

Kai Bliesmer<sup>1</sup>  
 Annika Roskam<sup>1</sup>  
 Michael Komorek<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Oldenburg

## Physikalische Dynamik der Küste an außerschulischen Lernorten

Das Projekt wird durch die Deutsche Bundestiftung Umwelt DBU finanziert und ist im Promotionsprogramm GINT (<https://uol.de/gint/>) angesiedelt. Es verfolgt das Ziel, für die Ausstellungshäuser im niedersächsischen Wattenmeer neue Exponate zur physikalischen Dynamik an der Küste zu entwickeln, die sich phänomenologisch insbesondere durch Strömungen und Strukturbildungen auszeichnet. Hierzu ist physikdidaktische Entwicklungsforschung nötig, die im vorliegenden Projekt durch eine Kombination zweier Ansätze geleistet wird: Zum einen wird die physikalische Dynamik an der Küste didaktisch rekonstruiert, um fach- und adressatengerechte didaktische Strukturierungen zu entwickeln. Zum anderen werden prototypische Exponate zur physikalischen Dynamik an der Küste hergestellt und mit einem Design-Based Research-Ansatz beforscht. Auf Grundlage beider Ansätze werden fachdidaktische Leitlinien formuliert. Diese werden aktuell in Zusammenarbeit mit einer Ausstellungsagentur eingesetzt, um für ein Ausstellungshaus in Wilhelmshaven neue Exponate zu entwickeln.

### Phänomenologie

Die zahlreichen außerschulischen Lernorte im niedersächsischen Wattenmeer sind Ausdruck einer Differenzierung der Bildungslandschaft, in der formales um non-formales Lernen im regionalen Kontext ergänzt wird. Dortige Lernorte verfügen über das einzigartige Potenzial, Besuchenden Primärerfahrungen zur physikalischen Dynamik an der Küste zu bieten. Denn die Küste ist gesäumt von Rippelmustern, Dünen, Prielen und weiteren Phänomenen, die durch den Einfluss von Wasser und Luft ständig neu gebildet werden und schließlich wieder vergehen. Wenngleich sich die Phänomene im Detail voneinander unterscheiden, lässt sich in der physikalischen Dynamik an der Küste durchgängig das Wechselspiel von Strömungen und granularer Materie erkennen, das diese Phänomene als selbstorganisierte Strukturbildungen hervorbringt. Folglich sind es Strömungen und Strukturbildungen, die es im Rahmen des vorliegenden Projekts fachdidaktisch aufzubereiten gilt. Solche Phänomene sind für die Lernorte im Wattenmeer auch insofern von Bedeutung, als die hohe Dynamik im Wattenmeer für die UNESCO ein Kriterium darstellt, aufgrund dessen sie das Wattenmeer zum Weltnaturerbe ernannte (vgl. UNESCO Welterbekommission, 2009, S. 184).

### Experteninterviews

Vor der Exponatentwicklung wurde das Forschungs- und Entwicklungsfeld eruiert. Experteninterviews (Bogner, Littich & Menz, 2005) mit den Lernortbetreibenden zu den Exponaten ihrer Ausstellungen und deren Genese wurden durchgeführt (Bliesmer, 2016; Roskam, 2016). Die Befragung zeigte, dass die Ausstellungen allesamt auf biologische Inhalte fokussieren. Physikalische Erklärungen und Modelle zu Strömungen sowie Strukturbildungen kommen entweder überhaupt nicht oder nur am Rande vor. Ferner ist deutlich geworden, dass fachdidaktische Beteiligung an der Entwicklung von neuen Exponaten die Ausnahme bildet. In der Regel entwerfen die Lernortbetreibenden, bei denen es sich oftmals um Biolog:innen oder Umweltwissenschaftler:innen handelt, ihre Exponate zusammen mit Ausstellungsagenturen. Letztere zeichnen sich durch handwerkliche und szenografische Kompetenzen aus, sie verfügen jedoch kaum über fachliche noch fachdidaktische Expertisen.

### Ansatz I: Didaktische Rekonstruktion von Strömungen und Strukturbildungen

Als theoretisches Rahmenmodell für die fachdidaktische Aufbereitung fungiert die Didaktische Rekonstruktion (Duit, Gropengießer, Kattmann, Komorek & Parchmann, 2012). In Abb. 1 sind die drei dort zu bearbeitenden Aufgabenbereiche dargestellt.



Abb. 1. Aufgabenbereiche im Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Duit et al., 2012)

#### *Fachliche Klärung*

Im Rahmen einer Elementarisierung (Bleichroth, 1991) wurden die zentralen fachlichen Grundideen (Elementaria) herausgearbeitet, mit denen sich Strömungs- und Strukturbildungsphänomene entschlüsseln lassen. Hierzu wurde Fachliteratur aus der Thermodynamik, Kontinuumsmechanik und der Theorie komplexer Systeme analysiert (u. a. Blundell & Blundell, 2010; Spurk & Aksel, 2010; Wilde, 1978; Bar-Yam, 2003; Mainzer, 1999). Es wurde u. a. herausgearbeitet, dass Strömungen phänomenologischer Ausdruck eines Ausgleichsbestreben in der Natur sind. Strukturbildungen wiederum lassen sich durch eine Selbstorganisation entschlüsseln, die sich durch das Wechselspiel von positiven Rückkopplungen (Selbstverstärkung) und negativen Rückkopplungen (Selbstbeschränkung) erklärt.

#### *Sicht der Lernenden erfassen*

Mit problemzentrierten Interviews (Witzel, 1985) wurden Lernende nach ihren Vorstellungen von Strömungen und Strukturbildungen befragt: Zum einen wurde erhoben, welche Merkmale sie im Sinne einer Begriffsbildung (Edelmann & Wittmann, 2012) mit beiden Termini verbinden. Zum anderen wurde untersucht, welche Konzepte (Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982) sie heranziehen, um die Entstehung von beiden Phänomenen zu erklären. Als Stimuli wurden in den Interviews Fotos von Strömungen und Strukturbildungen sowie Realexperimente, die während der Interviews durchgeführt wurden, eingesetzt. Durch eine kategoriengeleitete qualitative Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2018) konnte gezeigt werden, dass Lernende Strömungen mit Kollektivität verbinden. Strukturbildungen sehen sie hingegen, je nach individuellem Interpretationsrahmen, entweder als regelmäßig oder als unregelmäßig an. Um Strömungen und Strukturbildungen zu erklären, nutzen die Befragten häufig ein Prinzip der Übertragung: Sie gehen von vorhandenen Strömungen bzw. Strukturbildungen aus und argumentieren, jene übertragen sich auf bewegungsloses Wasser bzw. unstrukturierte Materie. Es gelingt ihnen nicht, Strömungen und Strukturbildungen aus dem Zustand einer Bewegungslosigkeit bzw. Strukturlosigkeit heraus zu erklären.

#### *Didaktische Strukturierung*

Die Elementaria wurden systematisch mit den Ergebnissen der Interviewstudie verglichen. Auf Basis dieses Abgleichs wurden Leitlinien für didaktische Strukturierungen von Ausstellungsexponaten oder Lernstationen entwickelt. Dabei handelt es sich um Vorschläge, wie an die Sichtweise der Lernenden angeknüpft werden kann, in welchen Fällen sich eine Umdeutung anbietet bzw. konfrontiert werden sollte (Duit, 2007). Die Leitlinien sind Grundlage für

konkrete didaktische Umsetzungen in Ausstellungen, die gleichermaßen fach- und adressatengerecht sind. Die Leitlinien richten sich z. B. an Ausstellungsagenturen.

### Ansatz II: Design Based-Research mit Ausstellungsexponaten

Um zu untersuchen, wie Besuchende auf Exponate zu Strömungen und Strukturbildungen reagieren, wurden prototypische Exponate zu den Themen Golfstrom, Rippel, Dünen, Tsunami und Gezeiten entwickelt. Jedes Exponat basiert auf einer dreistufigen Lernaufgabe, um nach Vorwissen, Interesse und kognitivem Entwicklungsstand zu differenzieren:

1. Phänomene erleben: Exponate werden von Besuchenden bedient und manipuliert. Resultierende Phänomene hängen von der Interaktion der Besuchenden ab und variieren.
2. Analogien herstellen: Mit Erklärtafeln werden Analogiebildungsprozesse forciert, indem Verbindungen zwischen dem Exponat und dem Original an der Küste expliziert werden.
3. Naturprinzipien erkennen: Durch die Entschlüsselung von Phänomenen an mehreren Exponaten können die Besuchenden generelle Naturprinzipien nachvollziehen; z. B., dass alle natürlichen Prozesse nach Ausgleich streben, dabei aber Strukturen entwickeln.

Die Prototypen wurden sowohl im Labor als auch im Feld der außerschulischen Lernorte eingesetzt, um die Interaktion der Besuchenden mit den Exponaten zu untersuchen. Zum Einsatz kamen ethnografische Untersuchungsmethoden (Breidenstein, 2012) wie die begleitende Beobachtung: Die Nutzenden wurden bei der Bedienung der Objekte entweder nur beobachtet oder direkt befragt. Außerdem fanden teilstandardisierte Interviews statt, um ihre Sicht auf die Exponate auch retrospektiv erfassen zu können. Alle empirischen Daten wurden mit einer kategoriengeleiteten qualitativen Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2018) ausgewertet, um so einen Einblick in ihre Denk- und Lernprozesse zu erhalten. Die Daten wurden einerseits verwendet, um die Exponate zu optimieren und andererseits wurden Leitlinien zur Entwicklung von interaktiven Exponaten formuliert. In Abb. 2 (modifiziert nach Roskam, 2020) ist das Verfahren im Sinne eines Design-Based Research-Ansatzes (Design-Based Research Collective, 2013; Hußmann, Thiele, Hinz, Prediger & Ralle, 2013) dargestellt.

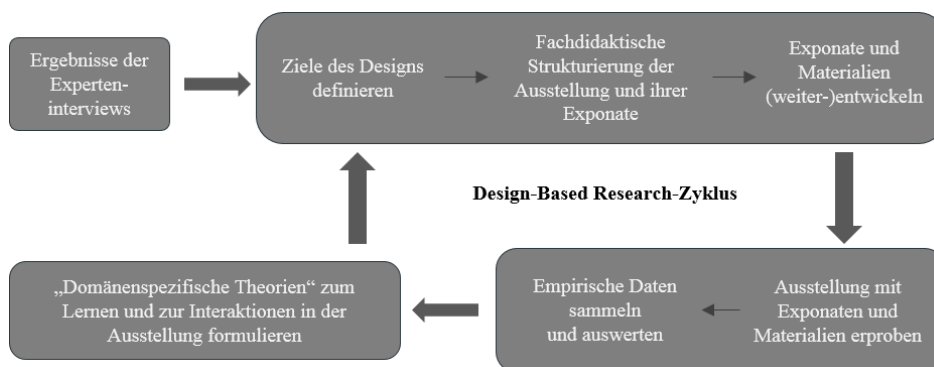


Abb. 2. Forschungs- und Entwicklungsaufgaben bilden einen Design-Based Research-Zyklus

### Entwicklung von Exponaten und Veröffentlichung einer Handreichung

Aktuell werden die aus der Didaktischen Rekonstruktion gewonnenen Leitlinien für didaktische Strukturierungen (Bliesmer, 2020) und jene aus dem Design-Based Research-Ansatz hervorgegangenen Leitlinien zur Exponatentwicklung (Roskam, 2020) genutzt, um gemeinsam mit einer renommierten Ausstellungsagentur einen Ausstellungsbereich zu den Gezeiten im Wattenmeer-Besucherzentrum in Wilhelmshaven neu zu gestalten. Zudem wird momentan eine Handreichung für außerschulische Lernorte an der Küste entwickelt, die die Leitlinien mit Umsetzungsbeispielen kompakt und ansprechend darstellt. Die Handreichung

richtet sich an durchaus erfahrene pädagogische Verantwortliche in den Ausstellungshäusern, die aber doch fachphysikalische und physikdidaktische Laien sind. Die Handreichung soll auch weitere Lernorte von den hier dargestellten Ergebnissen profitieren lassen.

## Literatur

- Bar-Yam, Y. (2003). *Dynamics of Complex Systems*. Boulder: Westwing Press.
- Bleichroth, W. (1991). Elementarisierung, das Kernstück der Unterrichtsvorbereitung. *Naturwissenschaft im Unterricht. Physik*, 39, 4-11.
- Bliesmer, K. (2016). *Fachdidaktische Analyse von Bildungsangeboten norddeutscher Meeresforschungsinstitute*. Masterarbeit: Universität Oldenburg.
- Bliesmer, K. (2020). *Physik der Küste für außerschulische Lernorte. Eine Didaktische Rekonstruktion (= Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 306)*. Berlin: Logos Verlag.
- Blundell, S. J. & Blundell, K. M. (2010). *Concepts in Thermal Physics*. Oxford: University Press.
- Bogner, A., Littich, B. & Menz, W. (2005). *Das Experteninterview. Theorie, Methode, Anwendung*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Breidenstein, G. (2012). Ethnographisches Beobachten. In H. de Boer & S. Reh (Hrsg.), *Beobachtung in der Schule – Beobachten lernen* (S. 27-44). Wiesbaden: Springer VS.
- Design-Based Research Collective. (2003). Design-based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, 32 (1), 5-8.
- Duit, R. (2007). Alltagsvorstellungen und Physik lernen. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik. Theorie und Praxis* (S. 581-606). Berlin, Heidelberg: Springer.
- 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. Retrospective and Prospective* (S. 13-37). Rotterdam, Boston, Taipei: Sense Publishers.
- Durst, F. (2006). *Grundlagen der Strömungsmechanik: eine Einführung in die Theorie der Strömung von Fluiden*. Heidelberg: Springer
- Edelmann, W. & Wittmann, S. (2012). *Lernpsychologie*. Weinheim: Beltz.
- Hußmann, S., Thiele, J., Hinz, R., Prediger, S. & Ralle, B. (2013). Gegenstandsorientierte Unterrichtsdesigns entwickeln und erforschen. Fachdidaktische Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell. In M. Komorek & S. Prediger (Hrsg.), *Der lange Weg zum Unterrichtsdesign. Zur Begründung und Umsetzung fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme* (S. 25-42). Münster: Waxmann.
- Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. Weinheim, Basel: Beltz Juventa.
- Mainzer, K. (1999). *Komplexe Systeme und Nichtlineare Dynamik in Natur und Gesellschaft*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66 (2), 211-227.
- Roskam, A. (2016). *Fachdidaktische Analyse außerschulischer Repräsentationen der (geo-)physikalischen Dynamik im Wattenmeer und an der Küste*. Masterarbeit: Universität Oldenburg.
- Roskam, A. (2020). *Kognitive Verarbeitungsprozesse in der Interaktion mit Strömungsexperimenten in einer Ausstellung. Eine empirische Untersuchung mit Besuchenden an außerschulischen Lernorten im Küstenraum*. Wiesbaden: Springer Spektrum.
- Spurk, J. & Aksel, N. (2010). *Strömungslehre. Einführung in die Theorie der Strömungen*. Heidelberg: Springer.
- UNESCO-Welterbekommission (2009). *Report of decisions of the 33rd session of the World Heritage Committee*. Online verfügbar unter: <http://whc.unesco.org/archive/2009/whc09-33com-20e.pdf> (Zugriff: 11.10.2020).
- Wilde, K. (1978). *Wärme- und Stoffübergang in Strömungen*. Darmstadt: Steinkopff.
- Witzel, A. (1985). Das problemzentrierte Interview. In G. Jüttemann (Hrsg.), *Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 227-255). Weinheim: Beltz.