entwickeln sich zunehmend und professionalisieren sich zu Sandmafias. Seit 2013 erfahren diese durch die Berichterstattung in den indischen Medien vermehrt Aufmerksamkeit. Sandmafias operieren über illegale und teils gewalttätige Landaneignungen, um sich Zugang zu Abbauorten zu verschaffen. Dort agieren sie durch den Einsatz von schwerem Gerät im großen Stil, wodurch sie sich von anderen, kleineren illegalen Abbauaktivitäten unterscheiden. Sandmafias operieren in Indien hauptsächlich innerhalb des Landes, nur die Strand-Sandmafias betreiben auch internationalen Handel. Insgesamt erleben 22 der 29 Provinzen von Indien illegalen Sandabbau in großem Ausmaß.

Durch die Androhung und Anwendung von Gewalt, Zahlungen von Schmiergeld, Verbindung zu Eliten in Politik und Wirtschaft und über die Kontrolle von Informationsflüssen und der Berichterstattung können Sandmafias ihre Geschäfte aufrechterhalten. So bestehen beispielsweise oftmals Verflechtungen zwischen den Vorständen großer Baufirmen, die illegal abgebauten Sand kaufen, und Mitgliedern von Ministerien, welche nicht gegen den illegalen Abbau von Sand vorgehen. Zusätzlich entscheiden Lokalpolitiker\*innen auf regionaler Ebene über die Vergabe von Abbaurechten und die Kontrolle der Einhaltung von Fördermengen an den Abbauorten. Da sie oftmals auf illegal abgebauten Sand angewiesen sind, um den Lebensstandard der Wählerschaft zu mehren, kommt es zu Kooperationen mit Sandmafias.

Wer sich gegen Sandabbau positioniert, hat mit schwerwiegenden Folgen zu rechnen, in Form von Einschüchterung, rechtlicher Verfolgung, Anwendung von Gewalt bis hin zu Auftragsmorden. Betroffen sind Journalist\*innen, die über illegalen Sandabbau berichten, Beamte der Polizei und des Regierungsapparates, Mitarbeiter\*innen von NGOs, Umweltaktivist\*innen sowie die von Sandabbau betroffene lokale Bevölkerung. Gleichzeitig verlaufen strafrechtliche Prozesse gegen Täter\*innen oftmals ergebnislos. Auch die Polizei hat keine ausreichende Kontrolle über die Einhaltung der Gesetze zum Sandabbau. Dies hat verschiedene Gründe. Einerseits gibt es zwischen Polizei und Sandmafias Verflechtungen, andererseits ist die indische Polizei unzureichend mit Waffen ausgestattet, um sich gegen eine zunehmend aufrüstende Sandmafia zu verteidigen.

Abbildung 3: Sandmafias in Indien. Quelle MAHADEVAN (2019).

trifft häufig auf Länder geringen und mittleren Einkommens zu (BENDIXEN et al., 2021). Oftmals fehlt es noch an gesetzlichen Maßnahmen, die den Abbau von Sandressourcen regulieren. Zusätzlich ist die „Gesetzesgebung entweder unzureichend oder nicht entsprechend durchsetzbar aufgrund von Korruption, fehlender Überwachung oder mangelnden Ressourcen, um Taten strafrechtlich zu verfolgen“ (UNEP, 2019, Seite 6).

### **3.3 Prognostizierte Knappheiten**

Die geographischen Vorkommen von Sand bestimmen die möglichen Abbauorte, während sozio-ökologische und ökonomische Faktoren die Abbauraten von Sandressourcen bedingen und einschränken. Dabei wird zwischen unterschiedlichen Arten von Knappheiten unterschieden: Einerseits können die Bedarfe größer sein, als die physischen Vorkommen, entweder weil aufgrund der regionalen Geologie keine Vorkommen vorhanden sind oder weil diese erschöpft sind. Andererseits treten ökonomische Knappheiten auf, wenn kein ausreichender Zugang zu den Lagerstätten erfolgen kann, wegen Überbauung oder konkurrierender Landnutzungsformen. Zusätzlich kann der Abbau auch wegen absehbarer Umweltfolgen oder dem Widerstand gegen den Abbau unterlassen werden (TORRES et al., 2021).

Die aktuelle Situation stellt dabei keine globale Sandknappheit dar, sondern ist von lokalen Knappheiten bei hauptsächlich schnellem städtischen Wachstum und mangelhaftem Management geprägt (JOHN, 2021). Knappheiten sind in Zukunft besonders in Ländern zu erwarten, wo ein hohes Bevölkerungswachstum und eine starke Urbanisierung prognostiziert wird (UNEP, 2019). Dies trifft besonders auf die Großräume Asia-Pazifik und Subsahara-Afrika zu (OECD, 2019).

Um eine globale Krise abzuwenden, die bei stetig steigendem Bedarf und unkontrolliertem Abbau von Sandressourcen droht, haben die Vereinten Nationen angefangen, das Ressourcenmanagement von Mineralen und Metallen auf internationaler Ebene abzustimmen und zu koordinieren (VEREINTE NATIONEN, 2022). Dabei wird Sand als Ressource explizit aufgeführt. Denn zum Erreichen der Ziele für nachhaltige Entwicklung, wie sie in der UN Agenda 2030 formuliert sind, ist es wichtig, Sandressourcen nachhaltig nutzen zu können und Lagerstätten vor Übernutzung zu schützen.

### **3.4 Sandressourcen und die Nachhaltigkeitsziele der Agenda 2030**

Sandressourcen fallen beim Erreichen der Ziele für nachhaltige Entwicklung der UN eine wichtige Rolle zu. Sie sind mit diversen Nachhaltigkeitszielen verknüpft, was in der vorangestellte Literaturrecherche verdeutlicht wurde und in Tabelle 5 auf Seite 15 genauer dargestellt wird. Diese Verknüpfungen werden im Folgenden zusammengefasst.

So sind Sandressourcen als Baumaterial aktuell unabdingbar, um beispielsweise die Ziele 11 und 12 „widerstandsfähige Städte“ und „widerstandsfähige Infrastruktur“ zu errei-

Tabelle 5: Sandressourcen und ihre Verbindung zu den Nachhaltigkeitszielen der UN. Eigene Zusammenstellung basierend auf den Ergebnissen der Literaturrecherche von Punkt 3.

Nachhaltigkeitsziel	Verknüpfung Sandressourcen
1. Armut beenden	Für viele Menschen stellt Sandabbau eine Einkommensquelle dar (FRANKS, 2020). Die Baubranche ist Arbeitgeber für viele Menschen (LAMB et al., 2019).
2. Ernährungssicherheit gewährleisten	Sandabbau an Küsten und vom Meeresboden gefährdet die Ernährungssicherheit vieler Menschen. Zusätzlich kommt es durch den Abbau zum Verlust an landwirtschaftlicher Fläche (LAMB et al., 2019).
6. Sanitärversorgung für alle	Sand wird als Filter in Wasserkläranlagen zur Wasseraufbereitung eingesetzt (ROHSTOFFBERICHT, 2022).
7. Nachhaltige Energie	Glasfasern aus Sand werden zur Verstärkung der Rotorblätter von Windrädern genutzt, Quarzsand ist in Solarzellen enthalten (ROHSTOFFBERICHT, 2022).
10. Ungleichheiten zwischen Ländern verringern	Ökonomische Entwicklung ist stark mit Bauaktivitäten verbunden (OECD, 2019), was bedeutet, dass Länder mit großem Entwicklungspotenzial entsprechend große Sandbedarfe für das Wirtschaftswachstum und die Baubranche brauchen.
11. Widerstandsfähige Städte	Sand als Baumaterial (BLEISCHWITZ & BAHN-WALKOWIAK, 2007).
12. Nachhaltige Produktions- und Konsummuster	Sand ist eine endliche Ressource, für welche es dringend Alternativen für ein nachhaltiges Bauen braucht (UNEP, 2019).
13. Bekämpfungen Auswirkungen Klimawandel	Sand wird zur Küstenaufschüttung und zum Erosionsschutz benötigt und gewinnt dabei in Zeiten eines steigenden Meeresspiegels an Bedeutung (TORRES et al., 2021).
14. Meeresressourcen schützen	Sand als Meeresressource, die als wichtiger Lebensraum für marine Pflanzen und Lebewesen dient.
15. Landökosysteme schützen	Sandökosysteme an Land als Lebensraum für Flora und Fauna, Wasserfilter und Grundwasserspeicher an Land.
17. Globale Partnerschaften	Zunehmende Transportwege, zunehmender Handel (LAMB et al., 2019; ROHSTOFFBERICHT, 2022; TORRES et al., 2021). Gemeinsame gemeinschaftliche Anstrengungen und Regulierungen, um Sandressourcen nachhaltig zu schützen und langfristig zu nutzen (FRANKS, 2020).

chen. Als Entwicklungsmaterial tragen sie außerdem dazu bei, Ungleichheiten zwischen Ländern zu verringern (Ziel 10). Hierbei stellen sie eine wichtige Einkommensquelle dar und sind Arbeitsplatz für viele, was dazu beiträgt Armut zu lindern (Ziel 1). Auch in Bezug auf den Umgang mit den Herausforderungen des Klimawandels ist Sand als Erosionsschutz an Küsten wichtig (Ziel 13) und als Bestandteil von Rotorblättern und Solarzellen essenziell für die nachhaltige Energiewende (Ziel 7). Zum Erreichen all dieser Nachhaltigkeitsziele wird auch in Zukunft Sand aus Lagerstätten entnommen werden müssen.

Gleichzeitig können andere Nachhaltigkeitsziele nur erreicht werden, wenn Sandressourcen geschützt werden. So sollen Meeresressourcen wie auch Sand durch Ziel 14 ge-

geschützt werden, genauso wie sandbasierte Landökosysteme durch Ziel 15. Dies ist zusätzlich von Interesse, da natürliche Sandökosysteme an Land, Küsten und im Meer zur Ernährungssicherheit beitragen (Ziel 2). Diese zweiseitige Rolle von Sandressourcen im Bezug auf das Erreichen der Nachhaltigkeitsziele der Agenda 2030 unterstreicht die Notwendigkeit von internationalen Anstrengungen und globalen Partnerschaften in Bezug auf Sandressourcen (Ziel 17), damit auch zukünftig Sandressourcen verfügbar sind und nachhaltig genutzt werden können.

Die internationale Staatengemeinschaft der UN hat die Rolle von Sandressourcen in den vergangenen Jahren zunehmend erkannt und Prozesse gestartet, um den nachhaltigen Umgang mit diesen zu stärken. So nahm die Umweltversammlung des UN-Umweltprogramms im März 2022 die Resolution 5/12. an, welche die Umweltaspekte von Mineral- und Metallmanagement behandelt (VEREINTE NATIONEN, 2022). In dieser wird explizit gefordert wissenschaftliche, technische und umweltpolitische Kenntnisse im Bezug auf Sand zu stärken und globale Regulierungen und Anstrengungen in Bezug auf einen umweltverträglichen Abbau und die Nutzung von Sand zu unterstützen. Darauf folgend wurde von dem Umweltprogramm der Vereinten Nationen in Kooperation mit der Informationsdatenbank globaler Ressourcen (GRID-Geneva) ein Strategiepapier entwickelt, welches zehn Lösungswege aufweist, um eine globale Sandkrise abzuwenden (UNEP, 2022). Diese sind in Tabelle 6 auf Seite 17 abgebildet.

Viele dieser Empfehlungen sind auf einen langfristigen Prozess ausgelegt, um einen nachhaltigen und verantwortungsbewussten Umgang mit Sandressourcen zu erreichen. Dabei sollen beispielsweise Sandbedarfe reduziert und eine Entwicklung hin zu einer kreislaufbasierten Zukunft umgesetzt werden. Dies schließt außerdem eine internationale Gesetzgebung sowie deren nationale Umsetzung ein, welche sich an den örtlichen Gegebenheiten und Lebensrealitäten aller Betroffenen orientiert.

Erste, kurzfristiger umsetzbare Schritte hin zu diesen langfristigen Zielen liegen beispielsweise in der Kartierung von Sandressourcen und der Berichterstattung zu dem Zustand derer. Die Autoren TORRES et al. (2021) fordern in diesem Sinne, dass Anstrengungen verstärkt werden sollen, um ein Sandversorgungsnetzwerk zu erarbeiten und zu visualisieren. Dieses soll verschiedene wissenschaftliche Disziplinen verbinden und somit Wissen verknüpfen. Zusätzlich sollen diese wissenschaftlichen Erkenntnisse mit der Industrie und deren Bedarfsanalysen zusammengebracht werden. So sollen Fördermengen, Bedarfe und Handelsrouten ersichtlich und nachvollziehbar werden, wodurch ein bewusster und verantwortungsvoller Umgang mit Sandressourcen gefördert werden soll.

Zusätzlich können Anstrengungen intensiviert werden, den Anteil von recyceltem Material in der Baubranche zu erhöhen und somit den Bedarf an neuen Sandressourcen zu verringern. Für die Zukunft liegen große Hoffnungen darin Substitute für Sand in der Baubranche zu finden. Aktuell gelten Grubenabfälle aus dem Metallabbau und Abfälle aus der weiteren Metallverarbeitung als vielversprechend, beispielsweise aus der Eisenher-

Tabelle 6: Empfehlungen der UNEP zum Abwenden einer globalen Sandkrise. Quelle: UNEP (2022), Seite XV.

Nachhaltigkeitsziel	Verknüpfung Sandressourcen
Empfehlung 1	Sand als strategische Ressource anerkennen, die kritische Ökosystemdienstleistungen erbringt und den Bau vitaler Infrastruktur in expandierenden Städten global ermöglicht.
Empfehlung 2	Anstreben einer gerechten Transition der Nutzung von Sandressourcen durch ortsbezogene Perspektiven, die alle Betroffenen in Entscheidungsfindungsprozesse, Agendaimplementierung und Handlungsprozesse einschließt.
Empfehlung 3	Ermöglichen eines Paradigmenwechsels hin zu einer regenerativen und kreislaufbasierten Zukunft.
Empfehlung 4	Verabschiedung strategischer, politischer und rechtlicher Rahmenwerke in horizontaler, vertikaler und intersektionaler Weise, im Einklang mit den lokalen, nationalen und regionalen Gegebenheiten.
Empfehlung 5	Festlegung der Eigentumsverhältnisse und des Zugangs zu Sandressourcen durch Mineralienrechte und Genehmigungsverfahren.
Empfehlung 6	Kartierung, Überwachung und Berichterstattung über Sandressourcen für eine transparente, wissenschaftlich fundierte und datengestützte Entscheidungsfindung.
Empfehlung 7	Einführung bewährter Verfahren und nationaler Standards sowie eines kohärenten internationalen Rahmens.
Empfehlung 8	Förderung von Ressourceneffizienz und Kreislaufwirtschaft durch Verringerung des Sandverbrauchs, Substitution durch alternative Materialien und Recycling von Produkten aus Sand, wenn möglich.
Empfehlung 9	Quellenverantwortung durch eine aktive und bewusste Förderung von Sand, in einer ethischen, nachhaltigen und sozialverträglichen Weise.
Empfehlung 10	Wiederherstellung von Ökosystemen und Ausgleichsmaßnahmen bei bestehenden Schäden durch Wissensmehrung, Etablierung einer Mitigationshierarchie und Förderung naturbasierter Lösungen.

stellung (SHETTIMA et al., 2016). Darüber hinaus gibt es Hoffnungen und Bestrebungen, Wüstensand für die Herstellung von Beton nutzbar zu machen (NEUMANN & CURBACH, 2018).

Doch neben den wissenschaftlichen, technischen und umweltpolitischen Aspekten ist es auch notwendig, dass Sandressourcen als Thema der Nachhaltigkeit mehr gesellschaftliche Aufmerksamkeit erfahren. Dafür muss das Thema zugänglich gemacht werden und stellt aufgrund seiner engen Verflechtungen zu den Zielen für nachhaltige Entwicklung einen geeigneten Inhalt für die BNE dar. Dennoch ist das Thema aktuell in Bildungsmaterialien stark unterrepräsentiert. So finden sich beispielsweise in der Infothek des Bundesministeriums für Bildung und Forschung „BNE-Portal“ fast keine Lernmaterialien zum Thema. Die Suchanfrage mit den Schlagwörtern „Sand“ oder „Beton“ ergibt nur einen Treffer zum nachhaltigen Bauen mit Material von 2011, welches sich an die vier-

te bis sechste Klassenstufe richtet ([https://www.bne-portal.de/SiteGlobals/Forms/bne/lernmaterialien/suche\\_formular.html?nn=33800](https://www.bne-portal.de/SiteGlobals/Forms/bne/lernmaterialien/suche_formular.html?nn=33800), Webseite zuletzt besucht am 08.09.2023).

## **4 Bildung für nachhaltige Entwicklung**

Bildung für nachhaltige Entwicklung hat das übergeordnete Ziel, Lernende dazu zu befähigen, in Bezug auf große ökologische, soziale und wirtschaftliche Herausforderungen handlungsfähig zu werden. Eine nachhaltige, lebenswerte Zukunft soll aktiv und vorausschauend mitgestaltet werden können (BRUNDIERS et al., 2021; DE HAAN, 2008; RIECKMANN, 2018; UNESCO, 2017, 2020). Dabei ist Bildung für nachhaltige Entwicklung sowohl emanzipatorisch als auch instrumentell (BARTH, 2021) zu verstehen: Das Verhalten von Lernenden soll nicht durch vorgegebene Handlungsweisen bestimmt werden, vielmehr werden Lernende darin unterstützt, selbstbestimmt nachhaltige Entscheidungen zu treffen. So soll der Lösung von großen gesellschaftlichen Herausforderungen Rechnung getragen werden, wie es der instrumentelle Ansatz vorsieht. Gleichzeitig soll die Persönlichkeitsentwicklung und Selbstbestimmung der Lernenden im Sinne des emanzipatorischer Ansatzes berücksichtigt werden (BARTH, 2021).

Gelingen sollen diese Bestrebungen dadurch, dass Lernende sich einerseits fachlich zu Themen der Nachhaltigkeit bilden und grundlegende Methoden zum wissenschaftlichen Arbeiten vermittelt bekommen (BRUNDIERS et al., 2021). Dieses fachliche Wissen umfasst nicht nur ökologische Themen, sondern schließt auch explizit alle Themen der sozialen und wirtschaftlichen Nachhaltigkeit ein, wie sie auch in den 17 Nachhaltigkeitszielen der UN Beachtung finden (UNESCO, 2020). Andererseits sollen Lernende verschiedene Fähigkeiten und Werte entwickeln, die auf die Lösung von Problemen der Nachhaltigkeit ausgerichtet sind und auch individuell zu einer nachhaltigen Lebensweise beitragen (RIECKMANN, 2018). Diese Fähigkeiten werden im internationalen Diskurs als „Schlüsselkompetenzen der Nachhaltigkeit“ (BRUNDIERS et al., 2021; WIEK et al., 2011) bezeichnet, während sie in Deutschland auch „Gestaltungskompetenzen“ (DE HAAN, 2008) genannt werden. Im Folgenden werden sie zusammenfassend als Nachhaltigkeitskompetenzen bezeichnet.

### **4.1 Nachhaltigkeitskompetenzen**

In der wissenschaftlichen Literatur zu BNE existieren verschiedene Konzepte, um Nachhaltigkeitskompetenzen zu kategorisieren. WIEK et al. (2011) haben fünf Nachhaltigkeitskompetenzen beschrieben, die vorrangig in der Literatur Verwendung finden. Sie fungieren als Grundlage, welche in den vergangenen Jahren durch verschiedene Autor\*innen erweitert und spezifiziert wurde (zum Beispiel BRUNDIERS et al. (2021) und RIECKMANN (2021)). Tabelle 7 auf Seite 19 zeigt eine Übersicht der Nachhaltigkeitskompetenzen wie

Tabelle 7: Schlüsselkompetenzen der Nachhaltigkeit. Übersicht und Zusammenstellung der Schlüsselkompetenzen verschiedener Autor\*innen für Nachhaltigkeit, welche als Voraussetzung betrachtet werden, die 17 Nachhaltigkeitsziele der UN durch Bildung zu erreichen.

<b>Schlüsselkompetenz</b>	<b>Beschreibung</b>	<b>Autor*innen</b>
Kompetenz zum vernetzten Denken	Komplexe Probleme verstehen, in ihrer heutigen Ausprägung und im Kontext der Geschichte	BRUNDIERS et al. (2021), RIECKMANN (2021), UNESCO (2017), WIEK et al. (2011)
Kompetenz zum vorausschauenden Denken	Verschiedene Zukunftsszenarien entwickeln	BRUNDIERS et al. (2021), RIECKMANN (2021), UNESCO (2017), WIEK et al. (2011)
Normative Kompetenz	Nachhaltigkeitswerte verstehen, navigieren und anwenden	BRUNDIERS et al. (2021), RIECKMANN (2021), UNESCO (2017), WIEK et al. (2011)
Strategische Kompetenz	Strategien entwickeln, welche die nachhaltige Transformation vorantreiben	BRUNDIERS et al. (2021), RIECKMANN (2021), UNESCO (2017), WIEK et al. (2011)
Kooperationskompetenz	Nachhaltigkeitsforschung und Problemlösung kollaborativ und partizipativ gestalten, Zusammenarbeit ermöglichen und fördern	BRUNDIERS et al. (2021), RIECKMANN (2021), UNESCO (2017), WIEK et al. (2011)
Integrierte Problemlösekompetenz	Nachhaltigkeitskompetenzen effizient kombinieren und anwenden, um Probleme zu lösen und nachhaltige Entwicklung zu fördern	BRUNDIERS et al. (2021), RIECKMANN (2021), UNESCO (2017)
Selbstkompetenz	Bewusstsein über eigene Emotionen und eigenes Handeln, eigene Rolle in Gesellschaft verstehen und reflektieren	BRUNDIERS et al. (2021), RIECKMANN (2021), UNESCO (2017)
Kompetenz zum kritischen Denken	(eigene) Normen und Werte hinterfragen und diese im Kontext nachhaltiger Entwicklung bewerten	RIECKMANN (2021), UNESCO (2017)
Umsetzungskompetenz	Lösungswege hin zu einer nachhaltigen Zukunftsvision umsetzen können	BRUNDIERS et al. (2021)

sie von den vorhergehend genannten Autor\*innen aktuell diskutiert werden.

Basierend auf den in Tabelle 7 dargestellten Ergebnissen lässt sich zusammenfassen, dass Lernende durch die Aneignung von Nachhaltigkeitskompetenzen dazu befähigt werden sollen, fachspezifisches Wissen und wissenschaftliche Kompetenzen aus Lern- und Lehrkontexten herauszunehmen und es eigenständig in den Zusammenhang von lokalen und globalen Nachhaltigkeitsherausforderungen einzuordnen (*Kompetenz zum vernetzten Denken, Kompetenz zum vorausschauenden Denken*). Diese Herausforderungen sollen mit der eigenen Lebensrealität verknüpft werden, wobei neben der gemeinschaft-



lichen Entwicklung von gesellschaftlichen Transformationsstrategien (*Kooperationskompetenz*, *Integrierte Problemlösungskompetenz*, *Strategische Kompetenz*) auch die eigene Rolle und Verantwortung im Fokus steht (*Selbstkompetenz*). So sollen persönliche und gesellschaftliche Wirkungsfelder und Handlungsspielräume erschlossen werden, welche der nachhaltigen Entwicklung zuträglich sind. Gesellschaftliche Normen sollen in Bezug auf ihren Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung kritisch hinterfragt werden und es soll selbst zu Nachhaltigkeitsthemen Position bezogen werden können (*Kompetenz zum kritischen Denken*). Das eigene nachhaltige Handeln soll aus intrinsischer Motivation erfolgen (*Normative Kompetenz*) und Lösungswege zu einer nachhaltigen Zukunft in der Praxis umgesetzt werden können (*Umsetzungskompetenz*). Mit diesen übergeordneten Bildungszielen stellen die Nachhaltigkeitskompetenzen einen zentralen Aspekt der BNE dar.

## **4.2 Pädagogik der BNE**

Bildung für nachhaltige Entwicklung ist ein ganzheitliches Konzept, das neben des zu vermittelnden Wissens und den Nachhaltigkeitskompetenzen auch eine entsprechende Art der Pädagogik beinhaltet (UNESCO, 2020). Die in der Literaturanalyse herausgearbeiteten Aspekte der BNE Pädagogik sind in Tabelle 8 auf Seite 21 dargestellt. Grundsätzlich wird dabei ein Paradigmenwechsel angestrebt: Weg von einem Schwerpunkt auf der Lehre, hin zu einem Schwerpunkt auf das Lernen.

Zugrunde liegt dabei eine „[...] interaktive, projektbezogene und Lernenden-zentrierte Pädagogik“ (UNESCO, 2020, S. 8). Dabei soll an bestehendes Wissen und Alltagserfahrungen der Lernenden angeknüpft werden (RIECKMANN, 2018) sowie das eigenständige Auseinandersetzen mit Lerninhalten gefördert werden (BALSIGER et al., 2017). Dies soll nicht nur in individuellen Formaten, sondern interaktiv und kollaborativ geschehen (BARTH, 2021). Diese Aspekte stehen für eine aktive Form des Lernens, die das „tiefe Lernen“ bevorzugt. Dabei steht das Verstehen von Gelerntem im Vordergrund, nicht das bloße Reproduzieren von Fakten und Zahlen (ROEHL et al., 2013). Während die meisten der analysierten Publikationen den Aspekt des aktiven Lernens im Bezug auf BNE betonen, äußern sich RIESS et al. (2021) skeptisch gegenüber dieser Präferenz. So führen die Autor\*innen an, dass ein hohes Maß an Selbststeuerung im Lernprozess bei Lernenden mit unzureichenden Vorkenntnissen zu einer „kognitiven Überlastung“ führen könne. Der Grad der Selbststeuerung müsse dem Vorwissen der Teilnehmenden angepasst werden: Bei Novizen müsse ein höheres Maß der Steuerung durch die Lehrkräfte vorgenommen werden, während Lernende mit wachsender Expertise zunehmend Eigenverantwortung für den Lernprozess übernehmen können (RIESS et al., 2021).

Im pädagogischen Verständnis von BNE soll Lernen nicht nur in formalen Kontexten wie Schulen oder Universitäten stattfinden, sondern auch außerhalb davon durch projek-

Tabelle 8: Pädagogisches Verständnis der BNE in Bezug auf Lernen und Lehre: Zu Grunde liegt das Bestreben, einen Wechsel von einer auf die Lehre zu einer auf das Lernen ausgerichteten Pädagogik zu vollführen.

<b>Abwenden von</b>	<b>Hinwenden zu</b>
Fokus Lehre	Fokus Lernen
Passives Lernen	Aktives, kompetenzorientiertes, transformatives Lernen
Individuelles Lernen	Kollaboratives Lernen
Fachgebundenes Lernen	Interdisziplinäres Lernen
Formales Lernen	Formales und nicht-formales Lernen
Formale Lernorte	Diverse Lernorte
Wissensfluss von Lehrenden zu Lernenden	Ko-Kreation von Wissen von Lernenden untereinander und zwischen Lernenden und Lehrenden

torientiertes und praxisorientiertes Lernen. Dies kann zum Beispiel durch die Erschließung neuer Lernorte wie von Reallaboren (BALSIGER et al., 2017) geschehen, oder auch durch gesellschaftliches Engagement (BARTH, 2021). Formales und nicht-formales Lernen wird dabei verbunden (RIECKMANN, 2018). Die Autor\*innen stimmen zusätzlich darin überein, dass es in Lernprozessen lohnenswert ist, mit regionalen Akteur\*innen Partnerschaften aufzubauen und somit Expert\*innen in das Lernsetting zu integrieren (BARTH, 2021; RIECKMANN, 2018; UNESCO, 2017). Weiterhin legt die Pädagogik von BNE Wert auf interdisziplinäres und interkulturelles Lernen, bei dem Teilnehmende von unterschiedlichen Anschauungsweisen profitieren (BARTH, 2021). RIECKMANN (2018) fasst die genannten Aspekte zusammen, indem er schreibt, dass BNE eine emanzipatorische und transformative Pädagogik vertritt. Dies hat zur Folge, dass auch das Verständnis um die Rolle von Lehrenden angepasst werden muss.

Im Kontext von BNE haben Lehrende die Aufgabe, Lernende im Lernprozess zu begleiten (UNESCO, 2020). Dabei sind sie als Vermittler\*innen („facilitators“) zu verstehen (RIECKMANN, 2018), mit der Aufgabe, eigenverantwortliches sowie kollaboratives Lernen zwischen den Schüler\*innen zu ermöglichen. Doch nicht nur Schüler\*innen lernen voneinander. BNE erkennt zusätzlich an, dass auch Lehrende von Lernenden lernen können und gemeinsam neues Wissen ko-kreiert werden kann (BALSIGER et al., 2017). Damit Lehrende der Rolle des Facilitators gerecht werden können, müssen sie selbst in ihrer Ausbildung mit BNE in Kontakt kommen (RIECKMANN, 2021; UNESCO, 2020). Dies bezieht sich nicht nur auf die Theorie der pädagogischen Prinzipien von BNE, sondern beinhaltet auch, dass Lehrende selbst BNE-Pädagogik erfahren sollen. Damit sie Lernende zu Nachhaltigkeitsbürger\*innen heranziehen können, müssen auch sie zu solchen werden

(UNESCO, 2020).

### 4.3 Methoden der BNE

Die pädagogischen Prinzipien von BNE bestimmen auch die Art der Methoden, welche bei der Wissensvermittlung praktische Anwendung finden. Entsprechend dem Vorsatz des aktiven Lernens, können viele der geeigneten Methoden der Kategorie „aktive Methode“ zugeordnet werden. Bei diesen müssen die Lernenden selbst aktiv werden, während die Rolle und der Beitrag durch die Lehrenden limitiert ist (MIJAL et al., 2021). Somit erfordern sie das eigenständige Auseinandersetzen von Lernenden mit Lehrinhalten und fördern dabei selbstgesteuerte Lernprozesse. Zusätzlich zeichnen sich BNE geeignete Methoden beispielsweise dadurch aus, dass sie partizipativ und kollaborativ sind und dass sie den Raum für persönliche Reflexionen bieten. Angepasst werden diese Methoden den örtlichen Gegebenheiten und den Bedürfnissen der Lerngruppe wie beispielsweise Alter, Vorwissen, Interessen und Fähigkeiten (UNESCO, 2017). Die folgende Zusammenstellung zeigt eine Auswahl verschiedener BNE geeigneter Methoden (abgeändert und ergänzt nach RIECKMANN (2021)).

- *Kollaborative Projekte* — zum Beispiel „realweltliches“ Engagement (BARTH, 2021; RIECKMANN, 2021; UNESCO, 2017)
- *Entwicklung von Zukunftsentwürfen* — zum Beispiel Zukunftswerkstätten, Szenarioanaysen, Science-Fiction-Denken (BARTH, 2021; RIECKMANN, 2021; UNESCO, 2017)
- *Analysen komplexer Systeme* — zum Beispiel partizipative Forschungsprojekte, Fallstudien, ernste Spiele wie beispielsweise Systemspiele, Akteur\*innenanalysen (BARTH, 2021; HALLINGER et al., 2020; OUARIACHI et al., 2019; RIECKMANN, 2021; RIESS et al., 2021; UNESCO, 2017)
- *Förderung des kritischen und reflektierenden Denkens* — zum Beispiel Fish-Bowl-Diskussionen, Lerntagebücher (BARTH, 2021; RIECKMANN, 2021; UNESCO, 2017)

Die in *Analysen komplexer Systeme* aufgeführten ernsten Spiele haben in der Wissenschaft in den vergangenen Jahren zunehmend an Aufmerksamkeit gewonnen und bilden den Fokus dieser Masterarbeit. Sie sollen im folgenden Teil als geeignete Methode der BNE zur Wissensvermittlung genauer beschrieben werden.

## 5 Ernste Spiele

Es ist in der Forschung anerkannt, dass die Anwendung von Spielen oder spielerischen Elementen in Bildungskontexten positive Auswirkungen auf Lernprozesse haben kann (CHEONG et al., 2014; EMBLEN-PERRY, 2018; JANAKIRAMAN et al., 2018; STANITSAS et al., 2019). Werden Spiele für Bildungskontexte konzipiert, bezeichnet man sie als „ernste Spiele“ („serious games“) (HALLINGER et al., 2020; OUARIACHI et al., 2019), die in ihrem Design entsprechend nicht nur für Unterhaltungszwecke ausgelegt sind (OUARIACHI et al., 2019). Stattdessen verfolgen sie zusätzlich kommunikative sowie edukative Ziele (MEYA & EISENACK, 2018). Besonders häufig kamen in den letzten Jahren Brettspiele und Computerspiele als ernste Spiele zum Einsatz. Andere geeignete Arten umfassen beispielsweise Quizze, (hybride) Simulationsspiele, Kartenspiele oder auch Würfelspiele (STANITSAS et al., 2019).

Dabei zielen ernste Spiele häufig auf herausforderungsbasiertes Lernen ab und zeichnen sich durch das Eintauchen in die Handlung und ihre Interaktivität aus (OUARIACHI et al., 2019). Sie werden deshalb als Möglichkeit verstanden neue Arten des Lernens und Denkens zu fördern und zusätzlich Lernende emotional in den Lernprozess einzubinden (EMBLEM-PERRY, 2018). Sie können individuell oder gemeinschaftlich gespielt werden (JANAKIRAMAN et al., 2018). Durch ihren unterhaltsamen Ansatz und ihre Niedrigschwelligkeit sind sie ansprechend und leicht zugänglich (MEYA & EISENACK, 2018), wodurch auch Schüler\*innen motiviert werden können, die traditionelle Lehrmethoden ablehnen (CHEONG et al., 2014). So sollen durch den Einsatz von ernstesten Spielen nicht nur Wissen, sondern auch Werte vermittelt und Lernprozesse erleichtert beziehungsweise unterstützt werden (OUARIACHI et al., 2019). Im pädagogischen Verständnis von BNE sind ernste Spiele eine geeignete, aktive Methode zur Wissensvermittlung (NGUYEN & HALLINGER, 2022; RIECKMANN, 2021), da sie es jungen Menschen erlauben durch selbstgesteuerte Spielprozesse Herausforderungen der Nachhaltigkeit zu erfassen, die in der Zukunft auf sie zukommen werden (OUARIACHI et al., 2019). Durch diese Eigenschaften können ernste Spiele an die angestrebten Nachhaltigkeitskompetenzen von BNE anknüpfen, beispielsweise an die *Kompetenz zum vernetzten und vorausschauenden Denken*, die *Strategische Kompetenz*, die *Selbstkompetenz* oder auch die *Kooperationskompetenz*.

Seit den 90er Jahren werden zunehmend ernste Spiele für den Bereich der Nachhaltigkeitsbildung entwickelt, mit einer starken Zunahme ab 2010 (STANITSAS et al., 2019). Ernste Spiele, wie sie in Bildungskontexten zu Nachhaltigkeit Anwendung finden, zielen inhaltlich besonders auf die ökologische Ebene von Nachhaltigkeit ab. Themen sind dabei unter anderem Wasser, Energie, Klimawandel, Ressourcenverbrauch oder Naturschutz (HALLINGER et al., 2020; STANITSAS et al., 2019). Mit der Verabschiedung der Agenda 2030 und den 17 Nachhaltigkeitszielen der UN sind jedoch auch zunehmend soziale Themen, wie nachhaltiger Konsum oder soziale Verantwortung von Unternehmen, in den Fokus gerückt (HALLINGER et al., 2020).

Parallel zu dieser Zunahme hat auch das wissenschaftliche Interesse an ernstesten Spielen zu Themen der Nachhaltigkeit und deren Einsatz in Bildungseinrichtungen zugenommen. So ist die Zahl der veröffentlichten Publikationen zu ernstesten Spielen der Nachhaltigkeitsbildung über die vergangenen zehn Jahre gestiegen (HALLINGER et al., 2020). Experimentelle Studien zum Einfluss von ernstesten Spielen auf den Wissenszuwachs und Verhaltensänderungen bei Lernenden zu Nachhaltigkeitsthemen verzeichnen NGUYEN und HALLINGER (2022) ab 2013.

## **5.1 Edukative Escape Spiele**

Eine Art der ernstesten Spiele, die im Bildungsbereich Anwendung findet, sind „Escape Spiele“. NICHOLSON (2018) beschreibt diese als „[...] erzählungsbasierte Herausforderungen, die Rätsel, Aufgaben und ein Zeitlimit“ nutzen (Seite 44). Meist beziehen sich diese Herausforderungen darauf in der Spielsimulation einer Gefahr zu entkommen (engl. „escape“). In eigens dafür konzipierten Räumen, mit entsprechender Ausstattung und Dekoration, werden Gruppen von vier bis acht Spieler\*innen für die Dauer des Spiels eingeschlossen (NICHOLSON, 2018; OUARIACHI & WIM, 2020). Durch das gemeinschaftliche Lösen von Rätseln und Aufgaben, die im Raum versteckt sind, sollen sie in einer vorgegebenen Zeit ein spezifisches Ziel erreichen — meist die Tür des Raumes öffnen (VELDKAMP, DAEMEN et al., 2020). Zuerst wurde das Format in Japan 2007 angewendet (OUARIACHI & WIM, 2020) und hat danach schnell weltweit Nachahmung gefunden. Beispielsweise wurde in den USA der erste Escape Raum 2013 eröffnet. Bereits vier Jahre später gab es dort fast 2000 (NICHOLSON, 2018). Das Angebot an Escape Spielen hat sich zwischenzeitlich erweitert, sodass es neben den Escape Räumen auch ein großes Angebot an tischspielbasierten Varianten gibt. Alle diese Varianten zeichnen sich durch ihren kooperativen Charakter aus (OUARIACHI & WIM, 2020).

Mit steigender Beliebtheit im Unterhaltungssektor ist auch der Einsatz von Escape Spielen in formalen und non-formalen Bildungskontexten gestiegen, wo sie als edukative Escape Spiele (EES) Anwendung finden (BOTTURI & BABAZADEH, 2020; VELDKAMP, DAEMEN et al., 2020). Erstmals wurde der Einsatz eines Escape Raums als Methode im Unterricht 2009 in Taiwan dokumentiert (HSU et al., 2009). Steigende Zahlen von wissenschaftlichen Publikationen zu EES werden ab 2016 verzeichnet (FOTARIS & MASTORAS, 2019). Dabei liegt der Anwendungsschwerpunkt von edukativen Escape Räumen im Schulbereich und der Universität (ABDOLLAHI et al., 2021; BOTTURI & BABAZADEH, 2020; FOTARIS & MASTORAS, 2019; MIJAL et al., 2021), während tischspielbasierte Varianten weniger dokumentierten Einsatz finden (VELDKAMP, DAEMEN et al., 2020).

Das Eintauchen der Spieler\*innen in die Geschichte, die experimentelle Natur des EES, der Fokus auf Problemlösung und die Anregung zum kritischen und logischen Denken, machen die Anwendung von EES interessant für den Einsatz im schulischen Bereich

(OUARIACHI & WIM, 2020), wo sie als Methode des herausforderungsbasierten und entdeckenden Lernens eingesetzt werden (MIJAL et al., 2021). Ziel ist es dabei, durch den Einsatz von EES im Unterricht ein Lernumfeld zu kreieren, welches auf Interaktion abzielt, Teamwork ermöglicht, die Motivation der Lernenden steigert sowie Lernen fördert (VELDKAMP, DAEMEN et al., 2020).

EES werden in der Bildungsarbeit hauptsächlich dazu genutzt, um bei Lernenden Wissen zu konsolidieren. Zusätzlich sollen Lernende sich selbstgesteuert neues Wissen aneignen und vor allem in der Nachhaltigkeitsbildung das Bewusstsein um Herausforderungen, wie beispielsweise dem Klimawandel, gestärkt werden (OUARIACHI & WIM, 2020). Für den Einsatz im Unterricht werden EES um ein bestimmtes Thema herum entwickelt, das abhängig vom Schulfach ist, aber vom Genre her oftmals im Bereich Abenteuer und Spannung angesiedelt ist (CLARKE et al., 2017). Dokumentierte Anwendung finden EES hauptsächlich in den Fächern Gesundheit und Medizin, Biologie, Informatik, Journalismus oder Nachhaltigkeit (FOTARIS & MASTORAS, 2019; OUARIACHI & WIM, 2020).

## **5.2 Forschungsstand Edukative Escape Spiele**

Da edukative Escape Spiele ein recht neues Phänomen innerhalb des Forschungsfeldes der ernsten Spiele darstellen, steht auch die Wissenschaft bezüglich ihrer Eignung als Methode zur Wissensvermittlung noch am Anfang. Zum Zeitpunkt der Literaturrecherche für diese Masterarbeit ist keine Studie bekannt, die sich konkret mit der Eignung von Escape Spielen als Methode in der BNE beschäftigt. Erste wissenschaftliche Erkenntnisse deuten darauf hin, dass der Einsatz von EES, besonders von edukativen Escape Räumen, positive Auswirkungen auf Lernprozesse von Schüler\*innen haben kann (ABDOLLAHI et al., 2021; MIJAL et al., 2021; OUARIACHI & WIM, 2020). So wird ein Wissenszuwachs, steigendes Engagement von Lernenden (ABDOLLAHI et al., 2021; MIJAL et al., 2021; OUARIACHI et al., 2019) und in einem gewissen Ausmaß auch eine Veränderung der eigenen Ansichten sowie die Intention das eigene Handeln zu verändern, verzeichnet (OUARIACHI & WIM, 2020). In der vergleichenden Studie von ABDOLLAHI et al. (2021) beispielsweise erzielt die Lerngruppe, welche einen Escape Raum spielt, vergleichbare Lernerfolge wie die Kontrollgruppe im Selbststudium. Jedoch schätzen Lernende den unterhaltsamen Charakter des Escape Raums, was sich laut Eigenaussagen positiv auf die Motivation der Lernenden und unterstützend auf die Lernprozesse auswirkt (ABDOLLAHI et al., 2021). Ergänzend führen VELDKAMP, DAEMEN et al. (2020) an, dass neues Wissen nicht nur aus den vermittelten Inhalten, sondern auch aus den sozialen Interaktionen gewonnen und dabei die Kooperationsfähigkeit der Spielenden trainiert wird.

Zunehmend werden Fallstudien zum Einsatz von EES in Bildungskontexten veröffentlicht. Ihre Vergleichbarkeit stößt allerdings an Grenzen, da viele dieser Studien die verwendeten Modelle zur Konzeption des EES nicht veröffentlichen beziehungsweise bisher

nur sehr wenige wissenschaftliche Modelle dafür existieren (FOTARIS & MASTORAS, 2019; MIJAL et al., 2021). Der erste wissenschaftliche Versuch ein Modell zur Konzeption von EES zu erstellen, wurde von CLARKE et al. (2017) mit dem Modell *escapED* unternommen, das zwar teilweise in Fallstudien Anwendung findet, allerdings bisher nicht wissenschaftlich validiert wurde. Das Modell, das bisher die ausführlichste Validierung erfahren hat, ist das Star-Modell von BOTTURI und BABAZADEH (2020), welches in dieser Masterarbeit Anwendung findet.

Auffällig ist außerdem, dass Escape Räume den Forschungsschwerpunkt zu EES in der Bildungsarbeit darstellen, ihre Anwendbarkeit in klassischen Bildungskontexten jedoch an Grenzen stößt. So bestehen Schul- und Universitätsgruppen in der Regel aus 30-50 Personen (CLARKE et al., 2017). In einem Escape Raum kann allerdings normalerweise nur eine Gruppe aus vier bis acht Spieler\*innen aktiv sein (OUARIACHI & WIM, 2020). Somit müssen Gruppen entweder nacheinander spielen oder alternativ müssen Spielkonzepte kreiert werden, die auf große Gruppen ausgelegt sind. Mehrere Gruppen hintereinander spielen zu lassen ist jedoch zeitaufwendig und im getakteten Schulalltag nur schwer zu integrieren (FOTARIS & MASTORAS, 2019). Sollte der EES hingegen auf große Gruppen ausgelegt sein, muss er genug Aufgaben bieten, damit alle Spielenden kontinuierlich aktiv am Geschehen beteiligt sind. Dies ist mit steigender Gruppengröße jedoch zunehmend schwierig umzusetzen (CLARKE et al., 2017; FOTARIS & MASTORAS, 2019). Zusätzlich sind in Schulen oftmals keine freien Räume fest verfügbar, in denen Escape Räume über längere Zeit installiert werden können. Deswegen weisen die Autoren FOTARIS und MASTORAS (2019) darauf hin, dass mobile Formate von EES in Form von tischbasierten Spielen in ihrer Anwendbarkeit für den Schul- und Universitätskontext besser geeignet seien, als edukative Escape Räume (FOTARIS & MASTORAS, 2019). Jedoch gibt es hierzu bisher kaum wissenschaftliche Studien, mit Ausnahme von VELDKAMP, DAEMEN et al. (2020).

## 6 Forschungsdesign

Das übergeordnete Forschungsinteresse besteht darin, edukative Escape Spiele auf ihre Eignung als BNE Methode auszuwerten.

1. Sind edukative Escape Spiele eine geeignete Methode der BNE?
  - (a) Ermöglichen sie es den Teilnehmenden sich neues Wissen zu dem Thema Sandressourcen anzueignen?
  - (b) Kann durch das EES an die Nachhaltigkeitskompetenzen „Vorausschauendes Denken“, „Vernetztes Denken“, „Selbstkompetenz“ und „Kooperationskompetenz“ angeknüpft werden?

- (c) Hat das EES einen Einfluss auf die Bewertung des Stellenwerts des Themas Sandressourcen hinsichtlich seiner Relevanz und Dringlichkeit als Thema der Nachhaltigkeit?
- (d) Wie bewertet die Zielgruppe EES in ihrer methodischen Eignung und vorliegenden Umsetzung?

## 6.1 STAR-Modell nach BOTTURI und BABAZADEH (2020)

Die Konzeption der Escape Box erfolgt auf Grundlage des STAR-Modells von BOTTURI und BABAZADEH (2020). Dieses ermöglicht es Lehrenden ihre eigenen edukativen Escape Spiele für den Unterricht zu entwickeln. Den Anmerkungen von FOTARIS und MASTORAS (2019) Folge leistend, soll eine tischspielbasierte Variante entstehen, um räumliche Einschränkungen zu eliminieren und dadurch die Anwendbarkeit des Spiels im Rahmen der FÖJ-KUR Seminare zu maximieren. Das STAR-Modell baut auf dem „EscapED“ Modell von CLARKE et al. (2017) auf und ist ausdrücklich für tischbasierte Spielvarianten geeignet. Es ist zudem das einzige aktuell verfügbare Modell zur Konzeption eines edukativen Escape Spiels, welches in einer Studie validiert wurde. Es handelt sich um ein nicht-lineares Modell, bei dem sich vier Kontextelemente und fünf Spielelemente gegenseitig bedingen und beeinflussen. Die Abbildung 4 auf Seite 28 visualisiert das Modell. Die Kontextelemente beeinflussen die Spielelemente und werden analysiert bevor der Designprozess startet. Im Entwicklungsprozess der EEB werden diese Designelemente miteinander verknüpft werden, um eine konsistente Erzählung und Spielerfahrung zu ermöglichen. Im Folgenden werden die verschiedenen Elemente des STAR-Modells kurz beschrieben, um die Funktionsweise und das Grundverständnis der Methode zu gewährleisten.

### 6.1.1 Kontextelemente

**Spieler\*innen.** Analyse der Spielenden bezüglich von Demographie, Anzahl, Alter, Vorwissen und mehr.

**Zeitliche und örtliche Einschränkungen.** Analyse des Kontextes, in dem das EES Anwendung findet.

**Evaluation.** Auswertung der Umsetzung des Escape Spiels. Lehrende identifizieren im Vorhinein spezifische Spielmomente, die sie beobachten wollen oder bereiten spezifische Fragen vor, welche die Spieler\*innen nach dem Spiel beantworten. Die Evaluationsphase beinhaltet auch die Auswertung der Lernerfolge nach der Durchführung des Spiels. Diese wird in Teil 6.2 genauer beschrieben. Daneben gehört auch die Testphase des edukativen Escape Spiels zu dem Kontextelement der Evaluation.





Abbildung 4: Das STAR-Modell, übernommen und übersetzt von BOTTURI und BABAZADEH (2020, S. 45). Es zeigt die zwei Ebenen der Designelemente: Im äußeren Kreis sind die Kontextelemente abgebildet, im inneren Kreis die Spielelemente.

**Nachbesprechung.** Angeleitete Reflexion des Erlebten, getrennt von Evaluation zu betrachten und zu konzipieren. Im Escape Spiel ist die Nachbesprechung der einzige Moment, in dem die Teilnehmenden Zeit haben, das Erlebte zu reflektieren. Dieser Prozess ist sehr wichtig für das langfristige Lernen und ist explizit Teil von edukativen Escape Spielen (FOTARIS & MASTORAS, 2019). In dieser Phase soll darüber reflektiert werden, wie die Spieler\*innen das Spiel gespielt sowie erlebt haben und welche Inhalte dabei vermittelt wurden (BOTTURI & BABAZADEH, 2020). Da es sich um ein noch junges Forschungsfeld handelt, gibt es noch wenige konkrete Anhaltspunkte zur angeleiteten Nachbesprechung von edukativen Escape Spielen. Auch die Autoren des STAR-Modells geben keine weiteren Hinweise dazu, wie die Nachbesprechung im Detail aussehen soll. Es wird deswegen das empfohlene Vorgehen von VELDKAMP, van de GRINT et al. (2020) angewendet, welches sieben verschiedene Phasen beinhaltet und einen umfassenden und kleinschrittigen Ansatz zur Nachbesprechung darstellt.

### 6.1.2 Spielelemente

**Erzählung.** Kann als roter Faden und leitende Spielgeschichte verstanden werden. Macht das Spiel lebendig und erfahrbar, motiviert und ermöglicht es den Spielenden in das Spiel einzutauchen.

**Spielfluss.** Gibt dem Spiel Struktur und gliedert es in vier Phasen: Einleitung, Entdecken, kleine Rätsel, Meta-Rätsel. Es gibt bezüglich des Spielflusses verschiedene Möglichkeiten, die kleinen Rätsel im Spielverlauf anzuordnen und damit festzulegen, wie sich die Spieler\*innen durch das Spiel bewegen (NICHOLSON, 2015): Bei einer *sequenziellen* Anordnung lässt sich immer nur ein Rätsel nach dem anderen lösen. Die Spieler\*innen werden dabei geradlinig durch das Spiel geleitet. Bei einer *offenen* Anordnung können verschiedene Rätsel in einer beliebigen Reihenfolge gelöst werden, um ein Zwischenziel zu erreichen oder das Meta-Rätsel zu lösen. Bei einer *pfadbasierten* Struktur müssen verschiedene Sequenzen parallel gelöst werden. In der Konzeption kann entweder eine Form der Anwendung genutzt oder mit hybriden Strukturen gearbeitet werden.

**Rätsel.** Beinhaltet das Entwickeln der verschiedenen kleinen Rätsel (kognitiv, gegenständlich) und des übergeordneten Meta-Rätsels der Erzählung sowie die Bereitstellung von Hinweisen. In Escape Spielen steht die Lösung von verschiedenen kleineren Rätseln im Vordergrund, die sich in eine übergeordnete Erzählung einfügen und somit zum weiteren Voranschreiten der Handlung und Geschichte beitragen. Dabei gibt es in Escape Spielen drei Arten von Rätseln (VELDKAMP, DAEMEN et al., 2020): Kognitive Rätsel zielen auf Denken und Logik ab, während bei gegenständlichen Rätseln Gegenstände in bestimmten und oftmals ungewohnten Arten verwendet werden müssen. Das Meta-Rätsel ist meist das übergeordnete Rätsel im Spiel, das mit der Narrative des Spiel zusammenhängt (zum Beispiel dem Raum zu entkommen). OUARIACHI und WIM (2020) haben in einer Literaturanalyse verschiedene konkrete Arten der in Escape Spielen verwendeten Rätsel zusammengetragen. Zu diesen gehörten unter anderem verschlüsselte Nachrichten dekodieren, in Texten Informationen finden, Texte im Spiegel lesen, Unsichtbares durch UV Licht sichtbar machen, Objekte in Bildern suchen, Gegenstände in ungewohnter Weise verwenden, Teile kombinieren, ein magnetisches Schloss lösen, Gegenstände auf eine bestimmte Weise arrangieren, abstrakte Logik anwenden oder Symbole als Schlüssel oder Codes verwenden. Sie lassen sich den Kategorien des Suchens und Findens, des Beobachtens, des Erkennens von Zusammenhängen, der Gedächtnisaufgaben, des logischen Denkens, des Mathematik- und Textverständnisses und der Mustererkennung zuordnen. Bei der Erstellung der Rätsel sollte darauf geachtet werden, die verschiedenen Rätselarten abzudecken und verschiedene Sinne anzusprechen (OUARIACHI & WIM, 2020).

Neben der Arten der Rätsel gibt es bei der Konzeption verschiedene Punkte, die beachtet werden müssen. So ist es wichtig, den richtigen Schwierigkeitsgrad für die Rätsel zu finden. Dieser darf nicht zu hoch sein, da dies zu Frustration bei den Teilnehmenden führen kann. Ist das Spiel zu leicht, können die Teilnehmenden die Motivation verlieren (MIJAL et al., 2021). GUIGON et al. (2018) empfehlen außerdem, den Schwierigkeitsgrad der Rätsel innerhalb des Spiels abzuwechseln oder zunehmend zu steigern. Um den Schwierigkeitsgrad zu erfassen und zu sehen, ob die Rätsel funktionieren, ist es unab-

dingbar, in allen Phasen der Konzeption Testläufe durchzuführen.

Edukative Escape Spiele zielen auf bestimmte Inhalte ab, die spielerisch vermittelt und erarbeitet werden sollen. Deswegen müssen die Rätsel auf die Lernziele abgestimmt werden (VELDKAMP, DAEMEN et al., 2020). Um den Erinnerungseffekt bei den Spieler\*innen bezüglich der Informationen zu stärken, sollen diese Teil der Rätsel sein und nicht in Form von Text oder Postern präsentiert werden, die zwar im Spiel sichtbar sind, jedoch nicht für die Rätsel genutzt werden (MIJAL et al., 2021). Herausfordernd ist es dabei, die Lernziele mit der generellen Spielerfahrung der Teilnehmenden zu balancieren (MIJAL et al., 2021). Denn das edukative Escape Spiel soll auch Spaß machen, um die Motivation der Spieler\*innen aufrecht zu erhalten (OUARIACHI & WIM, 2020).

Um dabei eine besonders gute Spielerfahrung für die Teilnehmenden zu ermöglichen, ist es wichtig, die Rätsel dem Stil der Erzählung und dem Genre anzupassen (NICHOLSON, 2016). Ist ein Spiel von seiner historischen Verortung beispielsweise in das Mittelalter gesetzt, sollte für das Lösen der Rätsel kein QR Code gescannt werden müssen, da dies mit dem Stil der Welt bricht, in dem das Spiel angesiedelt ist (NICHOLSON, 2016).

**Material.** Die konsistente Spielerfahrung wird auch durch die entsprechende Auswahl der Materialien gewährleistet. Dies beinhaltet alle Gegenstände, die zur Handlung beitragen (beispielsweise Dokumente aber auch Video Clips) und Spielelemente, die genutzt werden müssen, um die verschiedenen Rätsel zu lösen. Zusätzlich fallen alle Gegenstände in die Kategorie, die für den Spielablauf benötigt werden und welche die Spielerfahrung unterstützen, wie zum Beispiel Vorhängeschlösser, Lautsprecher, Scheren und Kleber. Die gewählten Spielmaterialien sowie die Raumausstattung sollen dazu beitragen, den Spielablauf zu ermöglichen und den Spieler\*innen gleichzeitig dabei helfen, in das Spiel einzutauchen (VELDKAMP, DAEMEN et al., 2020). Dafür sollten das Equipment und dekorative Elemente thematisch auf das Genre und die Erzählung abgestimmt sein (NICHOLSON, 2016).

**Lernen.** Festlegen der Lernziele in Bezug auf Inhalt, interdisziplinäre Kompetenzen sowie soziale oder kommunikative Fähigkeiten. Die Lernziele werden den Ergebnissen der Literaturrecherche zu Sandressourcen, der Spieler\*innenanalyse und den äußeren Rahmenbedingungen der Seminare angepasst.

## **6.2 Konzeption des Fragebogens**

Ziel der Masterarbeit ist es, das entwickelte edukative Escape Spiel hinsichtlich seiner Eignung als Methode der Bildung für Nachhaltige Entwicklung zu bewerten. Dabei werden die Aspekte des Wissenszuwachses, der Nachhaltigkeitskompetenzen, des zugeschriebenen Stellenwerts und der Umsetzung der Methode betrachtet. Um dies zu erfassen, wird

vor und nach der Intervention ein Fragebogen durch die Teilnehmenden ausgefüllt. Die Konzeption des Fragebogens zur Prä- und Post-Erhebung erfolgt nach Anweisungen von HOLLENBERG (2016).

Der Messzugang geschieht dabei über zwei Ebenen. Einerseits wird ein Wissenstest als objektiver Messzugang gewählt, welcher den Zuwachs an deklarativem Faktenwissen erhebt (CLASEN, 2010). Dabei kommen Methoden der Wiedererkennung, mit Frage-Antwort-Kombinationen (Items) im Format von stimmt/stimmt nicht, Single-Choice oder Multiple-Choice (HOLLENBERG, 2016). Andererseits wird ein subjektiver Messzugang verwendet, welcher mit Antworten durch Selbsteinschätzung arbeitet und über ordinale Skalen erhoben wird (CLASEN, 2010; HOLLENBERG, 2016).

### **6.3 Statistische Auswertung der Ergebnisse**

Die statistische Auswertung der Ergebnisse aus den objektiven Messzugängen erfolgt durch RStudio (Version 2023.06.2+561) und R (Version R 4.3.1 GUI 1.79 Big Sur Intel build). Auf Grundlage der Prä- und Post-Erhebung der Fragebögen werden die intraindividuellen Differenzwerte der erzielten Punktezahl der Teilnehmenden ermittelt. Diese werden mit Hilfe eines T-Test für gepaarte Stichproben weiter ausgewertet, durchgeführt mit dem R Paket „lessR“. Über dieses Paket werden die durchschnittlich erzielten Punkte der Prä-Erhebung und die durchschnittlich erzielten Punkte der Post-Erhebung miteinander verglichen und ihre Differenz auf das Maß der statistischen Signifikanz geprüft. Der festgelegte p- Wert liegt bei 0,05. Die Normalverteilung der Stichproben wird ab einer Stichprobengröße von über 30 angenommen.

Zusätzlich wird die Effektgröße über Cohen's *d* bestimmt, um die Vergleichbarkeit mit anderen Studienergebnissen und die Bewertung der praktischen Signifikanz der Ergebnisse zu ermöglichen (NGUYEN & HALLINGER, 2022; SUN et al., 2010). Für die Auswertung der Werte werden die Referenzwerte von COHEN (1992) genutzt. Eine kleine Effektstärke liegt dabei ab einem Wert von 0,2 vor, eine mittlere Effektstärke bei einem Wert ab 0,5 und ein großer Effekt ab einem Wert von 0,8.

## **7 Ergebnisse**

Die Ergebnisse der vorliegenden Masterarbeit werden drei verschiedenen Teilen zu geordnet. Der erste Teil der Ergebnisse betrifft die Konzeption des edukativen Escape Spiels zum Thema „Sand als begehrte Ressource“. In diesem Teil wird der Entwicklungsprozess des Escape Spiels anhand des STAR-Modells von BOTTURI und BABAZADEH (2020) beschrieben. Im zweiten Teil der Ergebnisse werden die konzipierten Fragebögen der Prä- und Post-Erhebung mit ihren verschiedenen Dimensionen vorgestellt. Im letzten Teil werden die Ergebnisse der Auswertung abgebildet und beschrieben.

## 7.1 Anwendung des STAR-Modells

Die Konzeption erfolgte nach der von BOTTURI und BABAZADEH (2020) vorgegebenen Reihenfolge: (1) *Lernziele definieren*, (2) *Analyse der Spieler\*innen*, (3) *Äußere Einschränkungen*, (4) *Erzählung*, (5) *Spielfluss*, (6) *Rätsel*, (7) *Material*, (8) *Nachbesprechung* und (9) *Evaluation*.

**Lernziele.** Übergeordnetes Ziel war es, den Stellenwert von Sandressourcen als Thema der Nachhaltigkeit bei den Teilnehmenden zu stärken. Bezüglich der Lernziele wurden zwei verschiedene Schwerpunkt gelegt, die sich an den erarbeiteten Ergebnissen aus Teil 4 „Bildung für Nachhaltige Entwicklung“ und Teil 3 „Sandressourcen“ orientieren. So zielt das entwickelte edukative Escape Spiel einerseits darauf ab inhaltliche Grundlagen zum Thema Sandressourcen zu vermitteln. Diese sind in Tabelle 9 auf Seite 33 abgebildet. Andererseits soll die Einheit an ausgewählte Nachhaltigkeitskompetenzen anknüpfen. So sollen die Teilnehmenden nach dem Spiel inhaltliche Fragen beantworten können, die den Nachhaltigkeitskompetenzen „vernetztes Denken“ und „vorausschauendes Denken“ zugeordnet werden und welche über die im Spiel vermittelten Inhalte hinausgehen. Zusätzlich sollen die Teilnehmenden sich zu Aussagen positionieren, die der Nachhaltigkeitskompetenz „Selbstkompetenz“ zugeordnet werden. Es wird zusätzlich erwartet, dass das Spielformat die Nachhaltigkeitskompetenz „Kooperationskompetenz“ fördert.

**Spieler\*innenanalyse.** Zielgruppe sind die Teilnehmenden des Freiwilligen Ökologischen Jahres des FÖJ-KUR. Diese sind zwischen 16-26 Jahren alt. Die Teilnehmenden verfügen über verschiedene Schulabschlüsse, müssen aber zur Teilnahme am FÖJ in Rheinland-Pfalz mindestens die Vollzeitschulpflicht erfüllt haben. Dies entspricht in Rheinland-Pfalz dem erfolgreichen Abschluss der 10. Klasse. Die Mehrzahl der Teilnehmenden hat die Fachhochschulreife erreicht oder strebt diese an. Einige wenige Teilnehmende haben die Mittlere Reife erreicht. Sehr wenige haben bereits ein Studium oder eine Ausbildung abgeschlossen beziehungsweise abgebrochen. Auch wenn sich Teilnehmende bundesweit und aus dem Ausland auf einen FÖJ Platz bewerben können, nehmen fast ausschließlich deutsche Muttersprachler\*innen an den Seminaren teil. Es sind somit keine sprachlichen Barrieren zu erwarten, die in der Konzeption berücksichtigt werden müssen.

In dem Freiwilligendienst arbeiten die Teilnehmenden in unterschiedlichen Einsatzstellen mit vielfältigen Bezügen zu Nachhaltigkeit und Naturschutz. Auf Grund dieser Tätigkeiten ist eine grundlegende Sensibilisierung zu Themen der Nachhaltigkeit im Allgemeinen vorhanden. Speziell zu dem Thema Sandressourcen wird in keiner Einsatzstelle gearbeitet, weswegen diesbezüglich keine oder nur wenige Vorkenntnisse angenommen werden.

Tabelle 9: Lernziele hinsichtlich grundlegender Informationen zum Thema Umgang mit Sandressourcen. Diese werden im Laufe des EES Spiels aufgegriffen und sollen nach der Intervention von den Teilnehmenden wiedergegeben werden können.

---

**Lernziele hinsichtlich grundlegender Informationen zum Thema Umgang mit Sandressourcen.**

---

1. Weltweit wird am meisten Sand für die Baubranche als Betonzuschlag benötigt.
  2. China hat aktuell weltweit die größten Sandbedarfe.
  3. In einem Kilometer Autobahn stecken bis zu 30.000 t Sand.
  4. In Indien gibt es eine einflussreiche Sandmafias.
  5. Der jährliche weltweite Sandressourcenabbau übersteigt die jährliche Erneuerungsrate um ein Vielfaches.
  6. Die größten Sandbedarfe der Zukunft werden für Subsahara-Afrika und Asien-Pazifik prognostiziert.
  7. Wüstensand und Meeressand sind für die Betonherstellung weniger geeignet als Flusssand und Sand aus glazialen Lagerstätten.
  8. Der Abbau von Sandressourcen gefährdet unter anderem den Erosionsschutz an Küsten, reduziert Fischbestände und verringert die Versickerungsrate von Wasser an Land.
  9. Durch den illegalen Abbau von Sandressourcen werden Landrechte von Menschen verletzt.
  10. In Europa werden hauptsächlich gebrochener Stein und recycelter Bauschutt als Alternative zu natürlichen Sandressourcen genutzt.
  11. Aktuell nehmen regionale Knappheiten von Sandressourcen zu.
- 

**Einschränkungen.** Das Edukative Escape Spiel wird auf den Seminaren des FÖJ-KUR angewendet. Da die Seminare an unterschiedlichen Orten stattfinden, muss das Spiel ortsunabhängig einsetzbar sowie für den Transport und die Lagerung nicht zu groß sein. In der Regel steht während der Seminare ein großer Tagungsraum zur Verfügung, in welchem mehrere Gruppen parallel spielen werden. Für solche Fälle empfehlen VELDKAMP, DAEMEN et al. (2020), die Lernräume der einzelnen Spielgruppen räumlich zu begrenzen. Für das Escape Spiel wird deswegen eine Version gewählt, die an Tischgruppen lokalisiert ist, welche die Spieler\*innen während des Spiels nicht verlassen. Das Spiel wird so konzipiert, dass keine Handys benutzt werden müssen, da eine Internetverbindung an den Seminarorten nicht immer gewährleistet ist.

Zeitliche Einschränkungen, die von außen vorgegeben werden, gibt es im Seminarablauf des FÖJ-KUR keine. Das Programm kann flexibel gestaltet und auf die Länge des EES angepasst werden. In den Testphasen hat sich jedoch gezeigt, dass das Spiel circa anderthalb bis zwei Stunden dauert und danach die Konzentration und Energie der Teilnehmenden abflacht. Das Spiel wird deswegen auf 1,5 Stunden ausgelegt, zuzüglich der Vor- und Nachbesprechung werden 2,5 Stunden eingeplant.

Für die Herstellung des Escape Spiels liegt ein Budget von 250 Euro zu Grunde. In der Spielkonzeption wird darauf geachtet, dass Geld für einmalige Anschaffungen ausgegeben wird und Materialien (außer Papier) sich in dem Spiel nicht verbrauchen, sondern

langfristig für viele Durchläufe genutzt werden können.

**Erzählung.** Für das Spiel wurde eine Erzählung mit FÖJ Bezug gewählt, damit die Freiwilligen sich leichter mit der Handlung identifizieren, beziehungsweise besser in die Geschichte eintauchen können. Die Erzählung fällt in das Genre „Detektivgeschichte“.

Die Geschichte des Escape Spiels ist fünf Jahre in die Zukunft gesetzt, an einen Zeitpunkt, wenn die aktuellen Freiwilligen ihren Dienst schon lange beendet haben. In diesem Szenario ist der Kontakt innerhalb der ehemaligen Seminargruppe abgebrochen und es hat seit langer Zeit kein Nachtreffen mehr stattgefunden. Auf einmal jedoch erhalten die ehemaligen Freiwilligen eine E-Mail von Lilli, mit der sie damals ihren Freiwilligendienst absolviert haben. Lilli lädt spontan zu einem Nachtreffen ein, für das sie nach eigenen Angaben einen idealen Ort gefunden und bereits alles dafür vorbereitet habe. Auch ein Termin steht schon fest. Die Spieler\*innen versetzen sich in die Rolle der ehemaligen Freiwilligen, die der Einladung von Lilli folgen und sich gemeinsam am Ort des Nachtreffens einfinden. Sie treffen sich auf einem Gartengrundstück am Waldrand, auf dem ein Bauwagen steht. Auf der Suche nach Lilli betreten die Freiwilligen den Bauwagen und finden dort einen Tisch vor, auf dem verschiedene merkwürdige Gegenstände liegen. An dieser Stelle beginnt das Spiel.

Die Spieler\*innen finden auf dem Tisch einen Brief von Lilli, in dem diese erklärt, dass sie in den vergangenen fünf Jahren Recherchen zu Sandressourcenabbau durchgeführt habe, die kurz vor der Veröffentlichung stehen würden. Doch seit einiger Zeit nehmen Drohungen und Einschüchterungsversuche von unbekannter Seite gegen sie zu, die zum Ziel haben, die Veröffentlichung ihres Artikels zu verhindern. Lilli beschließt vorsichtshalber ein ausgedrucktes Exemplar ihres vorläufigen Artikels in dem alten Bauwagen ihrer Oma zu verstecken, das sie zusätzlich durch viele Rätsel sichert. Es stellt sich heraus, dass sie vorausschauend gehandelt hat. Wenige Tage später wird bei ihr zu Hause eingebrochen und ihr Laptop mit den Rechercheergebnissen entwendet. Lilli sorgt sich um ihre Sicherheit und beschließt unterzutauchen, ohne Handy und Internetzugang. Bevor sie endgültig verschwindet, schickt sie eine letzte E-Mail, in welcher sie die anderen ehemaligen Freiwilligen unter dem Vorwand eines Nachtreffens kontaktiert und dadurch zu dem Bauwagen führt. Lilli hofft, dass ihre ehemaligen Kolleg\*innen des Freiwilligendienstes in der Lage sein werden, ihre Ergebnisse zu finden und in ihrem Namen zu veröffentlichen. Wenn sie ihre Ergebnisse in einer Zeitung veröffentlicht sehen würde, wüsste sie, dass sie wieder auftauchen könne.

Innerhalb des Spiels erfahren die Spieler\*innen mehr über Lilli und ihre Rechercheergebnisse. Dabei treffen sie auf Personen aus dem realen Leben: Forscher\*innen und Journalist\*innen, die aktuell maßgeblich dazu beitragen, die Thematik zum Umgang mit Sandressourcen publik zu machen und die gesellschaftliche sowie politische Aufmerksamkeit dafür zu stärken. Das Spiel endet, wenn die Spieler\*innen den letzten Code für

das Zahlenschloss herausfinden, wodurch eine Dokumentkassette geöffnet wird, welche die Rechercheergebnisse von Lilli enthält.

**Spielfluss.** Die *Einführung* wird von der Spielleitung moderiert. Es werden die Regeln des Escape Spiels erklärt (siehe dafür Anhang A auf Seite III) und der Handlungskontext der Geschichte erläutert. In der Phase des *Entdeckens* müssen die Spieler\*innen versteckte Hinweise und Gegenstände in den Materialien finden, die es ihnen erlauben das erste Rätsel zu lösen und das erste Vorhängeschloss zu öffnen.

Für die Konzeption des Escape Spiels wird eine hybride Spielstruktur gewählt, die in Abbildung 5 auf Seite 36 dargestellt und detaillierter beschrieben ist. Insgesamt müssen neun kleine Rätsel gelöst und sieben Vorhängeschlösser geöffnet werden. NAGLE et al. (2014) schreiben, dass es wichtig sei, Erfolgserlebnisse und Belohnungen im Spiel zu integrieren, da dies die Motivation der Spieler\*innen positiv beeinflusse. Die gewählte Struktur startet daher mit einem sequenziellen Element, sodass es zu Beginn nur ein Rätsel gibt, das bearbeitet werden kann und welches ein schnelles Erfolgserlebnis liefert. Durch dieses erste Rätsel erlangen die Spieler\*innen neue Hinweise und Materialien, um das Spiel weiterspielen zu können. Weiterhin sollen die Rätsel eine aktive Partizipation der Gruppenmitglieder fördern (VELDKAMP, DAEMEN et al., 2020). Da mit bis zu vier Spieler\*innen pro Gruppe gespielt wird, ist es wichtig, dass nach diesem Einstieg mehr als ein Rätsel gleichzeitig bearbeitet werden kann, damit alle Teilnehmenden im Spiel beschäftigt sind (GUIGON et al., 2018). Deswegen folgt im Anschluss eine Phase des offenen Spielflusses, bei der drei Rätsel in beliebiger Reihenfolge gelöst werden müssen, um das nächste Schloss zu öffnen. Abschließend ist ein pfadbasierter Teil integriert, bei dem die Spieler\*innen zwei parallele Sequenzen durchspielen. Sind beide Pfade erfolgreich gespielt und die entsprechenden Rätsel gelöst, wird auch das übergeordnete Meta-Rätsel gelöst und das Spiel beendet. Das *Meta-Rätsel* beinhaltet, die Rechercheergebnisse von Lilli in der vorgegebenen Zeit von zwei Stunden zu finden und diese bei der Spielleitung abzugeben.

**Rätsel.** Tabelle 13 in Anhang A auf Seite VI bietet eine detaillierte Übersicht aller konzipierten Rätsel. Für jedes Rätsel wurde beschrieben, aus welchen Elementen es sich zusammensetzt, welche Materialien zur Lösung benötigt werden und wie es gelöst werden kann. Zusätzlich sind Informationen dazu enthalten, um welche Rätselart es sich handelt (kognitiv oder gegenständlich) und welcher Rätselkategorie es zugeordnet wird. Diese Kategorien umfassen suchen und finden, beobachten, Zusammenhänge erkennen, logisches Denken, Mathematik- und Textverständnis und Mustererkennung. Weiterhin wurde eine Einschätzung des Schwierigkeitsgrades angegeben, der sich aus der Anzahl der Elemente ergibt, die zur Lösung benötigt werden: je mehr Elemente das Rätsel beinhaltet, desto höher der Schwierigkeitsgrad. Außerdem fließen die Erfahrungen aus den Testspie-



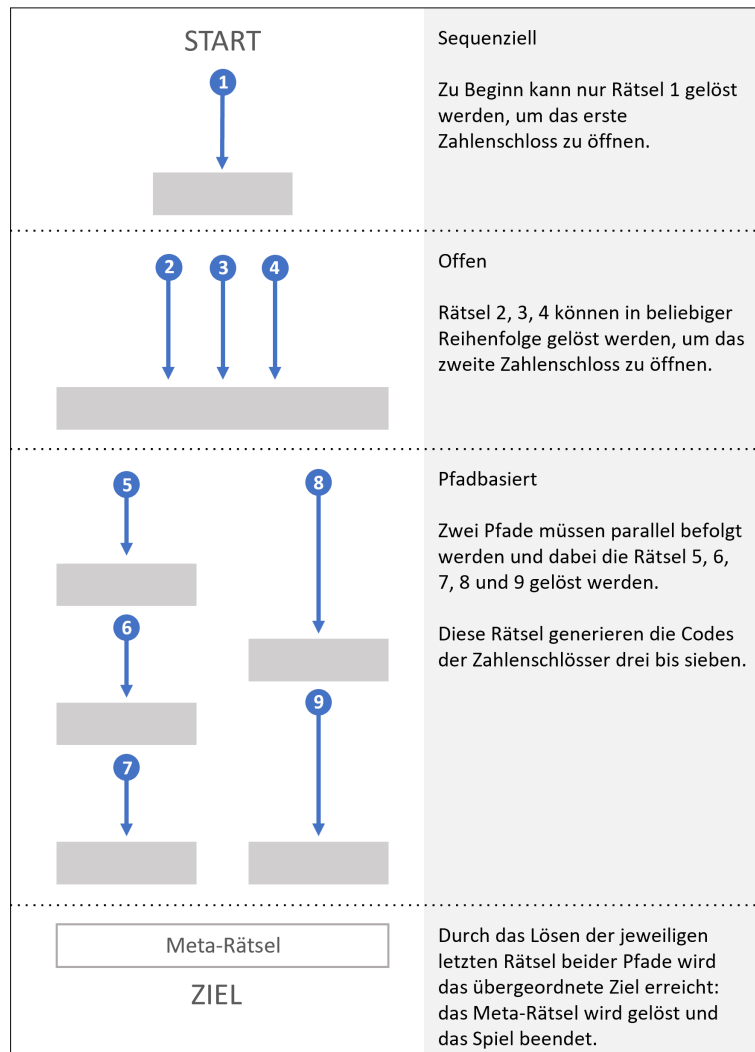


Abbildung 5: Anordnung der Rätsel im entwickelten Escape Spiel. Es wurde ein hybrider Spielfluss gewählt, der sequenzielle, offene und pfadbasierte Elemente beinhaltet. Blaue Kreise mit weißer Nummerierung symbolisieren Rätsel, graue Boxen stellen Zahlenschlösser dar.

len darin ein, je nachdem, wie viele Hinweise die Testspieler\*innen benötigt haben, um das Rätsel zu lösen und wie viel Zeit sie dafür gebraucht haben.

Neben dem Erstellen der Rätsel umfasst dieser Konzeptionsteil außerdem die Bereitstellung von Hinweisen und Regelungen zur Hinweisvergabe. Hinweise werden in Escape Spielen gegeben, um die Spieler\*innen zu unterstützen, wenn sie nicht weiterkommen. In diesem Fall wurde ein mehrstufiges System gewählt, bei dem es für jedes Rätsel drei Hinweise gibt. Die Teilnehmenden können beliebig oft nach Hinweisen fragen. Auch die Spielleitung kann Hinweise anbieten, wenn sie sieht, dass eine Gruppe zeitlich in Bedrängnis gerät das Meta-Rätsel in den vorgegeben zwei Stunden zu lösen. Für jedes Rätsel wurden drei entsprechende Hinweise verschriftlicht, welche der Spielleitung vorliegen.

Diese werden in Anhang A auf Seite IX aufgeführt.

1. Der erste Hinweis gilt den benötigten *Materialien*, um das Rätsel zu lösen. Dies ist wichtig, da die Rätsel oftmals aus verschiedenen Elementen bestehen, die kombiniert werden müssen. Die Spielleitung kann den Teilnehmenden mitteilen, ob (und wenn gewünscht welche) Materialien fehlen, um das Rätsel zu lösen.
2. Der zweite Hinweis zielt auf die grundlegende Funktionsweise des Rätsels ab und gibt einen Tipp, wie die verschiedenen Materialien miteinander kombiniert werden müssen. Dieser Hinweis gibt Aufschluss über die Rätselkategorie und somit über die generelle Funktionsart des Rätsels (Textverständnis, Mustererkennung, ...).
3. Der dritte Hinweis gibt die Lösung. Das Rätsel wird erklärt und bei Wunsch auch der Lösungscode gegeben.

**Materialien.** Die Autor\*innen VELDKAMP, DAEMEN et al. (2020) empfehlen besonders den Einsatz von Technologien, um das Eintauchen in die Geschichte zu stärken. Dies kann das Abspielen von Musik, Tonaufnahmen oder Videos beinhalten. In dem konzipierten Escape Spiel wird auf den Einsatz solcher Technologien verzichtet, da dies mit den örtlichen Gegebenheiten nicht vereinbar ist. Da bis zu sechs Gruppen in einem Raum parallel zu einander das Escape Spiel spielen, würden Tonaufnahmen einer Gruppen immer von allen mitgehört werden. Da die Gruppen unterschiedlich schnell durch das Spiel vorschreiten, würde das den Spielfluss der anderen Gruppen unterbrechen. Zusätzlich müssten zum Abspielen von Videos und Tonaufnahmen für alle Gruppen entsprechende technische Geräte wie Laptops oder Padlets zur Verfügung gestellt werden. Dies ist aus finanzieller Sicht nicht möglich. Bei der Auswahl und dem Erstellen der Materialien wurde darauf geachtet, dass diese größtenteils aus den vorhandenen Beständen des FÖJ-KUR oder aus Alltagsgegenständen gedeckt werden können, die der Spielleitung und den Seminargruppen vorliegen. Gekauft wurde nur solches Material, das sich im Spiel nicht verbraucht und bei dem es sich um eine einmalige Anschaffungen handelt. Das gesamte erstellte Spielmaterial ist in Anhang C [CD] abgebildet.

**Nachbesprechung.** Der Ablauf der Nachbesprechung basiert auf dem empfohlenen Vorgehen von VELDKAMP, van de GRINT et al. (2020). Die verschiedenen Schritte können im Sinne der Autor\*innen in beliebiger Reihenfolge angewandt werden. Der erarbeitete Ablauf ist in Tabelle 10 auf Seite 38 abgebildet. Zu jeder Phase wurden Fragen formuliert, welche die Spielleitung an die Spieler\*innen richtet. Für Phase vier wurde zusätzlich eine Übersicht des Spielablaufs erstellt, auf welcher die verschiedenen Rätsel bildlich dargestellt sind und mit Hilfe derer sich die Spieler\*innen gedanklich noch einmal durch das Spiel bewegen. Das zusätzlich zur Nachbesprechung zur Verfügung gestellte Material

Tabelle 10: Ablauf der Nachbesprechung. Die Phasen der Nachbesprechung basieren auf den Empfehlungen von VELDKAMP, van de GRINT et al. (2020). Pro Phase gibt es eine oder mehrere Fragen an die Spieler\*innen.

	Phasen der Nachbesprechung	Fragen an die Spieler*innen
1	Phase, um sich zu sammeln und zur Ruhe zu kommen, Reaktionen und Emotionen zu teilen.	<i>Wie geht es euch? Wie war das Spiel für euch?</i>
2	Erfahrungen austauschen, Feedback für die Entwickler*innen.	<i>Hat das Spiel gut funktioniert? Habt ihr die Geschichte verstanden?</i>
3	Rückmeldungen durch die Spielleitung dazu, wie Spieler*innen sich im Spiel bewährt haben. Wie viele Hinweise wurden gebraucht? Wie schnell wurde das Spiel durchspielt? Die Spielleitung weist auf Herausforderungen und Erfolgserlebnisse der Gruppe im Spiel hin.	<i>Wie schätzt ihr eure Leistung im Spiel ein? Ist es euch leicht gefallen?</i>
4	Zeit für Fragen von den Spieler*innen.	<i>Habt ihr Fragen?</i>
5	Diskussion der Rätsel, Inhalte, Wissen und Fähigkeiten, um die Rätsel zu lösen, gibt den Teilnehmenden Zeit, sich an die Inhalte zu erinnern und auszutauschen. Dieser Teil findet in Eigenregie der Spieler*innen statt. Die Gruppe bekommt von der Spielleitung das Schaubild des Spielablaufs, in dem die verschiedenen Rätsel abgebildet werden. Gemeinsam geht die Gruppe das Spiel und die verschiedenen Rätsel durch, erklärt sich gegenseitig die Funktionsweisen und die Lösungen.	<i>Material: Schaubild Spielablauf. Wie musste das Rätsel gelöst werden? Was hat die Lösung ergeben?</i>
6	Ausmaß der Wissensinhalte: Möglichkeit das angeeignete Wissen mit anderen Erfahrungen zu verknüpfen und in den Kontext zum eigenen Vorwissen zu setzen. Neue Inhalte aus dem Spiel können diskutiert werden. Dieser Teil findet in Eigenregie der Teilnehmenden statt.	<i>War das Thema neu für euch? Gab es etwas, das euch überrascht hat? Sollten Sandressourcen in Zukunft besser geschützt werden? Können wir aktuell ohne Sandressourcen leben?</i>
7	Reflektieren des eigenen Lernprozesses.	<i>Habt ihr für euch neues Wissen mitgenommen? Gab es etwas, das euch überrascht hat? Wie habt ihr eure eigene Rolle im Spiel und in der Gruppe wahrgenommen?</i>

ist in Anhang A auf Seite X enthalten. Die Nachbesprechung wird von der Spielleitung begleitet, beinhaltet jedoch auch Momente, in denen die Teilnehmenden sich eigenverantwortlich mit dem Material auseinandersetzen.

**Evaluation** Den Anleitungen von BOTTURI und BABAZADEH (2020) folgend wurden alle Entwicklungsstufen des edukativen Escape Spiels probegespielt. Insgesamt fanden drei inoffizielle Testrunden statt, mit Freund\*innen und Familie, um die generelle Funktionalität des Spiel zu testen. Diese Testgruppen verfügten zum großen Teil über Erfahrungen mit Escape Spielen verschiedener Art, sowohl mit papierbasierten Escape Spielen, als

auch Escape Räumen. Bei den Testläufen wurde das Spielverhalten der Teilnehmenden und die Materialeignung evaluiert. Für jedes Rätsel sowie die Nachbesprechung wurde ein Kommentarbogen angelegt, auf dem notiert wurde, wie die Spieler\*innen das Material navigiert haben. Die Kommentarbögen sind im Anhang A auf Seite XII und XI hinterlegt. Diese wurden nicht nur von der Spielleitung selbst, sondern zusätzlich auch von einer weiteren beobachtenden Person ausgefüllt. In dieser ersten Testphase wurden Materialungenauigkeiten deutlich, Formulierungen mussten angepasst und Rätsel abgeändert oder gänzlich aus dem Spiel genommen werden. Die ausgefüllten Beobachtungsbögen sind in Anhang C [CD] in digitaler Form hinterlegt.

Bevor das Spiel in seiner endgültigen Form offiziell durchgeführt wurde, gab es einen großen Testlauf mit Personen aus der Zielgruppe. Dabei wurde das edukative Escape Spiel auf einem FÖJ-KUR Seminar mit fünf Teams bestehend aus vier bis fünf Spieler\*innen getestet sowie der erste Entwurf des Fragebogens vorher und nachher ausgefüllt. Im Anschluss wurde das Material überarbeitet und auf die Bedürfnisse der Gruppe angepasst. Dies betraf vor allem den Schwierigkeitsgrad, welcher für die Zielgruppe zu hoch angesetzt war.

## **7.2 Konzeption des Fragebogens**

Die Konzeption des Fragebogens erfolgte parallel zur Spielentwicklung und orientierte sich an den Leitfragen, die den Rahmen der Masterarbeit bilden.

1. Sind edukative Escape Spiele eine geeignete Methode der BNE?
  - (a) Ermöglichen sie es den Teilnehmenden sich neues Wissen zu dem Thema Sandressourcen anzueignen?
  - (b) Kann durch das EES an die Nachhaltigkeitskompetenzen „Vorausschauendes Denken“, „Vernetztes Denken“, „Selbstkompetenz“ und „Kooperationskompetenz“ angeknüpft werden?
  - (c) Hat das EES einen Einfluss auf die Bewertung des Stellenwerts des Themas Sandressourcen hinsichtlich seiner Relevanz und Dringlichkeit als Thema der Nachhaltigkeit?
  - (d) Wie bewertet die Zielgruppe EES in ihrer methodischen Eignung und vorliegenden Umsetzung?

Für diese übergeordneten Fragen wurden verschiedene Items entwickelt, die in den Fragebögen zehn verschiedenen Dimensionen zugeordnet werden. Diese Dimensionen werden in den Teilen 7.2.1 und 7.2.2 genauer erläutert. Die verschiedenen Items werden über subjektive und objektive Messzugänge erhoben. Der subjektive Messzugang erfolgt über eine vier Punkte Likert-Skala, von „ich stimme überhaupt nicht zu“, „eher nicht zu“,

„eher zu“ bis „komplett zu“. Es werden vier Punkte für die Skala gewählt, um eine neutrale Antwort zwischen „eher nicht zu“ und „eher zu“ zu vermeiden, da neutrale Antworten in der Auswertung teilweise schwierig zu handhaben sind (WALTNER et al., 2019). Der objektive Messzugang erfolgt über „Single-Choice“, „Multiple-Choice“ und „stimmt/stimmt nicht“ Items. Für die „Single-Choice“ und „Multiple-Choice“ Items werden mehrere Antwortmöglichkeiten gegeben, die jeweils ein oder mehrere richtige Antworten (Attraktoren) und drei bis vier falsche Antwortalternativen (Distraktoren) enthalten. Zusätzlich wird für alle Items der objektiven Messzugänge eine „Ich weiß es nicht“ Option ergänzt, um richtig er-ratene Antworten zu vermeiden (CLASEN, 2010). Vor jeden neuen Fragetyp wurde jeweils eine kurze Erläuterung der Items vorangestellt und erklärt, wie diese beantwortet werden können (HOLLENBERG, 2016). In diesen Erläuterungen befindet sich auch der Hinweis darauf, die Option „Ich weiß es nicht“ anzukreuzen, anstatt zu raten.

Vor der Prä-Erhebung wurden die Freiwilligen mündlich und schriftlich darüber informiert, dass die Teilnahme an der Erhebung freiwillig ist (HOLLENBERG, 2016). Sie wurden weiterhin darüber aufgeklärt, dass ihre Antworten für die Auswertung dieser Masterarbeit genutzt werden und an Dritte weitergegeben werden können. Das der Umfrage beige-fügte Schreiben mit der Einverständniserklärung ist im Anhang A auf Seite XIII angeführt. Die Teilnahme an dem Fragebogen erfolgte anonym, sodass keine Rückschlüsse auf einzelne Personen gezogen werden können.

### **7.2.1 Prä-Erhebung**

Der erarbeitete Prä-Fragebogen enthält 26 Items, welche sieben verschiedenen Dimensionen zugeordnet und über unterschiedliche Messarten erfasst werden. Eine Übersicht der Dimensionen der Prä- und Post-Fragebögen ist in Tabelle 11 auf Seite 42 abgebildet. Es wird jeweils eine Frage aus dem Fragebogen als Beispiel aufgeführt und die Item-Art spezifiziert. Der vollständige Fragebogen der Prä-Erhebung ist in Anhang B auf Seite XIV enthalten.

**Sozio-demographisch.** Diese Dimension umfasst zwei Items: das Alter und das selbst zugeordnete Geschlecht der Teilnehmenden. Diese Daten werden erhoben, um die Gruppe der Befragten beschreiben zu können. Für die weitere Auswertung des edukativen Escape Spiels werden diese Daten nicht verwendet.

**Persönliche Voraussetzungen.** Ziel der Dimension ist es zu erfassen, in welcher persönlichen Verfassung und mit welchen Voraussetzungen die Person am Tag der Intervention in das edukative Escape Spiel startet.

**Kenntnisstand.** Diese Dimension umfasst drei Items und bildet ab, wie die Teilnehmenden ihren Kenntnisstand zum Thema Sandressourcen selbst einschätzen.

**Stellenwert des Themas.** Über die drei Items der Dimension wird erhoben, wie die Teilnehmenden den Stellenwert von Sandressourcen als Thema der Nachhaltigkeit bewerten.

**Spezifisches Wissen.** An den Lernzielen aus 7.1 ausgerichtete Fragen, welche den Wissensstand der Teilnehmenden zu dem Thema Sandressourcen erfassen. Dieser Teil umfasst zehn Items.

**Nachhaltigkeitskompetenzen „vernetztes und vorausschauendes Denken“.** Dieser Teil beinhaltet vier Items, die inhaltlich über die vermittelten Wissensaspekte des Spiels hinausgehen. Inhalte aus dem Spiel müssen miteinander verknüpft werden, um die Fragen zu beantworten oder vermitteltes Wissen auf Zukunftsszenarien anzuwenden.

**Nachhaltigkeitskompetenz „Selbstkompetenz“.** Diese Dimension umfasst zwei Aussagen, zu denen die Teilnehmenden sich über eine ordinale Likert-Skala positionieren müssen. Die Aussagen zielen darauf ab, dass die Teilnehmenden ihre Rolle in der Gesellschaft und ihre Emotionen im Bezug zu Sandressourcen als Thema der Nachhaltigkeit reflektieren.

### 7.2.2 Post-Erhebung

Der erarbeitete Post-Fragebogen enthält 44 Items, die acht Dimensionen zugeordnet werden. Der komplette Fragebogen der Post-Erhebung ist in Anhang B auf Seite XIX angeführt. Nicht alle Items des Prä-Tests sind im Post-Test enthalten, es entfallen die soziodemographische Dimension sowie die Dimension der persönlichen Voraussetzungen. Die Dimension Stellenwert des Themas wird um ein Item, die Dimension Nachhaltigkeitskompetenz „Selbstkompetenz“ um zwei Items ergänzt.

Die Items der Dimensionen Kenntnisstand und spezifisches Wissen sind inhaltlich deckungsgleich, jedoch in ihrer Anordnung sowie der Reihenfolge von Attraktoren und Distraktoren verändert. Dies wird vorgenommen, um Erinnerungseffekte zu vermeiden und die Aufmerksamkeit der Teilnehmenden beim Ausfüllen des Post-Fragebogens aufrecht zu erhalten (CLASEN, 2010). Die Post-Erhebung wird durch Items aus drei weiteren Dimensionen ergänzt.

Tabelle 11: Konzeption des Fragebogens: Übersicht der gewählten Dimensionen der Prä- und Post-Erhebung sowie der gewählten Item-Art.

	Fragebogen-Dimensionen	Beispiel	Item-Art	Anmerkungen
1	Sozio-demographisch	<i>Alter, selbst zugeordnetes Geschlecht</i>	Offene Antwort	Entfällt in der Post-Erhebung
2	Persönliche Voraussetzungen	<i>Ich bin heute motiviert etwas Neues zu lernen.</i>	Ordinale Skala (vier Punkte Likert-Skala, von <i>ich stimme überhaupt nicht zu</i> bis <i>ich stimme komplett zu</i> ).	Entfällt in der Post-Erhebung
3	Kenntnisstand	<i>Ich habe ein grundlegendes Wissen dazu, für was wir Sand benötigen.</i>	Ordinale Skala (vier Punkte Likert-Skala, von <i>ich stimme überhaupt nicht zu</i> bis <i>ich stimme komplett zu</i> ).	
4	Stellenwert des Themas	<i>Ich erachte Sandabbau als ein relevantes Thema der Nachhaltigkeit.</i>	Ordinale Skala (vier Punkte Likert-Skala, von <i>ich stimme überhaupt nicht zu</i> bis <i>ich stimme komplett zu</i> ).	Veränderte Reihenfolge der Antwortmöglichkeiten in der Post-Erhebung.
5	Spezifisches Wissen	<i>Was verbraucht weltweit am meisten Sand? (Single-Choice)</i> <input type="checkbox"/> Herstellung von Solarzellen <input type="checkbox"/> Abwasseraufbereitung <input type="checkbox"/> Baubranche <input type="checkbox"/> Glasherstellung <input type="checkbox"/> Ich weiß es nicht	Single- oder Multiple-Choice Items mit einer beziehungsweise mehreren richtigen Attraktoren und mehreren falschen Distraktoren. Zusätzlich eine „Ich weiß es nicht“ Option.	Veränderte Reihenfolge der Antwortmöglichkeiten in der Post-Erhebung.
6	Nachhaltigkeitskompetenzen „vernetztes Denken“ und „vorausschauendes Denken“	<i>Der Verbrauch von Bausanden in Deutschland erhöht den Druck auf die Sandressourcen anderer Länder.</i>	Single-Choice Items im <i>stimmt/stimmt nicht</i> Format. Zusätzliche eine „Ich weiß es nicht“ Option.	Veränderte Reihenfolge der Items in der Post-Erhebung.
7	Nachhaltigkeitskompetenz „Selbstkompetenz“	<i>Die einhergehenden Umweltfolgen und sozialen Auswirkungen von Sandabbau sind für mich besorgniserregend.</i>	Ordinale Skala (vier Punkte Likert-Skala, von <i>ich stimme überhaupt nicht zu</i> bis <i>ich stimme komplett zu</i> ).	Veränderte Reihenfolge der Antwortmöglichkeiten in der Post-Erhebung.
8	Nachhaltigkeitskompetenz „Kooperationskompetenz“	<i>Das Spielformat hat die Kooperation zwischen den Teammitgliedern gefördert.</i>	Ordinale Skala (vier Punkte Likert-Skala, von <i>ich stimme überhaupt nicht zu</i> bis <i>ich stimme komplett zu</i> ).	Nicht in der Prä-Erhebung enthalten.
9	Spielerlebnis und Spielumsetzung	<i>Ich habe die Regeln des Spiels gut verstanden.</i>	Gemischt: Ordinale Skala (vier Punkte Likert-Skala, von <i>ich stimme überhaupt nicht zu</i> bis <i>ich stimme komplett zu</i> ; offenes Antwortformat.	Nicht in der Prä-Erhebung enthalten.
10	Freier Kommentar	<i>Hast du sonstige Rückmeldungen für mich?</i>	Offenes Textfeld	Nicht in der Prä-Erhebung enthalten, nicht in der Auswertung berücksichtigt.

**Nachhaltigkeitskompetenz „Kooperationskompetenz“.** Drei Items erfassen, ob die Teilnehmenden die Methode als kooperativ erleben und wie sie die Umsetzung der Intervention diesbezüglich bewerten.

**Spielerlebnis und Spielumsetzung.** Diese Dimension mit zehn Items bildet ab, ob die Teilnehmenden die Methode EES als zielführend und für die Zielgruppe passend gewählt sowie umgesetzt bewerten.

**Freier Kommentar.** Am Ende der Post-Erhebung wird den Teilnehmenden die Möglichkeit gegeben, in einem freien Textfeld einen Kommentar zu der Intervention zu geben. Dieser Teil ist aus der Auswertung ausgeklammert und dient lediglich als weiteres Feedback für die Entwicklung des Spiels.

### 7.3 Ergebnisse der Erhebung



Abbildung 6: Eine Gruppe mit den Materialien des edukativen Escape Spiels zum Thema „Sand als begehrte Ressource“ während der zweiten Durchführung. Eigene Aufnahme.

Insgesamt haben an den Durchführungen der Intervention 42 Personen teilgenommen. Dies entspricht etwa einem Drittel der gesamten FÖJ Freiwilligen in Rheinland-Pfalz im Zyklus 22/23. Die Abbildung 6 auf Seite 43 gibt einen Einblick in die Gruppenarbeit der Durchführung. Alle Teilnehmenden haben die Fragebögen der Prä- und Post-Erhebung



ausgefüllt. Keine Person hat den Fragebogen vorzeitig abgebrochen, jedoch ist ein Fragebogen der Post-Erhebung unvollständig ausgefüllt, da eine Seite ausgelassen wurde. Im Falle des unvollständig ausgefüllten Fragebogens der Post-Erhebung (TN\_39) wird für die Auswertung nur mit den Dimensionen des Fragebogens gearbeitet, für welche alle Angaben vorliegen. Items, die nur in der Prä-Erhebung beantwortet wurden und in der Post-Erhebung fehlen, werden gänzlich gestrichen, sodass nur mit vollständigen Antwortpaaren gearbeitet wird.

Liegen generell in den Fragebögen ungültige Antworten vor, werden diese nicht gewertet. Ungültige Antworten umfassen Mehrfachnennungen bei Single-Choice Items, gesetzte Kreuze auf den Zwischenlinien zweier Antwortmöglichkeiten oder gesetzte Kreuze außerhalb der Antwortfelder. Betrifft dies Items, die in der Prä- als auch in der Post-Erhebung vorkommen, wird auch hier das entsprechende Antwortpaar komplett aus der Auswertung gestrichen. In der Fragebogendimension „Spezifisches Wissen zum Thema Sandressourcen“ gilt, dass bei Nennung einer inhaltlichen Antwortmöglichkeit sowie der Option „Ich weiß es nicht“, nur die „Ich weiß es nicht“ Antwort gewertet wird. Dies bedeutet, dass die ausgewerteten Antworten sich nicht bei allen Items auf 42 aufsummieren lassen. Die ausgefüllten Fragebögen der Intervention sind in Anhang C [CD] in digitaler Form hinterlegt.

**Sozio-demographisch.** Die Gruppe setzt sich aus 24 Teilnehmerinnen und 18 Teilnehmern zusammen, die durchschnittlich 19,4 Jahre alt sind.

**Persönliche Voraussetzungen.** Die Ergebnisse zeigen, dass die Teilnehmenden an dem Tag überwiegend motiviert waren, etwas Neues zu lernen. Der Aussage „Ich bin heute motiviert etwas Neues zu lernen“ stimmten 23 Personen *eher zu* und 15 Personen *komplett zu*. Nur vier Teilnehmende stimmten der Aussage *eher nicht zu*.

Die Erfahrung der Zielgruppe mit dem Spielformat Escape Spiel ist hingegen heterogener verteilt, dennoch ist über die Hälfte der Teilnehmenden mit dem Format vertraut. Der Aussage „Ich bin mit dem Spielprinzip eines Escape Spiels vertraut“ stimmten 14 Teilnehmende *eher zu* und 14 Teilnehmende *komplett zu*. Acht Teilnehmende hingegen waren *eher nicht* und sechs Teilnehmende *überhaupt nicht* mit dem Spielprinzip vertraut.

**Kenntnisstand.** Die Ergebnisse zeigen, dass die Zielgruppe im Alltag nur wenig Exposition zu der Thematik durch Berichterstattung in den Nachrichten erfährt. Der Aussage „In den Nachrichten, die ich konsumiere, wird über Sandabbau und Sandverbrauch berichtet“ stimmten 23 Teilnehmende *überhaupt nicht zu*, zwölf Teilnehmende *eher nicht zu*, sechs Teilnehmende *eher zu* und nur eine Person *komplett zu*.

Bezüglich der Einschätzung der Teilnehmenden zu ihrem eigenen Kenntnisstand zeigen die Ergebnisse im Vergleich der Prä- und Post-Erhebung eine Verschiebung der Nen-

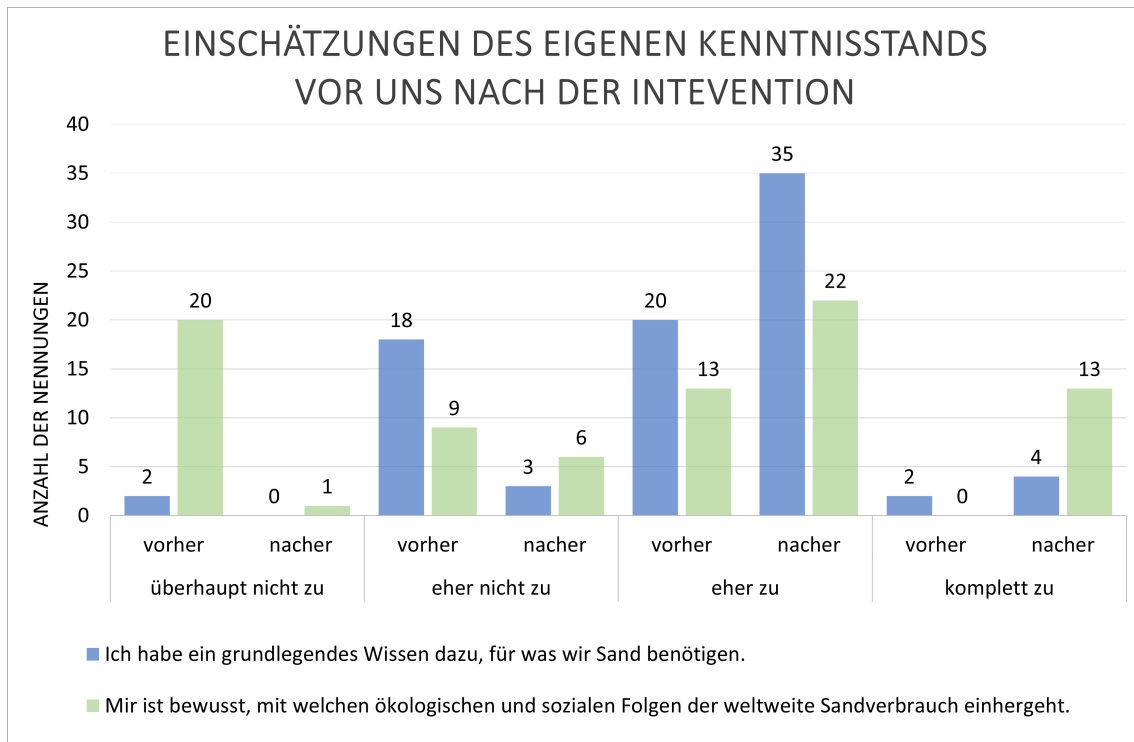


Abbildung 7: Einschätzung der Teilnehmenden bezüglich des eigenen Kenntnisstands zum Thema Sandressourcen, im Vergleich vor und nach der Intervention. Erhebung über eine vier Punkte Likert-Skala von ich stimme *überhaupt nicht zu* bis *komplett zu*.

nungshäufigkeiten, die in Abbildung 7 auf Seite 45 nachvollziehbar wird.

So kam es in der Post-Erhebung zu mehr Nennungen der Antwortmöglichkeiten *eher zu* und *komplett zu*, als bei der Prä-Erhebung. Diese Verschiebung ist besonders im Bezug auf das Bewusstsein für ökologische und soziale Folgen des weltweiten Sandabbau ausgeprägt. Waren vor der Intervention noch 20 Personen der Meinung diese Folgen überhaupt nicht zu kennen, war es nach der Intervention nur noch eine Person. Parallel dazu kam es zu einer auffälligen Veränderung im Bereich ich stimme *komplett zu*. Hierzu gab es in der Prä-Erhebung keine Nennungen, während es nach der Intervention 13 waren. Darüber hinaus stimmten die Teilnehmenden der Aussage „Ich habe mir in dem Spiel neues Wissen zu Sandabbau angeeignet“ mehrheitlich zu. 15 Teilnehmende stimmten *eher zu* und 25 Teilnehmende *komplett zu*. Eine Person stimmte *eher nicht zu*.

**Stellenwert des Themas.** Bereits vor der Intervention war in der Gruppe der Befragten die vorherrschende Meinung, dass das Thema Sandressourcen gesellschaftlich nicht genügend Aufmerksamkeit erfährt. Nach der Intervention gab es diesbezüglich kaum Veränderung. In der ersten Erhebung waren 22 Teilnehmenden der Meinung, dass das Thema *überhaupt nicht* genug gesellschaftliche Aufmerksamkeit erfährt, während 14 Personen *eher nicht* zustimmten. Zwei Personen stimmten der Aussage *eher zu*, eine *komplett zu*.

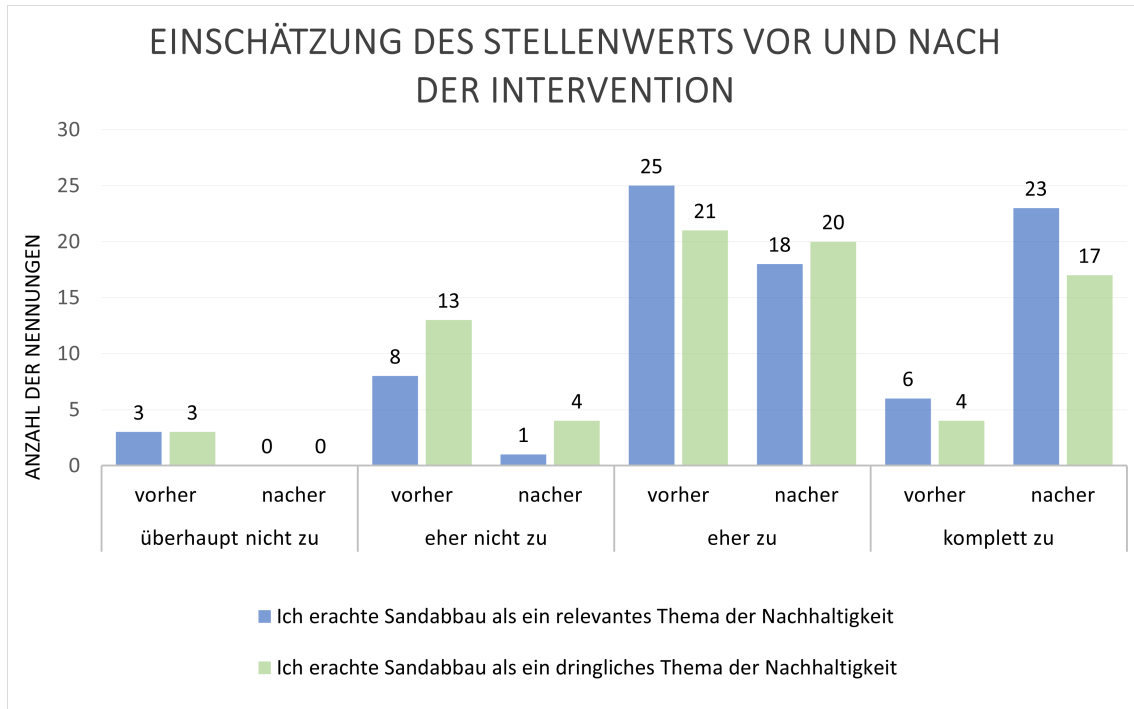


Abbildung 8: Einschätzung der Teilnehmenden bezüglich des Stellenwerts des Themas, im Vergleich vor und nach der Intervention. Erhebung über eine vier Punkte Likert-Skala, von ich stimme *überhaupt nicht zu* bis *komplett zu*.

Diese Zahlen blieben fast identisch mit der zweiten Erhebung, bei der 21 Personen *überhaupt nicht*, 16 *eher nicht*, eine Person *eher* und eine *komplett* zustimmten.

Hingegen gab es im Bezug auf die Relevanz und die Dringlichkeit, welche die Teilnehmenden dem Thema Sandressourcen zuordnen, Unterschiede. Tabelle 8 auf Seite 46 zeigt die kompletten Nennungen für die beiden Aussagen. Im Vergleich der Erhebungen kam es hier nach der Intervention zu einer Verschiebung der Nennungen in den Bereich ich stimme *komplett zu*, während parallel dazu ein Rückgang bei den Nennungen *überhaupt nicht zu* und *eher nicht zu* zu verzeichnen ist. Zusätzlich bestand bei fast allen Teilnehmenden nach dem Spiel der Wunsch, mehr zu dem Thema Sandabbau zu erfahren (*Überhaupt nicht zu* 2, *eher nicht zu* 3, *eher zu* 28 und *komplett zu* 7).

**Spezifisches Wissen.** Für die Auswertung dieser Dimension des Fragebogens wurden den Antwortmöglichkeiten aus dem Wissenstest numerische Werte zugeordnet. Jedem Attraktor wurde eine eins zugeordnet, jedem Distraktor eine null. Ungültige Antworten sowie die Option „Ich weiß es nicht“ werden wie die Distraktoren mit null gewertet. Pro richtiger Antwort wurde entsprechend ein Punkt vergeben: Bei den Single-Choice Items konnte somit maximal ein Punkt, bei den Multiple-Choice Items konnten bis zu vier mögliche Punkte erreicht werden. Diese wurden aufsummiert, womit die höchste zu erreichende Punktzahl bei 15 lag.

Über R-Studio wurde mit dem Paket „lessR“ ein gepaarter T-Test vorgenommen, um die Mittelwerte der Prä- und Post-Erhebung miteinander zu vergleichen. Für den gepaarten T-Test wurden die folgenden Hypothesen aufgestellt:

1. Nullhypothese  $H_0$ : Es gibt keinen Unterschied zwischen den erzielten Testergebnissen der Teilnehmenden bei der Prä- und Post-Erhebung.
2. Alternative Hypothese  $H_1$ : Die Teilnehmenden erzielten nach der Intervention eine höhere Punktzahl im Wissenstest als vor der Intervention.

Die Ergebnisse des durchgeführten T-Tests zeigen, dass die Teilnehmenden durchschnittlich 3,6 Punkte im Wissenstest der Prä-Erhebung und 10,1 Punkte in der Post-Erhebung erzielten. Durchschnittlich gab es somit einen Zugewinn von 6,5 Punkten, bei einer Standardabweichung von 3,1 Punkten. Damit wird die Nullhypothese  $H_0$  widerlegt. Es gibt einen Unterschied in den erzielten durchschnittlichen Testergebnissen vor und nach der Intervention. Da dieser Unterschied im positiven Bereich liegt, ist ein Wissenszuwachs festzustellen. Die alternative Hypothese  $H_1$  wird bestätigt. In Hinblick auf die Signifikanz des Unterschieds wurde anschließend der p-Wert untersucht. Dieser lag für die Erhebung bei 0,000 und somit deutlich unter dem Wert von 0,05. Die Differenz der durchschnittlich erzielten Ergebnisse in der Prä- und Post-Erhebung ist somit statistisch signifikant. Die Ausprägung des Mittelwertunterschieds wird mit dem Effektstärkemaß Cohens  $d$  beschrieben. Der Wert dafür liegt bei  $d = 2,09$  und ist somit sehr stark ausgeprägt. Die Referenzwerte bedeuten ab einem Cohens  $d$  von 0,2 einen kleinen Effekt, ab 0,5 einen mittleren Effekt und ab 0,8 einen großen Effekt (COHEN, 1992).

### **Nachhaltigkeitskompetenzen „vernetztes Denken“ und „vorausschauendes Denken“.**

Dieser Dimension lag in der Erhebung ein *stimmt / stimmt nicht*-Format zugrunde, mit einer zusätzlichen „Ich weiß es nicht“ Option. Für die Auswertung dieser Dimension wurden den Antwortmöglichkeiten numerische Werte zugeordnet. Jedem Attraktor wurde eine eins zugeordnet, jedem Distraktor eine null. Ungültige Antworten sowie die Option „Ich weiß es nicht“ wurden mit null gewertet. Wegen einer fehlerhaft formulierten Frage im Fragebogen, musste ein Item aus der Auswertung genommen werden. Die Antworten der verbleibenden Items wurden aufsummiert, pro richtiger Antwort wurde ein Punkt vergeben. Die höchste zu erreichende Punktzahl lag bei 3.

Über R-Studio wurde mit dem Paket „lessR“ ein gepaarter T-Test vorgenommen, um die Mittelwerte der Prä- und Post-Erhebung miteinander zu vergleichen. Für den T-Test wurden die folgenden Hypothesen aufgestellt:

1. Nullhypothese  $H_0$ : Es gibt keinen Unterschied zwischen den erzielten Punkten der Teilnehmenden bei der Prä- und Post-Erhebung.

2. Alternative Hypothese  $H_1$ : Die Teilnehmenden erzielen nach der Intervention eine höhere Punktzahl als vor der Intervention.

Die Ergebnisse des durchgeführten T-Tests zeigen, dass die Teilnehmenden durchschnittlich 0,6 Punkte in der Prä-Erhebung und 1 Punkt in der Post-Erhebung erzielten. Durchschnittlich gab es somit einen Zugewinn von 0,4 Punkten bei einer Standardabweichung von 0,5 Punkten. Damit wird die Nullhypothese  $H_0$  widerlegt. Wie auch im vorhergegangenen Test des Wissenszuwachses wird die alternative Hypothese  $H_1$  bestätigt. Der p-Wert des Tests liegt für die Erhebung bei 0,000 und somit auch hier unter dem Wert von 0,05. Die Differenz der durchschnittlich erzielten Ergebnisse in der Prä- und Post-Erhebung ist somit statistisch signifikant. Cohens  $d$  liegt bei 0,775 und ist somit mittelmäßig ausgeprägt ( $d =$  ab 0,2 kleiner Effekt, ab 0,5 mittlerer Effekt, ab 0,8 großer Effekt).

Weiterhin wurde in der Dimension die Aussage „Ich kann in der Zukunft neue Informationen zum Thema Sandabbau mit dem heute Gelernten verknüpfen und einordnen“ von den Teilnehmenden bewertet. Dieser Aussagen stimmten die Teilnehmenden mehrheitlich *eher zu* (24) oder *komplett zu* (14). Nur zwei Personen lehnten die Aussage ab und stimmten *überhaupt nicht* (1) und *eher nicht zu* (6).

**Nachhaltigkeitskompetenz „Selbstkompetenz“.** Für die beiden Aussagen „Die einhergehenden Umweltfolgen und sozialen Auswirkungen von Sandabbau sind für mich besorgniserregend“ und „Ich möchte mein soziales Umfeld auf die Thematik Sandabbau aufmerksam machen“ liegen vergleichbare Ergebnisse vor, die in Abbildung 9 auf Seite 49 abgebildet sind. Über die Hälfte der Gruppe stimmte in der Prä-Erhebung den Aussagen *eher zu*, ein Drittel *eher nicht zu*. Nach der Intervention ergab sich eine geänderte Verteilung, bei der ein Rückgang der Nennungen *bei eher nicht zu* erfolgte und wohingegen die Nennungen in den Bereichen *eher zu* und *komplett zu* zunahmen.

Weiterhin stimmten die Teilnehmenden nach der Intervention der Aussage „Ich kann mir in Zukunft neue Informationen zum Thema Sandabbau selbst leichter aneignen“ großteils zu. Die Antworten verteilten sich auf 25 *eher zu* und neun *komplett zu*. Keine Person stimmte *überhaupt nicht zu*, fünf *eher nicht zu*.

Außerdem wurde in Bezug auf die Selbstkompetenz die Aussage „Ich hätte es auch alleine geschafft, das Ziel zu erreichen“ von den Teilnehmenden bewertet. Diese wurde mehrheitlich abgelehnt, mit 17 Nennungen von *überhaupt nicht zu*, 15 von *eher nicht zu*, sechs von *eher zu* und einer von *komplett zu*.

**Nachhaltigkeitskompetenz „Kooperationskompetenz“.** Den drei Aussagen der Dimension, wie sie in Abbildung 10 auf Seite 49 zu sehen sind, stimmten die Teilnehmenden der Intervention großteils *komplett zu*. Besonders die Aussage „Das Spielformat hat die

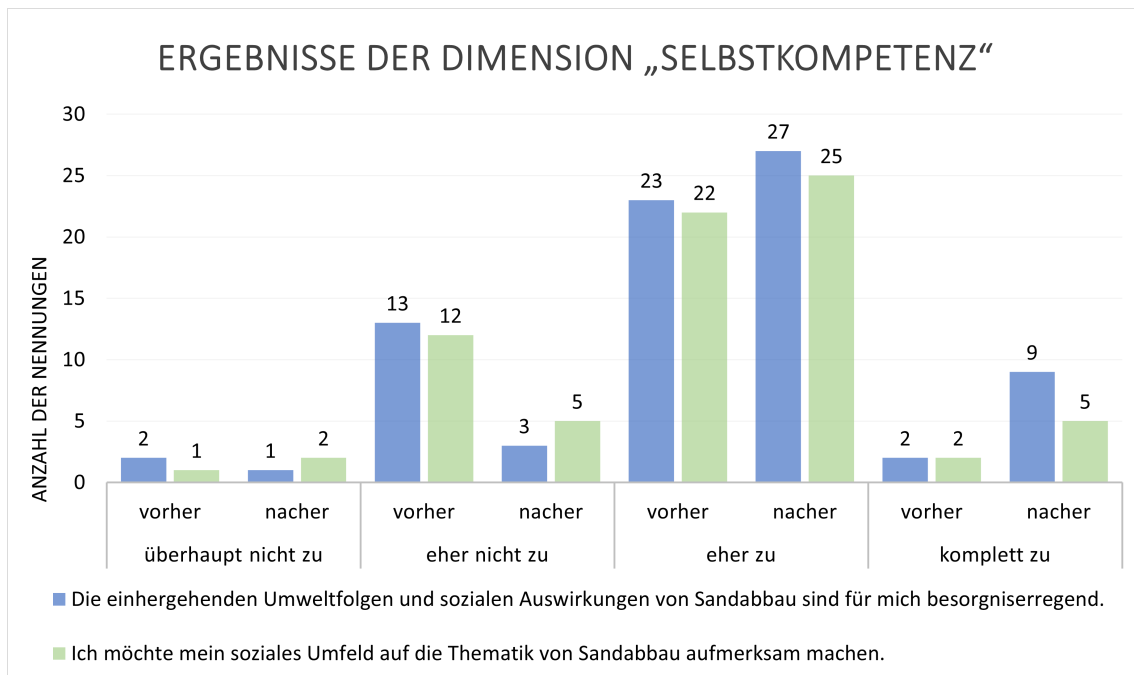


Abbildung 9: Selbstpositionierung der Teilnehmenden zu Aussagen, welche der Selbstkompetenz zugeordnet werden, im Vergleich vor und nach der Intervention. Erhebung über eine vier Punkte Likert-Skala, von ich stimme *überhaupt nicht zu* bis *komplett zu*.

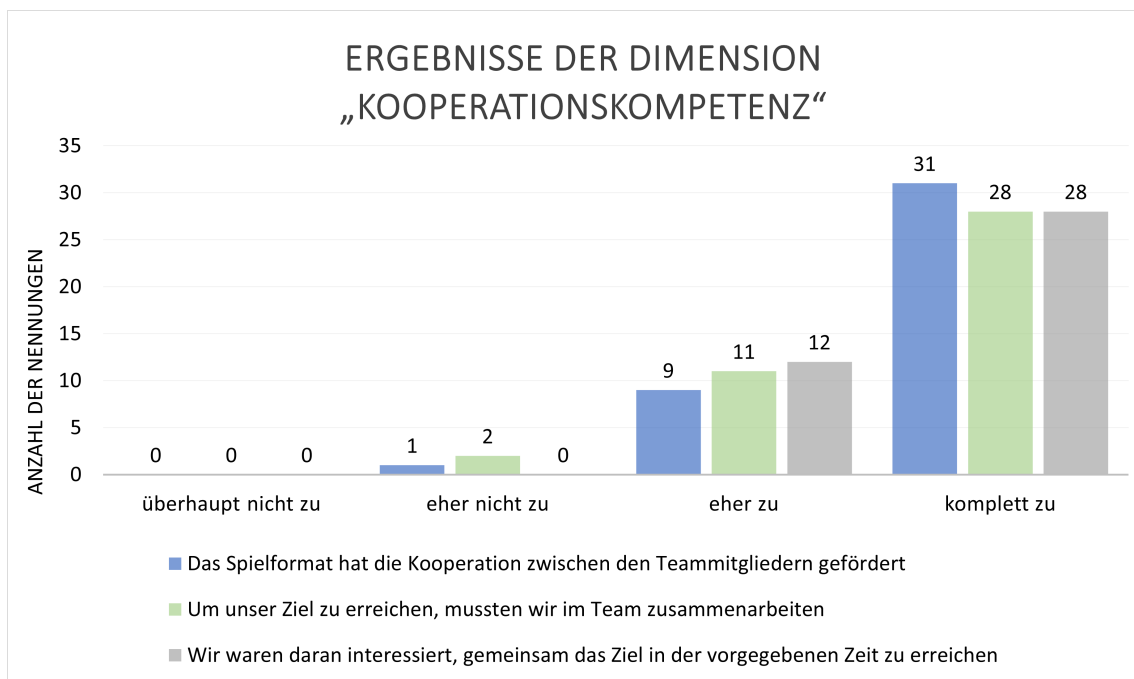


Abbildung 10: Selbstpositionierung der Teilnehmenden zu Aussagen, welche der Kooperationskompetenz zugeordnet werden. Erhebung über eine vier Punkte Likert-Skala, von ich stimme *überhaupt nicht zu* bis *komplett zu*.

Kooperation zwischen den Teammitgliedern gefördert“ erhielt viel Zustimmung. 31 Teilnehmende stimmten ihr *komplett zu*.

**Spielerlebnis und Spielumsetzung.** Für jede der zehn Fragen lag die große Mehrheit der Nennungen im Bereich *eher zu* und *komplett zu*. Die einzelnen Nennungen sind in Abbildung 11 auf Seite 51 detailliert abgebildet.

Konzipiert wurde das EES für vier Spieler\*innen pro Gruppe. Auf Grund der Teilnehmer\*innenanzahl bei den FÖJ-KUR Seminaren, ging die Verteilung nicht immer auf, so dass achtmal in Vierergruppen und zweimal in Fünfergruppen gespielt wurde. Die Teilnehmenden wurden gefragt, was ihrer Meinung nach die optimale Gruppengröße sei. Durchschnittlich ergab die Erhebung, dass die Testgruppe eine Gruppengröße von 4 Spieler\*innen bevorzugt. Die meisten Spieler\*innen, die in einer Vierergruppe gespielt haben, bewerteten die erlebte Gruppengröße als optimal, könnten es sich aber auch in dreier oder Fünfergruppen vorstellen. Bei den Fünfergruppen hingegen gab es einen Trend dahingehend, dass eine geringere Gruppenstärke von durchschnittlich vier Teilnehmenden eher angemessen wäre.

## 8 Diskussion

In der folgenden Diskussion sollen die Auswahl und Eignung der Methoden und die Ergebnisse der Erhebung kritisch betrachtet werden. Abschließend soll die Forschungsfrage beantwortet werden, ob edukative Escape Spiele eine geeignete Methode für die BNE darstellen.

### 8.1 Diskussion der Methoden

**Auswahl des Themas Sandressourcen.** Das Thema der Sandressourcen erfährt zunehmend mehr wissenschaftliche, wirtschaftliche und politische Aufmerksamkeit. Dennoch ist das Thema gesellschaftlich wenig präsent. Neben dem Bedarf, das Thema dahingehend bekannter zu machen und wegen ihrer Verknüpfung zu den 17 Nachhaltigkeitszielen der UN, stellen Sandressourcen daher inhaltlich ein geeignetes Thema für die BNE dar. Zusätzlich gibt es aktuell einen Mangel an Lehr- und Lernmaterialien diesbezüglich. Neben dieser inhaltlichen und praxisrelevanten Eignung der Themenwahl, beurteilen auch die Teilnehmenden die Auswahl des Themas als für die Zielgruppe geeignet und äußern nach der Intervention den Wunsch, mehr zu dem Thema zu erfahren.

Die BNE möchte dazu beitragen, Lernende dazu zu befähigen, selbst nachhaltige Entscheidungen zu treffen und selbst zu Nachhaltigkeitsbürger\*innen zu werden (RIECKMANN, 2018; WALZ & LENGLET, 2016). Konkrete Handlungsmöglichkeiten für die Teilnehmenden sind allerdings in Bezug auf den nachhaltigen Umgang mit Sandressourcen eingeschränkt.

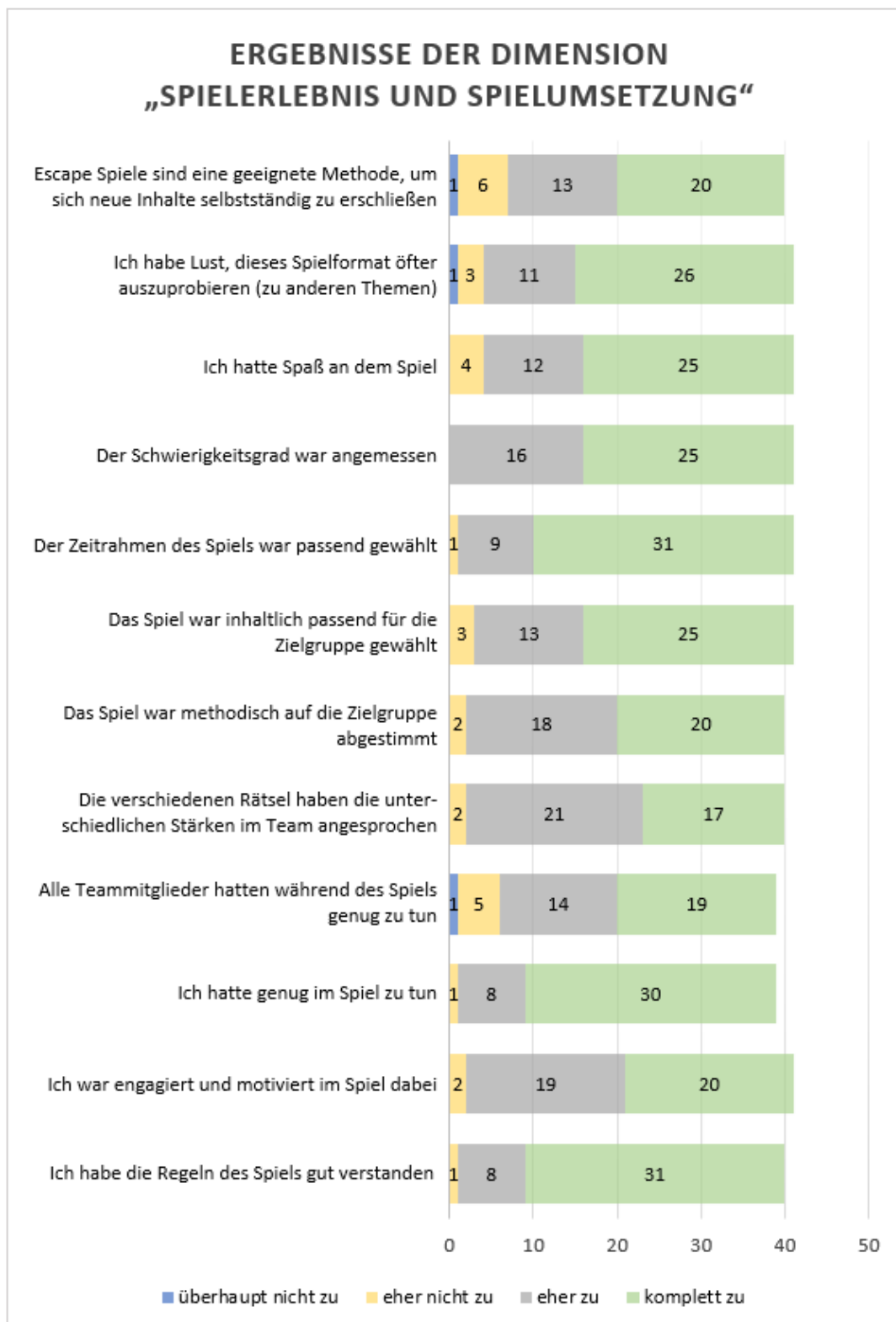


Abbildung 11: Übersicht der Antworten der Teilnehmenden zu Fragen des Spielerlebnisses und der methodischen Eignung von EES für die Zielgruppe. Erhebung über eine vier Punkte Likert-Skala, von ich stimme *überhaupt nicht* zu bis *komplett* zu.



Sand ist im Alltag kaum zu vermeiden und im Gegensatz zu beispielsweise Plastikverpackungen kaum zu erkennen. Zusätzlich ist die Zielgruppe an einem Punkt in ihrem Leben, an dem sie sich nicht mit Fragen des eigenen Hausbaus beschäftigen und diesbezüglich Entscheidungen zur Baumaterialwahl treffen muss. Darüber hinaus ist der Umgang mit Sandressourcen in Deutschland durch die Raumplanung gesichert und unterliegt dabei vielen Gesetzen, die ökologische und soziale Konsequenzen von Sandressourcenabbau berücksichtigen und mitigieren sollen (ROHSTOFFBERICHT, 2022). Für die Teilnehmenden sind im Alltag deswegen wenig Kontaktpunkte zu dem Thema gegeben und die eigene Handlungsfähigkeit limitiert. Lernende in Bezug zu Themen der Nachhaltigkeit handlungsfähig zu machen, ist im Sinne der BNE jedoch weiter gefasst zu verstehen. Auch das Selbstverständnis der Lernenden bezüglich ihrer Rolle in der Gesellschaft sowie die eigene Bereitschaft das soziale Umfeld für Themen der Nachhaltigkeit zu sensibilisieren, fällt in den Rahmen der Handlungsfähigkeit. Auf diesem Verständnis der BNE beruht die Eignung des Themas der Sandressourcen.

**Literaturrecherche.** Durch die Literaturrecherche konnte das Thema Sandressourcen sowie das Thema BNE gut dargestellt werden. Die Auswahl der Zeiträume hat sich für die Arbeit mit dem Literaturkörper für die beiden Bereiche Sandressourcen und BNE bestätigt, die aktuellen Ergebnisse und Debatten konnten abgebildet werden. Während der Literaturkörper zum Thema der Sandressourcen sich in den letzten Jahren stark vergrößert hat, ist der der BNE und ernsten Spiele noch zunehmend dabei sich zu formen. Dies zeigt sich auch in der Verfügbarkeit der entsprechenden Literatur. So liegt bezüglich der Sandressourcen ein großer Kanon an wissenschaftlich fundierten und in Gruppenprozessen geprüften Artikeln vor. Für die Themen der BNE, ernsten Spiele und edukativen Escape Spiele musste hingegen vermehrt auf Konferenzpublikationen und Expert\*innen Interviews zurückgegriffen werden, da besonders die letzteren beiden Themenfelder noch recht neu sind und die Forschung dazu noch im Begriff ist sich zu festigen. Die Literaturrecherche hat sich trotz dieser Unterschiede innerhalb der Themengebiete als Grundlage geeignet, auf welche im weiteren Verlauf der Masterarbeit aufgebaut werden konnte.

**Fragebogen.** Die Konzeption des Fragebogens erfolgte nach HOLLENBERG (2016) und konnte in Bezug auf die meisten Fragebogendimensionen gut umgesetzt werden. Dabei hat sich die Mischung aus objektiven und subjektiven Messzugängen bewährt, da diese sich in der Auswertung gut ergänzt haben. Dies schließt die Dimensionen „soziodemographisch“, „eigene Voraussetzungen“, „Einschätzung des Stellenwerts“, „spezifisches Wissen“ sowie „Spielerlebnis und Spielumsetzung“ ein. Hingegen kann die Konzeption des Fragebogens bezüglich der Nachhaltigkeitskompetenzen nur unzureichend die entsprechenden Dimensionen erfassen. Dies kann einerseits an dem gewählten Format bezüglich der Dimension „Vernetztes und vorausschauendes Denken“ liegen. So wurde mit

einem geschlossenen Frage-Antwort-Format gearbeitet, um die Auswertung des Fragebogens in einem zeitlichen Aufwand zu ermöglichen, der dem Rahmen dieser Masterarbeit angemessen war. Jedoch hat die Item-Art *stimmt/stimmt nicht* dazu geführt, dass die Teilnehmenden ihre Gedankenprozesse bezüglich ihrer Abwägung nicht mitteilen konnten. Ein offenes Frage-Antwort-Format, beispielsweise mit einem freien Textfeld, hätte hier eventuell detaillierte Erkenntnisse liefern können. Andererseits gab es auch innerhalb der gewählten Items dieser Dimension einen Fehler, weswegen nicht alle Items ausgewertet werden konnten. Auf diese Problematik wird unter Punkt 8.2 genauer eingegangen.

**Statistische Auswertung mit R.** Die statistische Auswertung der Ergebnisse konnte mit dem Programm RStudio und dem gewählten Paket „lessR“ zielgerichtet durchgeführt werden. Die Aussagekraft der statistischen Kenngrößen ist jedoch für die beiden Dimensionen „Spezifisches Wissen“ und „Vernetztes und vorausschauendes Denken“ unterschiedlich. Dies liegt einerseits an der Konzeption dieser beiden Dimensionen, als auch an der Verfügbarkeit von Vergleichswerten anderer Studien. Während die Analyse eines gepaarten T-Test im Bereich der ernsten Spiele und edukativen Escape Spiele das am häufigsten genutzte Mittel ist um Veränderungen in der Testgruppe zu beschreiben, analysieren nicht alle Autor\*innen ihre Ergebnisse neben der statistischen Signifikanz auch auf deren Effektstärke (NGUYEN & HALLINGER, 2022). Dieser Umstand und die sich daraus ergebenden Konsequenzen werden in der anschließenden Diskussion der Ergebnisse unter Punkt 8.2 für die beiden Dimensionen gesondert beschrieben und diskutiert.

**STAR-Modell.** Die Anwendung des STAR-Modells hat eine strukturierte und erfolgreiche Konzeption des edukativen Escape Spiels zum Thema „Sand als begehrte Ressource“ ermöglicht. Nur bezüglich der Nachbesprechung hat das Modell nicht ausreichend Anleitung geboten. Ziel der Anwendung eines validierten Modells zur Konzeption eines EES war dabei, die Vergleichbarkeit von Ergebnissen diesbezüglich zu erhöhen. Die Erfahrungen und Ergebnisse aus der Konzeptionsphase und der Auswertung weisen jedoch darauf hin, dass die Vergleichbarkeit von verschiedenen EES schwierig bleibt, da diese sich dadurch auszeichnen, dass sie sehr individuell gestaltet werden. So ist die spezifische Abstimmung des EES auf die Zielgruppe und die Lernziele als grundlegende Voraussetzung bei der Konzeption des EES zu verstehen. Für jedes EES werden somit zwangsläufig ein neuer Spielfluss, neue Rätsel und neue Materialien entwickelt und erstellt. Dabei greifen die Spielentwickler\*innen zwar auf die selben Spiel- und Kontextelemente zurück, wie sie diese gestalten ist jedoch unabhängig von dem Modell. Zusätzlich gibt es bisher keine standardisierten Parameter, um zu bewerten, wie die Umsetzung qualitativ gelungen ist. Erfolgt diese jedoch mit einer unzureichenden Qualität, kann dies zu möglichen negativen Folgeerscheinungen bei der Anwendung und späteren Auswertung des EES führen.

Dies ist beispielsweise in Bezug auf den Schwierigkeitsgrad der Rätsel relevant, wel-

cher sehr genau auf die Zielgruppe angepasst werden muss. Die Einschätzung des Schwierigkeitsgrades obliegt dabei den Verantwortlichen der Spielentwicklung. Ist dieser zu leicht oder zu schwer, können die Teilnehmenden im Spiel Langeweile oder Frust erfahren, was sich auf das Engagement der Teilnehmenden im Spiel und deren Lernbereitschaft auswirken kann (MIJAL et al., 2021). Diesbezüglich gibt es jedoch keine Werkzeuge, welche Spielentwickler\*innen nutzen können, um den Schwierigkeitsgrad zu erfassen und abzubilden. Denkbar wäre es, die Schwierigkeit darüber zu beschreiben, wie viele verschiedene Ebenen das Rätsel hat. Zusätzlich könnte in die Bewertung einfließen, wie lange die Spieler\*innen der Testphase durchschnittlich mit dem Rätsel beschäftigt waren und wie viele Hinweise sie gebraucht haben, um das Rätsel zu lösen.

Darüber hinaus unterliegt auch die Entwicklung des Spielflusses den Spielentwickler\*innen. Wird dieser nicht entsprechend angepasst, kann es dazu kommen, dass (unabhängig von der Schwierigkeit der Rätsel) Leerlauf entsteht oder Teilnehmende sich mit einer unüberschaubaren und überfordernden Menge an Materialien konfrontiert sehen. Auch dies kann einerseits Langeweile oder Frust bei den Teilnehmenden hervorrufen und sich negativ auf das Spielerlebnis und ihr Spielverhalten auswirken.

Zusätzlich beschreiben viele Studien und Autor\*innen die Wichtigkeit der Rolle von „Immersion“, dem Eintauchen der Teilnehmenden in die Handlung und Erzählung des Spiels, welche die Spielerfahrung positiv beeinflussen und die Motivation und das Engagement der Teilnehmenden im EES erhöhen kann (CLARKE et al., 2017; NICHOLSON, 2016, 2018; OUARIACHI & WIM, 2020; VELDKAMP, DAEMEN et al., 2020). Dies beinhaltet beispielsweise die konsistente Entwicklung und Abstimmung des gewählten Genres des EES, die entwickelte Spielerzählung, die Wahl der Materialien und der entwickelten Rätsel (NICHOLSON, 2016). Wie das in der Umsetzung gelingt, lässt sich jedoch schwer erfassen und von außen nicht nachvollziehen.

Das STAR-Modell bietet daher einen Rahmen, in dem sich die Spielentwickler\*innen frei bewegen können und dessen Umsetzung stark von der Auslegung der Elemente durch die entwickelnden Personen beeinflusst wird. Dadurch wird die Vergleichbarkeit von EES untereinander eingeschränkt, auch wenn sie auf Grundlage desselben Modells entwickelt wurden. Autor\*innen weiterer Studien können dahingehend zur Vergleichbarkeit beitragen, indem sie über das Modell hinaus auch offenlegen, wie sie bei der Konzeption des EES gearbeitet haben, welchen Spielfluss sie gewählt haben und welchen Schwierigkeitsgrad sie den Rätsel zugeordnet haben. Als zusätzlichen Punkt der Auswertung des EES sollte in vergleichenden Studien auch die Zufriedenheit der Zielgruppe hinsichtlich der Umsetzung der Methode erhoben werden.

**Wissenschaftliche Voreingenommenheit.** Wissenschaftliche Voreingenommenheit (englisch „bias in research“) kann in allen Abschnitten der Planung, Durchführung und Auswertung von Studien vorkommen, wobei auch die eigene Voreingenommenheit der Wis-

senschaftler\*innen eine Rolle spielen kann (PANNUCCI & WILKINS, 2010). Ziel der Masterarbeit ist es, geeignetes Lehr- und Lernmaterial zu erstellen. Dabei ist die Person, welche das edukative Escape Spiel entwickelt, auch diejenige, die das Spiel (zumindest teilweise) anleitet und anschließend auswertet. Dies kann dahingehend problematisch sein, dass mit dem übergeordneten Ziel der Masterarbeit Erwartungen an die Ergebnisse einhergehen, welche sich auf die Auswertung dieser auswirken können. Das Forschungsdesign wurde deswegen so ausgerichtet, dass die Erhebung der Daten eine objektive Auswertung dieser ermöglicht. Ist dies nicht gegeben, kann dies die interne Gültigkeit und wissenschaftliche Aussagekraft der Ergebnisse einschränken (PANNUCCI & WILKINS, 2010).

Elemente dieses Forschungsdesigns beinhalten daher einen standardisierten Fragebogen mit geschlossenen Frage-Antwort-Formaten, die sich entweder in numerische Werte umwandeln und statistisch auswerten lassen oder durch Selbstpositionierung im Vorher-Nachher-Vergleich visuell dargestellt werden können. Offene Textformate oder angeleitete Diskussionen, die ausgewertet werden müssen, wurden bewusst nicht gewählt. In manchen Phasen der Konzeption und Durchführung wurde das Verhalten der Teilnehmenden der Intervention beobachtet. Diese Beobachtungen wurden über einen vorher entwickelten Beobachtungsbogen durchgeführt und sowohl von der Spielentwicklerin als auch von einer unbeteiligten Person festgehalten. Die Ergebnisse wurden danach abgeglichen. Zusätzlich wurde der Kontakt zwischen der Spielentwicklerin und den Teilnehmenden der Intervention minimiert, indem viele Teile der Durchführung durch andere Anleitende des FÖJ-KUR übernommen wurden. Dies war nicht in allen Bereichen möglich, da es dafür ein tiefes Verständnis aller entwickelten Rätsel sowie der logischen Abfolge des zugrundeliegenden EES benötigt. Jedoch ist der Spielablauf im Allgemeinen darauf ausgelegt, dass dieser in Eigenverantwortung der Teilnehmenden stattfindet. Nachdem die anfänglichen Informationen mit den Spielgruppen geteilt werden, ist die Rolle der Spielleitung beobachtend und reaktiv. Zwar können die Teilnehmenden bei Problemen und Fragen an die Spielleitung herantreten, die mit Hinweisen und Tipps helfen kann, um den Spielfortschritt der Gruppen zu ermöglichen. Diese Hilfestellung erfolgt jedoch über standardisierte Hinweise. Durch diese Hinweise wird daher nur beeinflusst, wie schnell sich die Gruppen durch das Spiel bewegen, jedoch nicht, mit welchen Materialien und Informationen sie in Kontakt kommen oder wie sie sich durch das Spiel bewegen. Dies ist durch den konzipierten Spielfluss vorgegeben. Auch die Nachbesprechung des EES liegt zum großen Teil bei den Freiwilligen, von der Spielleitung werden keine weiteren inhaltlichen Informationen gegeben, welche die Auswertung des Spiels und die Meinung der Teilnehmenden beeinflussen könnten. Der inhaltliche Austausch der Nachbesprechung findet eigenständig statt.

Durch diese Maßnahmen konnte der Einfluss durch eine mögliche eigene Voreingenommenheit minimiert werden. Ganz auszuschließen ist dieser in der Regel jedoch nicht (PANNUCCI & WILKINS, 2010). Bezüglich dieser Masterarbeit beispielsweise wurde der vor-

liegende Datensatz nur von einer Person bearbeitet und ausgewertet. Um die Objektivität dieser Auswertung zu stärken, müssten mehrere Personen diese kontrollieren, auch solche, die nicht an der Spielentwicklung beteiligt waren (PANNUCCI & WILKINS, 2010). Zusätzlich liegt für die Erhebung keine Kontrollgruppe vor. Es kann entsprechend keine Aussage darüber getroffen werden, wie die Methode im Vergleich mit anderen Methoden abschneidet. Dafür hätte zusätzliches Material mit denselben Inhalten aufbereitet und parallel zu der Intervention des Escape Spiels mit einer Kontrollgruppe durchgeführt werden müssen. So wurde es zum Beispiel im Fall von ABDOLLAHI et al. (2021) verfahren. Dies ist im Umfang dieser Masterarbeit jedoch nicht möglich gewesen.

## 8.2 Diskussion der Ergebnisse

**Spielumsetzung.** Die Ergebnisse zeigen, dass die Teilnehmenden der Intervention diese als sowohl in der vorliegenden Umsetzung gelungen sowie passend auf die Zielgruppe zugeschnitten bewerten. Die Ziele der Konzeptionsphase konnten bezüglich des Schwierigkeitsgrades, des Zeitrahmens, der gewählten Rästelzusammenstellung und des entwickelten Spielflusses erfolgreich umgesetzt werden. Insgesamt kann mit dieser positiven Bewertung der Teilnehmenden bezüglich der Umsetzung der Methode und des Spielerlebnisses ausgeschlossen werden, dass sich eine mangelhafte Umsetzung der Methode negativ auf andere Aspekte des Spiels und dessen Auswertung auswirkt.

Über die Erhebung dieser Dimension wird weiterhin deutlich, dass das entwickelte EES das Potenzial hat, eine motivierte und engagierte Teilnahme der Zielgruppe zu erreichen. Das schlägt sich auch darin nieder, dass die Teilnehmenden der Testgruppe Spaß an dem Spiel hatten und das Interesse überwiegt, das Spielformat zu anderen Themen zu wiederholen. Dahingehend hat sich die Methodenauswahl des EES für die BNE bestätigt.

Auffällig an den Ergebnissen der Erhebung ist in Bezug auf den Spielfluss und die Materialfülle, dass die Teilnehmenden die Aussage „Alle Gruppenmitglieder hatten im Spiel genug zu tun“ weniger zustimmend bewerten, als die Aussage „Ich hatte im Spiel genug zu tun“. Letzterer stimmen 30 *komplett zu*, 8 *eher zu* und es gab eine Antwort im Bereich ich stimme *eher nicht zu*. Die Diskrepanz dieser Aussagen kann im Rahmen dieser Masterarbeit nicht abschließend erklärt werden. Eine mögliche Erklärung liegt darin, dass nicht immer alle Teilnehmenden zusammen am gleichen Rästel beteiligt waren und sich vor allem in der pfadbasierten Sequenz temporäre Untergruppen gebildet haben. Dadurch war nicht durchgängig für alle Teilnehmenden ersichtlich, was die anderen Teammitglieder parallel gemacht haben. Zusätzlich haben die Beobachtungen gezeigt, dass es oftmals zu Situationen kam, in denen der Rätselfluss zeitweise stockte und die Teilnehmenden für sich alleine das Material untersuchten sowie eigene Lösungsansätze entwickelten. Diese Phasen wurden abgelöst von Runden, in denen die Ansätze dargelegt, gemeinsam diskutiert und ausprobiert wurden. Manche Teilnehmenden waren in

diesen Phasen verbal dominanter, andere hingegen zurückhaltender mit ihren eigenen Ideen. Dies könnte dazu geführt haben, dass die zurückhaltenderen Teilnehmenden der Intervention als weniger beteiligt und beschäftigt wahrgenommen wurden, unabhängig davon, wie eingehend sie sich mit den Materialien und den Lösungen beschäftigt hatten. Ungeachtet der Rolle, welche die Teilnehmenden im Spiel eingenommen haben, zeigt die Selbsteinschätzung zur eigenen Auslastung, dass der entwickelte Spielfluss und das Spielkonzept ausreichend Spielinhalte für alle Spieler\*innen der Gruppen bereithalten.

**Spezifisches Wissen.** Die Ergebnisse des Fragebogen weisen darauf hin, dass die Methode zur Wissensvermittlung geeignet ist. Dies zeigt sich über den objektiven Messzugang, bei dessen Erhebung es zu einem statistisch signifikanten Zuwachs an Wissen in der Testgruppe kam. Im Bezug auf den vorliegenden Datensatz wurde zusätzlich zu der statistischen Signifikanz auch die Effektstärke Cohens  $d$  bestimmt. Dieser Wert wird dazu genutzt, die Differenz von Mittelwerten zu beschreiben und sollte angegeben werden, um die Ergebnisse von Studien miteinander vergleichbar zu machen (SUN et al., 2010). Im Fall dieser Erhebung zum Zuwachs an spezifischem Wissen innerhalb der Testgruppe liegt der Wert bei  $d = 2,09$ . Dies ist im Vergleich zu den von COHEN (1992) angeführten Referenzwerten ein sehr starker Effekt. Da es innerhalb verschiedener wissenschaftlicher Disziplinen allerdings unterschiedliche Ausprägungen von durchschnittlich vorkommenden Cohen's  $d$ -Werten gibt, muss die Effektgröße immer mit den Ergebnissen anderer Studien aus dem gleichen Forschungsfeld verglichen werden, um ihn interpretieren zu können (SUN et al., 2010). In dem Fall dieser Masterarbeit bezieht sich dies auf den Bereich der ernsten Spiele und speziell auf den der edukativen Escape Spiele. Dies ist jedoch herausfordernd, denn wie auch von NGUYEN und HALLINGER (2022) kritisch angemerkt, wird bei den meisten vorliegenden Studien zu der Wirkung von ernsten Spielen und edukativen Escape Spielen keine Effektgröße bestimmt, beziehungsweise diese nicht angegeben. Zwei Studien konnten gefunden werden, die zum Vergleich herangezogen werden, da diese das gleiche Forschungsdesign eines gepaarten T-Test nutzen und für diesen die Effektgröße angeben. Die erste dieser Studien stammt von LÓPEZ-PERNAS et al. (2019), welche eine mittlere Effektstärke von 0,73 in Bezug auf den Wissenszuwachs zeigt. Die andere Studie wurde von MANZANO-LEON et al. (2021) verfasst und beinhaltet einen sehr hohen Cohen's  $d$  Wert von 1,46. Darüber hinaus bietet die Studie von ABDOLLAHI et al. (2021) einen Anhaltspunkt, auch wenn diese sich nicht explizit auf edukative Escape Spiele, sondern ernste Spiele generell bezieht. In ihrer Metaanalyse zu dem Effekt von ernsten Spielen im Bereich Gesundheit auf den Wissenszuwachs der Teilnehmenden wird ein durchschnittlicher Wert von  $d = 0,82$  angegeben. Durch diese drei Referenzwerte lässt sich die errechnete Effektstärke der Masterarbeit von  $d = 2,09$  einordnen und als sehr stark in ihrer Ausprägung und von großer praktischer Signifikanz bewertet werden. Das EES Spiel trägt erfolgreich zu einem Wissenszuwachs bei den Teilnehmenden bei.

Dies trifft sowohl für die Teilnehmenden zu, die bereits Erfahrung mit Escape Spielen haben, als auch auf diese, die eher keine oder überhaupt keine Erfahrung mit Escape Spielen haben. Ein Drittel der Testgruppe hat eher keine oder überhaupt keine Erfahrung mit Escape Spielen. Dennoch erzielt auch dieses Drittel einen durchschnittlichen Wissenszuwachs von 6,5 Punkten, was genau dem Durchschnittswert der Gesamtgruppe entspricht. Auch die vier Teilnehmenden, die nach eigenen Angaben an dem Tag der Intervention *eher nicht* motiviert waren etwas Neues zu lernen, erzielen im Durchschnitt einen Wissenszuwachs von 6,5 Punkten. Darüber hinaus gibt es bei zwei dieser vier Personen nach dem Spiel den Wunsch, mehr zu dem Thema Sandressourcen zu erfahren. Auch wenn die Gruppe der *eher nicht* motivierten Teilnehmenden klein ist und keine Generalisierung auf die komplette Zielgruppe vorgenommen werden kann, so gibt es doch Anzeichen dafür, dass die Methode der EES auch weniger motivierte Lernenden erreichen und Interesse für das Thema wecken kann.

Hinsichtlich des subjektiven Messzugangs stimmen auch die Teilnehmenden in überwiegender Mehrheit zu, dass sie sich über das Spiel neues Wissen angeeignet haben. Nur eine Person stimmt der Aussage *eher nicht* zu. Doch auch diese Person erzielt in der Post-Erhebung zwei Punkte mehr als im Wissenstest der Prä-Erhebung. Damit liegt sie zwar deutlich unter dem Durchschnitt der Gesamtgruppe, dennoch gibt es auch in diesem Fall einen Wissenszuwachs zu verzeichnen. Zusätzlich bestätigen die Teilnehmenden die Aussage mehrheitlich, dass Escape Spiele eine geeignete Methode sind, um sich neue Inhalte selbstständig zu erschließen. Die sieben Teilnehmenden, welche dieser Aussage *eher nicht* oder *überhaupt nicht* zustimmen, erzielen durchschnittlich dennoch 6,5 Punkte an Wissenszuwachs. Darüber hinaus stimmt die gesamte Testgruppe der Aussage „Ich kann mir in Zukunft neue Informationen zum Thema Sandabbau selbst leichter aneignen“ mehrheitlich zu. Zusammen bestätigen die statistische Auswertung des objektiven Messzugangs und der subjektive Messzugang, dass das vorliegende EES sich gut zur Wissensvermittlung eignet. Dahingehend hat sich die Methodenauswahl des EES für die BNE bestätigt. Da jedoch keine Kontrollgruppe vorliegt, kann keine Aussage darüber getroffen werden, wie das EES im Vergleich zu anderen Methoden im Bezug auf die Wissensvermittlung abschneidet.

**„Vorausschauendes Denken“ und „Vernetztes Denken“.** Durch eine fehlerhaft formulierte Frage in dem Fragebogen, welche erst in der zweiten Durchführung entdeckt wurde, musste bei der Auswertung der Dimension ein Item gestrichen werden. Mit einer bereits anfänglich niedrig angesetzten zu erreichenden Maximalpunktzahl, hat dieser Umstand auch für die Aussagekraft der Ergebnisse Konsequenzen. Um diese Aussagekraft zu erhöhen, hätten bereits in der Konzeption mehr Items, beziehungsweise mehr zu erreichende Punkte, eingeplant werden müssen. Zusätzlich, wie schon in Teil 8.1 beschrieben, hätte die Item-Art durch offene Frage-Antwort-Formate ergänzt werden können, bei denen Teil-

nehmende ihre Gedanken zu den Fragen darlegen hätten können. Es gelingt nur eingeschränkt, die Nachhaltigkeitskompetenzen „Vorausschauendes und vernetztes Denken“ zu erheben.

Die Dimension wurde in der statistischen Auswertung behandelt wie die des „Spezifischen Wissens“, pro richtig beantworteter Frage wird ein Punkt erreicht. Durchschnittlich erzielten die Teilnehmenden einen Zuwachs von 0,5 Punkten in dieser Dimension. Auch wenn durch den T-Test die Mittelwertveränderung als statistisch signifikant angegeben wird, bedeutet das, dass durchschnittlich nicht einmal eine zusätzliche Frage in der Post-Erhebung richtig beantwortet werden konnte. Darüber hinaus konnte auch nach der Intervention niemand aus der Gruppe alle verbleibenden drei Items der Dimension richtig beantworten. Das Effektstärkemaß Cohens  $d$  ist mit einem Wert von 0,78 von mittlerer Ausprägung. Es wurde keine Studie anderer Autor\*innen gefunden, die es ermöglicht, diesen Wert der praktischen Signifikanz zu vergleichen, da sich die meisten EES nur mit dem Wissenszuwachs befassen und die Nachhaltigkeitskompetenzen nicht erfasst werden. Vergleicht man den hier vorliegenden Wert von 0,78 mit dem der Dimension des „Spezifischen Wissens“ von 2,09, ist letzterer deutlich höher. Auch wenn die beiden Werte auf unterschiedliche Dimensionen abzielen, handelt es sich in beiden Fällen um einen Wissenszuwachs. Sie können nicht gleichgesetzt werden, aber als Anhaltspunkt und Referenz dienen. Es wird deutlich, dass der Cohens  $d$ -Wert dieser Dimension auch bei mittlerer Ausprägung deutlich unter dem Referenzwert liegt und der Effekt als deutlich geringer eingestuft werden sollte. Auf Grund dieser Umstände, muss die statistische und praktische Signifikanz der Dimension „Vernetztes und vorausschauendes Denken“ in ihrer Aussagekraft als eingeschränkt betrachtet werden.

Die Ergebnisse und Erfahrungen aus der Durchführung der Intervention verdeutlichen außerdem, dass das Format des edukativen Escape Spiels nicht darauf ausgelegt ist, dass Teilnehmende innerhalb des Spiels neu erlangtes Wissen reflektieren und mit bereits bekannten Inhalten in Verbindung setzen. Um die Nachhaltigkeitskompetenzen „Vernetztes und vorausschauendes Denken“ gezielt zu fördern, hätte es dahingehend mehr Elemente benötigt, die es erfordern, neues Wissen aktiv auf nachfolgende Rätsel anzuwenden.

Die praktische Umsetzung dieses Ansatzes hat sich in der Durchführung mit den Testgruppen jedoch als herausfordernd dargestellt. Dies wird besonders in Bezug auf Rätsel Nummer vier „Sand ist nicht gleich Sand“ deutlich (vergleiche Tabelle 13 in Anhang A). Bei diesem erhalten die Teilnehmenden verschiedene Fakten rund um Sandabbau, die auf verschiedenen Puzzleteilen aufgedruckt sind. Jedes Puzzleteil gibt es dabei zweimal und bildet somit ein formidentisches Paar, auf das jedoch widersprüchliche Aussagen zu Sandabbau aufgedruckt sind. Nur eine der Aussagen ist richtig, diese muss für die Lösung identifiziert werden. Dabei hilft die Puzzleunterlage, auf der die Positionen der einzelnen Teile bereits markiert sind und welche schriftliche Hinweise bereithält, welche die Teilnehmenden bei der Auswahl des richtigen Puzzleteils unterstützen sollen.



Auch Informationen aus dem vorausgegangenen Spielablauf können dabei helfen. Dieses Rätsel, das inhaltlich und kognitiv an sich für die Zielgruppe nicht schwer ist, stellt die Teilnehmenden in dem Format des Escape Spiels jedoch vor große Herausforderungen. Dies äußert sich darin, dass die Gruppen in der Regel viel Zeit mit diesem Rätsel verbringen und zusätzlich oftmals Hilfestellung benötigen. Die Beobachtungen aus den Testphasen und den Durchführungen zeigen, dass die Schwierigkeit daher stammt, dass die Teilnehmenden sich nicht die Zeit nehmen, die Hinweise auf der Puzzleunterlage zu lesen. Stattdessen wollen sie so schnell wie möglich die Lösung erraten. Der Zeitdruck, der mit dem Spielformat einhergeht, führt bei den Teilnehmenden dazu, dass diese die Rätsel so schnell wie möglich bearbeiten und nicht bei Inhalten verweilen.

Es zeigt sich darüber hinaus, dass es eine gewisse Erwartungshaltung dazu gibt, wie in dem EES neue Hinweise und Lösungen generiert werden müssen und können. In den Spielgruppen wurde statt nach inhaltlichen Hinweisen eher nach Symbolen und auffälligen Zahlen oder Zeichen auf den Puzzleteilen gesucht wird. Dieses Verhalten entspricht der Escape Spiel- oder Escape Raum-Logik: Dort werden Texte in der Regel nicht auf ihren faktischen Inhalt ausgewertet, sondern auf Unregelmäßigkeiten und versteckte Hinweise (NICHOLSON, 2018). Dieses Rätsel, das jedoch absichtlich so konzipiert wurde, dass es das vernetzte Denken fördert und bedingt, dass Inhalte logisch erschlossen werden müssen, wurde nicht als solches von den Teilnehmenden wahrgenommen.

Im Gegensatz zu anderen ernsten Spielen, wie beispielsweise Systemspielen, gibt es bei EES außerdem keine direkten Feedbackmechanismen, welche die Konsequenzen des eigenen Handels in Bezug auf Themen der Nachhaltigkeit erfahrbar machen. Diese Feedbackmechanismen, sowie die Möglichkeit verschiedene Strategien im geschützten Spielrahmen ausprobieren zu können, werden jedoch als wichtiges Element verstanden, um Dynamiken von komplexen Systemen zu kommunizieren (JANAKIRAMAN et al., 2018; MEYA & EISENACK, 2018), was den Teilnehmenden ermöglicht an die Nachhaltigkeitskompetenzen „Vernetztes und vorausschauendes Denken“ anzuknüpfen. Dies ist jedoch nicht mit dem Grundprinzip eines EES vereinbar.

Trotz dieser strukturellen Einschränkungen von EES an die Nachhaltigkeitskompetenzen „Vernetztes und vorausschauendes Denken“ anzuschließen und diese zu fördern, liegt die subjektive Erhebung der Dimension im Widerspruch zu den Ergebnissen des objektiven Messzugangs. Von 40 gültigen Antworten stimmen 38 Teilnehmende der Aussage „Ich kann in der Zukunft neue Informationen zum Thema Sandabbau mit dem heute Gelernten verknüpfen und einordnen“ *eher zu* (24) oder *komplett zu* (14). Das EES scheint somit für die Teilnehmenden dennoch eine inhaltliche Grundlage zu bieten, mit der sie in Zukunft neue Informationen weiterverarbeiten können.

Die Auswertung dieser Dimension unterstreicht, dass die Nachhaltigkeitskompetenzen „Vernetztes und vorausschauendes Denken“ innerhalb des EES methodisch nur unzureichend gefördert werden, was auch an den strukturellen Voraussetzungen der Me-

thode liegt. Um den Teilnehmenden dennoch einen Rahmen zu schaffen, in dem das Erlebte und Inhalte des Spiels reflektiert werden können, enthält das Konzept der EES die Nachbesprechung.

**Nachbesprechung.** Die Nachbesprechung, wie sie in diesem EES umgesetzt wurde, folgt den Anweisungen von VELDKAMP, van de GRINT et al. (2020). Sie bietet Raum für die inhaltliche Reflexion, was ein schrittweises Durchsprechen des EES mit den verschiedenen Rätseln beinhaltet. Dabei sollen neben den Rätselmeechnismen auch die Inhalte des Rätsels beziehungsweise die Lösungen betrachtet werden. In der Durchführung hat sich jedoch gezeigt, dass die Teilnehmenden nach Lösen des Meta-Rätsels in Bezug auf ihre Aufmerksamkeit und Motivation spürbar abbauen. Trotz einer eingelegten Pause wurde die auf 30 Minuten ausgelegte Einheit der Nachbesprechung durchschnittlich innerhalb von zehn Minuten abgearbeitet. Die Rätsel wurden von den Teilnehmenden in Bezug auf ihre Funktionsweise besprochen, die Inhalte der Rätsel darüber hinaus jedoch nicht noch einmal reflektiert. Eine Erklärung dafür kann darin liegen, dass Escape Spiele traditionell mit dem Erreichen des Meta-Rätsels enden. Bis dahin wird der durch den Zeitdruck aufgebaute Eindruck der Dringlichkeit aufrecht erhalten. Dieser kann in der Durchführung der Escape Spiele dazu führen, dass die Motivation und das Engagement der Spielenden gesteigert wird (OUARIACHI & WIM, 2020). Ist das Meta-Rätsel jedoch gelöst, fällt der Druck von den Spieler\*innen ab, denn das übergeordnete Ziel wurde erreicht.

Eine Möglichkeit mit diesem Umstand umzugehen ist, den Zeitdruck aus dem Spiel zu nehmen. Dies ist jedoch ungewöhnlich, da das Zeitlimit eine zentrale Charakteristik von Escape Spielen darstellt. So gibt es nur in der Studie von FOTARIS und MASTORAS (2019) den Hinweis auf eine dokumentierte Anwendung eines edukativen Escape Spiels, das ohne Zeitlimit arbeitet. Alternativ kann es zuträglich sein, die Nachbesprechung nicht direkt an das EES anzugliedern, sondern zu einem späteren Zeitpunkt anzuschließen. Dies könnte beispielsweise in Seminarkontexten am folgenden Tag oder in schulischen Kontexten das nächste Mal geschehen, wenn die Klasse sich für den Unterricht trifft, in dem das edukative Escape Spiel durchgeführt wurde. Für eine direkt an das Spiel angeschlossene Nachbesprechung könnte sich eine verkürzte Form des von VELDKAMP, van de GRINT et al. (2020) vorgeschlagenen Ablaufs besser eignen, die einen Fokus darauf legt, wie es den Spieler\*innen nach der Intervention geht, ob diese Fragen zum Spiel haben und wie sie sich im Spielablauf bewährt haben.

Solange die Nachbesprechung nicht als Teil des EES von den Teilnehmenden anerkannt und angenommen wird, kann sie die strukturellen Voraussetzungen von Escape Spielen, die keinen Raum für Reflexion des Erlebten bieten, nicht auffangen. Solange dies der Fall ist, erscheint die Möglichkeit an die Nachhaltigkeistkompetenzen „Vernetztes und vorausschauendes Denken“ anzuknüpfen und diese zu fördern begrenzt.

**"Kooperationskompetenz"** Da Escape Spiele sich durch ihren kooperativen Charakter auszeichnen, lag der Auswahl der Methode die Annahme zugrunde, dass auch das EES in seiner vorliegenden Ausführung die Kooperationskompetenz der Teilnehmenden fördern kann. Diese Annahme wird von den Teilnehmenden klar bestätigt, welche zustimmen, dass das Format sowohl die Kooperationsfähigkeit gefördert sowie erfordert hat und gleichzeitig das Interesse in der Gruppe bestand, das Ziel des Spiels zu erreichen. Weiterhin widersprechen die Teilnehmenden der Aussage „Ich hätte es auch alleine geschafft, das Ziel des Spiels zu erreichen“ mehrheitlich. Diesbezüglich konnte das EES in seiner vorliegenden Konzeption und Umsetzung an die Kooperationskompetenz anknüpfen und diese fördern. Dahingehend hat sich die Wahl des EES als Methode für die BNE bestätigt.

**Stellenwert und „Selbstkompetenz“.** Das Thema der Sandressourcen ist außerhalb der Wissenschaft, Politik und Baubranche weitgehend unbekannt. Dies trifft auch auf die Teilnehmenden der Intervention zu. Innerhalb der Gruppe gibt es vor der Intervention nur ein eingeschränktes Bewusstsein für die Rolle von Sandressourcen in Gesellschaft und Umwelt. Nach der Intervention beurteilen die Teilnehmenden Sandressourcen als Thema der Nachhaltigkeit sowohl als relevanter, als auch dringlicher. Studien zeigen, dass mit einem gesteigerten Umweltwissen auch die Wahrnehmung von Umweltrisiken steigt und sich diese zusammen auf die empfundene Sorge um die Umwelt auswirkt (SAARI et al., 2021). Dies ist jedoch nicht für jede Person gleich, sondern hängt von persönlichen Voraussetzungen ab. Dies kann beispielsweise beinhalten, wie sehr die Person der Informationsquelle traut, welche politischen Ansichten sie vertritt oder aus welchem kulturellen Hintergrund sie stammt (EOM et al., 2016; MALKA et al., 2009). All diese Informationen wurden in der Masterarbeit nicht erhoben. Für die Teilnehmenden der Intervention lässt sich jedoch feststellen, dass das Thema Sandressourcen nach dem Spiel als besorgniserregender wahrgenommen wird.

Die Sorge um die Umwelt wird weiterhin als ein Indikator verstanden, der sich auf das beabsichtigte Verhalten bezüglich von Umweltproblemen auswirkt. SAARI et al. (2021) führen aus, dass mit einer gesteigerten Sorge um die Umwelt auch die Absicht steige, sich entsprechend umweltfreundlich zu verhalten. Im Falle der Masterarbeit steigt diesbezüglich bei den Teilnehmenden nach Intervention der Wunsch, das Thema der Sandressourcen im eigenen Umfeld bekannter zu machen. Wie dies genau ausgehend könnte wurde in der Masterarbeit nicht erhoben und könnte als Punkt in die Nachbesprechung integriert werden. Im Bezug auf den Stellenwert und den Wunsch das Thema gesellschaftlich zu stärken, hat sich die Wahl der Methode EES für die BNE bestätigt. Dies stellt jedoch nur eine Momentaufnahme dar, welche direkt nach der Intervention aufgenommen wurde und keine Rückschlüsse darauf zulässt, wie viele der Teilnehmenden dieser Absicht nachkommen. Denn auch wenn diese Absicht als Anzeiger für ein zukünftiges, konkretes

Handeln verstanden wird (SAARI et al., 2021), ist es nicht sicher, dass dieser Wunsch in der Praxis umgesetzt wird. Forschungsergebnisse der Vergangenheit beschreiben diesbezüglich eine Lücke zwischen Intention und Handeln (PAPIES, 2017). Um beurteilen zu können, ob die Intention in tatsächliche Aktionen umgesetzt wird, müsste eine nachfolgende Erhebung mit der selben Testgruppe durchgeführt werden. Dies war im zeitlichen Rahmen der Masterarbeit jedoch nicht möglich.

### **8.3 Beantwortung der Forschungsfrage**

1. Sind edukative Escape Spiele eine geeignete Methode der BNE?
  - (a) Ermöglichen sie es den Teilnehmenden sich neues Wissen zu dem Thema Sandressourcen anzueignen?
  - (b) Kann durch das EES an die Nachhaltigkeitskompetenzen „Vorausschauendes Denken“, „Vernetztes Denken“, „Selbstkompetenz“ und „Kooperationskompetenz“ angeknüpft werden?
  - (c) Hat das EES einen Einfluss auf die Bewertung des Stellenwerts des Themas Sandressourcen hinsichtlich seiner Relevanz und Dringlichkeit als Thema der Nachhaltigkeit?
  - (d) Wie bewertet die Zielgruppe EES in ihrer methodischen Eignung und vorliegenden Umsetzung?

Die Ergebnisse und Auswertung des vorliegenden Anwendungsbeispiels stellen das entwickelte edukative Escape Spiel als geeignete Methode der BNE für die Zielgruppe dar. (a) Die Auswertung der Erhebung bestätigt, dass es durch die Intervention zu einem statistisch und praktisch signifikanten Wissenszuwachs bei den Teilnehmenden der Intervention kommt. (b) Die Stärke des entwickelten EES liegt darin, die Kooperationskompetenz zu fördern. Hingegen unterstreicht die Auswertung der Ergebnisse, dass die Nachhaltigkeitskompetenzen „Vorausschauendes und vernetztes Denkens“ in dem Format methodisch nur unzureichend gefördert werden können. An die „Selbstkompetenz“ kann das EES dahingehend anknüpfen, dass die Teilnehmenden nach der Intervention einen größeren Wunsch äußern, ihr Umfeld auf die Thematik von Sandressourcen aufmerksam zu machen, als vor der Intervention. (c) Die Intervention kann die Teilnehmenden für Sandressourcen als Thema der Nachhaltigkeit sensibilisieren. Diese sprechen dem Thema in der Post-Erhebung ein höherer Stellenwert zu als in der Prä-Erhebung. (d) Darüber hinaus bewertet die Testgruppe das Format des vorliegenden EES als methodisch geeignet und in der Umsetzung als auf die Zielgruppe angepasst. Es besteht das Interesse, die Methode EES zu anderen Themen auszuprobieren. Während diese Ergebnisse eine BNE-Eignung für die Zielgruppe des FÖJ bestätigen, lässt sich diese Eignung nicht uneingeschränkt auf andere Zielgruppen übertragen. Dies liegt einerseits an der individuellen Umsetzung der

Methode durch die Spielentwickler\*innen und andererseits an den Kapazitäten der Zielgruppe, die Methode auszuführen. Ob EES auch für andere Zielgruppen eine geeignete Methode der BNE darstellen, sollte in gesonderter Forschung erhoben werden.

## 8.4 Implikationen für die Praxis

Die Masterarbeit konnte durch die Konzeption und Auswertung des EES zum Thema „Sand als begehrte Ressource“ zeigen, dass das EES als Methode der BNE im Kontext des FÖJ-KUR geeignet ist. Daneben haben sich aus der Konzeption und den Erfahrungen der Durchführung weitere Punkte ergeben, die für den zukünftigen Einsatz von EES und des vorliegenden Materials in der Praxis relevant sind. So birgt die Anwendung von EES viele Potenziale, die in den vorhergehenden Punkten der Diskussion beschrieben wurden. Neben diesen Stärken des EES gibt es jedoch auch Faktoren, welche die Anwendbarkeit des Formates beschränken und die bei der Entwicklung eines EES und dem Einsatz des Spiels in der Praxis Beachtung finden sollten. Die Potenziale und Limitationen von EES in ihrer Anwendbarkeit in der Praxis werden in Tabelle 12 auf Seite 64 zusammengefasst.

Die Entwicklung des Spielmaterials hat sich als komplex und zeitaufwendig erwiesen. Dass Lehrende in schulischen oder universitären Kontexten die zeitlichen Kapazitäten haben, ein solches Unterrichtsformat zu kreieren scheint unwahrscheinlich. Zusätzlich hat sich gezeigt, dass sich Entwickler\*innen im Rahmen des STAR-Modells recht frei bewegen können und müssen, weswegen bezüglich der Konzeption viel von der Umsetzungskompetenz der Entwickler\*innen abhängt. Ohne eigene Erfahrung mit Escape Spielen scheint

Tabelle 12: Potenziale und Limitation von edukativen Escape Spielen. Ergebnisse der Auswertung der Intervention und deren Implikationen für den Einsatz von EES in der Praxis.

Potenziale	Limitationen
Fördert Motivation und Engagement der Lernenden	Komplexe, zeit- und materialaufwendige Spielentwicklung
Fördert die eigenständige Aneignung von Wissen bei den Lernenden	Limitierte Übertragbarkeit des Spiels auf Lernende außerhalb der Zielgruppe
Fördert das Interesse der Lernenden an dem inhaltlichen Thema	Spielentwicklung erfordert von den Entwickler*innen eigene Vorkenntnisse und Erfahrung mit Escape Spielen
Fördert die Nachhaltigkeitskompetenz „Kooperationskompetenz“	Nachbesprechung als Teil des EES methodisch nicht gefestigt, nicht von den Teilnehmenden angenommen
Fördert den Wunsch der Lernenden, andere auf das inhaltliche Thema aufmerksam zu machen	Kann von den Lernenden jeweils nur einmal gespielt werden
Stärkt den Stellenwert des Themas bei den Teilnehmenden	Für ältere Lernende geeignet

es jedoch nicht möglich zu sein, ein EES selbst zu entwickeln. Es benötigt es ein sicheres Grundverständnis von Rätselmechanismen, um einschätzen zu können, ob diese im Spielkontext funktionieren. Auch dies kann von Lehrkräften nicht erwartet werden.

Auch bezüglich der Kapazitäten der Lernenden gibt es Voraussetzungen. So ist das Konzept der EES auf eine große Eigenständigkeit der Teilnehmenden ausgerichtet. Diese müssen um das Spiel navigieren zu können, in den Bereichen Textverständnis und -verarbeitung, Mathematikverständnis sowie logisches und verknüpfendes Denken eine sichere Grundlage mitbringen. Damit ergibt sich eine Methodeneignung für ältere Lernende. Das vorliegende Material beispielsweise ist nicht für Teilnehmende unter 16 Jahren geeignet, da der Schwierigkeitsgrad für jüngere Lernende zu hoch angesetzt ist.

Ein weiterer begrenzender Faktor liegt in der zielgruppenspezifischen Umsetzung von EES und der damit einhergehenden eingeschränkten Übertragbarkeit des Konzepts auf Lernende anderer Zielgruppen. Dadurch, dass die Entwicklung jedoch ressourcenintensiv ist, ist es wünschenswert, dass das Material viele Personen erreicht. Wenn ein EES in einem anderen Kontext, mit Personen außerhalb der eigentlichen Zielgruppe genutzt werden sollen, gibt es diesbezüglich die Möglichkeit ohne größeren Aufwand den Handlungskontext der Geschichte entsprechend auf die neue Gruppe anzupassen. Für das vorliegende Material kann beispielsweise anstelle einer FÖJ bezogenen Erzählung innerhalb des Spiels ein schulischer Kontext gewählt werden, in den sich die Spieler\*innen hineinversetzen. Mit etwas mehr Aufwand können Rätsel leichter gestaltet werden, indem Elemente herausgenommen oder mehr Hinweise in das Material eingearbeitet werden. Somit können mehr Teilnehmende verschiedener Altersgruppen und schulischer Hintergründe erreicht werden.

Sollen neben der Kooperationskompetenz auch weitere Nachhaltigkeitskompetenzen durch das EES gezielt gefördert werden, liegt das größte Potenzial dafür in der Nachbesprechung. Für diese gibt es jedoch noch keine gefestigte und validierte Methode, womit auch die Umsetzung der Nachbesprechung strukturell und inhaltlich stark von der Auslegung der Entwickler\*innen des EES abhängt. Zeitlich sollte die Nachbesprechung von dem restlichen EES getrennt werden, um den Teilnehmenden die Möglichkeit zu geben, nach dem Lösen des Meta-Rätsels zur Ruhe zu kommen.

Diese Faktoren sollten abgewägt werden, bevor neues EES Material entwickelt oder bestehendes weiterverwendet wird, um entscheiden zu können, ob Lehrende die Methode umsetzen können beziehungsweise die Methode für die Zielgruppe geeignet ist und um die Anwendbarkeit von EES zu maximieren.

## **9 Fazit und Ausblick**

Der Umgang mit Sandressourcen erfährt gesellschaftlich wenig Aufmerksamkeit, ist jedoch zunehmend von wissenschaftlichem, wirtschaftlichem und politischem Interesse.

Als Rohstoff und Entwicklungsmaterial stehen Sandressourcen in einem starken und direkten Zusammenhang mit dem Erreichen der Nachhaltigkeitsziele der UN. Einerseits sind sie ein relevantes Element in Ökosystemen, wo sie unter anderem als Lebensraum für Flora und Fauna fungieren und somit zusätzlich die Ernährungsgrundlage vieler Menschen weltweit sichern. Es gilt daher, sandbasierte Ökosysteme zu schützen und zu bewahren. Andererseits sind Sandressourcen als Baumaterial von großem wirtschaftlichen und entwicklungspolitischen Wert und werden auch in Zukunft abgebaut werden, um für den Städtebau einer wachsenden Weltbevölkerung zu dienen. Außerdem sind sie als Baustoff für erneuerbare Energien von Bedeutung, um eine nachhaltige Energietransformation zu erreichen. Die nachhaltige Nutzung von Sandressourcen stellt somit eine große Herausforderung dar, die durch zunehmende Bedarfe und schwindende Lagerstätten verschärft wird. Um zu verhindern, dass sich regionale Knappheiten ausweiten und es zu einer globalen Sandkrise kommt, ist es unabdingbar internationale Anstrengungen und Abkommen zu koordinieren. Dabei fällt der Raumplanung auf nationaler Ebene eine wichtige Rolle zu. Als Thema der Nachhaltigkeit, mit direkten Verbindungen zu den Nachhaltigkeitszielen und gepaart mit einer fehlenden öffentlichen Aufmerksamkeit für die Problematik, stellen Sandressourcen einen geeigneten Inhalt für die Bildung für nachhaltige Entwicklung dar.

Diese möchte Lernende in ihrem Wissen zu nachhaltigkeitsrelevanten Themen stärken und sie gleichzeitig über verschiedene Nachhaltigkeitskompetenzen dazu befähigen, selbstbestimmt nachhaltige Entscheidungen zu treffen. In der Pädagogik von BNE wird dabei ein Wandel des vorherrschenden Verständnisses von Lernen und Lehre angestrebt. Dafür werden Formen des aktiven Lernens gestärkt, die es erfordern und ermöglichen, dass Lernende sich selbstständig mit neuen Inhalten auseinandersetzen und Lehrende Lernprozesse in einer begleitenden und unterstützenden Rolle fördern. Zusätzlich sollen Lernorte diversifiziert werden und neue, auch informelle Lernkontexte erschlossen werden. Dies beinhaltet zusätzlich die Anwendung geeigneter BNE Methoden. Dazu bedient sich die BNE verschiedener Methoden aus dem Bereich der ernstesten Spiele, die sich neben der Vermittlung von Wissen und der Förderung von Nachhaltigkeitskompetenzen auch durch einen unterhaltsamen Charakter auszeichnen. Damit schaffen sie es, Teilnehmende zu motivieren und das Engagement der Lernenden in den verschiedenen Lern- und Spielformaten zu fördern. Eine Methode, die in dem Bereich der ernstesten Spiele neu aufkommt, sind edukative Escape Spiele.

Die Ergebnisse dieser Masterarbeit zeigen, dass EES sich im Kontext des FÖJ-KUR als Methode der BNE eignen, da sie es den Teilnehmenden erlauben, über ein herausforderungsbasiertes Lernen gemeinsam neue Inhalte zu erarbeiten. Als Methode erreicht das EES eine engagierte und motivierte Teilnahme der Zielgruppe, was auch einige der Personen einschließt, die zu Beginn der Intervention eher nicht motiviert waren, etwas Neues zu lernen. Zusätzlich kann durch das Format die Nachhaltigkeitskompetenz der Koope-

ration gefördert und an die Selbstkompetenz angeknüpft werden. Durch das Spiel wird zusätzlich das Bewusstsein der Zielgruppe zu Sandressourcen sowie der Stellenwert gestärkt, den die Teilnehmenden dem Thema zuordnen. Auch die Teilnehmenden bewerten die Methode EES als für die Zielgruppe geeignet und äußern das Interesse, das Format zu anderen Themen auszuprobieren. Gleichzeitig nimmt durch das EES der Wunsch der Teilnehmenden zu, das eigene Umfeld auf die Thematik der Sandressourcen aufmerksam zu machen. Ob diesen Wünschen jedoch nachgekommen wird, kann in dem Rahmen der Masterarbeit nicht erhoben werden, stellt jedoch einen interessanten Punkt für weitere Forschungen dar.

Neben diesen Potenzialen von EES gibt es auch Limitationen, welche die Entwicklung und Anwendbarkeit von EES in der Praxis einschränken. So ist die Konzeption eines EES sehr zeitaufwendig, erfordert eigene Erfahrungen mit Escape Spielen bei den Entwickler\*innen und kann nur eingeschränkt auf Lernende außerhalb der eigentlichen Zielgruppe angewandt werden. Daher kann es innerhalb von schulischen und universitären Kontexten für Lehrkräfte herausfordernd sein, selbst EES zu entwickeln. Umweltverbände können dahingehend mit ihrer Kinder- und Jugendarbeit unterstützende Arbeit leisten, in dem sie innerhalb von eigenen Projekten EES konzipieren, die dann in Kooperationen mit Schulen durchgeführt werden können.

Das für diese Masterarbeit entwickelte Material wird den Jugendorganisationen der rheinland-pfälzischen Landesverbände von BUND und NABU zur Verfügung gestellt. Damit kann dem im Nationalen Aktionsplan formulierten Bedarf an geeigneten Lehr- und Lernmaterialien nachgekommen werden. Aktuell plant die BUNDjugend bereits ein Projekt, in dem das entwickelte EES zum Thema „Sand als begehrte Ressource“ zum Einsatz kommen soll. Initiiert wurde dieses Projekt von der aktuellen Freiwilligen des rheinland-pfälzischen Landesverbandes BUND, welche im Rahmen dieser Masterarbeit an dem entwickelten EES teilgenommen hat. Der Wunsch dieser Teilnehmenden selbst aktiv zu werden und das eigene Umfeld auf die Thematik des Sandressourcenverbrauchs aufmerksam zu machen, konnte so konkret umgesetzt werden. Darüber hinaus erreicht das erstellte Material in Zukunft im Rahmen der Arbeit des FÖJ-KUR mindestens 50 Teilnehmende pro Jahrgang und kann damit dazu beitragen, die gesellschaftliche Aufmerksamkeit für das Thema zu steigern. Es ist weiterhin denkbar, das Material des vorliegenden EES für zukünftige Durchführungen entsprechend verschiedener Schwierigkeitsgrade aufzubereiten, um mehr Lernende verschiedener Altersgruppen und schulischer Hintergründe damit zu erreichen.

Edukative Escape Spiele sind ein neues Phänomen in der Bildungslandschaft und die Forschung bezüglich ihrer Wirksamkeit steht noch am Anfang. In ihrer Vergleichbarkeit geraten Studien zu EES an ihre Grenzen, da es wenige validierte Modelle zur Konzeption eines EES gibt und viele Autor\*innen nicht offenlegen, mit welchem Modell sie arbeiten. Darüber hinaus ist die Konzeption sehr individuell auf die Zielgruppe angepasst und



die Umsetzung von freien Entscheidungen der Entwickler\*innen geprägt. Es lassen sich zusätzlich wenig Aussagen über die Qualität der Umsetzung treffen, da es keine Parameter gibt, mit denen sich diese erfassen und darstellen lässt. Zukünftige Forschung sollte diesbezüglich darauf ausgerichtet sein, die verwendeten Modelle offenzulegen, den gewählten Spielfluss darzulegen, eine Einschätzung zum Schwierigkeitsgrad zu geben und auch die Zufriedenheit der Zielgruppe mit der Umsetzung zu erfassen.

Zusätzlich fokussieren sich diese Studien auf den Wissenszuwachs der Teilnehmenden im Vergleich von vor zu nach der Intervention. Während die statistische Auswertung über einen gepaarten T-Test überwiegt und dabei die statistische Signifikanz der Ergebnisse beschrieben und ausgewertet wird, wird oftmals keine Effektstärke bestimmt. Dies ist jedoch erforderlich, um die Ergebnisse der Erhebung in den Kontext anderer Studien des gleichen wissenschaftlichen Feldes stellen zu können und diese miteinander zu vergleichen. Studien, die sich neben dem Effekt von EEs auf den Wissenszuwachs auch auf die Nachhaltigkeitskompetenzen der BNE beziehen, sind nicht bekannt. Auch darin liegt ein Potenzial weiterer Forschung in dem Feld der EES.

Für weitere Studien kann es außerdem interessant sein den Effekt des Zeitlimits auf die Lernprozesse der Spieler\*innen zu untersuchen. Im Spielprozess kann dieses den Eindruck von Dringlichkeit schaffen und so die Motivation und das Engagement der Teilnehmenden im Spiel stärken. Gleichzeitig gibt es Erfahrungsberichte, die zeigen, dass Teilnehmende durch den Zeitdruck mit einem Tunnelblick durch das Spiel voranschreiten und dadurch Lernprozesse eingeschränkt werden (MIJAL et al., 2021). Vergleichende Studien, in dem Spieler\*innen dasselbe EES mit und ohne Zeitlimit spielen, könnten darüber Aufschluss geben, ob das Spielerlebnis dadurch beeinflusst wird und ob Lernziele mehr oder weniger erfolgreich erreicht werden. Zusätzlich kann auch die Rolle der Nachbesprechung zukünftig genauer untersucht und methodisch gefestigt werden. Ziel dabei sollte es sein, ein Format zu erstellen, welches die Teilnehmenden der Intervention annehmen und als Element des EES wahrnehmen.

BNE möchten dazu beitragen die Nachhaltigkeitsziele der UN zu erreichen, welche 2015 formuliert wurden und bis 2030 erreicht werden sollen. Das Jahr 2023 stellt somit die Halbzeit dieser Bestrebungen dar. Diesbezüglich findet im September 2023 der UN Gipfel zu den SDGs statt, bei dem der Fortschritt zum Erreichen der Ziele evaluiert wird. Der vorab veröffentlichte Fortschrittsreport bescheinigt den Bestrebungen der Staatengemeinschaft jedoch, dass das Erreichen der Ziele in weiter Ferne ist: Von 140 Zielen, für welche Daten vorhanden sind, befinden sich nur 12 % Prozent auf einem guten Weg erreicht zu werden. Für mehr als die Hälfte wurden nur moderate bis schlechte Fortschritte erzielt und für circa ein Drittel der Ziele können keine Fortschritte festgestellt werden, beziehungsweise mussten Rückschritte hingenommen werden (VEREINTE NATIONEN, 2023).

Dieser unzureichende Fortschritt stärkt daher einerseits den Bedarf, BNE ganzheitlich zu stärken und zu fördern. Die Roadmap der UNESCO identifiziert dafür sechs Indikato-

ren, welche die Implementierung von BNE messen sollen. Diese beziehen sich darauf, (1) wie weit BNE in der Gesetzgebung und politischen Rahmenbedingungen verankert ist, (2) wie sehr BNE in Lernumgebungen integriert ist und wie BNE durch diese gefördert wird, (3) inwiefern Lehrende in BNE ausgebildet werden und BNE selbst in Lehr- und Lernkontexten anwenden können, (4) wie sehr die Jugend in BNE engagiert ist, (5) wie sehr BNE in lokalen Gemeinschaften gefördert wird und (6) wie weit Länder darin gekommen sind, das Programm BNE 2030 in ihren nationalen Kontexten umzusetzen (UNESCO, 2020). Diese Indikatoren sollen in einer Zwischenbilanz 2025 und abschließend 2030 ausgewertet werden.

Andererseits stellt die Halbzeit der Agenda 2030 auch einen Zeitpunkt dar, an dem die Wirksamkeit von BNE evaluiert werden muss, um zu beurteilen können, ob BNE es schafft, die Lücke zwischen Wissen und Handeln sowie zwischen beabsichtigtem Handeln und tatsächlichem Handeln zu überbrücken. Traditionell wird der Erfolg von Bildungsmaßnahmen über den Wissenszuwachs bei den Lernenden erhoben, was den verschiedenen Ansätzen, Praktiken und Zielen der BNE jedoch nicht ausreichend gerecht wird (LOCKHART, 2018). Der Erfolg der BNE hängt von den neuen Ideen und Ansätzen der Lernenden ab, welche diese entwickeln und sich in gelebter Nachhaltigkeit im Alltag, außerhalb der Bildungskontexte, manifestiert (LOCKHART, 2018). Diese Entwicklung auf lange Sicht zu verfolgen ist innerhalb von Studien jedoch sehr schwierig, da dafür große Verbindlichkeit und langfristige Erreichbarkeit der Testgruppe gewährleistet werden muss. Zusätzlich ist es herausfordernd diese persönliche, nachhaltige Entwicklung an standardisierten Indikatoren und Parametern festzumachen (LOCKHART, 2018). Es besteht daher ein großer Bedarf an weiterführenden Studien und Werkzeugen, welche es erlauben die Wirksamkeit von BNE zu überwachen und diese zu maximieren, damit den zunehmenden ökologischen, sozialen und ökonomischen Herausforderungen auf lokaler und globaler Ebene nachhaltig begegnet werden kann.

## 10 Literaturverzeichnis

- ABDOLLAHI, A. M., MASENTO, N. A., VEPSÄLÄINEN, H., MIJAL, M., GROMADZKA, M., & FOGELHOLM, M. (2021). Investigating the Effectiveness of an Educational Escape Game for Increasing Nutrition-Related Knowledge in Young Adolescents: A Pilot Study. *Frontiers in nutrition*, 8, 674404.
- BALSIGER, J., FÖRSTER, R., MADER, C., NAGEL, U., SIRONI, H., WILHELM, S., & ZIMMERMANN, A. B. (2017). Transformative learning and education for sustainable development. *GAIA-ecological Perspectives for Science and Society*, 26(4), 357–359.
- BARTH, M. (2021). Bildung für nachhaltige Entwicklung. *Handbuch Transdisziplinäre Didaktik*, 1, 35.
- BENDIXEN, M., IVERSEN, L. L., BEST, J., FRANKS, D. M., HACKNEY, C. R., LATRUBESSE, E. M., & TUSTING, L. S. (2021). Sand, gravel, and UN Sustainable Development Goals: Conflicts, synergies, and pathways forward. *One Earth*, 4(8), 1095–1111.
- BLEISCHWITZ, R., & BAHN-WALKOWIAK, B. (2007). Aggregates and construction markets in Europe: towards a sectoral action plan on sustainable resource management. *Minerals & Energy-Raw Materials Report*, 22(3-4), 159–176.
- BOTTURI, L., & BABAZADEH, M. (2020). Designing educational escape rooms: validating the Star Model. *International Journal of Serious Games*, 7(3), 41–57.
- BRUNDIERS, K., BARTH, M., CEBRIÁN, G., COHEN, M., DIAZ, L., DOUCETTE-REMINGTON, S., DRIPPS, W., HABRON, G., HARRÉ, N., JARCHOW, M., et al. (2021). Key competencies in sustainability in higher education—toward an agreed-upon reference framework. *Sustainability Science*, 16, 13–29.
- BRUNDLANDT, G. H. (1987). Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development [A/42/427]. *Vereinte Nationen*.
- CHEONG, C., FILIPPOU, J., & CHEONG, F. (2014). Towards the gamification of learning: Investigating student perceptions of game elements. *Journal of Information Systems Education*, 25(3), 233.
- CLARKE, S., PEEL, D. J., ARNAB, S., MORINI, L., KEEGAN, H., & WOOD, O. (2017). EscapED: A framework for creating educational escape rooms and interactive games for higher/-further education. *International Journal of Serious Games*, 4(3), 73–86.
- CLASEN, H. (2010). *Die Messung von Lernerfolg: eine grundsätzliche Aufgabe der Evaluation von Lehr- bzw. Trainingsinterventionen* (Diss.). Dresden, Techn. Univ., Diss., 2010.
- COHEN, J. (1992). Statistical power analysis. *Current directions in psychological science*, 1(3), 98–101.
- DE HAAN, G. (2008). Gestaltungskompetenz als Kompetenzkonzept der Bildung für nachhaltige Entwicklung. *Kompetenzen der Bildung für nachhaltige Entwicklung: Operationalisierung, Messung, Rahmenbedingungen, Befunde*, 23–43.

- EMBLEM-PERRY, K. (2018). Promoting Education for Sustainability through game-based learning: Using the Sustainable Strategies Game to improve students' knowledge and skills of sustainable business practices. *Handbook of Sustainability Science and Research*, 849–866.
- EOM, K., KIM, H. S., SHERMAN, D. K., & ISHII, K. (2016). Cultural variability in the link between environmental concern and support for environmental action. *Psychological Science*, 27(10), 1331–1339.
- FOTARIS, P., & MASTORAS, T. (2019). Escape rooms for learning: A systematic review. *Proceedings of the European Conference on Games Based Learning*, 235–243.
- FRANKS, D. M. (2020). Reclaiming the neglected minerals of development. *The Extractive Industries and Society*, 7(2), 453–460.
- GUIGON, G., HUMEAU, J., & VERMEULEN, M. (2018). A model to design learning escape games: SEGAM. *10th International Conference on Computer Supported Education*, 191–197.
- HALLINGER, P., WANG, R., CHATPINYAKOOP, C., NGUYEN, V.-T., & NGUYEN, U.-P. (2020). A bibliometric review of research on simulations and serious games used in educating for sustainability, 1997–2019. *Journal of Cleaner Production*, 256, 120358.
- HÁMOR, T., & KOVÁCS, G. (2018). Riverbed aggregates dredging. *Eur. Geol*, 45, 15–16.
- HELLBERG-RODE, G., & SCHRÜFER, G. (2016). Welche spezifischen professionellen Handlungskompetenzen benötigen Lehrkräfte für die Umsetzung von Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE)? *Zeitschrift für Didaktik der Biologie (ZDB)-Biologie Lehren und Lernen*, 20, 1–29.
- HOLLENBERG, S. (2016). *Fragebögen: fundierte Konstruktion, sachgerechte Anwendung und aussagekräftige Auswertung*. Springer-Verlag.
- HOLST, J., BROCK, A., SINGER-BRODOWSKI, M., & de HAAN, G. (2020). Monitoring progress of change: Implementation of Education for Sustainable Development (ESD) within documents of the German education system. *Sustainability*, 12(10), 4306.
- HSU, S.-H., CHENG, S.-C., & HUANG, Y.-M. (2009). The experience of adopting game-based learning in library instruction. *Learning by Playing. Game-based Education System Design and Development: 4th International Conference on E-Learning and Games, Edutainment 2009, Banff, Canada, August 9-11, 2009. Proceedings 4*, 571–576.
- JANAKIRAMAN, S., WATSON, S. L., & WATSON, W. R. (2018). Using game-based learning to facilitate attitude change for environmental sustainability. *Journal of Education for Sustainable Development*, 12(2), 176–185.
- JOHN, R. (2021). Sand geographies: Disentangling the material foundations of the built environment. *Geography Compass*, 15(5), e12560.
- LAMB, V., MARSCHKE, M., & RIGG, J. (2019). Trading sand, undermining lives: omitted livelihoods in the global trade in sand. *Annals of the American Association of Geographers*, 109(5), 1511–1528.

- LEEMANS, R., & DE GROOT, R. (2003). Millennium Ecosystem Assessment: Ecosystems and human well-being: a framework for assessment.
- LOCKHART, A. S. (2018). Monitoring ESD: lessons learned and ways forward. *Issues and trends in Education for Sustainable Development*, 215–231.
- LÓPEZ-PERNAS, S., GORDILLO, A., BARRA, E., & QUEMADA, J. (2019). Analyzing learning effectiveness and students' perceptions of an educational escape room in a programming course in higher education. *IEEE Access*, 7, 184221–184234.
- MAGLIOCCA, N., TORRES, A., MARGULIES, J., MCSWEENEY, K., ARROYO-QUIROZ, I., CARTER, N., CURTIN, K., EASTER, T., GORE, M., HÜBSCHLE, A., et al. (2021). Comparative analysis of illicit supply network structure and operations: Cocaine, wildlife, and sand. *Journal of illicit economies and development*, 3(1), 50–73.
- MAHADEVAN, P. (2019). Sand mafias in India. *Disorganized Crime in a Growing Economy*.
- MALKA, A., KROSNIK, J. A., & LANGER, G. (2009). The association of knowledge with concern about global warming: Trusted information sources shape public thinking. *Risk Analysis: An International Journal*, 29(5), 633–647.
- MANZANO-LEON, A., RODRÍGUEZ-FERRER, J. M., AGUILAR-PARRA, J. M., MARTÍNEZ MARTÍNEZ, A. M., LUQUE DE LA ROSA, A., SALGUERO GARCÍA, D., & FERNÁNDEZ CAMPOY, J. M. (2021). Escape rooms as a learning strategy for special education master's degree students. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(14), 7304.
- MEYA, J. N., & EISENACK, K. (2018). Effectiveness of gaming for communicating and teaching climate change. *Climatic change*, 149(3–4), 319–333.
- MIJAL, M., CIEŚLA, M., & GROMADZKA, M. (2021). Educational Escape Room—Challenges and Obstacles. *Simulation Gaming Through Times and Disciplines: 50th International Simulation and Gaming Association Conference, ISAGA 2019, Warsaw, Poland, August 26–30, 2019, Revised Selected Papers 50*, 84–98.
- MILLIMAN, J. D., & SYVITSKI, J. P. (1992). Geomorphic/tectonic control of sediment discharge to the ocean: the importance of small mountainous rivers. *The journal of Geology*, 100(5), 525–544.
- NAGLE, A., WOLF, P., RIENER, R., & NOVAK, D. (2014). The use of player-centered positive reinforcement to schedule in-game rewards increases enjoyment and performance in a serious game. *International Journal of Serious Games*, 1(4), 35–47.
- NATIONALE PLATFORM BNE. (2017). *Nationaler Aktionsplan Bildung für nachhaltige Entwicklung. Der deutsche Beitrag zum UNESCO-Weltaktions-programm*. Nationale Plattform Bildung für nachhaltige Entwicklung; Bundesministerium für Bildung und Forschung, Referat Bildung in Regionen; Bildung für nachhaltige Entwicklung.
- NEUMANN, F., & CURBACH, M. (2018). Thermal treatment of desert sand to produce construction material. *MATEC Web of Conferences*, 149, 01030.

- NGUYEN, U.-P., & HALLINGER, P. (2022). Experimental research: Simulations and serious games for sustainability. *Gaming, Simulation and Innovations: Challenges and Opportunities: 52nd International Simulation and Gaming Association Conference, ISAGA 2021, Indore, India, September 6–10, 2021, Revised Selected Papers*, 101–114.
- NICHOLSON, S. (2015). Peeking behind the locked door: A survey of escape room facilities.
- NICHOLSON, S. (2016). Ask why: Creating a better player experience through environmental storytelling and consistency in escape room design. *Meaningful Play*, 1–17.
- NICHOLSON, S. (2018). Creating engaging escape rooms for the classroom. *Childhood Education*, 94(1), 44–49.
- OECD. (2019). Global material resources outlook to 2060.
- OUARIACHI, T., OLVERA-LOBO, M. D., & GUTIÉRREZ-PÉREZ, J. (2019). Serious games and sustainability. *Encyclopedia of Sustainability in Higher Education*, 1450–1458.
- OUARIACHI, T., & WIM, E. J. (2020). Escape rooms as tools for climate change education: an exploration of initiatives. *Environmental Education Research*, 26(8), 1193–1206.
- PANNUCCI, C. J., & WILKINS, E. G. (2010). Identifying and avoiding bias in research. *Plastic and reconstructive surgery*, 126(2), 619.
- PAPIES, E. K. (2017). Situating interventions to bridge the intention–behaviour gap: A framework for recruiting nonconscious processes for behaviour change. *Social and Personality Psychology Compass*, 11(7), e12323.
- PEDUZZI, P. (2014). Sand, rarer than one thinks. Article reproduced from United Nations Environment Programme (UNEP) Global Environmental Alert Service (GEAS). *Environmental Development*, 11, 208–218.
- PESCH, J., SCHWEMM, A., LADACH, M., FRAUENLOB, M., FOX, S., KOTSCHENREUTHER, R., IRVING, R., & RESCHKE, L. (2020). *Suffizienz und Postwachstum. Bildungsinhalte, -methoden und -formate für den Einsatz in Umweltbildung und Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE). Handreichung für Multiplikator\*innen der außerschulischen Umweltbildung und BNE. Arbeitsgemeinschaft Natur- und Umweltbildung Bundesverband e.V. (ANU).*
- RIECKMANN, M. (2018). Learning to transform the world: Key competencies in Education for Sustainable Development. *Issues and trends in education for sustainable development*, 39, 39–59.
- RIECKMANN, M. (2021). Bildung für nachhaltige Entwicklung. Ziele, didaktische Prinzipien und Methoden. *merz-Zeitschrift für Medienpädagogik*, 65(04), 10–17.
- RIESS, W., & MISCHO, C. (2008). *Evaluationsbericht „Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) an weiterführenden Schulen in Baden-Württemberg“. Maßnahme Lfd. 15 im Aktionsplan Baden-Württemberg.*
- RIESS, W., MISCHO, C., KOTTHOFF, H.-G., & WALTNER, E.-M. (2021). Wie kann Bildung für nachhaltige Entwicklung wirksam unterrichtet werden?

- ROEHL, A., REDDY, S. L., & SHANNON, G. J. (2013). The flipped classroom: An opportunity to engage millennial students through active learning strategies. *Journal of Family & Consumer Sciences*, 105(2), 44–49.
- ROHSTOFFBERICHT. (2022). *Deutschland - Rohstoffsituation 2021* (Techn. Ber.). Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. Hannover.
- SAARI, U. A., DAMBERG, S., FRÖMBLING, L., & RINGLE, C. M. (2021). Sustainable consumption behavior of Europeans: The influence of environmental knowledge and risk perception on environmental concern and behavioral intention. *Ecological Economics*, 189, 107155.
- SHETTIMA, A. U., HUSSIN, M. W., AHMAD, Y., & MIRZA, J. (2016). Evaluation of iron ore tailings as replacement for fine aggregate in concrete. *Construction and Building Materials*, 120, 72–79.
- SIEGMUND, A. (2022). „BNE ist der Schlüssel für eine zukunftsfähige Welt“: Ein Gespräch mit Prof. Dr. Alexander Siegmund über Bildung für nachhaltige Entwicklung als Aufgabe der Hochschulen. *HINT. Heidelberg Inspirations for Innovative Teaching*, 3, 5–17.
- STANITSAS, M., KIRYTOPOULOS, K., & VAREILLES, E. (2019). Facilitating sustainability transition through serious games: A systematic literature review. *Journal of cleaner production*, 208, 924–936.
- SUN, S., PAN, W., & WANG, L. L. (2010). A comprehensive review of effect size reporting and interpreting practices in academic journals in education and psychology. *Journal of Educational Psychology*, 102(4), 989.
- TORRES, A., SIMONI, M. U., KEIDING, J. K., MÜLLER, D. B., ZU ERMGASSEN, S. O., LIU, J., JAEGER, J. A., WINTER, M., & LAMBIN, E. F. (2021). Sustainability of the global sand system in the Anthropocene. *One Earth*, 4(5), 639–650.
- UNEP. (2019). Sand and sustainability: Finding new solutions for environmental governance of global sand resources.
- UNEP. (2022). Sand and sustainability: 10 strategic recommendations to avert a crisis.
- UNEP/GRID-GENEVA. (2022). *What is sand? Result from a UNEP/GRID-Geneva expert discussion*. (Techn. Ber.). UNEP/GRID-Geneva.
- UNESCO. (2017). *Education for Sustainable Development. Learning Objectives*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- UNESCO. (2020). *Education for Sustainable Development. A Roadmap*. United Nations Educational, Scientific; Cultural Organization.
- US GEOLOGICAL SURVEY. (2023). *Mineral Commodity Summaries: Cement*. (Techn. Ber.). US Geological Survey.
- VELDKAMP, A., DAEMEN, J., TEEKENS, S., KOELEWIJN, S., KNIPPELS, M.-C. P., & van JOOLINGEN, W. R. (2020). Escape boxes: Bringing escape room experience into the classroom. *British Journal of Educational Technology*, 51(4), 1220–1239.

- VELDKAMP, A., van de GRINT, L., KNIPPELS, M.-C. P., & van JOOLINGEN, W. R. (2020). Escape education: A systematic review on escape rooms in education. *Educational Research Review*, 31, 100364.
- VEREINTE NATIONEN. (2015). Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung [A/RES/70/1]. *Vereinte Nationen Generalversammlung*.
- VEREINTE NATIONEN. (2022). 5/12. Environmental Aspects of Minerals and Metals Management [UNEP/EA.5/Res12]. *Vereinte Nationen Umweltversammlung vom Umweltprogramm der Vereinten Nationen*.
- VEREINTE NATIONEN. (2023). Progress towards the Sustainable Development Goals: towards a rescue plan für people and planet [A/78/80-E/2023/64]. *Vereinte Nationen Generalversammlung, Wirtschafts- und Sozialrat*.
- WALS, A. E., & LENGLET, F. (2016). SuSustainability CitizenS. *Sustainability Citizenship in Cities: Theory and practice*, 52.
- WALTNER, E.-M., RIESS, W., & MISCHO, C. (2019). Development and validation of an instrument for measuring student sustainability competencies. *Sustainability*, 11(6), 1717.
- WIEK, A., WITHYCOMBE, L., & REDMAN, C. L. (2011). Key competencies in sustainability: a reference framework for academic program development. *Sustainability science*, 6, 203–218.
- YANG, H., YANG, S., XU, K., MILLIMAN, J., WANG, H., YANG, Z., CHEN, Z., & ZHANG, C. (2018). Human impacts on sediment in the Yangtze River: A review and new perspectives. *Global and Planetary Change*, 162, 8–17.



## 11 Sonstige Verzeichnisse und Glossar

### 11.1 Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erklärung
BNE	Bildung für nachhaltige Entwicklung
BUND	Bund für Umwelt und Naturschutz e.V.
EES	Edukative Escape Spiele
FÖJ	Freiwilliges Ökologisches Jahr
GNOR	Gesellschaft für Naturschutz und Ornithologie Rheinland-Pfalz e.V.
KUR	Konsortium der Umweltverbände Rheinland-Pfalz
NABU	Naturschutzbund Deutschland e.V.
SDGs	Nachhaltigkeitsziele
UN	Vereinte Nationen
UNEP	Umweltprogramm der Vereinten Nationen (United Nation Environmental Programme)
UNESCO	Organisation der Vereinten Nationen für Bildung, Wissenschaft, Kultur und Kommunikation

## 11.2 Abbildungsverzeichnis

### Abbildungsverzeichnis

1	Nachhaltigkeit und BNE in Programmen von UN und UNESCO. . . . .	3
2	Ökologische und soziale Konsequenzen der Sandimporte von Singapur. .	12
3	Sandmafias in Indien. . . . .	13
4	Das STAR-Modell nach BOTTURI und BABAZADEH (2020). . . . .	28
5	Spielfluss des entwickelten EES. . . . .	36
6	Einblick in die Durchführung und das Spielmaterial. Eigene Aufnahme. .	43
7	Ergebnisse eigener Kenntnisstand. . . . .	45
8	Ergebnisse Stellenwert des Themas Sandabbau. . . . .	46
9	Ergebnisse Selbstkompetenz. . . . .	49
10	Ergebnisse Kooperationskompetenz. . . . .	49
11	Ergebnisse Spielerlebnis und Spielumsetzung. . . . .	51
12	Übersicht des Spielflusses zur Nachbesprechung. . . . .	X

## 11.3 Tabellenverzeichnis

### Tabellenverzeichnis

1	Die 17 Nachhaltigkeitsziele der UN. . . . .	2
2	Definitionen von Sand und Kies. . . . .	6
3	Nutzung von Sanden und Kiesen. . . . .	7
4	Ökosystemdienstleistungen natürlicher sandgeprägter Ökosysteme. . . .	10
5	Sandressourcen und ihre Verbindung zu den Nachhaltigkeitszielen der UN.	15
6	Empfehlungen der UNEP zum Abwenden einer globalen Sandkrise. . . .	17
7	Schlüsselkompetenzen der Nachhaltigkeit. . . . .	19
8	Pädagogisches Verständnis der BNE in Bezug auf Lernen und Lehre. . . .	21
9	Inhaltliche Lernziele Sandressourcen. . . . .	33
10	Ablauf der Nachbesprechung. . . . .	38
11	Dimensionen der Fragebögen der Prä- und Post-Erhebung. . . . .	42
12	Potenziale und Limitation von edukativen Escape Spielen. . . . .	64
13	Übersicht der für das Escape Spiel entwickelten Rätsel. . . . .	VI
14	Dreistufiges Hinweissystem für den Spielablauf. . . . .	IX
15	Beobachtungsbogen der Nachbesprechung. . . . .	XI
16	Beobachtungsbogen der Testphase. . . . .	XII

## 12 Anhang A

### A.1 Spielregeln und Informationen vor dem Spiel

- Alles was auf und an dem Tisch liegt, gehört zum Spiel und muss im Laufe des Spiels benutzt werden, um das übergeordnete Ziel zu erreichen.
- Manche Taschen/Gegenstände würden sich mit Anwendung von Gewalt öffnen lassen, Stoffe könnten zerschnitten werden. Wenn etwas mit einem Zahlenschloss gesichert ist, bitte als abgeschlossen annehmen und nicht versuchen anderweitig zu öffnen.
- Um euch die Navigation im Spiel zu erleichtern, sind die Zahlenschlösser farbkodiert.
- Alles was aus Papier ist, darf zerschnitten werden. Bitte keine feste Pappe, keine in Folie eingeschlagenen Materialien, Fotos oder Stoffe zerschneiden, damit das Material wiederverwendet werden kann.
- Dinge, die nicht mit Vorhängeschlössern versehen sind, dürfen zu jeder Zeit geöffnet werden. Manche Sachen sind versteckt und müssen gefunden werden.
- Von Lilli und ihre Mutter abgesehen werdet ihr im Laufe des Spiels auf reale Personen und deren Geschichten, beziehungsweise Forschungsergebnisse treffen.
- Es gibt Hinweise, wenn ihr nicht mehr weiter kommt. Es gibt drei Stufen an Hinweisen. (1) Die Übersicht an allen Materialien, die ihr braucht, um das spezifische Rätsel zu lösen. (2) Ein Hinweis zur grundlegenden Funktionsweise des Rätsels. (3) Die Lösung, inklusive des Codes für das zu öffnende Schloss.
- Das Spiel wird ohne Handy gespielt. Ihr müsst nichts nachschauen, es gibt keine Links/QR Codes, denen ihr folgen müsst. Es müssen keine zusätzlichen Informationen im Internet gesucht werden, alles, was ihr benötigt, ist im Spiel enthalten.
- Ihr habt zwei Stunden Zeit, um die Ergebnisse von Lilli zu finden und bei der Spielleitung einzureichen. Dann können sie noch rechtzeitig vor Redaktionsschluss eingereicht und veröffentlicht werden.
- Wenn ihr etwas Essbares zwischendrin findet, könnt ihr das verzehren. Es ist nicht Teil des Spiels, sondern für eure Stärkung gedacht ;)

## A.2 Übersicht der Rätsel

	Rätselname	Rätsелеlemente	Beschreibung	Art	Kategorie	Schwierigkeit
1	Einstiegsrätsel	„Shubham Tripathi“ und „Falscher Zwilling Shubham Tripathi“	Der Bericht von Reporter ohne Grenzen zu dem Mord an Shubham Tripathi ist dem Materialordner auf dem Schreibtisch beigelegt und frei zugänglich. In den restlichen Materialien müssen die Spieler*innen in der Phase des Entdeckens den falschen Zwilling des Berichts finden. Dieser ist auf den ersten Blick identisch. Bei genauerem Lesen fällt auf, dass drei Wörter im falschen Zwilling geändert wurden. Diese ergeben den Zahlencode für das erste (gelbe) Zahlenschloss.	kognitiv/Logik	Suchen/Finden	einfach
2	Postkarte Indonesien	Schreibtischunterlage „Weltkarte“ und „Postkarte Indonesien“ von Lillis Mama	Auf der Weltkarte sind verschiedene Winkel eingezeichnet, an welche die Postkarte angelegt werden kann. Legt man sie mit dem eingezeichneten Pfeil in den Winkel, der bei Indonesien eingezeichnet ist, kann man durch die Aussparungen in der Postkarte einen Buchstaben und eine Zahl erkennen. Diese sind Teil 1/3 des Codes, welcher das blaue Zahlenschloss öffnet.	gegenständlich	Suchen/Finden, Zusammenhänge erkennen	einfach
3	Linien Puzzle	Karte „Sandverbrauch“ von Lilli an ihre Mutter, Schere	Auf der Innenseite der Karte von Lilli an ihre Mutter sind kleine Kacheln mit bunten Linien abgebildet. Diese müssen ausgeschnitten werden und aneinander gelegt werden. Ist das Puzzle gelöst, ergibt die gelbe Linie die Lösung für Teil 2/3 des Codes, welcher das blaue Zahlenschloss öffnet.	gegenständlich	Mustererkennung	einfach
4	Sand ist nicht gleich Sand	„Puzzleteile“ aus kleinem Umschlag, „Puzzleunterlage“	Jedes Puzzleteil gibt es zweimal, einmal mit einem Text, der wahre Fakten enthält, einmal mit falschen Angaben zu Sandeigenschaften. Die Spieler*innen müssen die richtigen Puzzleteile auf Grund ihres Wahrheitsgehaltes aussuchen. Die zusätzlichen Informationen auf der Puzzleunterlage geben Hilfestellung bei der Auswahl. Liegen die richtigen Puzzleteile an den richtigen Stellen ergeben sich drei Zahlen. Diese müssen aufsummiert werden, um Teil 3/3 des Codes zu erhalten, welcher das blaue Zahlenschloss öffnet.	kognitiv/Logik	Logisches Denken, Textverständnis	schwer

<

5	Verbrauch vs. Erneuerung	„Personenbogen Peduzzi“ und „Personenbogen Sandmännchen“ drei Glasflaschen mit den entsprechenden Deckeln, Sand, Trichter, „Dekodierrahmen“ und „Dekodierbild“	Das Rätsel hat viele Ebenen und ist das komplexeste im Spiel. Zuerst muss das Rätsel des Sandmännchens gelöst werden. 28 Kreuze müssen so gesetzt werden, dass sie den Angaben am Rand des Gitters nicht widersprechen. Danach muss das Gitter mit den Kreuzen auf das Gitter mit den Buchstaben auf dem Personenbogen von Peduzzi gelegt werden. Die so durch Kreuze markierten Buchstaben ergeben die Lösungswörter für die Verbrauchsmengen der Welt, von China und der jährlichen Erneuerungsrate von Sandressourcen. Diesen Mengen entsprechend muss Sand in die Glasflaschen gefüllt werden, welche durch die entsprechenden Deckel den Verbrauchsrate und der Erneuerung zugeordnet werden können. Jeder Füllhöhe ist ein Symbol zugeordnet. Um diese Symbole in einen dreistelligen, nutzbaren Code umzuwandeln, muss das Dekodierbild in den Dekodierrahmen gelegt werden. Dadurch wird jedem Symbol eine Ziffer zugeordnet. Der Code öffnet das grüne Zahlenschloss.	kognitiv/Logik, gegenständlich	Zusammenhänge erkennen, Mathematikverständnis, logisches Denken	schwer
6	Sandverbrauch Deutschland	Drei Achtecke, Lillis Karte an ihre Mutter „Deutschlands Sandbedarfe“, „Spielunterlage für die Achtecke“	Die Achtecke müssen in der richtigen Startposition auf die Spielunterlage gelegt werden. Diese ist gefunden, wenn der Text auf den Achtecken den Satz ergibt: Deutschland deckt die eigenen Sandbedarfe aus heimischen Quellen. Danach müssen die Angaben aus Lillis Karte befolgt werden. Daraus ergeben sich drei Ziffern und deren korrekte Reihenfolge, welche das schwarze Zahlenschloss öffnet.	kognitiv/Logik, gegenständlich	Zusammenhänge erkennen, logisches Denken	mittel
7	Prognostizierte Sandbedarfe	Lillis Notiz „Blick in die Zukunft“, Vorlage „Zukunftsrohr“	Die Vorlage für das Fernrohr muss an den mit gestrichelten Linien markierten Stellen ausgeschnitten werden und dann so zusammengerollt werden, dass die aufgedruckten Pfeile sich auf der Außenseite treffen. Dann wird wie durch ein Fernrohr durch die Rolle geschaut. Die ausgeschnittenen Stellen offenbaren den Zahlencode für das letzte Zahlenschloss.	gegenständlich	Beobachten, Zusammenhänge erkennen	mittel

8	Ökosystemdienstleistungen	„Personenbogen Aurora Torres“, „Email von Aurora Torres“ an Lilli, die Fotos zu den Ökosystemdienstleistungen	Die Differenz zwischen der Anzahl der Fische, Bäume und einzelnen Wassertropfen vor und nach dem Sandabbau muss gezählt. Die Differenz wird auf der Email von AT in der entsprechend Abbildung notiert. Die Auf dem Personenbogen muss diese Abbildung an der richtigen Stelle auf die dort abgebildeten Zahlen gelegt werden. Dadurch ergibt sich die letzte fehlende Ziffer für für den vierstelligen Code. Alternativ kann die Zahl geraten und durch Ausprobieren gefunden werden.	kognitiv/Logik	Mathematikverständnis, Mittel Zusammenhänge erkennen
9	Alternativen	„Personenbogen Kiran Pereira“, „Wörtersalat“	Die Reihenfolge der farbigen Balken am unteren Rand des Personenbogens von KP gibt den entscheidenden Hinweis darauf, wie der Wörtersalat entwirrt werden kann. Die Wörter müssen der Reihenfolgen der Farbbalken entsprechend gelesen werden, erst alle gelben Wörter auf den gelben Linien von links nach rechts und oben nach unten, dann die grünen, grauen... Aus dem Text ergeben sich die Zahlen für den Lösungscode des vorletzten (roten) Vorhängeschloss.	kognitiv/Logik	Mustererkennung, schwer Zusammenhänge erkennen

Tabelle 13: Die entwickelten Rätsel des Escape Spiels in der Übersicht.

## A.3 Hinweise im Spiel

### 1 Einstiegsrätsel

1. Benötigtes Material: Gelber Zettel Reporter ohne Grenzen Shubham und den auf den ersten Blick identischen falscher Zwillingbrief
2. Beide Exemplare lesen und genau schauen, ob beide Briefe wirklich gleich sind und was es für Unterschiede gibt
3. In dem falschen Zwilling sind die Worte zum zweiten Mal, sechsmal, fünf ergänzt (Lösungscode 2-6-5)

### 2 Postkarte Indonesien

1. Benötigtes Material: versteckte Lösungsanleitung aus Bilderrahmen (A,B,C), „Postkarte Indonesien“ von Lillis Mama, Schreibtischunterlage „Weltkarte“
2. Wo tritt das Symbol vom Kompass überall auf? Kann man die Postkarte von Lillis Mutter irgendwo anlegen?
3. Auf Weltkarte an Markierung von Indonesien anlegen (Karte kommt aus Indonesien, Pfeil in der Ecke beachten und diese in den Winkel legen) und dann durch die Lochung schauen (Lösungscode A7)

### 3 Linien Puzzlen

1. Benötigtes Material: Lösungsanleitung aus Bilderrahmen (A,B,C), Karte „Sandverbrauch“ von Lilli an Mama, Schere
2. Kann man hier vielleicht was zerschneiden?
3. Den gestrichelten Linien folgen muss das Material kleingeschnitten werden, danach die Teile aneinanderlegen und den Blick auf die gelben Linien richten (Lösungscode C2)

### 4 Sand ist nicht gleich Sand

1. Benötigtes Material: Puzzleteile aus kleinem Umschlag und die Puzzleunterlage zum Verhältnis von Zement zu Sand in Beton
2. Welche Puzzleteile passen auch inhaltlich? Schaut auf die Tipps in den festen Teilen und Ecken der Puzzleunterlage.
3. Die Puzzleteile stimmen, welche die Zahlenkombination 3 – 0 – 4 ergeben. Diese müssen aufsummiert werden (Lösungscode B7)

## 5 Verbrauch vs. Erneuerung

1. Benötigtes Material: Sandmännchen und Personenbogen Pascal Peduzzi; Glasflaschen und Dekodierbild sowie Dekodierrahmen, Trichter
2. Entsprechend der 28 Prisen Kreuze dort setzen, wo Angaben es erlauben und erfordern, nicht mehr und nicht weniger als erlaubt (Spalte mit 0 darf kein Kreuz enthalten, Spalte mit 7 muss sieben Kreuze enthalten)
3. Kreuze von Sandmännchen über Buchstaben von Pascal Peduzzi legen. Das ergibt den Text: fünfzig und zwanzig und zwanzig. Diese Zahlen korrespondieren mit den Lücken im Text von Peduzzi zu dem weltweitem Sandressourcenverbrauch, dem Bedarf von China daran und der weltweiten Erneuerungsrate der Ressource. Achtung: bei Erneuerungsrate nur die Hälfte: 10. Um einen Code daraus zu generieren, der dreistellig ist und somit ein Zahlenschloss öffnen kann, müssen die ergebnen Mengen für weltweiten Verbrauch, Sandbedarf von China und die jährliche Erneuerungsrate als Füllstände mit dem Sand in die Glasflaschen gefüllt werden (oder einfach abgelesen werden, macht aber weniger Spaß). Um den Symbolen der Füllstände eine Zahl zuordnen zu können, muss mit Hilfe des Dekodierrahmens und des Dekodierbildes gearbeitet werden: Aus Sandmann und Peduzzi ergibt sich 50 - 20 - 10, Sand bis zu den entsprechenden Markierungen in die Glasflaschen füllen und Symbole ablesen. Dekodierbild dafür in Rahmen legen (zwei Punkte in Ecke als Orientierung) und Symbole den richtigen Zahlen zuordnen: 50=Mond=2; 20=Dreieck=4; 10=Blume=3. (Lösungscode 2-4-3)

## 6 Sandverbrauch Deutschland

1. Benötigtes Material: Achtecke, Karte Lilli an Mama zu Fördermengen DL, Spielplan/Unterlage mit Achteckumrissen
2. Findet die Startposition und folgt dann den Angaben der Karte: nur ein sinnvoller Satz kann gebildet werden, bei dem an nichts auf dem Kopf lesen muss. Deutschland deckt die eigenen Bedarfe aus heimischen Quellen. Hinweis auf Text: einmal gestartet, gibt es kein Zurück mehr
3. Wenn man entsprechend dreht, bekommt man die Lösung 8-7-2 und in der letzten Runde die Reihenfolge: klein – dazwischen – groß (Lösungscode 2-7-8)

## 7 Prognostizierte Sandbedarfe

1. Benötigtes Material: Hätte ich nur ein Fernrohr, Länderliste
2. Könnt ihr aus dem verfügbaren Material ein Fernrohr basteln, das es euch erlaubt in die Zukunft zu schauen?
3. Alle Teil rausschneiden, eindrehen, Pfeile an Pfeile, durchschauen. Die Länder Sub-Sahara Afrika und Asien-Pazifik sind freigelegt, sowie die Zahl 5 auf der Außenseite (Lösungscode 9-5-6)



<b>8 Ökosystemdienstleistungen</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. E-Mail Aurora Torres, Personenbogen Aurora Torres</li> <li>2. Vorher und Nachher im Vergleich: Hinweis auf Text „Sand macht die Differenz“, wo habt ihr die Symbole von der Mail schon einmal gesehen?</li> <li>3. Zählen vorher/nachher und Differenz errechnen Fische (11), Bäume (16), Tropfen (105); untereinander einfügen so wie es auf der Mail aufgemalt ist und dann entweder letzte Zahl einfach ausprobieren oder auf dem Personenbogen von Torres wiederfinden und die letzte Zahl dort sehen (Lösungscode 6-1-1-0)</li> </ol>
<b>9 Alternativen</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kiran Pereira Q&amp;A Teil I und Q&amp;A Teil II</li> <li>2. Wo habt ihr die Farben der Wörter schon mal gesehen? Folgt der Reihenfolge.</li> <li>3. Nur die Wörter in der richtigen Farbe auf der richtig farbigen Linie zählen (Lösungscode 3-8-5)</li> </ol>

Tabelle 14: Dreistufiges Hinweissystem für den Spielablauf, welches der Spielleitung vorliegt.

## A.4 Nachbesprechung

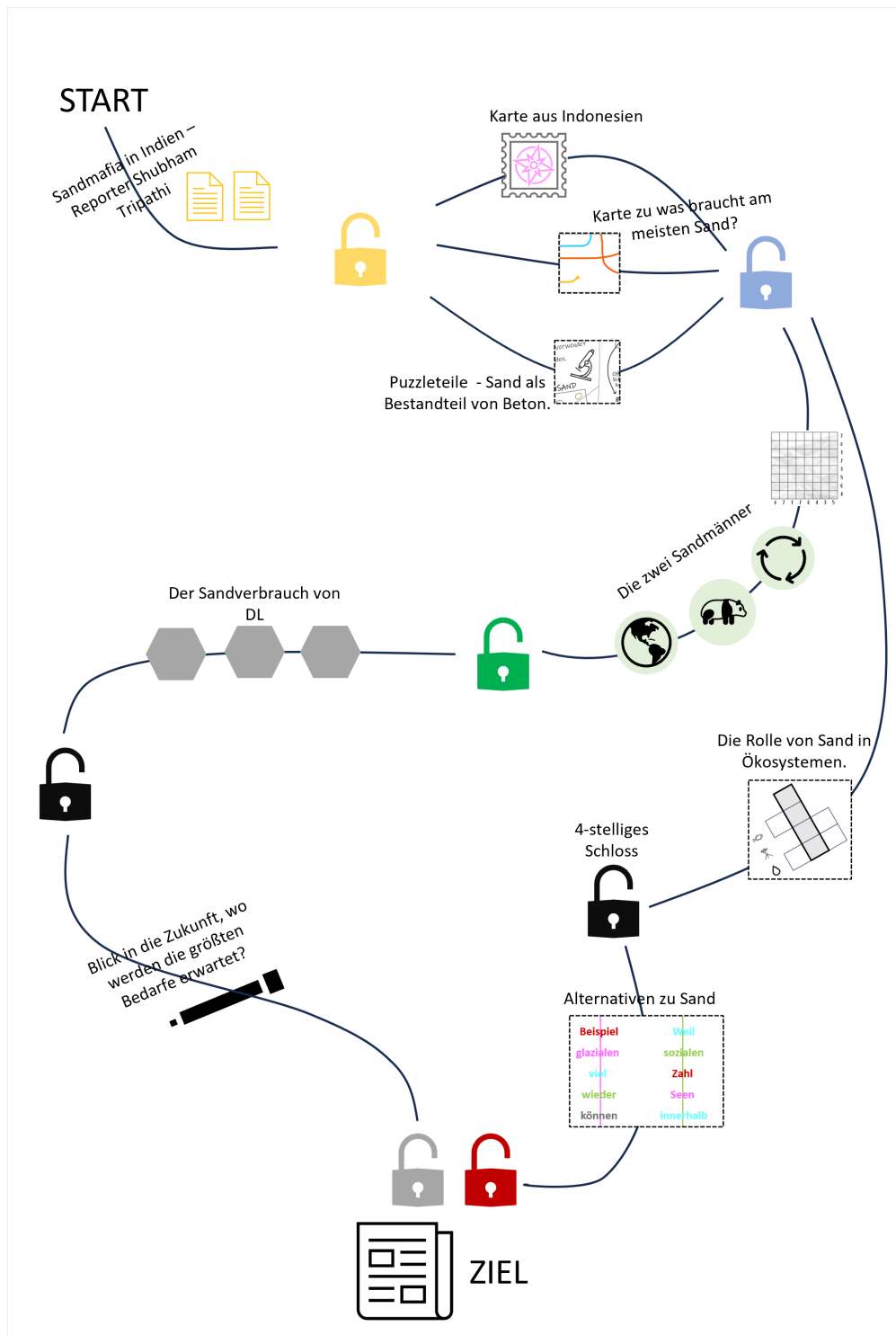


Abbildung 12: Übersicht des Spielflusses zur Nachbesprechung.

## A.5 Beobachtungsbogen Nachbesprechung

Tabelle 15: Beobachtungsbogen der Nachbesprechung.

Spielverhalten und Materialeignung	Notizen
<p>Wie lange beschäftigen sich die Teilnehmenden mit dem Material?</p> <p>Können in dem Spielflussdiagramm alle Rätsel zugeordnet werden?</p> <p>Regen die formulierten Fragen einen Austausch in der Gruppe an?</p> <p>Welche Punkte führen die Teilnehmenden in ihrer Diskussion an</p> <p>Braucht es mehr oder weniger Fragen für die Teilnehmenden?</p>	
Nach dem Spiel: Fragen an die Testspieler*innen	Notizen
<p>Wie geht es euch?</p> <p>Was hat die Nachbesprechung für euch gebracht?</p> <p>Konntet ihr die Aufgaben nachvollziehen?</p> <p>Ist es euch leicht/schwer gefallen, die Fragen zu beantworten?</p> <p>Was könnte verbessert werden?</p> <p>Von was braucht es mehr oder weniger?</p>	

## A.6 Beobachtungsbogen Testphase

Tabelle 16: Beobachtungsbogen der Testphase. Der erste Teil zu Spielverhalten und Materialeignung wurde für jedes Rätsel ausgefüllt.

Spielverhalten und Materialeignung	Notizen
<p>Werden alle Materialien gefunden?</p> <p>Werden zusammengehörige Rätselteile und Materialien identifiziert und entsprechend kombiniert?</p> <p>Wie lange dauert es das Rätsel zu lösen?</p> <p>Gibt es Verständnisprobleme, die sich aus der Machart des Materials ergeben? Muss etwas umformuliert oder umgestaltet werden?</p> <p>Wie sind die Spieler*innen das Rätsel angegangen?</p> <p>Gibt es unbeabsichtigte falsche Fährten?</p> <p>Haben sich die Spieler*innen getraut das Material zu öffnen/zerschneiden?</p> <p>Sind alle Spieler*innen beschäftigt?</p> <p>Welche Materialien werden zuerst angeschaut? Gibt es Rätsel und Gegenstände, die mehr Aufmerksamkeit bekommen als andere?</p> <p>Wo gibt es Erfolgsmomente, wo gibt es Frustpotenzial?</p> <p>Wie viele Hinweise wurden benötigt und welche?</p> <p>Wie lange hat das Spiel insgesamt gedauert?</p>	
Nach dem Spiel: Fragen an die Testspieler*innen	Notizen
<p>Wie geht es euch?</p> <p>Hattet ihr genug zu tun?</p> <p>Wie habt ihr die Länge des Spiels erlebt?</p> <p>Was hat euch am besten gefallen?</p> <p>Was könnte verbessert werden?</p> <p>War der Schwierigkeitsgrad angemessen?</p> <p>Hat es Spaß gemacht?</p> <p>War es kooperativ?</p> <p>Braucht es mehr/andere Hinweise?</p> <p>Wovon hättet ihr im Spiel gerne mehr oder weniger Elemente gehabt?</p> <p>Was hat euch gefehlt? Was würde sich noch anbieten?</p>	

## **A.7 Einverständniserklärung**

Escape Spiel zu Sandabbau. Escape Spiele als geeignete Methode der Bildung für nachhaltige Entwicklung?

Liebe Freiwillige,

im Folgenden werdet ihr an einem Escape Spiel zum Thema Sandabbau teilnehmen. Es interessiert mich zu untersuchen, ob edukative Escape Spiele zu umweltwissenschaftlichen Themen eine geeignete Methode der Bildung für nachhaltige Entwicklung sind. Dafür bitte ich euch an einer Umfrage teilzunehmen.

Die Umfrage erfolgt über einen Fragebogen, den ihr vor und nach dem Spiel ausgeteilt bekommt. Ich führe die Studie im Rahmen meiner Masterarbeit an der Albert-Ludwigs Universität in Freiburg durch, für den Masterstudiengang Umweltwissenschaften (Profilinie Landnutzung und Naturschutz).

Diese Umfrage erfolgt anonym und freiwillig. Ihr könnt die Umfrage jederzeit beenden. Damit eure Ergebnisse ausgewertet werden können, müssen beiden Fragebogen vollständig ausgefüllt werden. Die Ergebnisse werden nur zur wissenschaftlichen Auswertung genutzt. Sie können zur Replizierung der statistischen Auswertung von Dritten eingesehen werden. Wenn ihr die Fragebögen ausfüllt, stimmt ihr zu, dass ihr an der Studie teilnehmt und ich eure Antworten verwenden und auswerten darf.

## 13 Anhang B

### B.1 Fragebogen der Prä-Erhebung

Liebe Freiwillige,  
wir werden uns heute in dem Escape Spiel mit dem Thema Sandabbau beschäftigen. Das Spiel befindet sich noch in der Konzeptionsphase. Bevor es losgeht, habe ich deswegen einige Fragen an euch, die mir helfen werden, das entwickelte Spiel bestmöglich an euren Kenntnisstand und eure Bedürfnisse anzupassen.

#### Sozio-demographische Informationen

1	Sozio-demographische Informationen	
A	Wie alt bist du?	
B	Welchem Geschlecht ordnest du dich zu?	

#### Rahmenbedingungen vor dem Spiel

Im Folgenden würde ich dich gerne nach deiner Selbsteinschätzung fragen. Bitte sag mir, ob du den folgenden Aussagen überhaupt nicht zustimmst, eher nicht zustimmst, eher zustimmst oder komplett zustimmst.

2	Ich stimme...	überhaupt nicht zu	eher nicht zu	eher zu	komplett zu
A	Ich bin heute motiviert etwas Neues zu lernen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B	Ich bin mit dem Spielprinzip eines Escape Spiels vertraut.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C	In den Nachrichten, die ich konsumiere, wird über Sandabbau und Sandverbrauch berichtet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
D	Ich habe ein grundlegendes Wissen dazu, für was wir Sand benötigen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
E	Mir ist bewusst, mit welchen ökologischen und sozialen Folgen der weltweite Sandverbrauch einhergeht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
F	Ich erachte Sandabbau als ein relevantes Thema der Nachhaltigkeit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G	Ich erachte Sandabbau als ein dringliches Thema der Nachhaltigkeit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Neben deiner Selbsteinschätzung interessiert es mich, was du konkret zu dem Thema weißt.

Im Folgenden gibt es verschiedene Fragen rund um das Thema Sandnutzung. Manche Fragen sind *single-Choice*, andere *multiple-Choice* Fragen. Bei *multiple-Choice* Fragen kannst du zwei bis alle Antworten ankreuzen.

Wenn du die Antwort nicht weißt, bitte ich dich, ich weiß es nicht anzukreuzen, anstatt zu raten.

3	Was verbraucht weltweit am meisten Sand? (Single-Choice)
A	<input type="checkbox"/> Herstellung von Solarzellen
B	<input type="checkbox"/> Abwasseraufbereitung
C	<input type="checkbox"/> Baubranche
D	<input type="checkbox"/> Glasherstellung
E	<input type="checkbox"/> Ich weiß es nicht

4	Wer verbraucht aktuell am meisten Sand? (Single-Choice)
A	<input type="checkbox"/> USA
B	<input type="checkbox"/> Deutschland
C	<input type="checkbox"/> China
D	<input type="checkbox"/> Indien
E	<input type="checkbox"/> Ich weiß es nicht

5	Wie viele Tonnen Sand stecken in einem Kilometer Autobahn? (Single-Choice)
A	<input type="checkbox"/> 10.000 t
B	<input type="checkbox"/> 20.000 t
C	<input type="checkbox"/> 30.000 t
D	<input type="checkbox"/> 40.000 t
E	<input type="checkbox"/> Ich weiß es nicht

6	In welchem Land gibt es eine einflussreiche Sandmafia? (Single-Choice)
A	<input type="checkbox"/> Indien
B	<input type="checkbox"/> Indonesien
C	<input type="checkbox"/> Kolumbien
D	<input type="checkbox"/> Saudi-Arabien
E	<input type="checkbox"/> Ich weiß es nicht

7	Entspricht der weltweite Sandabbau der jährlichen Erneuerungsrate der Ressource? (Single-Choice)
A	<input type="checkbox"/> Ja, denn durch den Transport der Flüsse von Sedimenten aus den Bergen in die Meere erneuert sich die Ressource ausreichend
B	<input type="checkbox"/> Ja, denn die Sandvorkommen in den Wüsten der Welt decken den Sandbedarf der Menschheit nachhaltig
C	<input type="checkbox"/> Nein, denn der Verbrauch von Sand übersteigt seine Erneuerungsrate um ein Vielfaches
D	<input type="checkbox"/> Nein, denn die Sandvorkommen erfahren keine Erneuerung
E	<input type="checkbox"/> Ich weiß es nicht

8	Wo werden weltweit die größten Sandbedarfe prognostiziert? (Single-Choice)
A	<input type="checkbox"/> In den Industrieländern mit einem hohen Pro-Kopf Einkommen
B	<input type="checkbox"/> In den Ländern mit dem größten erwartetem Bevölkerungswachstum
C	<input type="checkbox"/> In den Küstenstaaten, die sich vor dem steigenden Meeresspiegel schützen müssen
D	<input type="checkbox"/> Ich weiß es nicht

9	Wird Sand für die Betonherstellung verwendet, sind welche Arten besonders <i>ungeeignet</i> ? (Multiple-Choice)
A	<input type="checkbox"/> Wüstensand
B	<input type="checkbox"/> Flusssand
C	<input type="checkbox"/> Meeressand
D	<input type="checkbox"/> Sand aus Gletscherablagerungen
E	<input type="checkbox"/> Ich weiß es nicht

10	Sandabbau geht mit Folgen für die Umwelt und Menschen einher. Welche Antworten sind richtig? (Multiple-Choice)
A	<input type="checkbox"/> Sandabbau an Küsten gefährdet den Erosionsschutz von Stränden
B	<input type="checkbox"/> Sandabbau in Flüssen reduziert die Fischbestände
C	<input type="checkbox"/> Sandabbau an Land führt zu geringeren Versickerungsraten von Wasser
D	<input type="checkbox"/> Menschen werden teilweise für den Sandabbau unrechtmäßig ihres Landes enteignet, um neue Lagerstätten zu erschließen
E	<input type="checkbox"/> Ich weiß es nicht



11	In Europa ist der Sandabbau aus natürlichen Lagerstätten (Seen, Flüsse, Küsten, glazialen Lagerstätten) reguliert. Welche Alternativen werden hauptsächlich genutzt? (Multiple-Choice)
A	<input type="checkbox"/> Recycelter Bauschutt
B	<input type="checkbox"/> Künstlich hergestellter Sand aus recyceltem Altglas
C	<input type="checkbox"/> Betonfreies Bauen mit Naturmaterialien wie Holz
D	<input type="checkbox"/> Künstlich hergestellter Sand aus gebrochenem Stein
E	<input type="checkbox"/> Ich weiß es nicht

12	Befinden wir uns aktuell in einer globalen Sandkrise? (Single-Choice)
A	<input type="checkbox"/> Nein, denn wir haben weltweit genug Sand für die Zukunft
B	<input type="checkbox"/> Nein, aber regionale Knappheiten häufen sich
C	<input type="checkbox"/> Ja, denn weltweit sind die Sandvorkommen stark übernutzt
D	<input type="checkbox"/> Ja, denn die weltweiten Vorkommen sind leer
E	<input type="checkbox"/> Ich weiß es nicht

Stimmen die folgenden Aussagen?

13	Diese Aussage...	stimmt	stimmt nicht	ich weiß es nicht
A	Der Verbrauch von Bausanden in Deutschland erhöht den Druck auf die Sandressourcen anderer Länder.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B	Da Sand ein hohes Gewicht pro Tonne hat, ist es unwahrscheinlich, dass die Transportwege für Import und Export von Sand in Zukunft länger werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C	Entwicklungsländer, die aktuell viel Sand exportieren, werden diesen in Zukunft selbst benötigen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
D	Unabhängig von regionalen Bedarfen können wir weltweit eine drastische Zunahme an Kosten pro Tonne Sand erwarten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie sehr stimmst du den folgenden Aussagen zu?

14	Ich stimme...	überhaupt nicht zu	eher nicht zu	eher zu	komplett zu
A	Die einhergehenden Umweltfolgen und sozialen Auswirkungen von Sandabbau sind für mich besorgniserregend.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B	Das Thema Sandabbau erfährt gesellschaftlich ausreichend Aufmerksamkeit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C	Ich möchte mein soziales Umfeld auf die Thematik Sandabbau aufmerksam machen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Vielen Dank!

Viel Spaß beim Spiel!

## B.2 Fragebogen der Post-Erhebung

Liebe Freiwillige,

danke, dass ihr mitgespielt habt! Um eure Spielerfahrung für mich zu erfassen, bitte ich euch, den angepassten Fragebogen nochmals auszufüllen. Dann kann ich sehen, ob sich durch das Spiel eure Antworten ändern, was ihr aus dem Spiel mitgenommen habt und ob ich Änderungen vornehmen muss.

Im Folgenden würde ich dich gerne nach deiner Selbsteinschätzung fragen. Bitte sag mir, ob du den folgenden Aussagen überhaupt nicht zustimmst, eher nicht zustimmst, eher zustimmst oder komplett zustimmst.

1	Ich stimme...	überhaupt nicht zu	eher nicht zu	eher zu	komplett zu
A	Ich habe ein grundlegendes Wissen dazu, für was wir Sand benötigen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B	Mir ist bewusst, mit welchen ökologischen und sozialen Folgen der weltweite Sandverbrauch einhergeht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C	Ich erachte das Thema Sandabbau als ein relevantes Thema der Nachhaltigkeit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
D	Ich erachte Sandabbau als ein dringliches Thema der Nachhaltigkeit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Neben deiner Selbsteinschätzung interessiert es mich, was du konkret zu dem Thema weißt. Im Folgenden gibt es verschiedene Fragen rund um das Thema Sandnutzung. Manche Fragen sind Single-Choice, andere Multiple-Choice Fragen. Bei multiple Choice Fragen kannst du zwei bis alle Antworten ankreuzen.

Wenn du die Antwort nicht weißt, bitte ich dich, ich weiß es nicht anzukreuzen, anstatt zu raten.

2	Was verbraucht weltweit am meisten Sand? (Single-Choice)
A	<input type="checkbox"/> Abwasseraufbereitung
B	<input type="checkbox"/> Baubranche
C	<input type="checkbox"/> Glasherstellung
D	<input type="checkbox"/> Herstellung von Solarzellen
E	<input type="checkbox"/> Ich weiß es nicht

3	Wer verbraucht aktuell am meisten Sand? (Single-Choice)
A	<input type="checkbox"/> Deutschland
B	<input type="checkbox"/> Indien
C	<input type="checkbox"/> USA
D	<input type="checkbox"/> China
E	<input type="checkbox"/> Ich weiß es nicht

4	Wie viele Tonnen Sand stecken in einem Kilometer Autobahn? (Single-Choice)
A	<input type="checkbox"/> 40.000 t
B	<input type="checkbox"/> 30.000 t
C	<input type="checkbox"/> 20.000 t
D	<input type="checkbox"/> 10.000 t
E	<input type="checkbox"/> Ich weiß es nicht

5	In welchem Land gibt es eine einflussreiche Sandmafia? (Single-Choice)
A	<input type="checkbox"/> Saudi-Arabien
B	<input type="checkbox"/> Indien
C	<input type="checkbox"/> Kolumbien
D	<input type="checkbox"/> Indonesien
E	<input type="checkbox"/> Ich weiß es nicht

6	Entspricht der weltweite Sandabbau der jährlichen Erneuerungsrate der Ressource? (Single-Choice)
A	<input type="checkbox"/> Ja, denn die Sandvorkommen in den Wüsten der Welt decken den Sandbedarf der Menschheit nachhaltig
B	<input type="checkbox"/> Ja, denn durch den Transport der Flüsse von Sedimenten aus den Bergen in die Meere erneuert sich die Ressource ausreichend
C	<input type="checkbox"/> Nein, denn der Verbrauch von Sand übersteigt seine Erneuerungsrate um ein Vielfaches
D	<input type="checkbox"/> Nein, denn die Sandvorkommen erfahren keine Erneuerung
E	<input type="checkbox"/> Ich weiß es nicht

7	Wo werden weltweit die größten Sandbedarfe prognostiziert? (Single-Choice)
A	<input type="checkbox"/> In den Küstenstaaten, die sich vor dem steigenden Meeresspiegel schützen müssen
B	<input type="checkbox"/> In den Ländern mit dem größten erwartetem Bevölkerungswachstum
C	<input type="checkbox"/> In den Industrieländern mit einem hohen Pro-Kopf Einkommen
D	<input type="checkbox"/> Ich weiß es nicht

8	Wird Sand für die Betonherstellung verwendet, sind welche Arten besonders ungeeignet? (Multiple-Choice)
A	<input type="checkbox"/> Flusssand
B	<input type="checkbox"/> Sand aus Gletscherablagerungen
C	<input type="checkbox"/> Wüstensand
D	<input type="checkbox"/> Meeressand
E	<input type="checkbox"/> Ich weiß es nicht

9	Sandabbau geht mit Folgen für die Umwelt und Menschen einher. Welche Antworten sind richtig? (Multiple-Choice)
A	<input type="checkbox"/> Menschen werden teilweise für den Sandabbau unrechtmäßig ihres Landes enteignet, um neue Lagerstätten zu erschließen
B	<input type="checkbox"/> Sandabbau an Küsten gefährdet den Erosionsschutz von Stränden
C	<input type="checkbox"/> Sandabbau an Land führt zu geringeren Versickerungsraten von Wasser
D	<input type="checkbox"/> Sandabbau in Flüssen reduziert die Fischbestände
E	<input type="checkbox"/> Ich weiß es nicht

10	In Europa ist der Sandabbau aus natürlichen Lagerstätten (Seen, Flüsse, Küsten, glazialen Lagerstätten) reguliert. Welche Alternativen werden hauptsächlich genutzt? (Multiple-Choice)
A	<input type="checkbox"/> Recycelter Bauschutt
B	<input type="checkbox"/> Künstlich hergestellter Sand aus recyceltem Altglas
C	<input type="checkbox"/> Betonfreies Bauen mit Naturmaterialien wie Holz
D	<input type="checkbox"/> Künstlich hergestellter Sand aus gebrochenem Stein
E	<input type="checkbox"/> Ich weiß es nicht

11	Befinden wir uns aktuell in einer globalen Sandkrise?(Single-Choice)
A	<input type="checkbox"/> Nein, denn wir haben weltweit genug Sand für die Zukunft
B	<input type="checkbox"/> Nein, aber regionale Knappheiten häufen sich
C	<input type="checkbox"/> Ja, denn weltweit sind die Sandvorkommen stark übernutzt
D	<input type="checkbox"/> Ja, denn die weltweiten Vorkommen sind leer
E	<input type="checkbox"/> Ich weiß es nicht

Stimmen die folgenden Aussagen?

12	Diese Aussage...	stimmt	stimmt nicht	ich weiß es nicht
A	Da Sand ein hohes Gewicht pro Tonne hat, ist es unwahrscheinlich, dass die Transportwege für Import und Export von Sand in Zukunft länger werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B	Entwicklungsländer, die aktuell viel Sand exportieren, werden diesen in Zukunft selbst benötigen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C	Unabhängig von regionalen Bedarfen können wir weltweit eine drastische Zunahme an Kosten pro Tonne Sand erwarten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
D	Der Verbrauch von Bausanden in Deutschland erhöht den Druck auf die Sandressourcen anderer Länder.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Im Folgenden bitte ich dich, das Spielformat und dein Spielerlebnis zu bewerten. Bitte kreuze an, wie sehr du den folgenden Aussagen zustimmst: überhaupt nicht, eher nicht, eher zu, komplett zu.

### Spielerlebnis

13	Ich stimme...	überhaupt nicht zu	eher nicht zu	eher zu	komplett zu
A	Das Spielformat hat Kooperation zwischen den Teammitgliedern gefördert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B	Um unser Ziel zu erreichen, mussten wir im Team zusammenarbeiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

13	Ich stimme...	überhaupt nicht zu	eher nicht zu	eher zu	komplett zu
C	Wir waren daran interessiert, gemeinsam das Ziel in der vorgegebenen Zeit zu erreichen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
D	Ich hätte es auch allein geschafft, das Ziel zu erreichen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
E	Ich habe mir in dem Spiel neues Wissen zu Sandabbau angeeignet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
F	Ich kann in der Zukunft neue Informationen zum Thema Sandabbau mit dem heute Gelernten verknüpfen und einordnen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G	Ich kann mir in Zukunft neue Informationen zum Thema Sandabbau selbst leichter aneignen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H	Die einhergehenden Umweltfolgen und sozialen Auswirkungen von Sandabbau sind für mich besorgniserregend.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I	Das Thema Sandabbau erfährt gesellschaftlich ausreichend Aufmerksamkeit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
J	Ich möchte mein soziales Umfeld auf die Thematik Sandabbau aufmerksam machen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## Spielkonzeption

14	Ich stimme...	überhaupt nicht zu	eher nicht zu	eher zu	komplett zu
A	Ich habe die Regeln des Spiels gut verstanden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B	Ich war engagiert und motiviert beim Spiel dabei	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C	Ich hatte im Spiel genug zu tun	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

14	Ich stimme...	überhaupt nicht zu	eher nicht zu	eher zu	komplett zu
D	Alle Teammitglieder hatten während des Spiels genug zu tun	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
E	Die verschiedenen Rätsel haben unterschiedliche Stärken im Team angesprochen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
F	Das Spiel war methodisch auf die Zielgruppe abgestimmt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G	Das Spiel war inhaltlich passend für die Zielgruppe gewählt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H	Der Zeitrahmen war passend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I	Der Schwierigkeitsgrad war angemessen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
J	Ich hatte Spaß an dem Spiel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K	Ich habe Interesse daran, mehr zu dem Thema Sandabbau zu erfahren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
L	Ich habe Lust, dieses Spielformat öfter auszuprobieren (zu anderen Themen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
M	Escape Spiele sind eine geeignete Methode, um sich neue Inhalte selbstständig zu erschließen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

15	Was ist deiner Meinung nach die ideale Gruppengröße für das Spiel?
A	<input type="checkbox"/> 2
B	<input type="checkbox"/> 3
C	<input type="checkbox"/> 4
D	<input type="checkbox"/> 5
E	<input type="checkbox"/> 6

16	Wie viele Teilnehmer*innen wart ihr in eurer Gruppe?
B	<input type="checkbox"/> 3
C	<input type="checkbox"/> 4
D	<input type="checkbox"/> 5



Hast du sonstige Rückmeldungen für mich?

---

---

---

---

---

---

Vielen Dank für deine Unterstützung!

## **14 Anhang C [CD]**

Die folgenden Anhänge wurden in digitaler Form (CD) hinterlegt:

- C.1 Das entwickelte Spielmaterial des edukativen Escape Spiels „Sand als begehrte Ressource“
- C.2 Beobachtungsbögen der Rätsel und Nachbesprechungen aus den Testläufen und den Durchführungen
- C.3 Die von den Teilnehmenden ausgefüllten Fragebögen der Prä- und Post-Erhebung

## 15 Eidesstattliche Erklärung

.....

Name der Studierenden

Hiermit versichere ich, dass  
ich die eingereichte Masterarbeit selbständig verfasst habe, keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt und alle wörtlich oder sinngemäß aus anderen Werken übernommenen Inhalte als solche kenntlich gemacht habe. Die eingereichte Masterarbeit ist oder war weder vollständig noch in wesentlichen Teilen Gegenstand eines anderen Prüfungsverfahrens.

.....

Datum, Ort

.....

Unterschrift