

Physikalische Bildung in komplementär vernetzten non-formalen Lernangeboten

Jonas Tischer*, Christin Sajons*, Michael Komorek*

*Didaktik der Physik und Wissenschaftskommunikation, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
jonas.tischer@uni-oldenburg.de, christin.marie.sajons@uni-oldenburg.de, michael.komorek@uni-oldenburg.de

Kurzfassung

Außerschulische Lernorte verfügen über das Potenzial, komplexe Themen interdisziplinär zu beleuchten. Die physikalische Perspektive ist dabei eine notwendige, denn sie erlaubt Kindern und Jugendlichen, naturwissenschaftlich-technische Zusammenhänge in ihrer Vielseitigkeit nachvollziehen und anderen erklären zu können. In einer von der niedersächsischen BINGO-Umweltstiftung geförderten „Komplementären Projektwoche“ sind vorhandene Angebote verschiedener non-formaler Lernorte (Museum, Schülerlabor, Umweltbildungszentrum etc.) zum Thema ‚Herausforderung Leben im Klimawandel‘ ergänzend bzw. im Kontrast zueinander kombiniert worden. An der Projektwoche haben fünf 6. Schulklassen an vier Tagen je einen der Lernorte besucht und am fünften Tag ihre Erfahrungen reflektiert. Die physikalische Perspektive ist an den Lernorten unterschiedlich stark ausgeprägt gewesen. Die Projektwoche ist mittels Beobachtungen und Interviews mit Schüler:innen und Lehrpersonen (Schule, Lernort) empirisch begleitet worden, wobei Interviewtranskripte und Arbeitsergebnisse der Schüler:innen kategorienbasiert ausgewertet und aufeinander bezogen worden sind. Es zeigt sich, dass Schüler:innen angebotene Perspektiven (auch die physikalische) einnehmen und rekonstruieren und dabei komplexes Wissen über die Herausforderungen des Klimawandels aufbauen und anwenden können.

1. Physikalische Bildung an interdisziplinären non-formalen Lernorten

Science Center und weitere non-formale Lernorte bieten eine Vielfalt von Möglichkeiten, Phänomene der Physik einem breiten interessierten Publikum darzubieten. Dabei erlauben es außerschulische Lernorte, komplexe interdisziplinäre Themenfelder aufzugreifen und dabei auch die physikalische Perspektive einzunehmen.

In der Betrachtung komplexer Themenfelder spielen interdisziplinäre Ansätze unter Berücksichtigung unterschiedlicher Perspektiven eine entscheidende Rolle. Aktuelle Herausforderungen wie Klimawandel, Energieversorgung, Digitalisierung, Urbanisierung und Globalisierung weisen hohe Komplexität auf. Sie erfordern das Einnehmen vieler, auch sich widerstreitender Perspektiven, um Entscheidungen treffen, Handlungen begründen und Sachverhalte reflektieren zu können (Wettstädt & Asbrand, 2014). Die physikalische Perspektive tritt im allgemeinen Diskurs aber vielfach gegenüber biologischen, ökologischen, ökonomischen oder sozialen Perspektiven in den Hintergrund. Dies ist aber nicht angemessen, denn bei allen angeführten Problemkontexten ist die physikalische Perspektive notwendig, um fachliche Grundlagen und Konsequenzen zu verstehen. Fachliche Inhalte wie Temperatur und Wärme, Energie, Strahlung, Ausgleichprozesse wie etwa Strömungen zu verstehen, ist eine Voraussetzung, um z. B. das komplexe Thema des Klimawandels nachzuvollziehen, etwa die Ursachen des Treibhauseffekts oder des Meeresspiegelanstiegs sowie die Folgen des Klimawandels.

Die physikalische Perspektive hat also einen entscheidenden Anteil daran, aktuelle Schlüsselprobleme nachzuvollziehen, zu erklären und sich ihnen gegenüber zu positionieren. In der Schule jedoch werden weitgehend disziplinäre Ansätze verfolgt, die eine gewisse fachliche Enge bedeuten. Die Ergänzung der schulischen Angebote durch außerschulische Lernortangebote zwecks interdisziplinären Zugangs kann den Verstehensprozess bzgl. komplexer Themenfelder auf Seiten der Schüler:innen unterstützen (Sauerborn & Brühne, 2014).

2. Komplementäre Vernetzung von Lernangeboten

Das Bildungssystem sollte Schüler:innen auf die hohe Komplexität zahlreicher Schlüsselprobleme vorbereiten und den Umgang mit Komplexität unterstützen. Das Aushalten von und der Umgang mit Komplexität (Ambiguitätstoleranz), die belastend wirken kann, sollte ein wesentliches pädagogisches Ziel sein (Ohl, 2018). Schulen und weitere Bildungseinrichtungen sollten dies gemeinsam tragen. Der kognitiven Bereich kann dabei sehr unterstützen, indem Dilemmata, Konflikte, fachliche Zusammenhänge auf verschiedenen Ebenen durch unterschiedliche fachliche Zugriffe von Schüler:innen erfasst werden.

Da schon jeder einzelne non-formale Lernorte interdisziplinär arbeitet und die Kombination mehrerer dieser Lernorte die Interdisziplinarität noch erhöht, ist ihre kombinierte Nutzung ein möglicher Lösungsansatz, um komplexe Themen Schüler:innen nahezubringen (Sajons & Komorek, 2020). Die

Angebote werden dann 'komplementär' miteinander vernetzt. Eine Komplementäre Vernetzung meint dabei eine Vernetzung der Lernangebote und auch die der außerschulischen, non-formalen Lernorte. Sie geht über eine rein organisatorische Vernetzung hinaus. Die Angebote von Science Centern, Museen, Schülerlaboren oder Umweltbildungszentren werden dabei inhaltlich aufeinander bezogen, indem Anknüpfungspunkte geschaffen werden, um einen Beitrag zu einem gemeinsamen übergeordneten Lernziel zu leisten (Sajons & Komorek, 2020). Das Ergebnis der komplementären Vernetzung, das entstandene komplexere Bildungsangebot, soll an Tiefe und Konsistenz gewinnen, indem sich die einzelnen Lernorte fokussieren und ihre Angebote für das vernetzte Angebot ausschärfen. Komplementäre Vernetzung wird auf mehreren Wegen erreicht (vgl. Richter, Sajons, Gorr, Michelsen & Komorek, 2018).

2.1. Pfade komplementärer Vernetzung

Eine Möglichkeit dabei ist die Vernetzung über eine Produktorientierung. Dabei kann ein Produkt, das Schüler:innen am ersten Lernort anfertigen, am nächsten Lernort aus neuer Perspektive weiterentwickelt werden. Auch kann ein erzeugtes Produkt (z.B. ein solarbetriebenes Fahrzeug) an den verschiedenen Lernorten unterschiedlich weitergenutzt werden.

Weitere Möglichkeiten bietet die Vernetzung über gemeinsame Bildungsziele oder über die Orientierung an bestimmten aufzubauenden Kompetenzen. Dies können unterschiedliche Kompetenzen in ähnlichen Themenfeldern sein oder bei unterschiedlichen Themen dieselben anzuzielenden Kompetenzen. In den meisten Fällen bietet sich eine thematische Vernetzung an.

2.2. Die thematische Vernetzung

Kern der thematischen Vernetzung ist es, dass die Lernorte ein Thema aus unterschiedlichen Perspektiven betrachten. Diese Perspektiven können einander ergänzen oder explizit im Gegensatz zueinander stehen, um ein Dilemma oder einen Konflikt zu verdeutlichen. Angewendet auf das Thema Klimawandel könnte in diesem multiperspektivischen Ansatz also ein Lernort eine eher globale, klimatische Perspektive einnehmen, während ein anderer Lernort eine lokale und ökologische Perspektive einnimmt. Die Lernorte ergänze sich in diesem Beispiel durch ihre Perspektiven, indem Zusammenhänge zwischen lokalen und globalen Aspekten hergestellt werden können. Wiederum ein anderer Lernort könnte eine technische Perspektive mit dem Ziel zur Entwicklung nachhaltiger Lösungen einnehmen und sich dabei auf bereits erarbeitete Lösungen beziehen.

Wichtig ist bei allen Vernetzungspfaden, dass die Schüler:innen auch eine reflexive Haltung gegenüber den Besuchen an beteiligten Lernorten einnehmen, sodass die unterschiedlichen Lernortangebote und einzelnen Perspektiven aufeinander bezogen

werden, dass Verbindungen, Zusammenhänge und Widersprüche ausgearbeitet werden und dass damit ein vielschichtiges Bild des Themenfelds entstehen kann. Gerade dann entfaltet das Konzept mit seinen Angeboten seine volle Stärke. Eine solche Reflexion wird in mehrfacher Hinsicht umgesetzt, indem an den Lernorten konkrete Zusammenhänge zu weiteren Angeboten herausgearbeitet werden und in der Schule die Besuche aufgearbeitet werden und das Oberthema unter den erarbeiteten Perspektiven reflektiert wird.

3. Umsetzung der komplementären Vernetzung in einer Projektwoche

Die komplementäre Vernetzung non-formaler Lernorte über den Pfad der thematischen Vernetzung wurde im September 2019 in einer von der BINGO-Umweltstiftung geförderten Projektwoche erprobt, bei der fünf teilnehmende Lernorte unterschiedliche Perspektiven auf das Oberthema ‚Herausforderung Leben im Klimawandel‘ einnahmen.

Das Themenfeld weist eine hohe Komplexität und ein hohes Konfliktpotential zwischen verschiedenen Perspektiven auf, wodurch vielerlei Herausforderungen entstehen. Klimaschutz steht dem Umweltschutz teilweise konträr gegenüber und es existiert ein Zielkonflikt zwischen Klimaschutz, sozialer Gerechtigkeit und Wirtschaftlichkeit. Damit bietet sich für die komplementäre Vernetzung ein thematisch vernetzender Pfad an, auf dem das Thema vielseitigen beleuchtet wird.

3.1. Beschreibung des in der Projektwoche teilnehmenden Netzwerks

Bereits 2017 fanden sich fünf außerschulische Lernorte aus der Region Wilhelmshaven/Friesland, das Küstenmuseum, der Botanische Garten mit dem Verein grün&bunt, der Lernort Technik und Natur, das Wattenmeer Besucherzentrum und das regionale Umweltzentrum Schortens in Kooperation mit der Physikdidaktik der Universität Oldenburg zusammen. Gemeinsames Ziel war die komplementäre Vernetzung ihrer Angebote, die unterschiedliche Herangehensweisen und Perspektiven verfolgen, was eine Stärke des Netzwerks darstellt. Beispielsweise wählt das Küstenmuseum einen lokalen und historische Ansatz, während der Botanische Garten mit grün&bunt eine ökologische Perspektive einnimmt. Die Lernorte zusammen mit der Arbeitsgruppe Didaktik der Physik und Wissenschaftskommunikation haben bislang komplementär vernetzte Angebote zu den Themen ‚Herausforderung Leben im Klimawandel‘, ‚Kunststoffe – Fluch und Segen zugleich‘ und ‚Nachhaltig im Küstenraum‘ entwickelt. Die Lernorte haben dafür bereits existierende inhaltlich passende Angebote angepasst und weiterentwickelt und auch neue Angebote entwickelt. Diese Angebote wurden analysiert, Schnittstellen und Anknüpfungspunkte herausgearbeitet und so angepasst, dass sie sich aufeinander beziehen. Entstanden sind jeweils Handreichungen für Lehr-

kräfte und für Lehrpersonen an den Lernorten, in denen alle Informationen zur Planung und Durchführung der Angebote aufbereitet sind.

3.2. Planung, Struktur und Durchführung der Projektwoche

An der durchgeführten Projektwoche haben 130 Schüler:innen der sechsten Klassenstufe teilgenommen. Dabei haben die einzelnen Schulklassen an den ersten vier Tagen jeweils einen der fünf oben genannten Lernorte besucht und am fünften Tag, zurück in der Schule, die Besuche reflektiert. Die Angebote an den Lernorten waren so aufgebaut, dass sowohl zu Beginn als auch zum Ende ein „Vernetzungselement“ geplant ist, in dem die vorherigen und nachfolgenden Lernortbesuche mit dem aktuellen Besuch in Verbindung gesetzt wurde. Dabei wurden einleitend der zurückliegende Lernortbesuch besprochen und Anknüpfungspunkte herausgearbeitet sowie in der „Ausleitung“ neben einer Reflexion des Erlebten eine Überleitung zum nächsten Lernort vorgenommen.

Am fünften Tag bestand die Aufgabe, dass die Schüler:innen eine Ausstellung planen und aufbauen, die die an den Lernorten eingenommen Perspektiven dargestellt, Inhalte übergreifend strukturiert und ein Überblick über die gesamte Projektwoche gibt. Die Ausstellung sollte an Parallelklassen und weitere Jahrgänge gerichtet sein.

Für jeden einzelnen Schritt an der Schule und den Lernorten wurde vor der Projektwoche ‚Herausforderung Leben im Klimawandel‘ je eine Handreichung mit Informationen und Übersichten zu Anknüpfungspunkten und Inhalten der Angebote für Lernortbetreibende und Lehrkräfte erarbeitet (Zinn, 2019). Sie enthielt Ideen, wie die Angebote in ihrer Vernetzung strukturiert sein können und wie der fünfte Tag ablaufen kann.

4. Empirische Begleitstudie der Projektwoche

Die Kognitionen und Handlungen der teilnehmenden Schüler:innen wurden bezüglich der Abläufe am Lernort und dem Umgang mit Komplexität empirisch begleitet. Insgesamt wurde sechs Forschungsfragen zur allgemeinen Situation der Projektwoche, dem Verständnis der fachlichen Inhalte sowie dem Verständnis um die Perspektiven und deren komplementäre Verknüpfung in der Projektwoche nachgegangen:

- Welche Erwartungen haben die Schüler:innen bezogen auf die Projektwoche?
- Inwieweit können die Schüler:innen nachvollziehen und wiedergeben, was mit Klimawandel gemeint ist? Wie entwickelt sich das Verständnis vom Konzept des Klimawandels während der Projektwoche?
- Inwiefern können die Schüler:innen ihre Handlungen an den Lernorten rekonstruieren (erinnern und wiedergeben), reflektieren und begründen?

- Inwiefern können sie die Perspektiven, die die Lernorte einnehmen, nachvollziehen und formulieren?
- Inwiefern können sie diese Perspektiven aufeinander beziehen und Unterschiede und Gemeinsamkeiten herausarbeiten? Inwiefern können sie Konflikte oder Dilemmata formulieren, die sich aus den verschiedenen Perspektiven potenziell ergeben?
- Und inwiefern können die Schüler:innen die Komplexität der Herausforderungen nachvollziehen, denen die Bewohner der Küste im Klimawandel gegenüberstehen? Wie formulieren sie selbst diese Herausforderungen?

Zur Beantwortung dieser Fragen wurde ein qualitatives Vorgehen gewählt, bei dem die Schüler:innen in qualitativen, problemzentrierten Leitfadenterviews (nach Witzel, 1985) mit offenen Fragen konfrontiert waren. Ergänzt wurden die Daten um Beobachtungsbögen dazu, wie an den einzelnen Lernorten in die Angebote eingeleitet wurde und wie dabei an das Angebot vom Vortag angeknüpft wurde. Auch die Vorausschau am Ende eines Projektwochentages wurde aufgenommen. Ziel war es, die Verknüpfungsleistung der Lernortbetreibenden zu erfassen, die als wesentliche Voraussetzung für das Zusammenhangsverständnis der Schüler:innen angenommen wurde.

Die Interviewdaten umfassen Aussagen von 30 Schüler:innen bzw. Schülergruppen, wovon zwei Schülergruppen über den gesamten Zeitraum der Projektwoche begleitet wurden. Diese Schüler:innen wurden im Projekt teils bis zu 16mal befragt. Zusätzlich wurden am Lernort Technik und Natur wechselnde Schülergruppen begleitet und ebenfalls leitfadengestützt interviewt. Ziel war es, die Vorerfahrungen bezogen auf einen Lernortbesuch zu ergründen. In insgesamt 19 Beobachtungsbögen wurden ein- und überleitende Ausschnitte der Lernortangebote notiert.

Ergänzt werden diese Daten durch Beobachtungen des fünften Tags an der Schule. Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurden die aufgenommenen und transkribierten (Dresing & Pehl, 2015) Interviewdaten in einer qualitativen Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2018) ausgewertet. Dafür wurden theoriegeleitet und an den Forschungsfragen orientierte deduktive Kategorien aufgestellt und aus dem Datenmaterial zusätzlich induktive Kategorien entwickelt. Zur Interpretation der Ergebnisse wurden die Beobachtungsdaten zusätzlich herangezogen.

In einer parallelen Erhebung (Zinn, 2019) wurden auch Lehrkräfte zur Nachvollziehbarkeit und zu Stärken und Schwächen der komplementären Projektwoche und zum Nutzen der Handreichung befragt. Auch wurden Eindrücke und Beobachtungen des an der Durchführung beteiligten pädagogischen Personals an den Lernorten zur Umsetzbarkeit des Formats befragt.

5. Ergebnisse der Begleitstudie

In der die Schüler:innen begleitenden Studie (Tischer, 2020) wurde entsprechend der Forschungsfragen zunächst kein spezifischer Fokus auf die physikalische Bildung gelegt, was aber im vorliegenden Beitrag nachgeholt wird (vgl. auch Tischer, Sajons & Komorek, 2022). Von Interesse ist, welchen Anteil physikalische Bildung bei der Bewältigung komplexer Probleme in komplementär vernetzten non-formalen Angeboten hat. Deshalb werden im Folgenden die Ergebnisse der Studie mit Blick auf Aspekte physikalischer Bildung diskutiert.

5.1. Erwartungen und Handlungen in der Projektwoche

Bezüglich der Erwartungen (FF1) wurden sowohl die Vermutungen („Was glaubst du, wirst du machen?“) als auch die Wünsche („Was würdest du gern lernen?“) an die Projektwoche und die Lernortbesuche erhoben. Es ist dabei deutlich geworden, dass die Schüler:innen erwarten, fachliches Wissen über den Klimawandel, seine Ursachen und Auswirkungen angeboten zu bekommen. Dabei ist aufgefallen, dass sie davon ausgegangen sind, dass sie diese Wissensbestände an den Lernorten behandeln werden. Mit der Betonung auf die Ursachen (und Folgen) des Klimawandels könnten auch physikalische Aspekte gemeint sein, diesbezügliche konkrete Aussagen bezüglich der physikalischen Perspektive wurden jedoch nicht geäußert. Auffällig hingegen ist, dass der Bedarf bestand, einen Blick in die Zukunft des Klimawandels bzw. des Lebens auf der Erde mit dem Klimawandel einzunehmen. Diese Erwartung hängt vermutlich damit zusammen, dass im Angebot des Küstenmuseums eine historische Perspektive eingenommen wird, wodurch die Schüler:innen für die zeitlichen Aspekte sensibilisiert werden. Auch spielen die Wünsche zu erfahren, „*wie es mit der Erde weitergeht*“ eine Rolle. Auf die 'zeitlichen Perspektive' wird im Abschnitt 5.3 eingegangen.

Bezüglich der Handlungen der Schüler:innen (FF3) konnten zwei deduktive Kategorien gebildet werden, die die Rekonstruktion als auch für die Begründung der Handlungen an den Lernorten abdeckt. Die Äußerungen zur Rekonstruktion der Handlungen lassen sich drei Kategorien zuordnen: Zum einen wurden Handlungen lediglich mit einem einzigen Begriff, z.B. „*Wir haben dort experimentiert*.“ geäußert. Es ist für die Handlung also jeweils eine Art Oberkategorie von den Schüler:innen gefunden worden, in der die Handlung beschrieben wurde. In der nächsten Kategorie wurden im Gegensatz dazu sehr detailliert und genau die einzelnen Aspekte der Tätigkeit aufgeführt. Eine dritte Kategorie der Rekonstruktion von Handlungen hat eine deutliche Abstraktion der Schüler:innen zur Voraussetzung. So haben Schüler:innen hier ihre Handlungen beispielsweise als „*Untersuchung des Klimawandels*“ beschrieben. Diese dritte Kategorie grenzt sich insofern zur ersten

ab, dass eine deutliche Abstraktion vorliegt und vor allem das Ziel der Handlungen beschrieben wurde.

Bezüglich der Begründung von Handlungen konnten zwei Argumentationslinien ausgemacht werden. Einerseits wurde sehr konkret am Produkt argumentiert, indem bestimmte Entscheidung begründet wurden wie beispielsweise folgendes Zitat am Lernort Technik und Natur zeigt: „*[...] ich dachte mir, wenn das gerade ist und da Ecken sind, dass das das Wasser ein bisschen aufhält [...]*.“ Andererseits argumentieren die Schüler:innen bzgl. des konkreten Kontexts wie dem Klimawandel, indem beispielsweise für denselben Lernort begründet wird, dass die Entwicklung des Produkts mit Solarzellen deutlich umweltfreundlicher ist (Tischer, 2020).

Es ist in der oben genannten Darstellung zu berücksichtigen, dass aus den Aussagen und Begründungen der Schüler:innen auf einer weniger komplexen Ebene nicht immer darauf geschlossen werden kann, dass die Schüler:innen nicht auch eine komplexere Darstellung der Sachverhalte formulieren könnten.

5.2. Verständnis der fachlichen Inhalte

Bezüglich der in der Projektwoche vermittelten fachlichen Inhalte wurden vor allem das Verständnis und die Entwicklung des Verständnisses um den Klimawandel (FF2) und den Herausforderungen, die sich aus dem Klimawandel für den Menschen ergeben (FF6), untersucht.

Das Verständnis des Klimawandels setzt ein umfangreiches Vorwissen über die Begriffe Wetter und vor allem Klima voraus. Auch physikalisches Wissen ist eine wichtige Voraussetzung für das Verständnis. Es ist Aufgabe der Projektwoche, dieses Wissen, also die (physikalischen) Grundlagen, sowie über die Begriffe Wetter, Klima und Klimawandel weiterzuentwickeln bzw. aufzubauen.

Es hat sich gezeigt, dass die Aussagen über das Klima, bzw. den Klimawandel eine große Bandbreite aufweisen. Dabei ist aufgrund des Lernprozesses zu berücksichtigen, zu welchen Zeitpunkten die Aussagen getätigt wurden. Es fällt auf, dass Schüler:innen unter dem Klimawandel zunächst vor allem den Aspekt der Erwärmung der Erde sehen, diese Vorstellung im Laufe der Projektwoche jedoch stärker ausdifferenziert wird und sich ein vielschichtigeres Bild des Klimawandels ergibt. Es lässt sich damit feststellen, dass sich das Wissen um den Begriff Klimawandel im Verlauf der Projektwoche positiv entwickelt hat. Die Aussagen der Schüler:innen umfassen am Ende deutlich mehr Details, die sich in vielen Fällen auch eindeutig auf die Lernortangebote zurückführen lassen. So wurde beispielsweise in der Projektwoche für eine Differenzierung zwischen dem natürlichen und dem anthropogenen, also dem menschengemachten Klimawandel unterschieden.

Es wurden weiterhin der Aspekt des Klimas als „*Durchschnitt über das Wetter*“ in vielen Aussagen erst gegen Ende der Projektwoche gefunden,

wodurch sich Rückschlüsse auf das Lernen in den Lernortangeboten machen lassen. Dabei ist jedoch in einigen Aussagen nicht der Durchschnitt, sondern die Differenz zwischen zwei Zuständen gemeint, obwohl Äußerungen ähnlich klingen.

Es fällt weiterhin auf, dass die Schüler:innen nur selten in der Lage waren, differenziert zwischen den Begriffen Wetter, Klima und Klimawandel zu unterscheiden. Dabei ist diese Differenzierung wichtig, da das Verständnis des Klimabegriffs eine Grundlage für das Verständnis des Klimawandelbegriffs ist. Gleichzeitig ist auch Wetterverständnis wiederum eine Voraussetzung für das Klimaverständnis. Es zeigen sich gerade zu Beginn der Projektwoche Vorstellungen der Schüler:innen zu den Begriffen Klima und Klimawandel, die sich auch in weiteren Studien (z.B. Schuler, 2011) wiederfinden. Es fällt dabei auf, dass auch Schüler:innen, die Begriffe wie den Klimawandel oder das Klima auf Nachfrage nicht vollständig beschreiben (können), dennoch Folgen oder Ursache des Klimawandels korrekt benennen. Das Wissen über die Ursachen und Folgen ist also möglicherweise unabhängig vom detaillierten Verständnis um Klima und Klimawandel.

Die Aussagen der Schüler:innen bezüglich der Herausforderungen, die sich im Klimawandel stellen (FF6), lassen sich in drei Kategorien einteilen. Es werden zum einen Herausforderungen genannt, die darauf abzielen, ein Fortschreiten des Klimawandels einzudämmen. Hier werden vor allem konsumreduzierende Herausforderungen wie das Verzicht auf Fleisch oder lange Flugreisen zur Reduktion von Kohlenstoffdioxidemissionen formuliert.

Einer zweiten Kategorie werden Äußerungen zugeordnet, die Herausforderungen benennen, die sich auf das Eindämmen der Folgen des Klimawandels beziehen. In diese Kategorie fallen viele Äußerungen, die sich darauf konzentrieren, Folgen des Meeresspiegels abzuwenden und vorhandene Deiche zu erhöhen oder auch neue Deiche zu bauen.

Die dritte Kategorie der Herausforderungen bezieht sich auf das Leben mit den Folgen des Klimawandels. Hier ist vor allem ein Umgang mit den Folgen gemeint, ohne die Folgen einzudämmen. Das kann beispielsweise sein, mit Überflutungen infolge verstärkter Starkwetterereignisse leben zu müssen.

Die genannten Herausforderungen beziehen sich vor allem auf eine persönlich Ebene, also Herausforderungen, die auf die Schüler:innen selbst, ihre Familien oder Freundeskreise zutreffen oder von ihnen bewältigt werden können. Die genannten Herausforderungen unterliegen dabei eher einer niedrigen Komplexität, wie sie von Kindern/Jugendlichen in der 6. Klassenstufe erfassbar und formulierbar sind (Tischer, 2020).

5.3. Perspektiven und ihre Verknüpfungen

Es hat sich gezeigt, dass die Schüler:innen in Perspektiven denken können und die verschiedenen angebotenen Perspektiven auch einnehmen können.

Dabei werden verschiedene Perspektiven unterschiedlich stark betont. Grundsätzlich lässt sich feststellen, dass es den Schüler:innen möglich ist, die von den Lernorten angebotenen Perspektiven zu übernehmen. Dabei können sie zahlreiche der Perspektiven explizit benennen und formulieren, darunter beispielsweise die 'globale', die 'ökologische', die 'technische', die 'historische' und die 'naturwissenschaftliche' Perspektive. Die Erläuterungen fallen oft aber nur kurz aus, bspw. „[...] die globale Sicht ist von der ganzen Welt [...]“. Andere Perspektiven, z.B. die 'ethisch/moralische' oder 'ökonomische' Perspektive, können von den Schüler:innen nicht explizit formuliert werden.

In einigen Fällen werden von den Schüler:innen auch Perspektiven genannt, die die Lernorte gar nicht expliziert haben. Vor allem ist hier die „Zukunftsperspektive“ zu nennen, in der die Schüler:innen einen Blick auf zukünftige Ereignisse und die Entwicklung des Klimawandels werfen. Die Schüler:innen aktivieren also während der Lernortbesuche weitere Perspektiven, die von den Lernorten gar nicht explizit angezielt werden. Hier ist zu unterstellen, dass die Wünsche und Erwartungen der Schüler:innen, etwas über die Entwicklung des Klimas zu erfahren, sie dazu bringt, eine zeitlich Perspektive von selbst mit einzubringen.

Auch bezüglich der Verknüpfung der Perspektiven haben sich einige Auffälligkeiten gezeigt. So wird deutlich, dass Schüler:innen dazu fähig sind, die Perspektiven miteinander zu verknüpfen. Dies vor allem hinsichtlich des Oberthemas Klimawandel, aber auch zu Themen wie Umwelt oder Kohlenstoffdioxid. Die Schüler:innen nehmen die Perspektiven dabei in einigen Aussagen als sich ergänzend wahr, indem beispielsweise beschrieben wird, dass erst bei der Betrachtung aller Perspektiven ein Gesamtverständnis der Themenfelds gelingen kann. Auch werden in einigen Aussagen Perspektiven konkret aufeinander bezogen, z.B. die ökonomische, ökologische und globale Perspektive, indem der Lebensmittelkonsum (Fleischkonsum) mit Transportwegen, biologischer Herstellung und entstehenden Kosten in Bezug gesetzt werden. Im genannten Beispiel klingt bereits ein Dilemma (Kosten vs. Klimaschutz) an. Vielfach formulieren die Schüler:innen Dilemmata, wobei dort vor allem zwei Ebenen auftreten. Zum einen werden Dilemmata geäußert, in denen der Konflikt zwischen Bezahlbarkeit eines Produkts, der günstigen (oft klimaschädlichen), bzw. teuren (oft klimafreundlicheren) Herstellung deutlich werden. Zum anderen das Dilemma zwischen Mobilität/Luxus und Klimaschutz, indem Flugreisen oder das Autofahren thematisiert werden. Dilemmata sind damit häufig auf die eigene Person und eigene Wünsche bezogen.

Bezüglich der Verknüpfungen der Perspektiven fällt vor allem der fünfte Tag der Projektwoche, an dem die Lernortbesuche reflektiert werden und eine Ausstellung zum Oberthema entwickelt wurde, ins Ge-

wicht. Es wird deutlich, dass die Schüler:innen in allen Interviews, die am fünften Tag oder im Anschluss an die Projektwoche stattgefunden haben, auf die Verknüpfung zwischen den Perspektiven eingegangen sind. Die didaktische Strukturierung des fünften Tags scheint folglich hilfreich für die Verknüpfung der Perspektiven zu sein (Tischer, 2020), was ja auch beabsichtigt war.

5.4. Konsequenzen für eine Neustrukturierung der Projektwoche

Basierend auf den Ergebnissen zeigen sich Änderungsbedarfe für die erneute Durchführung der Projektwoche. Vor allem in den Bereichen der Perspektivität, der Einbettung in den schulischen Unterricht und einer vertieften Thematisierung grundlegender Begrifflichkeiten haben sich Konsequenzen für eine Weiterentwicklung gezeigt.

In der parallel zur hier beschriebenen Studie stattgefundenen Lehrkräftebefragung (Zinn, 2019) haben Lehrkräfte geäußert, die Projektwoche im Unterricht kaum vorbereitet zu haben. Eine zielgerichtete Einbettung kann allerdings einen positiven Effekt auf den Lernerfolg am Lernort (z.B. Guderian, 2006; Klees & Tillmann, 2015) und damit auf die Projektwoche haben. Eine Nachbereitung der Besuche ist durch den fünften Tag der Projektwoche an der Schule schon gegeben, könnte jedoch in einigen Aspekten trotzdem noch verbessert werden, da sie in ihrem Angebot etwas zu umfangreich für einen Schultag war. Es wird damit jedoch vor allem deutlich, dass insbesondere die Vorbereitung ein noch stärkeres Gewicht haben sollte. Zudem wird vorgeschlagen, fächerübergreifend in die entsprechenden Schulfächer Einbettungsmöglichkeiten zu integrieren (vgl. Abschnitt 6).

Ein weiterer Aspekt ist die vertiefte Thematisierung diverser grundlegender Begrifflichkeiten wie beispielsweise dem Wetter, Klima oder Klimawandel. Dies kann bereits in der Vorbereitung an den Schulen passieren, aber auch in den einzelnen Lernortangeboten. Die in 5.2 beschriebenen Unterschiede im Verständnis ließen sich bei einer detaillierteren Betrachtung möglicherweise minimieren. Gerade das Verständnis von Begriffen wie Klima, welches wiederum das Verständnis des Wetters voraussetzt, ist eine wichtige Voraussetzung, um Klimawandel im gesamten überhaupt erst verstehen zu können. Unabhängig davon lässt sich jedoch über die Folgen und Ursachen des Klimawandels diskutieren. Tiefgreifende Begründungen von Folgen und Ursachen sind jedoch erst möglich, wenn das entsprechende Verständnis dafür aufgebaut wird. Aus diesem Grund soll für eine erneute Durchführung auf eine stärkere Thematisierung dieser Begrifflichkeiten geachtet werden.

Weiterhin beziehen sich die Konsequenzen für die Weiterentwicklung auf drei Bereiche der Perspektivität: Deren stärkere Thematisierung, Reduzierung und Kategorisierung. So ist aufgefallen, dass die

genannten und beschriebenen Perspektiven zeitweise von denjenigen Perspektiven abweichen, die die Lernorte für ihre Angebote ursprünglich nennen. Aber diese zusätzlichen Perspektiven, die durch die Äußerungen der Schüler:innen deutlich werden, sollten an den Lernorten stärker expliziert werden. Zwar war ursprünglich jedem Lernort ein Satz an Perspektiven zugeordnet worden, der weitgehend aus einer Selbstzuordnung der Lernorte resultierte. Aber die von den Schüler:innen wahrgenommenen sollten in Zukunft ebenso thematisiert werden, was dazu beiträgt, die Angebote weiterzuentwickeln. Gerade die Querverbindungen und die vielseitige Perspektivität machen die komplementär vernetzten Angebote kognitiv wertvoll.

Besonders wichtig ist zu lernen, dass solche komplexe Themenfelder von verschiedenen Perspektiven betrachtet werden können und diese vielseitige Betrachtung hilft, die Themen vollumfänglich verstehen zu können bzw. im entsprechenden komplexen Themenfeld Entscheidungen treffen zu können. Darin sind naturwissenschaftliche Perspektiven ebenso wichtig wie gesellschafts- oder geisteswissenschaftliche Perspektiven.

5.5. Fokus: Physikalische Bildung

In diesem Projekt, welches sich durch seine sehr starke interdisziplinäre Ausrichtung auszeichnet, ist deutlich geworden, dass physikalische Bildung eine Wichtigkeit hat, um die im Klimawandel ablaufenden Prozesse nachvollziehen und erklären zu können. Es stellt sich jedoch die Frage, wie stark die physikalische Perspektive fokussiert werden sollte. Die Schüler:innen haben die physikalische Perspektive nicht direkt erwartet, doch haben sie von den Lernorten erwartet, Ursachen und Folgen des Klimawandels kennenzulernen, was unbedingt physikalisches Wissen einschließt, da dieses grundlegend ist, um die Abläufe nachvollziehen und erklären zu können. Diese physikalischen Effekte werden in der Projektwoche auch kennengelernt (einige sind den Schüler:innen bereits bekannt), nicht jedoch unbedingt die physikalischen Ursachen von verschiedenen Phänomenen verstanden. Das Ausdehnen von Wasser beispielsweise und die damit verbundene Erhöhung des Meeresspiegels in Folge der Erwärmung der Erde ist ein Aspekt, den Schüler:innen in der Projektwoche gelernt haben. Es scheint jedoch problematisch, dass die Schüler:innen zwar die (physikalischen) Effekte oberflächlich kennenlernen, die physikalischen Hintergründe und Ursachen jedoch nur selten erläutern.

Letztlich steht die Frage im Raum, wie tief das physikalische Wissen der Schüler:innen in solchen vernetzten Angeboten greifen muss, um die interdisziplinären und komplexen Sachverhalte verstehen und anwenden zu können. Im Beispiel des Meeresspiegelanstiegs ließe sich argumentieren, dass neben dem Abschmelzen der Gletscher auch die Ausdehnung des Wassers einen essenziellen Anteil hat und

dieser Aspekt gelernt werden muss. Die Effekte auf molekularer Ebene sind zwar wichtig, um das Phänomen der Ausdehnung von Wasser im Detail zu verstehen, nicht jedoch für das Wissen über den Meeresspiegelanstieg infolge der Erwärmung der Erde. Wie tief das Wissen letztlich greifen soll, ist damit auch vom Ziel des Formats abhängig. In dem hier beschriebenen interdisziplinären Format zu Herausforderungen im Klimawandel ist ein solch tiefgreifendes Wissen auf molekularer Ebene sicherlich hilfreich, jedoch nicht notwendig für Argumentationen für oder gegen bestimmte Maßnahmen im Klimaschutz. Dies legen auch die erhobenen Daten nahe, denn die Schüler:innen äußern vor allem den Aspekt des Meeresspiegelanstiegs infolge der Abschmelzung von Landeis und der Ausdehnung von Wasser und sind damit dazu befähigt in Themenfeldern wie Küstenschutz und Deichbau oder Handlungen gegen die globale Erwärmung zu argumentieren.

6. Fazit und Ausblick

Basierend auf den Ergebnissen der begleitenden Studien (Zinn, 2019; Tischer, 2020) soll die Arbeit im Netzwerk, sowie die komplementäre Vernetzung weiterentwickelt werden. Ergebnisse der Studie von Zinn (2019) waren, dass die Projektwoche ihre Ziele zwar erreichen konnte, durch die enge zeitliche Taktung jedoch Schwierigkeiten entstanden sind. Gleichzeitig waren (mitunter aufgrund der engen zeitlichen Taktung) Vor- und Nachbereitung an den Schulen nicht in allen Fällen ausreichend, um das komplexe Themenfeld allumfassend lernen zu können. Als eine Konsequenz wurde eine konkretere Einbettung in einzelne Schulfächer gefordert. Dies ist innerhalb einer einzigen Projektwoche jedoch nur schwer umsetzbar.

Aus diesen Gründen ist geplant, eine entzerrte, damit längere und auch intensivere Umsetzung zu erproben. Die Deutsche Telekom Stiftung fördert das Projekt ReBiS – Regionales MINT-Bildungsökosystem, in dem das Konzept der komplementären Vernetzung über einen Zeitraum von zwei Schuljahren erprobt werden soll. In diesem Zeitraum werden vier bis fünf Lernortbesuche durchgeführt und die einzelnen Besuche gezielt in den Fachunterricht integriert. Dabei wird die Stärke verschiedener Fächer und damit Perspektiven genutzt, indem beispielsweise der Besuch eines Museums im Geschichts- und Physikunterricht vor- und nachbereitet werden könnte. Ein paar Wochen bis Monate später könnte dann der Besuch eines Umweltbildungszentrums im Biologieunterricht eingebettet sein. Durch die gezielte Vor- und Nachbereitung und den stark entzerrten Ablauf wird ein nachhaltigeres und vertieftes Lernen auf Seiten der Schüler:innen erhofft. Ziel ist eine starke Integration der Lernortangebote in den Unterricht, wodurch auch interdisziplinäre Zugänge in den Fachunterricht gelangen können. Besondere Stärken der Lernorte wie Ausstattung, Authentizität und fachliche Kompetenz unterstreichen

dabei den Nutzen und das große Potenzial der Lernortbesuche für eine gezielte Einbettung in den Fachunterricht.

Durch ein solches Konzept wäre es zudem möglich, Schulen und Lehrkräfte bei der Umsetzung von festgeschriebenen Bildungszielen zu unterstützen, wie beispielsweise dem BNE-Erlass (Niedersächsisches Kultusministerium, 2021).

In einer begleitenden Studie werden die fachbezogenen Handlungen und Kognitionen der Schüler:innen im komplementär vernetzten Bildungssystem ReBiS ebenso untersucht wie die Bedingungen für erfolgreiche Lernprozesse im Bildungsökosystem. Weiterhin werden Zielsetzung, Planung und Umsetzung auf Seiten der Lernortbetreibenden und Lehrkräfte untersucht, um letztlich eine Aussage darüber machen zu können, welchen Nutzen das Zusammenspiel zwischen außerschulischen Lernorten und Schulen bei der Bearbeitung komplexer Themenfelder hat. Dabei sollen quantitative Methoden (u. a. Fragebögen) genutzt werden, um Lernerfolge zu messen, sowie qualitative Methoden (Interview, Beobachtung), um tiefgehende Beweggründe und Prozesselemente zu ergründen.

7. Literatur

- Dresing, T. & Pehl, T. (2015). *Praxisbuch Interview, Transkription & Analyse – Anleitung und Regelsysteme für qualitativ Forschende*. Marburg: Eigenverlag.
- Guderian, P. (2007). *Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte Der Einfluss mehrmaliger Besuche eines Schülerlabors auf die Entwicklung des Interesses an Physik*. Dissertation. Berlin: Humboldt-Universität.
- Klees, G. & Tillmann, A. (2015). Design-Based Research als Forschungsansatz in der Fachdidaktik Biologie. In *Journal für Didaktik der Biowissenschaften* (6). S. 91-110.
- Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. Weinheim: Beltz Juventa.
- Niedersächsisches Kultusministerium (2021). *Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) an öffentlichen allgemeinbildenden und berufsbildenden Schulen sowie Schulen in freier Trägerschaft*. Hannover: Kultusministerium.
- Ohl, U. (2018). Herausforderung und Wege eines systematischen Umgangs mit komplexen Themen in der schulischen Nachhaltigkeitsbildung. In T. Pyhel (Hrsg.) *Zwischen Ohnmacht und Zuversicht? Vom Umgang mit Komplexität in der Nachhaltigkeitskommunikation* (S. 131-146). München: Oekom.
- Richter, C., Sajons, C., Gorr, C., Michelsen, C. & Komorek, M. (2018). Vernetzung außerschulischer GINT-Lernorte. In C. Maurer (Hrsg.), *Tagebandband GDCP 2017: Qualitätsvoller*

- Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimension* (Bd. 38, S. 648-651). Regensburg: GDCP.
- Sajons, C. & Komorek, M. (2020). Außerschulische Lernangebote komplementär vernetzen und evaluieren. In S. Habig (Hrsg.), Tagungsband GDCP 2019: *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen*. (Bd. 40, S. 709-712). Wien: GDCP.
- Sauerborn, P. & Brühne, T. (2014). *Didaktik des außerschulischen Lernens*. Baltmannsweiler: Schneider.
- Schuler, S. (2011). *Alltagstheorien zu den Ursachen und Folgen des globalen Klimawandels – Erhebung und Analyse von Schülervorstellungen aus geographiedidaktischer Perspektive*. Berlin: Europäischer Universitätsverlag.
- Tischer, J. (2020). *Schülerkognitionen in einer komplementär vernetzten außerschulischen Lernumgebung – Die Projektwoche „Herausforderung Leben im Klimawandel“*. Masterarbeit. Oldenburg: Universität Oldenburg.
- Tischer, J., Sajons, C. & Komorek, M. (2022). Außerschulische Lernortangebote komplementär vernetzen. In S. Habig & H. van Vorst (Hrsg.), Tagungsband GDCP 2021: *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen*. (Bd. 42). GDCP.
- Wettstädt, L. & Asbrand, B. (2014). *Handeln in der Weltgesellschaft. Zum Umgang mit Handlungsaufforderungen im Unterricht zu Themen des Lernbereichs Globale Entwicklung*. In: ZEP Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik (37, 1, S. 4-12).
- Witzel, A. (1985). Das problemzentrierte Interview. In G. Jüttemann (Hrsg.), *Qualitative Forschung in der Psychologie: Grundfragen, Verfahrensweisen, Anwendungsfelder* (S. 227-255). Weinheim: Beltz.
- Zinn, I. (2019). *Konzeption und empirische Begleitung einer komplementären Projektwoche „Herausforderung Leben im Klimawandel“*. Masterarbeit. Oldenburg: Universität Oldenburg.