

Transformative BNE im Kontext Wasser

- Projekt Aqua Citizens -

Kai Bliesmer*, Michael Komorek*, Tjorben Meyer*

*Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Institut für Physik, Carl-von-Ossietzky-Str. 9-11, 26129 Oldenburg
michael.komorek@uni-oldenburg.de

Kurzfassung

Vorgestellt wird das von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderte Projekt „AquaCitizens“, das im DBU-Projektcluster zur transformativen Bildung für nachhaltige Entwicklung (tBNE) verortet ist. Im Projekt „AquaCitizens“ wurde als Kontext für die Realisierung transformativer Bildungsprozesse die nachhaltige Wasserversorgung gewählt: Angesichts des Klimawandels zählen die Sicherung der Wasserversorgung sowie ein zukunftsfähiges technisches Wassermanagement zu den zentralen Aufgaben unserer Zeit. Sie betreffen nicht nur das individuelle Verhalten, sondern fordern auch Kommunen und Gesellschaft als Ganzes heraus, bestehende Infrastrukturen neu zu denken. Vor diesem Hintergrund wurde dieses bedeutsame Transformationsfeld bewusst als Ausgangspunkt für das Projekt gewählt. „AquaCitizens“ zielt auf Veränderungen im Denken und Handeln, auf ein integratives Verständnis von Nachhaltigkeit, auf die Hinterfragung bestehender Strukturen, auf die Integration von praktischen Erfahrungen und auf die Kooperation mit außerschulischen Partnern. Der Beitrag stellt die Struktur des Projekts vor und präsentiert Ergebnisse einer ersten explorativen Studie zu den Alltagsvorstellungen von Laien über die Herausforderungen eines nachhaltigen Wassermanagements. Die Ergebnisse der Studie dienen dazu, Angebote in „AquaCitizens“ entlang einer Didaktischen Rekonstruktion systematisch-fachdidaktisch zu entwickeln.

1. Fachdidaktische Operationalisierung der tBNE

Für die fachdidaktische Ausgestaltung von „AquaCitizens“ war es zunächst nötig, die primär bildungswissenschaftlich fundierten Konzeptualisierungen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung samt ihrer unterschiedlichen Ausrichtungen (inkl. der transformativen BNE) auf (fach)didaktische Forschungs- und Entwicklungskonzepte zu beziehen. Aus dieser Verknüpfung wurden fünf zentrale Leitlinien abgeleitet, die eine (fach)didaktische Operationalisierung einer tBNE in „AquaCitizens“ bilden und als Grundlage für die didaktische Strukturierung diesbezüglicher Bildungsangebote fungieren. Daher werden im Folgenden zunächst Konzeptualisierungen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung kurz beschrieben, um darauf basierend die besagten Leitlinien vorzustellen.

1.1. Konzeptualisierungen von (t)BNE

Vare und Scott (2007) haben den gängigen Unterschied zwischen zwei Modi einer Bildung für nachhaltige Entwicklung geprägt: BNE 1 und BNE 2. Ersteres wird als instrumentelle Bildung für nachhaltige Entwicklung bezeichnet und hat eine stark erzieherische Komponente. BNE 1 ist auf Wissensvermittlung und Verhaltenssteuerung gerichtet: Lernende sollen durch Bildungsangebote dazu bewegt werden, sich in ihrem Alltag nachhaltiger zu verhalten; Bildung ist hier also Mittel zum Zweck. BNE 2 wird im Gegensatz dazu emanzipatorische Bildung für nachhaltige Entwicklung genannt. Hier steht die Befähigung der Lernenden im Vordergrund, eine selbstbestimmte

Urteils- und Handlungsfähigkeit in Kontexten der Nachhaltigkeit zu entwickeln, denen eine hohe Komplexität inhärent ist. Lernende sollen hier durch Bildungsprozesse ermächtigt werden, mündig zu bewerten und zu handeln. Eine weitere, dritte Variante stellt die transformative BNE dar. Diese wird von Vare (2014) als BNE 3 bezeichnet und als „expansive learning“ (Vare, 2014, S. 7) gedeutet. Schild, Leng und Hammer (2019) verstehen sie hingegen als Subform von BNE 2. Die transformative BNE geht über die anderen beiden Modi insofern hinaus, als es ihr Ziel ist, tiefgreifende Veränderungen im Denken der Lernenden anzustoßen – mit dem Anspruch, daraus konkretes Handeln und aktives Engagement für nachhaltige Entwicklung hervorzubringen. Darüber hinaus sollen Lernende befähigt werden, in ihrem sozialen Umfeld als Multiplikator:innen für nachhaltiges Denken und Handeln zu wirken.

1.2. Fachdidaktische Leitlinien für tBNE

Gemäß den Darlegungen zum Unterschied zwischen tBNE und anderen Modi der BNE ist es wichtig, kein trügerisches Wissen und kein abstraktes Können im Transformationsfeld Wasser zu vermitteln. Denn obwohl Wissen und Können wichtige Voraussetzungen für nachhaltiges Handeln sind, sollen der Aufbau von Kompetenz, also der Wille, Wissen und Fähigkeiten einzusetzen, sowie die Performanz der Zielgruppe (ihre tatsächliche Einflussnahme im Transformationsfeld) im Fokus stehen (WBGU 2011; Balsiger et al., 2017). Um dies zu erreichen, sind Leitlinien ent-

wickelt werden, die den Ansprüchen einer tBNE Rechnung tragen sollen und als Basis für die fachdidaktische Ausgestaltung von „AquaCitizens“ fungieren. Diese Leitlinien haben notwendigerweise einen Bezug zur Selbstbestimmungstheorie der Motivation (Deci & Ryan, 2012; erweitert durch Lewalter & Greyer, 2009), weil Lernende zur Teilnahme am Vorhaben und zum transformativen Handeln motiviert werden müssen und weil gemäß Balsiger et al. (2017, S. 358) transformative Bildung tiefgreifende Veränderung in der persönlichen Haltung umfasst: „Transformative learning for ESD involves a deep structural shift in the basic premises of thought, feelings and actions. It is a shift of consciousness that dramatically and permanently alters our way of being in the world“. Folgende fünf Leitlinien wurden formuliert.

1.2.1. Regionale Herausforderungen fokussieren

Um in der Gesellschaft transformative Kräfte für eine nachhaltige Entwicklung freizusetzen, ist nachhaltige Entwicklung nicht als abstrakte Idee zu intonieren, sondern es ist für die unmittelbare Relevanz regionaler Herausforderungen der nachhaltigen Entwicklung für das persönliche Leben der Lernenden und für ihre Region zu sensibilisieren. Bei „AquaCitizens“ müssen daher Problemkontakte im Bereich Wasser in der Region Nordwest-Niedersachsen unter dem Blickwinkel der Sustainable Development Goals analysiert und als bedeutsame Lerngegenstände herausgearbeitet werden. (→ Motivationsfacette: Relevanzwahrnehmung).

1.2.2. Vom Wissen zum Handeln gelangen

Damit Lernende vom Wissen zum Handeln gelangen können, ist es konstitutiv, Handlungskontexte so aufzuschließen, dass sie ihr Wissen und ihre Fähigkeiten einsetzen können, um nachhaltige Entwicklung mitgestalten und einen realen Impact erzielen zu können. Transformative Bildung ist bestrebt, die Selbstwirksamkeit der Lernenden zu stärken, sodass sie sich selbst als kompetent in der Gestaltung einer nachhaltigen Entwicklung wahrnehmen. In „AquaCitizens“ wird daher der Handlungsansatz des Citizen Science verfolgt, bei dem die Kommunikation der Erkenntnisse und Ergebnisse der Lernenden an eine interessierte Öffentlichkeit und an politische Entscheidungsträger (Stakeholder) im Fokus steht. Citizen Science bietet einen Zugang zum transformativen Handeln, das letztlich erreicht werden soll. (→ Motivationsfacetten: Kompetenzwahrnehmung, Selbstwirksamkeitserwartung/-erfahrung).

1.2.3. Individualisiert und partizipativ lernen

Wie das Interessenmodell RIASEC (Höft, 2020) darstellt, haben Menschen unterschiedliche Präferenzen, wenn es um ihren Zugang zu Lerngegenständen geht: Manche sind sehr praktisch orientiert, andere haben Freude daran, abstrakt zu denken. Sie unterscheiden sich auch dahingehend, ob sie eher mit anderen im Team oder lieber allein arbeiten wollen. Eine tBNE muss diese Präferenzen berücksichtigen; die lernende

Person soll mitentscheiden und auswählen dürfen, wie sich ihr individueller Bildungsprozess gestaltet. Bei „AquaCitizens“ muss es daher modulare Aktivitäten geben, die Lernenden auswählen und selbst miteinander kombinieren können; Lernende werden mit Blick auf ihre Interessen beraten. Die gewählten Module werden mit den Lernenden partizipativ ausgestaltet (vgl. WBGU, 2011, S. 378), sodass sie mitbestimmen, welches Lernangebot sie wählen möchten. (→ Motivationsfacette: Autonomie).

1.2.4. Kooperative und längerfristige Angebote

Eine tBNE bietet im Idealfall Bildungs- und Aktivitätsformate an, die soziale Eingebundenheit im vom Lernenden selbst bestimmten Maße unterstützen. Eine Integration von Schülerlaborangeboten in den Citizen-Science-Ansatz erscheint daher besonders geeignet. Der Citizen Science-Ansatz impliziert eine längerfristige Zusammenarbeit entlang von Datenerhebung, -interpretation und -kommunikation. Parallel hierzu bieten Schülerlabor-Angebote zum Problemkontext Wasser vertiefte experimentelle Primärerfahrungen, die das Wissen und die Fähigkeiten der Lernenden erweitern, autonome Handlungen zulassen und auf die Bewältigung des Citizen-Science-Aufgaben vorbereiten. (→ Motivationsfacetten: Soziale Eingebundenheit).

1.2.5. Neue Zielgruppen erreichen

Eine tBNE muss Menschen unabhängig von ihrer sozialen Herkunft, ihrer Schulform und der elterlichen Unterstützung erreichen. Nur dann lässt sich ein breiteres gesellschaftliches Potenzial für eine nachhaltige Entwicklung aufschließen und gleichzeitig ein Beitrag zur Bildungsgerechtigkeit leisten. Daher wird das Bildungs- und Aktivitätsprogramm von „AquaCitizens“ weitgehend in mobiler Form durchgeführt. Dies senkt die Hürden für die Teilnahme erfahrungsgemäß deutlich (Komorek & Schmitz, 2023). Mit mobil ist zweierlei gemeint: Zum einen werden Bildungsangebote zu den Kindern und Jugendlichen gebracht (mobile Angebote). Zielorte für die mobilen Angebote sind mit Blick auf unterrepräsentierte Zielgruppen ländliche Regionen, nicht-gymnasiale Schulformen und Jugend- und Freizeitzentren etc. Zum andern werden die Kinder und Jugendlichen an ihren Wohnorten per Sammeltaxi abgeholt, um an der Universität oder bei den außerschulischen Partnern an individuellen Projekten zu arbeiten (mobile Lernende). (→ Motivationsfacetten: soziale Eingebundenheit; ergänzt um Aspekte von Gerechtigkeit und Ausschöpfung ungenutzter individueller und gesellschaftlicher Potenziale).

2. Projektstruktur von „AquaCitizens“

Aus den Leitlinien wurde eine Projektstruktur mit fünf zentralen Aktivitäten abgeleitet. Hierbei wurden zwei außerschulische Kooperationspartner gewählt, die bei der Umsetzung des Projekts unterstützen. Das ist zum einen der Oldenburgisch-Ostfriesische Was-

serverband (OOWV) und zum anderen das Regionale Umweltbildungszentrum Oldenburg (RUZ).

Folgende fünf Aktivitäten werden im Sinne der Leitlinien im Projekt umgesetzt.

2.1. Aktivität I: Mobilität der Angebote

Um „AquaCitizens“ bei jungen Menschen bekannt zu machen, werden mobile Experimentier-Angebote eingesetzt. Die existierenden Netzwerke mit Jugendzentren der Region und mit Schulen, u. a. in Oldenburg, werden aktiviert und dienen der Bewerbung von Nachmittagsangeboten in Jugendzentren und Schulen. Mit den mobilen Experimentierangeboten werden bestimmte Benachteiligungen des Zugangs zu MINT-Angeboten ausgeglichen. Denn die Angebote kommen an die Orte der Kinder und Jugendlichen, vor allem in ihren Freizeitbereich. Inhaltlich geht es um einfache Experimente zum Thema Wasser, die wenig Vorwissen verlangen, bspw. Experimente zu den Themen Auftrieb und Tauchen, Deichbau, Strömungsexperimente, Wasserkreislauf. Hands-on-Experimente und erprobte Modelle sollen an die physikalisch-technischen Eigenschaften von Wasser heranführen. Der Zugang ist zunächst spielerisch, thematisiert aber auch die Kontexte, die einen Nachhaltigkeitsbezug haben wie sauberes Wasser, Niederschläge, Küstenschutz. Im Rahmen dieser Aktivitäten werden diejenigen Kinder und Jugendlichen angesprochen, die ein verstärktes Interesse zeigen, sich mit dem Thema Wasser zu befassen. Ihnen wird angeboten, zu längerfristigen Aktivitäten zu den Einrichtungen der Projektpartner zu kommen.

2.2. Aktivität II: Mobilität der Lernenden

Die Interessierten werden zu wasserbezogenen Angeboten zum OOWV, ins RUZ und ins Schülerlabor der Uni eingeladen. Hier werden Projekte von zwei bis drei Nachmittagen angeboten, zu denen die Kinder und Jugendlichen von ihren Wohnorten abgeholt werden (Sammeltaxi). Die projektartigen Angebote zielen darauf, die Selbstwirksamkeit der Kinder und Jugendlichen zu fördern, indem sie mit vorhandenen Funktionsmodellen arbeiten (z. B. zum globalen Wasserkreis, zur Strukturbildung an der Küste) und eigenen kleinen Forschungs- und Messaufgaben nachgehen. Bei diesen Aktivitäten werden sie für die Problematik im Kontext von nachhaltiger bzw. nicht-nachhaltiger Wassernutzung und Effekte klimabedingter Starkwetterereignisse sensibilisiert. In eingebetteten Workshops erfahren sie, wie Datenerhebungen eine Rolle spielen und wie Ergebnisse kommuniziert werden. Bei dieser Aktivität geht es erneut darum, Kinder und Jugendliche zu finden, die das weitergehende Interesse haben, der regionalen Bedeutung von Wasser und der Nutzung von Wasser im Citizen-Science-Modus auf die Spur zu kommen.

2.3. Aktivität III: Citizen-Science

Im Sinne transformativer Bildung für nachhaltige Entwicklung ist diese Aktivität der Kern von Aqua-

Citizens. Messungen und Beobachtungen, die Dokumentation von wasserbezogenen Phänomenen sowie die Befragungen von Laien (Bevölkerung) und Expert:innen werden von den Kindern und Jugendlichen an ihren Wohn- und Schulorten oder weiteren Orten durchgeführt und aufeinander bezogen. Die Messung und Beobachtung der Niederschläge, der Wassernutzung und des Wasserverbrauchs, die Beobachtung und Dokumentation von Wetterereignissen sowie die Beobachtungen und Befragung von Bürger:innen zum Umgang mit Wasser und von Wasserexpert:innen hinsichtlich Wasserbaumaßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel stehen im Fokus. Im Begleitprogramm eignen sich die Teilnehmenden Methoden der Datenerhebung und Datendokumentation an und erfahren teils spielerisch, wie man Laien und Expert:innen befragt.

2.4. Aktivität IV: Kommunikation und Transfer

Aus den Messergebnissen, den Befragungen und dem Austausch heraus werden Leitlinien für den Umgang mit Wasser in den Facetten Wassermangel, Entwässerung, Starkwetterereignisse u. a. entwickelt. Die Leitlinien werden bei Bürgeraktionen (Stadtteil treffs), mit der lokalen (Kommune) und regionalen (Kreis, Land) Politik diskutiert. Die Citizen-Science-Gruppen veranstalten Bürgerforen und stellen ihre Vorschläge in Gemeinde- und Stadträten vor, wobei sie ggf. auch Expert:innen einladen. Wege der Darstellung können auch kurze Filme sein, die die Gruppen drehen, um ihre Leitlinien, Vorschläge und Forderungen zu verdeutlichen. Die Filme und Leitlinien gehen auch auf die Ergebnisse der Citizen-Science-Forschung ein und betonen den transformativen und partizipativen Charakter der Handlungsempfehlungen. Die „AquaCitizens“-Projektpartner unterstützen die Kinder und Jugendlichen bei diesen Kommunikationsprozessen und nutzen dabei vorhandene Netzwerke mit Kommunen, Unternehmen, regionalen Stakeholdern, Politik und Expert:innen.

2.5. Aktivität V: Fortbildung und Vernetzung

Um bereits innerhalb der Projektlaufzeit die Verfestigung des Projekts anzulegen, werden die beteiligten Personen der Jugendeinrichtungen und auch Lehrkräfte zu Vernetzungsworkshops und zu Fortbildung hinsichtlich Citizen-Science-Aktivitäten fortgebildet. Bei der Vernetzung sollen die Akteure befähigt werden, den Kontakt zu den jetzigen Projektpartnern aufrechtzuerhalten und die Aktivitäten I und II selbst abzurufen. In den Fortbildungsanteilen der Workshops geht es um die Initiierung eines Citizen-Science-Prozesse und darum, wie Ergebnisse des Citizen-Science in einer Laien-Öffentlichkeit und in der regionalen Politik Gehör finden können.

3. Didaktische Rekonstruktion der Bildungsangebote im Projekt „AquaCitizens“

Die dargelegte Projektstruktur gilt es fachdidaktisch auszustalten, d. h. die inhärenten Schülerlabor-Angebote sowie die Angebote im Citizen-Science-

Format müssen systematisch und auf der Grundlage von etablierten fachdidaktischen Konzepten entwickelt werden. Hierzu wird das Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Duit et al. 2012) eingesetzt. Das Modell repräsentiert eine konstruktivistische Sicht auf das Lernen und Lehren. Folglich sind für die didaktische Strukturierung der Angebote zwei zentrale Vorarbeiten relevant: Das ist zum einen die fachliche Klärung der Inhalte und zum anderen die empirische Beforschung der diesbezüglichen Denk- und Erfahrungswelten von künftigen Adressat:innen der Angebote. Nur durch Kenntnis von beidem ist es möglich, didaktische Strukturierungen zu entwickeln, die sowohl der fachlichen Sicht als auch der Sicht der Lernenden auf nachhaltigkeitsbezogene Herausforderungen im Kontext der nachhaltigen Wasserversorgung gerecht werden. Beide Vorarbeiten werden im Folgenden vorgestellt.

3.1. Fachliche Klärung

Die fachliche Klärung des im Projekt zu thematisierenden Inhaltsbereichs erfolgt durch eine literaturbasierte Analyse. Ziel ist eine Elementarisierung (Bleichroth, 1991), also das Herausarbeiten von physikalischen Grundideen. Diese müssen zwangsläufig von den Lernenden erarbeitet werden, um Phänomene, die im Kontext von wasserbezogenen Herausforderungen der nachhaltigen Entwicklung auftreten, entzünden zu können. Bei der Elementarisierung werden also durch die Analyse und den Vergleich von wasserbezogenen Phänomenen wiederkehrende Muster in den Sachstrukturen identifiziert, die auf physikalische Grundprinzipien und -ideen hindeuten. Die folgende Tabelle ist im Zuge der Elementarisierung (vgl. Meyer, 2025) entstanden. Dort werden exemplarisch wasserbezogene Phänomene und die Elementaria gegenübergestellt.

Tab. 1: Elementaria nebst wasserbezogenen Phänomenen

Elementarium	Phänomenologische Manifestation
Strömungen entstehen durch Differenzen in Höhe, Druck und Temperatur. Die Strömungsgeschwindigkeit ist abhängig von der Stoffmenge und dem Querschnitt des Rohrs/Kanals.	Druckunterschiede im Flussbett (vor allem bei Einengungen) erhöhen die Strömungsgeschwindigkeit; wenn Flüsse oder Kanäle zu schmal sind, steigt der Wasserspiegel → Überschwemmung.
Verdunstung von Wasser benötigt Energie.	Wenn viel Wasser verdunstet (z. B. über dem Meer oder feuchten Tropen), wird Energie in der Atmosphäre gespeichert. Diese wird bei Kondensation (z. B. in Gewitterwolken) wieder freigesetzt →

Das Emissionsvermögen eines Körpers steigt mit seiner Temperatur sowie mit dunkleren Farben und raueren Oberflächen. Helle, glatte Oberflächen reflektieren mehr Wärmestrahlung. Feuchte Oberflächen können das Emissionsvermögen erhöhen, da Wasser eine hohe Emissivität besitzt.	Wärmestrahlung von verschiedenen Böden tragen zur Verdunstung bei. Positive Rückkopplungen resultieren: Der Boden ist trocken → weniger Verdunstung → Temperatur des Bodens steigt → Hitzewellen und Dürren verstärken sich.
Der Sättigungsdampfdruck eines Gases variiert mit der Temperatur (Clausius-Clapeyron-Effekt).	Die Wasserspeicherkapazität von Luft ist temperaturabhängig. Warme Luft speichert mehr Feuchtigkeit → wenn sie abkühlt → plötzliche, starke Niederschläge (Extremwetterereignisse).

Die Beispiele verdeutlichen, dass grundsätzlich physikalische Prinzipien (Elementaria) in der Lage sind, viele bedeutende, nachhaltigkeitsrelevante Phänomene – insbesondere solche, die positiven Rückkopplungen unterliegen – zu erklären. Solche Elementaria sind daher im Projekt „AquaCitizens“ von besonderem Vermittlungsinteresse. Darüber hinaus wurde im Zuge der fachlichen Klärung an drei Beispielen herausgearbeitet, welche globalen Herausforderungen durch den Eingriff des Menschen (inkl. Klimawandel) in den natürlichen Wasserkreislauf resultieren:

- Der menschliche Eingriff in den natürlichen Wasserkreislauf erhöht den Wasserstress. Es resultieren Extremwettersituationen (Dürre, Nässe). Hieraus resultiert der Bedarf nach einem Wassermanagement, das diese negativen Folgen abfedert.
- Der menschliche Eingriff in den natürlichen Wasserkreislauf führt zu einer Abnahme der Wasserqualität. Hieraus resultiert der Bedarf nach einer Wasseraufbereitung (Wasserwerke, Klärwerke).
- Erhöhung des Wasserstresses und Abnahme der Wasserqualität führen zu Verteilungskämpfen um die Ressource Wasser. Hieraus resultiert der Bedarf, die negativen wirtschaftlichen und sozialen Folgen zu lindern.

3.2. Erfassung von Lernendenperspektiven

Im Hinblick auf „AquaCitizens“, das zur Realisierung einer tBNE eine Brücke zwischen Citizen-Science und einer physikalischen Sicht auf wasserbezogene, nachhaltigkeitsrelevante Phänomene zu schlagen versucht, sind entsprechend zwei Forschungsfragen formuliert worden:

F1: Welche Rolle spielen im Kontext von Citizen-Science Dokumentation, Austausch und Forschung für Jugendliche im Umgang mit wasserbezogenen Herausforderungen und welchen Partizipations- und

Einflussmöglichkeiten sehen sie diesbezüglich für sich? (→ Suchrichtung: Citizen-Science)

F2: Wie nehmen Kinder und Jugendliche wasserbezogene Phänomene und Herausforderungen (z. B. Dürre, Nässe) wahr, welches Wissen haben sie darüber? (→ Suchrichtung: Wasserphänomene)

3.2.1. Forschungsstand

Für alle drei in den Forschungsfragen genannten Bereiche wurde zunächst Literatur recherchiert und ausgewertet. Die Ergebnisse werden im Folgenden entlang der Forschungsfragen vorgestellt.

3.2.1.1. Wahrnehmung der Bedeutung von Citizen-Science und Partizipation (F1)

In der Literatur wird Citizen-Science meist als ein Format dargestellt, das aufgrund seiner Gestaltung Partizipation erwarten lässt. Daraus folgend wird angenommen, dass die Partizipation der Teilnehmenden zu einem forschenden Lernen führt, das wiederum die Motivation und den Erkenntnisgewinn der Teilnehmenden fördert. Allerdings wird diese Annahme meist nicht durch empirische Daten, wie z. B. die Befragung der Teilnehmenden, untermauert (Beispiel: Sturm et al., 2020). Hinsichtlich der Motivation der Teilnehmenden sowie ihrer Vorstellungen zur Sinnhaftigkeit vom Citizen-Science besteht aktuell nur eine begrenzte Forschungslage. In einigen sehr breit angelegten Citizen-Science-Projekten wie von West und Pateman (2016) oder Blöbaum (2012) werden im Vorfeld leider keine Befragungen der Teilnehmenden zu ihren Partizipationswünschen durchgeführt. In einem der wenigen Projekte, in dem entsprechende Untersuchungen durchgeführt wurden (Moczek, 2018), wurden von den Teilnehmenden vor allem gemeinnützige Motive wie Naturschutz und gesellschaftspolitische Verantwortung benannt; teilweise auch persönliche Motive wie eine zusätzliche Qualifizierung. Interessant ist zudem die Erkenntnis von Rotman et al. (2012): Sie betonen, dass Bürger:innen die Nützlichkeit einer Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Gesellschaft höher einschätzen als die beteiligten Wissenschaftler:innen.

Aus den Kinderreporten geht hervor, dass Kinder und Jugendliche mit enormer Mehrheit (2016 bis 2018 stets nahe 95%; vgl. Baumgardt, 2022, S. 31) dafür plädieren, in ihrem sozialen Umfeld mehr mitbestimmen zu dürfen. Dem Item „Kinder und Jugendliche sollten in Deutschland bei politischen Entscheidungen mehr mitbestimmen dürfen“ (Hanke et al., 2024, S. 35 f.) wird mit 71% zugestimmt. Mehrere Studien weisen darauf hin, dass Kinder deutlich kompetenter Akteure sind als angenommen (Abendschön & Tausendpfand, 2017; Brügelmann, 2022; Götzmann, 2015). Die aktuelle SINUS-Jugendstudie zeigt, dass insbesondere das Themenfeld Klimawandel von Jugendlichen als Gemeinschaftsaufgabe verstanden wird. Dennoch sei nur der Zusammenschluss vieler Menschen wirkungsmächtig. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit, sich mit Gleichgesinnten zu

vernetzen, um Veränderungen anzustoßen und Aufmerksamkeit für das Thema zu schaffen. Im Vergleich zu anderen Themen besteht bei Klima und Umwelt der größte Wunsch nach Mitsprache aber auch großes Frustrationspotenzial. Hinderlich für Partizipation ist, dass viele Jugendliche das Gefühl haben, dass ihnen Kompetenz und Erfahrung abgesprochen und dass ihnen von Erwachsenen nicht auf Augenhöhe begegnet werde. Das Zusammenfinden Gleichgesinnter reduziere die Barrieren und verstärke die Motivation. Dass andere mitmachen, ist für die Jugendlichen die wichtigste Rahmenbedingung, um sich einbringen zu wollen und das Gefühl zu haben, etwas bewirken zu können (vgl. Calmbach et al., 2024, S. 264 ff.).

3.2.1.2. Vorstellungen von wasserbezogenen, Phänomenen und Herausforderungen (F2)

Die Forschungslage zu physikbezogenen Lernendenvorstellungen von wasserbezogenen Phänomenen und Herausforderungen der nachhaltigen Entwicklung ist ebenfalls dürfzig. Folgende Lernendenvorstellungen konnten recherchiert werden:

Erosion wird von den Lernenden als physikalischer Prozess verstanden, der nicht mit dem Wetter in Verbindung gebracht wird und permanent stattfindet. Das wichtigste Merkmal der Erosion wird in der Bewegung und in dem Transport von Kleinteilen gesehen (Dove, 1997). Als Ursachen werden bspw. das Einsacken des Bodens durch zu viel Wasser, der Abtrag, das Abspülen und der Abfluss, sowie Wunden im Boden, Verdunstungen und Vorgänge, die tiefer im Boden erfolgen, gesehen (vgl. Drieling, 2015, S. 163).

Hinsichtlich Überschwemmungen existiert eine Vorstellung, die als Badewannentheorie bezeichnet wird: Lernende nehmen an, dass alle Gewässer wie Gefäße funktionieren, bei denen der Wasserspiegel steigt, bis das Gefäß überläuft. Es wird nicht unterschieden zwischen dynamischen Systemen wie Flüssen und statischen Systemen wie Seen. Faktoren wie das Fließgleichgewicht, der Abfluss, die Verdunstung, der Zufluss werden hierbei nicht berücksichtigt. Daraus folgt die Ansicht, dass ohne Niederschlag, die Wassermenge in dem Gefäß gleichbleibt (vgl. Althoff et al., 2021, S. 12 f.). Bezuglich Dürren und Desertifikation konnte die Schülervorstellung ermittelt werden, dass der Wasserverbrauch entscheidend für den Wassermangel ist. Ebenfalls wird die Erhöhung der Temperatur durch den Klimawandel für Dürren verantwortlich gemacht; weitergehende Prozesse werden nicht betrachtet (Schubert, 2013).

3.2.2. Untersuchungsmethodik

Da der Umfang der recherchierten Literatur relativ klein war, wurde in Ergänzung beschlossen, eine eigene empirische Untersuchung durchzuführen. Eingesetzt wurden hierbei problemzentrierte Interviews nach Witzel und Reiter (2022). Die Problemzentrierung ist erstens bezogen auf die relevante gesellschaftliche Problemstellung der wasserbezogenen

Nachhaltigkeitsherausforderungen. Zweitens ist sie bezogen auf die methodische Zentrierung, also die Optimierung der Explikationsmöglichkeiten der Interviewten (vgl. Witzel & Reiter, 2022, S. 64). Bei dieser Interviewform spielt das aktive Nachfragen durch den Interviewer eine wichtige Rolle, um ein verständnisvolles Interpretieren zu ermöglichen (vgl. Witzel & Reiter, 2022, S. 50 ff.). Die Interviewten werden durch offen gestellte Fragen dazu angehalten, ihre Gedankengänge in sogenannten Erzählungen darzustellen. Zur Strukturierung des Interviews wird ein Leitfaden eingesetzt, der zu allen drei relevanten Forschungsfragen entsprechende Interviewfragen enthält. Der Leitfaden ist Meyer (2025) zu entnehmen. Es wurden 14 Interviews mit Paaren durchgeführt, sodass die Äußerungen von 29 Personen der 7.-9. Klasse an IGS und Gymnasien aufgenommen wurden. Die Interviewlänge beträgt durchschnittlich 38 ± 10 Minuten.

Alle Interviews wurden transkribiert. Die Transkription der Interviews erfolgte gemäß Dresing und Pehl (vgl. 2013, S. 21 ff.). Die Transkripte wurden sodann einer kategoriengeleiteten, inhaltlich strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse mit typenbildenden Ergänzungen unterzogen (Kuckartz, 2018). Die Bildung der Kategorien wird hierbei durch Gemeinsamkeiten und Disparitäten zwischen den Interviewfällen geleitet; damit die Kontraste zwischen Mehrheits- und die Minderheitsmeinungen herausgeschält werden können. Die Erklärungs- und Deutungsmuster der Interviewten stellen also in ihrer Subjektivität die Ergebnisse der Erhebung dar (Vogt & Werner, 2014).

3.2.3. Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse je nach Forschungsfrage wiedergegeben. Dabei wird zunächst das Ergebnis der Literaturrecherche vorgestellt und im Anschluss dann jene Erkenntnisse, die sich aus den ergänzenden Interviews gewinnen ließen.

3.2.3.1. Wahrnehmung der Bedeutung von Citizen-Science und Partizipation (F1)

Nahezu alle Interviewten möchten beteiligt werden und wünschen sich, dass ihnen mehr zugehört wird. Für alle ist der erste Bezugsrahmen, in dem sie gestalten können und wollen, das soziale Umfeld, insbesondere die Schule. Geht es darüber hinaus um Beteiligung im politischen Bereich, möchten sich einige nicht mehr beteiligen. Insgesamt waren jedoch viele Lernende vertreten, die das Gefühl haben, ihnen würde Kompetenz abgesprochen und Erwachsene würden ihnen nicht auf Augenhöhe begegnen. Das Bedürfnis nach Partizipation zeigte sich vor allem mit Blick auf den Klimawandel. Unterstrichen wurde – wie in der Literatur – dass nur der Zusammenschluss vieler Menschen Wirksamkeit zu entfalten vermag. Als Motive für die Beteiligung an Citizen-Science-Projekten wurde in Einklang mit den Erkenntnissen von Moczek (2018) der Naturschutz, die gesellschaftliche Verantwortung und die eigene Qualifizierung

benannt. Es ließen sich in der Studie jedoch auch Diskrepanzen zu den in der Literatur dargelegten Erkenntnissen ausmachen: Viele Interviewte waren von der Nützlichkeit von Citizen-Science – im Gegensatz zu den Darlegungen von Rotman et al. (2012) – nicht überzeugt. Eine mögliche Erklärung ist, dass durch die Teilnahme an einem Citizen-Science-Projekt eine diesbezügliche Wahrnehmungsänderung auftritt. Als besonders bedeutsam nehmen die Lernenden die Rolle der Wissenschaftler:innen wahr. Ihnen wird zugeschrieben, die Maßnahmen zu entwerfen und mit der Öffentlichkeit und Entscheidungsträgern zu kommunizieren. Diese Darlegung entspricht dem WGBU-Gutachten, in dem die proaktive Rolle der Wissenschaft betont wird, die die Politik und die Stakeholder zusammenbringen soll (vgl. WBGU, 2024, S. 269).

3.2.3.2. Vorstellungen von wasserbezogenen, Phänomenen und Herausforderungen (F2)

Durch die Studie konnten viele bedeutsame Laienvorstellungen identifiziert werden, die mit den Elementaria korrespondieren und somit eine notwendige Grundlage für die angestrebte Didaktische Rekonstruktion darstellen.

Den Lernenden ist der Wasserkreislauf gut bekannt. Allerdings sind sie der festen Überzeugung, dass das Wasser auf der Erde nicht weniger werden kann. Die Unterscheidung zwischen den verschiedenen Aggregatzuständen, in denen Wasser auf der Erde vorkommt, ist für die Lernenden unwichtig; für sie dominiert gedanklich im Hinblick auf Wasser der flüssige Aggregatzustand. Ferner nehmen sie den Wasserkreislauf als ortsunabhängig wahr; für sie scheint der Unterschied zwischen lokalem und globalem Wasserhaushalt für Deutschland nicht relevant zu sein. Sehr präsent ist in ihrer Wahrnehmung der Klimawandel als Verursacher der wasserbezogenen Herausforderungen. Die Lernenden sind diesbezüglich der Auffassung, dass allgemein bekannte Klima- und Umweltschutzmaßnahmen auch die wasserbezogenen Herausforderungen lösen können. Bemerkenswert ist, dass die Interviewten mit einer Zunahme bedrohlicher Überschwemmungen infolge des Klimawandels rechnen, während mögliche Dürren nicht in vergleichbarer Weise als Bedrohung wahrgenommen werden.

3.2.4. Zusammengefasste Vorstellungen

Folgende zehn zentrale Lernendenvorstellungen wurden durch die Studie ermittelt:

- Das Wasser befindet sich im bekannten Wasserkreislauf und kann somit nicht weniger werden.
- In welcher Form das Wasser vorkommt (Süß-/Salzwasser, Aggregatzustand) ist eher unwichtig. Der Aggregatzustand ändert sich wieder. Die Umwandlung von Salz- in Süßwasser ist möglich.
- Der Unterschied zwischen lokalem und globalem Wasserhaushalt ist für Deutschland unwichtig; der Wasserkreislauf ist demnach ortsunabhängig.

- d) Überschwemmungen sind in der Gegenwart und Zukunft häufiger und intensiver; sie sind eine größere Herausforderung als Dürren.
- e) Der Klimawandel ist der Verursacher wasserbezogener Herausforderungen.
- f) Allgemein bekannte, ungerichtete Klima- und Umweltschutzmaßnahmen sind auch hilfreich bei wasserbezogenen Herausforderungen.
- g) Der Unterschied von Mittelbarkeit und Unmittelbarkeit der Wirkung der Gegenmaßnahmen erscheint unwichtig bei der Lösung von wasserbezogenen Herausforderungen.
- h) Kinder und Jugendliche fühlen sich nicht wirkmächtig. Sie können höchstens kommunizieren und auf Probleme sowie mögliche Lösungen aufmerksam machen. Sie selbst können die Probleme nicht lösen – das können nur Erwachsene.
- i) Ein wichtiges Erkennungsmerkmal von Dürren sind aus Lernendensicht die Gegenmaßnahmen.
- j) Grundwasser ist eine unerschöpfliche Ressource.

4. Konsequenzen für didaktische Strukturierungen von Bildungsangeboten in „AquaCitizens“

Auf der Grundlage der Erkenntnisse zur fachlichen Sicht und zur Lernendensicht lassen sich erste Konsequenzen für didaktische Strukturierungen der Bildungsangebote in „AquaCitizen“ ziehen:

Um der Dürre den gleichen Stellenwert beizumessen wie den Überschwemmungen, ist es sinnvoll, den Zusammenhang zwischen der Zunahme der Häufigkeit und Intensität von Dürren und Überschwemmungen aufzuzeigen. Die Verknüpfung beider Phänomene muss hierbei über ein tiefergehendes Verständnis des Wasserkreislaufs erfolgen. Das grundlegende, in der Schule besprochene Modell des Kreislaufs reicht hierzu nicht aus, weil die verfügbare Menge an Wasser von den Lernenden nicht als relevant wahrgenommen wird. Diesbezüglich ist auch die Wasserqualität, die sich klimawandel- und unmittelbar menschenbedingt (z. B. durch Schmutzwasser) verschlechtert, von Bedeutung. Diesbezüglich muss das Modell des einfachen Wasserkreislauf hinsichtlich der Auswirkungen von menschlichem Handeln, der klimawandelbedingten Temperaturerhöhung und der Intensivierung und Beschleunigung erweitert werden. → Berücksichtigte Vorstellungen: a), c), d), e) und i).

Eine bedeutsame Vorstellung, die in Bildungsprozessen potenziell hinderlich wirkt, ist die Auffassung, Grundwasser stehe unbegrenzt zur Verfügung. Aus diesem Grund nehmen Lernende Dürren als ein geringeres Problem wahr als Nässe. Hier ist also in den Angeboten so didaktisch zu strukturieren, dass ein Konzeptwechsel erfolgt. Diese muss die Ausgangsbasis für die Thematisierung von Dürren und deren Auswirkungen dienen. → Berücksichtigte Vorstellungen: b), j) und d).

Ebenfalls muss es Ziel der Angebote sein, die Lernenden zu problemorientierten Maßnahmen im Klima-, Umwelt- und Menschenschutz zu führen, um typische Maßnahmen wie die Verringerung des Kohlenstoff-

dioxidausstoßes nicht als Allheilmittel zu verstehen. Obwohl allgemeines Interesse für den Klimawandel aufseiten der Jugendlichen besteht, muss im Projekt vor allem auf ein Unterthema des Klimawandels – die wasserbezogenen Herausforderungen – fokussiert werden. Es ist daher empfehlenswert, in den Angeboten mit der Bedeutung des Klimawandels für wasserbezogene Herausforderungen zu beginnen, dann jedoch zügig auf Maßnahmen zu sprechen zu kommen, die sich speziell auf das nachhaltige Wassermanagement beziehen. → Berücksichtigte Vorstellungen: f) und g).

Citizen-Science und tBNE bewegen sich zwischen Realismus und Idealismus. Die Lernenden glauben tendenziell nicht, dass sie etwas bewirken können und sich andere Menschen für ihr Denken und Handeln interessieren. Gleichzeitig fordern sie zurecht ein, dass ihre Ideen ernst genommen werden. Die Angebote in „AquaCitizens“ müssen die Handlungsspielräume aufzeigen, ohne unbegründete Hoffnungen zu schüren, die dann enttäuscht werden. Auf der physikalischen Ebene sollen sich die Lernenden kompetent erfahren, um ihre Selbstwirksamkeitserwartung zu stärken. Ziel des Projekts sollte es deshalb auch sein, dass die Lernenden erkennen, was sie selbst leisten können, ohne auf Erwachsene und höhere Stellen angewiesen zu sein. Daraufhin können sie selbstbewusst den Schritt an höhere Stellen gehen. Es ist eine bedeutende Erkenntnis der Interviews, dass die SuS den Eindruck haben, dass sie von Erwachsenen nicht als wichtig und fähig wahrgenommen werden und es zu einer starken Abgrenzung zu den Erwachsenen kommt. Interessant wäre es, diese Haltungen am Ende des Projekts im Hinblick darauf zu überprüfen, inwiefern sich diese Einschätzung geändert hat. → Berücksichtigte Vorstellung: h).

5. Literatur

- Abendschön, S. & Tausendpfand, M. (2017). Political knowledge differences between children. *American Behavioral Scientist*, 61(2), 204-221.
- Althoff, J., Fögele, J. & Mehren, R. (2021). *Geobox Überschwemmung. Schwerpunkt Modellkompetenz: Gymnasium, Sekundarstufe II*. Justus-Liebig-Universität Gießen.
- 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.
- Baumgardt, I. (2022). Demokratische Grundschule. In I. Baumgardt & D. Lange (Hrsg.), *Young citizens: Handbuch politische Bildung in der Grundschule* (S. 29-38). Bundeszentrale für politische Bildung.
- Bleichroth, W. (1991). Elementarisierung, das Kernstück der Unterrichtsvorbereitung. *Naturwissenschaft im Unterricht. Physik*, 2(6), 4-11.
- Blöbaum, A. (2012). Förderpotenziale des weiblichen Nachwuchses in Naturschutzvereinen und naturwissenschaftlichen Vereinen. *Naturschutz und Biologische Vielfalt*, 123, 227-242.

- Brügelmann, H. (2022). Politische Bildung in der Grundschule. Eine Bestandsaufnahme. In I. Baumgardt & D. Lange (Hrsg.), *Young citizens: Handbuch politische Bildung in der Grundschule* (S. 87-96). Bundeszentrale für politische Bildung.
- Calmbach, M., Flaig, B. B., Möller-Slawinski, H. & Schleer, C. (2024). *SINUS-Jugendstudie 2024. Lebenswelten von Jugendlichen im Alter von 14 bis 17 Jahren in Deutschland*. Bundeszentrale für politische Bildung.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (2012). Motivation, personality, and development within embedded social context: An overview of self-determination theory. In R. M. Ryan (Ed.), *Oxford handbook of human motivation* (pp. 85-107). Oxford University Press.
- Dove, J. (1997). Student ideas about weathering and erosion. *International Journal of Science Education*, 19(8), 971-980.
- Dresing, T. & Pehl, T. (2013). *Praxisbuch Interview, Transkription & Analyse. Anleitungen und Regelsysteme für qualitative ForscherInnen*. Eigenverlag.
- Drieling, K. (2015). *Schülervorstellungen über Boden und Bodengefährdung. Ein Beitrag zur geographiedidaktischen Rekonstruktion*. Verlagshaus Monsenstein und Vannerdat OHG.
- Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M. & Parchmann, I. (2012). The Model of Educational Reconstruction – a Framework for improving Teaching and learning Science. In: D. Jorde & J. Dillon (Hrsg.), *Science Education Research and Practice in Europe* (S. 13-37). Sense Publishers.
- Götzmann, A. (2015). *Entwicklung politischen Wissens in der Grundschule*. SpringerVS.
- Hanke, K., Hofmann, H., Kamp, U., Krüger, T., Mischko, T. & Ohlmeier, N. (2024). *Demokratiebildung in Deutschland. Kinderreport Deutschland*. Deutsches Kinderhilfswerk.
- Höft, L. (2020). *Die Entwicklung des Interesses an naturwissenschaftlichen Tätigkeiten: Quer- und längsschnittliche Analysen zu Verlauf und Einflussfaktoren der Interessenentwicklung im Chemieunterricht der Sekundarstufen I und II*. Dissertation: Universität Kiel.
- Komorek, M. & Schmitz, J. D. (2023). Physik im Jugendzentrum. In LernortLabor (Hrsg.), *Ease Corona - das Förderprogramm für Schülerlabore* (S. 48-57). LernortLabor e.V.
- Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. Beltz Juventa.
- Lewalter, D. & Greyer, C. (2009). Motivationale Aspekte von schulischen Besuchen in naturwissenschaftlich-technischen Museen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 12, 28-44.
- Meyer, T. (2025). *Interviewstudie mit Jugendlichen zur transformativen BNE im Kontext Wasserversorgung und Umgang mit Wasser. Wissen und Einschätzung von Problematiken und Herausforderungen*. Masterarbeit: Universität Oldenburg.
- Moczek, N. (2018). Motivationen für freiwilliges Engagement im Citizen-Science-Projekt "Wildkatzensprung". *Natur und Landschaft*, 93(4), 176–181.
- Rotman, D., Preece, J., Hammock, J., Procita, K., Hansen, D., Parr, C., Lewis, D. & Jacobs, D. (2012). Dynamic changes in motivation in collaborative citizen-science projects. In S. Pollock, C. Simone, J. Grudin, G. Mark & J. Riedl (Hrsg.), *Proceedings of the ACM 2012 Conference on Computer Supported Cooperative Work and Companion* (S. 217–226). Association for Computing Machinery.
- Schild, K., Leng, M. & Hammer, T. Die Rolle von Transformativem Lernen für eine Bildung für Nachhaltige Entwicklung an der Hochschule. *Bulletin/Vereinigung der Schweizerischen Hochschuldozierenden*, 45(2), 34-40.
- Schubert, J. C. (2013). Schülervorstellungen zur Desertifikation. Ergebnisse einer qualitativen Interviewstudie zu vorunterrichtlichen Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern der 7. Klasse. *Zeitschrift für Geographiedidaktik*, 41(4), 173-196.
- Sturm, U., Voigt-Heucke, S., Mortega, K. G. & Moormann, A. (2020). Die Artenkenntnis von Berliner Schüler_innen am Beispiel einheimischer Vögel. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 26(1), 143–155.
- Vare, P. (2014). *Are There Inherent Contradictions in Attempting to Implement Education for Sustainable Development in Schools?* Dissertation: University of Bath.
- Vare, P. & Scott, W. (2007). Learning for a Change. *Journal of Education for Sustainable Development*, 1(2), 191-198. <https://doi.org/10.1177/097340820700100209>
- Vogt, S. & Werner, M. (2014). *Forschen mit Leitfädeninterviews und qualitativer Inhaltsanalyse*. Skript: Fachhochschule Köln.
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderung (2011). *Welt im Wandel – Gesellschaftsvertrag für eine große Transformation*. WGBU.
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderung. (2024). *Hauptgutachten: Wasser in einer aufgeheizten Welt*. WGBU.
- West, S. & Pateman, R. (2016). Recruiting and Retaining Participants in Citizen Science: What Can Be Learned from the Volunteering Literature? *Citizen Science: Theory and Practice*, 1(2), 1-10.
- Witzel, A. & Reiter, H. (2022). *Das problemzentrierte Interview: Eine praxisorientierte Einführung*. Beltz Juventa.

Danksagung

Wir danken der Deutschen Bundesstiftung Umwelt für die ideelle und finanzielle Förderung des Projekts