

Mobiles Schülerlabor im Industriemuseum - Ein Design-based Research-Projekt -

Michael Komorek* & Kai Bliesmer*

*Didaktik der Physik und Wissenschaftskommunikation, Universität Oldenburg
michael.komorek@uni-oldenburg.de

Kurzfassung

Der Bereich non-formaler Bildungsangebote wächst beständig und es gibt zahlreiche Tendenzen, non-formale, außerschulische MINT-Angebote mit den schulischen MINT-Angeboten zu verknüpfen (vgl. Tischer & Komorek in diesem Band). Auch besteht ein Bedarf von Kindern und Familien, non-formale MINT-Bildungsangebote für den Freizeitbereich aufzuschließen (Komorek & Hini-borch, 2024). Im vorliegenden Beitrag geht es in erster Linie darum, verschiedene non-formale Bildungsangebote komplementär, also einander ergänzend zu verknüpfen. Die Experimentierangebote des Schülerlabors physiXS der Universität Oldenburg werden mobilisiert und stationieren sich im Industriemuseum Nordwolle in Delmenhorst. Eine dort bestehende Museumführung für Schulklassen wird so angepasst, dass zu bestimmten Themen der Führung physikalische Experimente es den Schüler:innen verdeutlichen sollen, vor welchen technischen und naturwissenschaftlichen Problemen die Nordwolle-Fabrik seinerzeit stand und welche Lösungen gefunden wurden. Die Schüler:innen mehrerer 8. Schulklassen einer IGS sind an den Stationen selbst aktiv geworden. In einem Design-based Research-Verfahren (Reinmann, 2005) wird die Kombination von Führungselementen und Experimentierelementen variiert, um zum einen die Passung beider Teile des konkreten Angebots zu optimieren und um zum anderen generelle Erkenntnisse über die Kombination klassischer Museumsführung und interaktiver Experimentierstationen zu gewinnen. Der Beitrag informiert über das empirische Vorgehen und über den Transfer der Erkenntnisse auf ein Angebot des Museums-schiffs „Feuerschiff Norderney“ in Wilhelmshaven.

1. Non-formale MINT-Bildung

Für Schulklassen sind vielfältige non-formale MINT-Bildungsangebote verschiedenster Bildungsinstitutionen außerhalb der Schule vorhanden und sie werden auch umfangreich genutzt (Jungwirth, Harsch, Korflür & Stein, 2020; Beyer et al., 2021). Teilweise geschieht das im Rahmen von Klassenausflügen und Wandertagen, die vor allem soziale Funktionen erfüllen sollen. Teilweise werden die Exkursionen auch im Fachunterricht vor- und nachbereitet (vgl. Tischer & Komorek in diesem Band). Im MINT-Bereich sind es vor allem Schülerlabore an Universitäten oder bei Firmen, Science Center, Regionale Umweltbildungszentren und Nationalpark-Häuser, die mit ihren Angeboten potenziell den naturwissenschaftlichen Unterricht bereichern können. Ob dies der Fall ist und unter welchen Bedingungen, ist eine empirisch zu klärende Frage (Komorek, 2020). Auch Museen können hier eine wichtige Rolle spielen, zählen sie doch zu den beliebten Exkursionszielen von Schulklassen. Naturkundemuseen, Technikmuseen oder Industriemuseen können eine intensive Kontextualisierung für das naturwissenschaftlich-technische Lernen bieten.

In einem gemeinsamen Projekt der Physikdidaktik der Universität Oldenburg mit ihren Schülerlabor physiXS, dem Industriemuseums Nordwolle in Delmenhorst und der IGS Delmenhorst wurde ein Konzept erarbeitet, wie zwei non-formale MINT-Bil-

dingsangebote kombiniert werden können, um ihre Potenziale gegenseitig und komplementär zu nutzen. Grundidee ist hierbei, dass Museen mit ihren authentischen Exponaten, ihren Geschichten und der Möglichkeit einer Zeitreise eine historisch eingebettete Primärerfahrung (Lewalter & Greyer, 2009) bieten, während Schülerlabore die Interaktivität mit Exponaten und Materialien erlauben, die potenziell die Wahrnehmung von Selbstwirksamkeit bei Schüler:innen unterstützen (Sajons, 2020). In der Kombination beider Angebote soll eine sinnstiftende (Muckenfuß, 1995), kognitiv und affektiv anregende Lernumgebung entstehen.

Das Projekt ist als Design-based Research-Projekt angelegt (Reimann, 2005). Das bedeutet, dass es mehrere Durchläufe (Zyklen) gegeben hat bzw. weitere anstehen. Die Entwicklung und Anpassung der Museumsführung sowie der Experimentierstationen wird hierbei empirisch begleitet, sodass aufeinander folgende Zyklen systematisch verändert werden konnten und können, je nach Rückmeldung aus den empirischen Erhebungen. Design-based Research (DBR) bedeutet zudem, dass generalisierte Erkenntnisse aus allen Zyklen zusammengefasst einen Mehrwert für die didaktische Strukturierung ähnlicher kombinierter Angebote ergeben. In einem DBR-Prozess werden also immer auch der Transfer und der allgemeine Erkenntnisgewinn mitgedacht, sodass sich

DBR von reiner Evaluationsforschung zur Verbesserung bestehender Angebote abhebt.

Im Projekt haben im ersten Zyklus Schüler:innen aus vier 8. Schulklassen einer Integrierten Gesamtschule im Industriemuseum die Geschichte der Elektrifizierung der Garnfabrik erkundet und an Experimentierstationen in der Generatorhalle des Museums Energieumwandlungen, industrielle Energiequellen und mechanische und elektrische Antriebe untersucht. Das Geschichtliche hat dabei als Kontext für das Physikalische gedient (Vanderbilt, 1990) und im Gegenzug sollten die physikalischen Erkenntnisse an Experimentierstationen den Schüler:innen helfen, die Museumserfahrung zu reflektieren. Eine Hypothese ist dabei, dass das komplementäre Angebot (Tischer, Sajons & Komorek, 2023) aus Führung und Experimentieren Synergien für ein mehrperspektivisches Verständnis für Probleme und Lösungen der historischen Garnfabrik bei den Schüler:innen hervorruft (Bliesmer & Komorek, 2024).

2. Museumsführung und Experimentierstationen im ersten Design-Zyklus

Für die Führung der insgesamt acht Schülergruppen aus den vier Schulklassen durch das Industriemuseum Nordwolle¹ wurde auf ein vorhandenes Führungskonzept gesetzt, dass das Museum standardmäßig für Schulklassen bereithält. Kombiniert wurde die Führung mit Experimentierstationen, die im Rahmen von drei Bachelorarbeiten (Baudisch & Hollwedel, 2024; Ranters, 2024; Sibahi, 2024) entwickelt worden sind. Eine Station thematisierte die mögliche zukünftige Nutzung von Windenergie für industrielle Aufgaben; eine andere Station griff das Problem der Energieübertragung auf dem weitläufigen Industriegelände auf; an einer weiteren Station untersuchten die Schüler:innen das Konzept der Dampfmaschine mit historischen Bezügen. Die vierte Station befasste sich mit der möglichen zukünftigen Nutzung von Wasserstoff als Energieträger in einer Fabrik.

Die Führung wurde von erfahrenen Museumsführer:innen durchgeführt. Sie erklärte die Historie der Garn- und Textilfabrik mit Blick auf die Arbeitsbedingungen, das Leben der Betreiberfamilie, die geografische Lage und die verschiedenen Funktionen der Gebäudeteile. Zudem ging die Führung auf die Maschinen, deren Antrieb und die Erzeugung der notwendigen Energie durch die werkseigenen Generatoren ein. Berichtet wird in der Führung z. B., wie der Antrieb der Maschinen auf dem Fabrikgelände zunächst durch einen mehrere hundert Meter weiten Riemen- und Wellenantrieb realisiert wurde. Dieser wurde Ende des 19. Jahrhundert durch elektrische Antriebe mit lokal positionierten Elektromotoren ersetzt. Die Dampfmaschine in der Werkshalle diente dabei zunächst dem direkten mechanischen Antrieb und trieb später einen elektrischen Generator an, bevor die Fabrik an das städtische Elektrizitätsnetz an-



Abb. 1: Dynamot-Aufbau als Analogmodell zu Entwicklung der Energieversorgung in der Garn-Fabrik Nordwolle; Bildquelle: M. Komorek

geschlossen wurde.

Der eine Teil der Schüler:innen startete mit einer 90minütigen Führung und arbeitete nach einer Pause 90 Minuten an vier Experimentierstationen. Der andere Teil der Schüler:innen begann mit der Experimentierphase. Es hat sich gezeigt, dass diese zeitliche Struktur für die Schüler:innen problematisch ist, denn Führung und Stationen sind zu weit separiert, um eine mentale Verknüpfung beider Anteile zu erreichen.

Die vier Experimentierstationen griffen bestimmte Aspekte der Energieversorgung und ihres Wandel auf, sodass die Schüler:innen vertiefte experimentelle Erfahrungen im aufgemachten historischen Kontext selbst sammeln und vertiefen konnten.

2.1 Station „Dynamot zur elektrisch-mechanischen Energieübertragung“

Diese Station nutzte den als Dynamot bekannten Aufbau der Fa. Cornelsen, der aus zwei identischen Generator-Motor-Einheiten besteht (Abbildung 1). Eine Einheit fungiert beim Dynamot als Generator, z. B. indem an ihr gekurbelt wird oder ein Gewicht eine Drehung verursacht. In bis zu drei Metern Entfernung steht die zweite Einheit, die als Motor fungiert und z. B. ein Gewicht anheben oder Licht erzeugen kann. Es gibt zwei Möglichkeiten der Kopplung beider Einheiten, was der historischen Situationen analog ist. Beide Einheiten lassen sich zum einen durch einen Riemenantrieb miteinander verbinden. Die entspricht dem Riemenantrieb der Garnfabrik aus der Zeit vor der

¹ <https://nordwollemuseen.jimdofree.com>

Elektrifizierung. In dem Fall müssen die Riemen-scheiben an Generator und Motor fluchten, was historisch bestimmte Einschränkungen bedeutete. Zum andere können die Schüler:innen beide Einheiten durch elektrische Kabel miteinander verbinden. Dies bietet sowohl beim Modell und als auch historisch den Vorteil, dass Generator und Motor beliebig zueinander platziert werden können bzw. konnten. Mit der Elektrifizierung ist also eine Flexibilisierung der örtlich Bedingungen in der Fabrik einhergegangen; der elektrischen Antrieb löste dann auch den mechanischen Antrieb sehr schnell ab. Ziel für die Schüler:innen ist es an der Station, die Vor- und Nachteile



Abb. 2: Schüler:innen aus 8. Klassen einer IGS experimentieren in Generatorhalle des Industriemuseums Nordwolle mit Dampfmaschinenmodellen; Bildquelle: M. Komorek

der Antriebe selbst zu erproben und dies auf die in der Führung genannten Herausforderungen für den maschinellen Antrieb zu beziehen. Generator und Motor des Dynamot-Aufbaus wurden für eine modelhafte Darstellung der damaligen Generatorhalle und der Maschinenhalle mit Pappkartons kenntlich gemacht, um die Kontextualisierung zu verdeutlichen.

2.2 Station „Zukunftsenergie Wind für Fabriken“

Auch an dieser Station wurden handelsübliche Experimentierkoffer zum Thema der Energiewandlung/Windenergie der Fa. Phywe genutzt. Aus den Koffern wurden bestimmte Bauteile verwendet. Die Kontextualisierung der Station lief so ab, dass die Schüler:innen der Frage nachgehen sollten, inwiefern sich eine Fabrik wie die Nordwolle selbst mit Windenergie versorgen könnte, indem ein oder mehrere Windräder auf ihrem Gelände aufgestellt wären. Die Schüler:innen untersuchten mit Modellwindrädern,

wie Windstärke, Windrichtung und -winkel die Energieausbeute beeinflussen. Und sie erkundeten die Versorgungssicherheit für den Fall, dass die Energieversorgung der Fabrik autark zu sein hätte. Sie untersuchten dazu auch Energiespeicher, die überschüssige Windenergie zwischenspeichern konnten. An der Station setzten sie experimentell Kondensatoren ein. Hierbei sollten sie einen Bezug zur historische Situation herstellen, denn die Fabrik hat sich in ihrer Geschichte bereits autark mit Energie versorgt, indem sie ihre eigene Antriebsenergie (über Dampf) produzierte (wofür allerdings ein Kohlereservoir notwendig war).

2.3 Station „Dampfmaschine als historisches Prinzip der Energieumwandlung“

Diese Station griff das für die Nordwolle im Museum und auch während der Führung allgegenwärtige Thema des Dampftriebs auf. Ziel für die Schüler:innen war es zu erkunden, wie erhitztes Wasser Dampf zu einer Drehbewegung führt, die dann als mechanischer Antrieb genutzt wird. Im historischen Fall geschah das teilweise mit dem Umweg über einen Generator, der mechanische Energie in elektrische umwandelte und sie dann den Elektromotoren bereitstellte. An der Station erhitzen die Schüler:innen Wasser in einer an einem Faden aufgehängten Metalldose. Die Dose hatte seitlich Öffnungen, durch die entstehender Dampf mit einer tangentialen Bewegungskomponente entweichen konnte und so eine Drehbewegung der Dose hervorrief. Die Schüler:innen konnten den Aufbau variieren. Daneben standen Dampfmaschinenmodelle aus dem Modellbauhandel zur Verfügung (Abbildung 2). Zudem sollten die Schüler:innen mittels bebildeter Begriffskarten den zyklischen thermodynamischen Prozess einer Dampfmaschine nachvollziehen, um eine begriffliche Repräsentation zu erreichen.

2.4 Station „Wasserstoff als Energie-Speichermedium für die Fabrik“

Wie Energieproduktion und -speicherung auf alternativem Weg erreicht werden kann, wurde an einer Station mit einem Wasserstoffauto aufgegriffen; sie war von ihrer Zielsetzung ähnlich der Windenergiestation. Zu ihr gehörte eine Brennstoffzelle, die gleichzeitig als Elektrolyseur fungieren konnte. Auch hierbei wurde wieder auf ein Modell der Lehrmittellindustrie zurückgegriffen. Die Brennstoffzelle saß auf einem Chassis und bildete zusammen mit einem Elektromotor ein Fahrzeug. Die Schüler:innen sollten erproben, wie sich mit Hilfe von Solarzellen und dem Elektrolyseur Wasser dissoziieren lässt, wie sie dadurch Wasserstoff speichern und später wiederum kontrolliert elektrische Energie zum Antrieb erzeugen können. Energieumwandlungsketten wurden von den Schüler:innen gezeichnet und die Nutzung von H_2 in der Industrie wurde angesprochen bzw. von den Schüler:innen auch selbst erarbeitet.

Die vier Stationen und das notwendige schriftliche

Begleitmaterial wurden von vier Lehramtsstudierenden der Physik im Rahmen ihrer Abschlussarbeiten (Baudisch & Hollwedel, 2024; Ranters, 2024; Sibahi, 2024) entwickelt. Experimentell nicht thematisiert (außer bei der Station zur Windstation) wurden im ersten DBR-Zyklus weitere mögliche fachliche Anknüpfungspunkte zwischen Fabrik und Physik wie etwa die Herstellung von Garn und Zwirn mit Bezug etwa zu Fragen der mechanischen Reibung für die Festigkeit der Garne bzw. Zwirne. Dies hatte dann eine Konsequenz für den zweiten DBR-Zyklus, zumal auch von den Schüler:innen hier ein Fehl beklagt wurde.

2.5 Setting und Begleitforschung

Vier 8. Klassen der Integrierten Gesamtschule (insg. 105 Schüler:innen) nutzten das Angebot. Die Klassen wurden jeweils halbiert; die eine Hälfte nahm zuerst an der Führung teil und experimentierte danach und umgekehrt. Da die Erprobung an zwei Experimentiertagen mit einer Woche Abstand stattfand, konnten dazwischen noch kleinere Veränderungen vorgenommen werden, ohne die didaktische Struktur grundlegend zu verändern. Insbesondere der Freiraum, den die Schüler:innen an den Stationen hatten, wurde vergrößert und es wurde stärker das Lösen bestimmter Probleme in den Vordergrund gerückt. Die Problemorientierung mittels Problemlöseaufgaben wurde stärker zum leitenden Prinzip an den Stationen. Somit wurden DBR-artige Änderungen sogar innerhalb des ersten Zyklus vorgenommen.

Führung und Experimentierteil dauerten jeweils 90 Minuten. Die folgenden Daten wurden während der Erprobung im ersten DBR-Zyklus erhoben: Beobachtungsdaten mittels eines zuvor theoretisch abgeleiteten Beobachtungsrasters; teilstrukturierte Gruppeninterviews mit den Halbklassen am Ende beider Aktionsteile; und Follow-up-Klassengespräche in der Schule 14 Tage nach dem Museumsbesuch zur Rekapitulation des Erlebten.

Bei den Gruppenbefragungen am Ende des kombinierten Angebots wurde z. B. gefragt:

- Welche Experimente haben euch an etwas erinnert, was ihr während der Führung gehört oder gesehen habt?
- Welche Informationen der Führung haben euch beim Experimentieren geholfen? Welche Experimente haben euch beim Verstehen der Führung geholfen?
- Wie hängen die vier Experimentierstationen zusammen?
- Worüber möchtet ihr mehr erfahren und z. B. in der Schule weiter untersuchen oder besprechen?
- Was war gut, was war nicht so gut?

Im Follow-up-Interview wurden in etwa die gleichen Fragen gestellt. Hinzu kam aber die Frage, was an den Angebot geändert werden sollte, welche Wünsche also bestanden. Im Rahmen der studentischen Ab-

schlussarbeiten wurden Beobachtungsnotizen und Befragungsergebnisse ausgewertet und aufeinander bezogen. Ein Teil der Auswertung im Sinne von DBR war es, Ideen für konzeptuelle Änderungen am Angebot mit Blick auf einen zweiten DBR-Zyklus herauszuarbeiten.

2.6 Ergebnisse des ersten DBR-Zyklus

Affektive Ebene: Grundsätzlich führte das komplementär ausgerichtete Museumsangebot aus Führung und physikalischen Experimenten zu einer hohen Motivation bei den beteiligten Schüler:innen. Da nach Angabe der Schüler:innen in der Schule weniger als gewünscht experimentiert wird, war es für sie anregend, mal ‚selbst was tun zu dürfen‘. Auch wirkte die Museumumgebung grundsätzlich anregend, wenngleich alle Schüler:innen das Museum bereits kannten. Motivational problematisch haben die Schüler:innen wahrgenommen, dass die Führung generell nicht optimal auf 8-Klässler abgestimmt, sondern für ein gemischtes Erwachsenenpublikum konzipiert war. Sie enthielt aus Sicht der Schüler:innen zu wenige explizite Anker, die an den Experimentierstationen aufgegriffen werden konnten. Dies ist erklärbar, weil die Führung nicht explizit für die Kombination mit interaktiven Stationen aufbereitet war. Motivational erschwerend kam bei manchen Schüler:innen hinzu, dass sie sprachliche Barrieren hatten, weshalb sie die Komplexität des Angebots kaum erfassen konnten. Als demotivierend wurde benannt, dass die Garnherstellung nicht aufgegriffen wurde, obwohl sie einen großen Anteil in der Führung hatte. Insbesondere im Follow-up-Gruppeninterview in der Schule wurde aber deutlich, dass die Schüler:innen trotz geäußelter Probleme den erlebten Museumsbesuch als eine ‚tolle Sache‘ wahrgenommen hatten.

Kognitive Ebene: Mit den Gruppeninterviews direkt nach der Durchführung des Museumsangebots wurde geklärt, inwiefern die Schüler:innen die beabsichtigten Zusammenhänge zwischen den Experimentierstationen zwischen Führung und Stationen erkannt haben, bzw. welche eigenen Zusammenhänge sie hergestellt haben. Bei den Stationen ‚Dampfmaschine‘ und ‚Dynamot/Antriebe‘ stellten die SuS einen engen Bezug zur Führung her. Die Stationen zu alternativen Energien wie Wind und Wasserstoff wiesen jedoch zu weit über die in der Museumsführung dargebotenen historischen Zusammenhänge hinaus. Hier konnten die Schüler:innen kaum Anknüpfungen herstellen. Durch die zwischenzeitliche Überarbeitungen der Stationen hin zu mehr Problemorientierung und problemlösender Eigenaktivität stellten jene Schüler:innen, die am zweiten Experimentiertag dabei waren, mehr und explizite Verknüpfungen zwischen den Angebotsteilen her. Fachliches Lernen wurde nicht explizit erhoben, dennoch teilweise festgestellt. Insgesamt wurde die Museumsführung von den 8-Klässlern größtenteils als losgelöst oder sogar als unnötig für die Bearbeitung der Stationen eingestuft.

Ebene Weiterentwicklung: Kleinere Überarbeitungen

fanden bereits zwischen beiden Erprobungstagen statt. Ein Bedarf bestand aber weiterhin darin, die Führung stärker auf die Energieproduktion und auf physikalische Aspekte der Garnverarbeitung auszurichten und die Stationen zu Wind und Wasserstoff besser zu kontextualisieren oder sie zu ersetzen.

3. Der zweite Design-Zyklus

Im ersten DBR-Zyklus zeigte sich, dass die Kombination zweier non-formaler MINT-Angebote, hier Museums und Schülerlabor, zunächst hohes Motivationspotenzial aufweist. Herausfordernd war aber die Abstimmung beider Anteile, um eine für Schüler:innen wahrnehmbare Komplementarität und keine simple Addition zu erreichen. Eine weitere Optimierung des kombinierten Angebots ist daher für den zweiten Zyklus notwendig. Dieser umfasst drei Änderungsbereiche.

3.1 Führung und Experimente ineinander schachteln

Die Begleitforschung zeigte, dass die zeitlich langen und separierten Blöcke der Führung (90 min) und der Experimente (90 min) die Schüler:innen erstens demotivierte. Zweitens verhinderte diese Struktur, dass die Schüler:innen eine gedankliche Nähe zwischen aufgemachten historischen Problemen und damaligen Herausforderungen einerseits und Problemlösungen an den Experimentierstationen andererseits herstellen konnten. Damit wurden Führung und Experimente insgesamt als zusammenhangslos wahrgenommen.

Im zweiten DBR-Zyklus werden nun Führung und Experimente ineinander geschachtelt (vgl. Abbildung 3). In vier jeweils 15minütigen Führungsteilen werden historische Probleme und Herausforderungen thematisiert und an bestimmten Exponaten erläutert. Es wird ein zu lösendes Problem herausgearbeitet, das die Schüler:innen nun durchdenken und experimentell untersuchen sollen. Nach dem Führungsteil folgt eine Experimentierstation in räumlicher Nähe der authentischen Exponate und Text- bzw. Bildquellen. Diese Experimentierphase dauert 25 Minuten. Am Ende der Experimentierphase sollen die Schüler:innen ihre Untersuchungsergebnisse auf den damaligen historischen Kontext mit seiner konkreten Herausforderung beziehen. Moderiert werden Führungsteil und Experimentierteil von ein und derselben Person.

Durch diese Struktur entstehen vier Parts zu je 40 Minuten, die zusammen mit Pausen das dreistündige Zeitfenster des Museumsbesuchs ausmachen.

3.2 Neue physikalische Experimentierstationen

Die Rückmeldungen der Schüler:innen im ersten DBR-Zyklus veranlassten, die Stationsauswahl zu überdenken. Erhalten bleibt die Station zu den mechanischen und elektrischen Antrieben mithilfe des Dynamot-Experimentalkoffers. Grund ist hier, dass der Antrieb von Maschinen ein zentrales Thema im Museum ist, die historische Entwicklung der Fabrik repräsentiert und von Seiten der Schüler:innen als

anregende Station wahrgenommen wurde. Gleiches gilt für die Station zur Dampfmaschine, die erhalten bleibt. Die Erzeugung von Dampf und die Nutzung dessen thermischer Energie zur Umwandlung in gerichtete Rotationsenergie stellt für die Nordwolle und die damalige Zeit ein zentrales Elementarium dar. Die Rückmeldungen der Schüler:innen zu dieser Station waren auch sehr positiv.

Die Stationen zu Wind und Wasserstoff werden ersetzt. Ihre Verknüpfung mit Elementen der Führung wirkte im ersten Zyklus künstlich und wurde von den 8-Klässlern nicht nachvollzogen.

Neu hinzu kommt eine Station zum Thema Zeit und Zeitmessung. Das physikalische Basiskonzept der Zeit hatte für die Industrialisierung auf dem Weg hin zur getakteten Fließbandarbeit eine enorme Bedeutung, die direkt auf die Arbeitssituation der Arbeiter:innen zurückwirkte. Wie Zeit gemessen wurde und wird, inwiefern das Zeitgefühl eine subjektive Wahrnehmung darstellt und wie aus Zeitmessung eine Zeittaktung wird, die den Arbeitsalltag durchstrukturierte, wird an der Station zunächst im Führungspart problematisiert und anhand von Experimenten untersucht.

Hinzu kommt außerdem eine Station zum Thema Garn- und Zwirnherstellung. Dies ergibt sich zum einen dadurch, dass das Hauptprodukt der Nordwolle Garne und Zwirne waren und in der Führung üblicherweise über den Weg der Wolle vom Schaf über ihre Reinigung, die Kämmung und Verfilzung bis zum Garn berichtet wird. Zum anderen bestand der Wunsch der Schüler:innen darin, hierzu eine eigene Station vorzufinden. Physikalisch gesehen, spielen hier Aspekte von Reibung, Druck, Verhakung von Wollfäden, Festigkeit unter Zug eine Rolle, die an der Station experimentell untersucht werden. Z. B. erproben die Schüler:innen, wie sich die Festigkeit von Garn und Zwirn unterscheidet und wie man Festigkeit messen kann.

Da in der Nordwolle Garne auch gefärbt wurden, wird ein Anteil der Station auch die Frage nach guten Lichtbedingungen sein, die benötigt werden, um die Färbewirkung zu beurteilen.

3.3 Einbettung in den Unterricht

Im ersten DBR-Zyklus war der Museumsbesuch nicht explizit in den Fachunterricht eingebettet. Die Schulklassen kamen und wussten lediglich, wohin es geht. Im zweiten DBR-Zyklus wird der Besuch im Museum explizit vorbereitet und auch nachbereitet. Wie Tischer & Komorek (in diesem Band), auch Tischer & Komorek (2024) aus einem anderen Projekt berichten, hat eine systematische Vorbereitung des Besuches eines außerschulischen Lernorts direkte Auswirkung auf die Motivation, sind mit Inhalten am außerschulischen Lernort zu befassen, und darauf, ein Verständnis aufzubauen. Im vorliegenden Projekt spielen im zweiten DBR-Zyklus die Lehrkräfte eine größere Rolle als bisher. Mehrere Treffen mit ihnen drehen

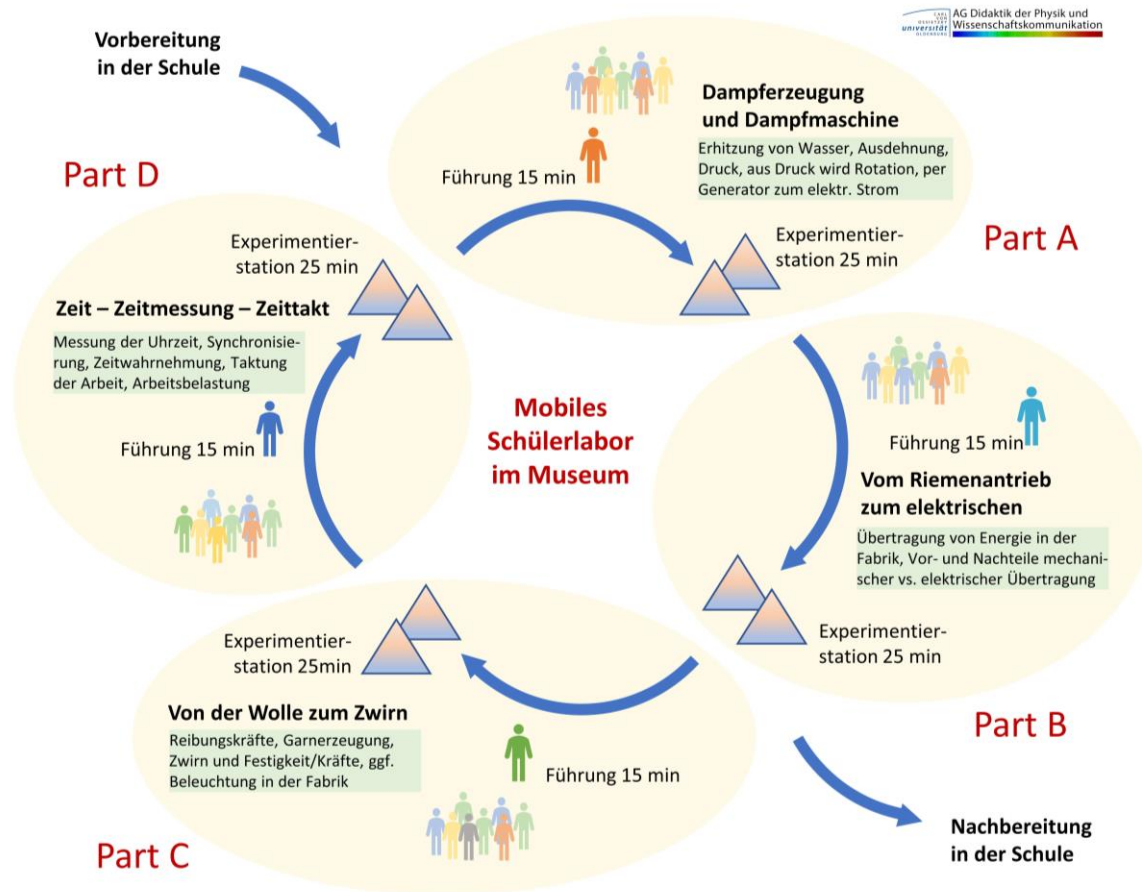


Abb. 3: Struktur der Führung mit Experimentierstationen zu zentralen Aspekten des Museums Nordwolle in Delmenhorst; Ergebnis eines Designs-based Research-Prozesses für den zweiten Design-Zyklus; eigene Darstellung

sich um die Einbettung des Museumsbesuchs in den Arbeitsplan von erneut mitwirkenden 8-Klässlern. Die Vorbereitung soll sich aus den Anforderungen des Kern- und des Schulcurriculum ableiten lassen; es sollen mit den Schüler:innen Fragen erarbeitet werden, die sich offensichtlich nicht in der Schule beantworten lassen und dadurch motivieren sollen, das Außerschulische aufzusuchen. Nach Rückkehr in die Schule sollen bestimmte Aspekte der Experimente im Museum insbesondere im Physikunterricht untersucht werden. Selbst einfache Kraftmesser oder Uhren zu konstruieren, elektrische Energieübertragung vertieft zu erforschen oder thermodynamische Eigenschaften von Gasen zu erkunden, bietet sich nach dem Museumsbesuch an.

Aber nicht nur der MINT-Unterricht wird bereichert, denn die MINT-Experimente können auch Impulse für Fächer wie Arbeit-Wirtschaft-Technik oder eben noch naheliegender für den Geschichtsunterricht liefern, indem man die heutige und die damalige Arbeitswelt besser versteht.

4. Transfer auf das Museumsschiff Norderney

Die Erfahrungen mit dem Projekt mit der Nordwolle in Delmenhorst wird derzeit übertragen auf ein weiteres Museum, das Museumsschiff Norderney des

Küstenmuseums in Wilhelmshaven. Die Norderney ist ein Feuerschiff gewesen, also ein stationär verankerter Leuchtturm auf See, speziell in der Wesermündung. In dieser Funktion ausgedient, liegt es als öffentlich besuchbares Museumsschiff im Hafen von Wilhelmshaven.

Derzeit wird in gleicher Struktur, wie sie oben dargestellt ist, eine Führung entwickelt, die ebenfalls Experimentierstationen umfasst. Die Führung besteht aus sechs Parts mit historisch relevanten Problemen, die entweder von den Erbauern dieses und weiterer Schiffe oder von der Mannschaft gelöst werden mussten. Erprobt wird die Führung vor allem mit Kleingruppen von Schüler:innen der 7. und 8. Klasse einer IGS aus Wilhelmshaven. Die Stationen sind die folgenden.

- **Schiffslage auf See stabilisieren:** Damit ein Feuerschiff seinen Dienst erfolgreich erfüllen kann, muss es stabil in der See liegen. Durch Wind und Wellen wirken aber zahlreiche Kräfte auf das Schiff, das mit einer periodischen Wipp-Bewegung, dem „Rollen“, reagiert. Folgen sind zum einen Seekrankheit der Mannschaft, aber auch, dass das Licht des Feuerschiffs nicht waagrecht ausgestrahlt wird. An der entsprechenden Experimentierstation gibt es ein Wasser-

bassin mit einem Schiffsmodell, das von den Schüler:innen modifiziert werden kann. Die Problemlöseaufgabe ist also die Stabilisierung des Schiffsrumpfes, wofür verschiedene Materialien zur Verfügung stehen. Es können z. B. Flügel, Schwerter und Ausleger konstruiert werden. Zum Schluss wird die damals übliche Nutzung von „Bilgenkielen“ vorgestellt und berichtet, wie heutige Schiffe aktive Stabilisatoren nutzen.

- **Licht bündeln:** Eine weitere Herausforderung von Feuerschiffen (wie bei allen optischen Leuchttürmen) war es, Licht zu bündeln, es am besten zu parallelisieren, damit es konzentriert noch in weiter Entfernung gesehen wird. Die Lösung ist ein Linsensystem, bei dem die Lichtquelle im Brennpunkt platziert wird. Da große Glaskörper schwer sind, wurden früher Fresnel-linsen eingesetzt, bei denen nur die gekrümmten Teil der Linse, die für die Brechung verantwortlich sind, zusammen einen Linsenkörper bilden. An der Experimentierstation sollen die Schüler:innen eine Lösung für die Bündelung von Licht suchen, z. B. auch mit Spiegeln, verspiegelten Röhren oder eben auch mit Linsen. Experimentiert wird unter Deck im Dunklen unter Nutzung einer sehr schwachen Lichtquelle. Zum Schluss wird berichtet, wie heute Radar die optischen Leuchttürme ersetzt.
- **Navigieren per Magnetismus:** Eine dritte Station thematisiert die Schwierigkeit, auf See zu navigieren und den eigenen Standort zu bestimmen. Historisch wurde der Erdmagnetismus mit Hilfe von kleinen Magneten, die einen Kompass bildeten, genutzt. An der Experimentierstation werden Eigenschaften von Magneten untersucht und die Schüler:innen sollen die Lage des Museumsschiffes anhand markanter Punkte der Hafenbucht bestimmen und auf einer Seekarte einzeichnen. Sie sollen dabei auf dem Schiff erkunden, wo das Magnetfeld der Erde durch das Metall des Schiffes am wenigsten beeinflusst und abgelenkt wird (Missleitung). Zum Schluss wird ihnen berichtet, welche Rolle noch heute die Navigation per Kompass spielt und wie die Satellitennavigation heute zum Standard geworden ist.

Drei weitere Stationen sind in die Führung integriert, eine zur Funktion und Bedeutung des Echolots und der Schallausbreitung unter Wasser, eine zum Schiffsantrieb und den zu bedenkenden Kräften und eine zur Schwimmfähigkeit von Schiffen, deren Dichte bekanntlich größer ist als die von Wasser. Bei allen fachlichen und historischen Fragen zählt sich die Kooperation mit den pädagogisch Leitenden des Küstenmuseums und dem Techniker an Bord sehr aus.

5. Fazit und Ausblick

Die Diskussion um den kontextorientierten Physikunterricht hat eine lange Geschichte. Bekannt ist die mögliche motivierende Wirkung von Kontexten

unter bestimmten Bedingungen; aber auch kognitiv können Kontexte das fachliche Lernen unterstützen und dabei das Image, dass gerade Physik hat, verbessern. Die oben dargestellten Beispiele entsprechen dem „kontextstrukturierten“ Zugang (Nawrath & Komorek, 2013), wonach das Ziel der Vermittlung ist, einen Problemkontext besser zu verstehen und innerhalb des Kontextes handlungsfähig zu werden. Physik (und andere fachliche Disziplinen) haben hierbei eine dienende Funktion, sind also nicht Selbstzweck, sondern helfen bei der individuellen Befähigung, mit Problemen umzugehen.

In beiden Kooperationen mit dem Museum Nordwolle in Delmenhorst und dem Küstenmuseum in Wilhelmshaven bestehen zwei weitergehende Ziele. Erstens dass die von Studierenden entwickelten Angebote (Experimente und auch die Führungen) von den Museen übernommen werden und ins reguläre Programm übernommen werden. Hierzu gibt es in beiden Fällen positive Signale. Der enge Einbezug der Museen bei Entwicklung und Erprobung entspricht dem Aspekt der Design-Methodologien (Reinmann, 2005), wonach Innovationen im Bildungssystem nur dann funktionieren und nachhaltig sind, wenn die beratenen Partner sich mit der Innovation identifizieren.

Das zweite Ziel ist, dass die beteiligten Schulen die neuen Museumangebote in der beschriebenen Weise einbetten und damit zur Innovation ihrer Fachunterrichte nutzen. Dann wäre eine wünschenswerte Koevolution schulischer und außerschulischer MINT-Bildung gegeben. Empirische Entwicklungsforschung von Seiten der Universität kann dann in der hier beschriebenen Weise einen Beitrag zur Regionalentwicklung leisten.

6. Literatur

- Baudisch, A. & Hollwedel, B. (2024). Untersuchung mechanischer und elektrischer Energieübertragung und die Erschließung von Windenergie für die industriellen Nutzung. Bachelorarbeit. Universität Oldenburg.
- Beyer, L., Gorr, C., Kather, C., Komorek, M., Röben, P. & Selle, S. (Hrsg.) (2021). Orte und Prozesse außerschulischen Lernens erforschen und weiterentwickeln (Außerschulische Lernorte – Beiträge zur Didaktik, Bd. 6). Münster: Lit.
- Bliesmer, K. & Komorek, M. (2024). Bedeutung des non-formalen Lernens für die MINT-Bildung. Interviewstudien mit Stakeholdern und Familien. In M. Hemmer u. a. (Hrsg.). Fachdidaktik im Zentrum von Forschungstransfer und Transferforschung. Beiträge zur GFD-ÖGFD-Tagung in Wien 2022. Reihe Fachdidaktische Forschungen, Band 16. (S. 253-266). Waxmann.
- Jungwirth, M., Harsch, N., Korflür, Y. & Stein, M. (Hrsg.), Forschen.Lernen.Lernen an öffentlichen Orten – The Wider View (Schriften zur Allgemeinen Hochschuldidaktik, Bd. 5), S. 57-76. Münster: WTM-Verlag.

- Komorek, M., & Hiniborch, J. (2024). Wie ticken Familien? Oldenburger Online-Publikations-Server. Verfügbar unter: http://oops.uni-oldenburg.de/6942/1/MINT-Befragung_Familien.pdf
- Komorek, M. (2020). Forschendes Lernen für außerschulische Lernprozesse. In J. Dohnicht und B. Seelhorst (Hrsg.), *Bildung – ein Auslaufmodell?* (Seminar, Bd. 3/2020), 133-147. Schneider.
- Lewalter, D. & Greyer, C. (2009). Motivationale Aspekte von schulischen Besuchen in naturwissenschaftlich-technischen Museen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 12, 28-44.
- Muckenfuß, H. (1995): *Lernen im sinnstiftenden Kontext. Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts*. Berlin: Cornelsen.
- Nawrath, D. & Komorek, M (2013). Kontextorientierung. Rekonstruktion einer fachdidaktischen Konzeption für den Physikunterricht. *ZfdN* 19, 233-257.
- Ranters, L. (2024). *Wasserstoff als Energieträger für den Antrieb von Fahrzeugen und Maschinen – Ein Bildungsprojekt für Schulen im Industriemuseum Nordwolle in Delmenhorst*. Bachelorarbeit. Universität Oldenburg
- Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. *Unterrichtswissenschaft*, 1, 52-69.
- Sajons, C. (2020). Kognitive und motivationale Dynamik in Schülerlaboren. Kontextualisierung, Problemorientierung und Autonomieunterstützung der didaktischen Struktur analysieren und weiterentwickeln. Logos.
- Sibahi, M. (2024). *Kontextualisierung der Dampfmaschine als Energiewandler in der Industrie*. Bachelorarbeit. Universität Oldenburg.
- Tischer, J., Sajons, C. & Komorek, M. (2023). Komplementär vernetzte formale und non-formale MINT-Bildung. In H. van Vorst (Hrsg.). *Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt*. GDGP Jahrestagung 2022. (S. 306-309). GDGP.
- Tischer, J. & Komorek, M. (2024). Komplexe Kontexte in komplementär vernetzten Lernangeboten. In H. van Vorst (Hrsg.). *Frühe naturwissenschaftliche Bildung*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik in Hamburg 2023, 586-589.
- Vanderbilt, Cognition and Technology group (1990). *Anchored Instruction and Its Relationship to Situated Cognition*. *Educational Researcher*, 19 (6), 2-10.

Danksagung

Den pädagogischen Leitenden bzw. Geschäftsführenden der beiden beteiligten Museen sei herzlich gedankt, Bernd Entelmann vom Museum Nordwolle in Delmenhorst und Michael Steinert vom Küstenmuseum in Wilhelmshaven für ihre tatkräftige Unterstützung des Projekts.