

## Elementarisierungen zu küstennahen Strukturbildungen und Strömungen

Küsten und Ozeane sind bedeutsame Lebens- und Wirtschaftsräume, die sensibel und komplex auf klimatische Veränderungen sowie Umwelteinflüsse reagieren (Davidson-Arnott, 2010). Die innewohnende Sensibilität erschließt sich für Laien jedoch nicht unmittelbar, da sich veränderte Bedingungen in den räumlich sehr ausgedehnten Gebieten häufig örtlich versetzt und zeitlich verzögert niederschlagen. Hier setzen Bildungsbestrebungen verschiedener Einrichtungen an. Zu ihnen zählen im Nordwesten Deutschlands Meeresforschungsinstitute mit Bildungsprogrammen und Nationalparkhäuser des Niedersächsischen Wattenmeeres. Die Sensibilität von Küste und Ozean soll dort mit Ausstellungen zum Thema gemacht werden. Empirische Untersuchungen (Bliesmer, 2016; Roskam, 2016) belegen eine Dominanz biologischer und ökologischer Themen in diesen Ausstellungen. Physikalische Phänomene, Erklärungen und Modelle kommen nur am Rande vor. Allerdings sind sie für das Verständnis der (physikalischen) Dynamik wichtig, welche die Sensibilität von Küsten und Ozeanen erst zu begründen vermag. Deshalb wird hier die Forschungsaufgabe verfolgt zu klären, welche Elementarisierungsprozesse sich für eine Aufbereitung physikalischer Aspekte zur Dynamik von Küste und Ozean durchführen lassen.

### Theoretisches Fundament

Die systematische Aufbereitung der Inhalte erfolgt im fachdidaktischen Forschungs- und Entwicklungsmodell der Didaktischen Rekonstruktion (Duit, Gropengießer, Kattmann, Komorek & Parchmann, 2012). Es sieht die Integration dreier Aufgaben vor: (1) Untersuchung der Lernerperspektive auf den Inhaltsbereich, (2) Klärung und Analyse der wissenschaftlichen Sachstruktur und (3) Design von Lehr- und Lernsequenzen. Die Aufgaben werden in einem iterativen Prozess ausgeführt und aufeinander bezogen. Ziel ist es, eine Lernumgebung zu kreieren, in der die Inhalte für Lernende zugänglich sind. Deshalb bedarf es zunächst einer Transformation der abstrakten wissenschaftlichen Sachstruktur. Sie muss zu einer Sachstruktur für Vermittlungszwecke umorganisiert werden, die den Lernerperspektiven Rechnung trägt. Hierzu wird die wissenschaftliche Sachstruktur elementarisiert (Bleichroth, 1999), indem die wissenschaftlichen Grundideen herausgearbeitet werden. Darauf aufbauend werden diese Grundideen neu zusammengesetzt, mit Beispielen angereichert und in lebensnahe Kontexte eingebettet. Das Ergebnis dieses Prozesses ist gemäß Duit et al. (2012) die am Lernenden orientierte Sachstruktur für Vermittlungszwecke.

### Design

*Analytisch: Elementarisierung von Aspekten physikalischer Dynamik von Küste und Ozean*

Wenn die wissenschaftliche Sachstruktur von Aspekten physikalischer Dynamik an der Küste und im Ozean für Vermittlungszwecke in Ausstellungen rekonstruiert wird, sind zuerst die so genannten Elementaria so herauszuarbeiten, dass sie den betrachteten Inhalt schon mit Blick auf die Besuchenden der Ausstellungen kennzeichnen. Aus konstruktivistischer Sicht existieren „Spielräume für verschiedenartige Elementarisierungen“ (Kircher, 2015, S. 109) und damit auch für rekonstruierte Sachstrukturen. Deren Güte lässt sich durch Qualitätskriterien ermitteln: Das Produkt der Elementarisierung muss (1) fachgerecht sein, (2) den Vorstellungen und Bedürfnissen der Lernenden gerecht werden und (3) dabei helfen, die angestrebten Lernziele zu erreichen (Kircher, 2015; Weltner, 1982). Für die Elementarisierungen in vorliegender Arbeit wurden eine Dokumentenanalyse der fachwis-

senschaftlichen Literatur (vgl. Durst, 2006; Batchelor, 1967) durchgeführt und Erkenntnisse über ablaufende Lehr- und Lernprozesse von Besuchenden physikbezogener Ausstellungen aus anderen Studien herangezogen.

*Empirisch: Validierung und Evaluation der ausgeführten Elementarisierungsprozesse*

Die herausgearbeiteten Elementaria und die vorläufig rekonstruierte Sachstruktur werden validiert, indem sie mit FachwissenschaftlerInnen und FachdidaktikerInnen diskutiert werden. Dabei kommt ein leitfadengestütztes teilstrukturiertes Experteninterview zum Einsatz, durch das ermittelt wird, inwieweit die rekonstruierte Sachstruktur fachlichen Ansprüchen genügt (Kriterium 1). Die Befragung von FachdidaktikerInnen soll darüber hinaus Aufschluss geben, inwiefern die rekonstruierte Sachstruktur mit aktuellen Vorstellungen über das Lehren und Lernen korrespondiert (Kriterien 2 und 3). Die Evaluation der vorläufig rekonstruierten Sachstruktur findet dadurch statt, dass auf ihrer Basis Ausstellungsobjekte und zugehörige Lernmaterialien designt wurden. In einer realen Ausstellungssituation und in einer Laborstudie wird derzeit ermittelt, inwiefern mit ihnen Denkprozesse angeregt und Wissen aufgebaut werden können. Die Lernprozesse der Besuchenden werden mithilfe eines leitfadengestützten, teilstrukturierten Interviews und mittels begleitender Beobachtung erhoben. Daraus wird abgeleitet, ob die Elementaria und die rekonstruierte Sachstruktur an die Lernenden angepasst sind und ob die angestrebten Lernziele erreicht werden können (Kriterien 2 und 3). Alle Erkenntnisse bilden die Grundlage für Weiterentwicklungen.

**Ergebnisse**

*Analytisch: Elementarisierung von Aspekten physikalischer Dynamik von Küste und Ozean*

Vor Ausführung von Elementarisierungsprozessen mussten Entscheidungen darüber getroffen werden, welche Inhaltsbereiche die physikalische Dynamik von Küste und Ozean angemessen repräsentieren. Luft- und Wasserströmungen sowie deren Wechselwirkung mit granularer Materie zur Bildung selbstorganisierter Strukturen scheinen geeignet zu sein. Letztere sind insofern von Bedeutung, als Strömungsverhältnisse von äußeren Einflüssen abhängen, was wiederum zu einer Anpassung selbstorganisierter Strukturen führt und deren Sensibilität begründet. Daher wurden zur konkreten Elementarisierung die wissenschaftlichen Sachstrukturen entsprechender Phänomene analysiert. Die Wahl fiel auf die Phänomene Tsunami, Golfstrom, Amphidromie, Sandrippel und Sanddünen.

Es zeigt sich, dass beim Tsunami, dem Golfstrom und der Amphidromie Ausgleichsprozesse im Vordergrund stehen: Atmosphäre und Hydrosphäre sind offene Systeme; es werden ständig Materie und Energie zu- und abgeführt (Grotzinger & Jordan, 2017; Schlichting, 2000). Das heißt, es wirken entweder von außen Kräfte auf das Fluid (Scher- und Schubspannungen) oder es kommt innerhalb der Fluide zu Temperaturunterschieden sowie zu Konzentrationsunterschieden chemischer Spezies. Dadurch werden Transportprozesse (Durst, 2006) in Richtung des thermodynamischen Gleichgewichts hervorgerufen, bei der sich Fluidelemente in Bewegung versetzen. Die Transportprozesse können als *Ausgleichsprozesse* beschrieben werden, die sich auf makroskopischer Ebene beispielsweise als Luft- und Wasserströmungen darstellen. Ihre nähere Charakterisierung als laminare Strömung, turbulente Strömung und Wirbel (Spurk & Aksel, 2010) zeigt, dass es sich um eigenständige Phänomene handelt, für die an dieser Stelle der Begriff des *Elementarphänomens* eingeführt wird.

Tsunami, Golfstrom und Amphidromie konstituieren sich somit aus einem komplexen Zusammenspiel eben jener Elementarphänomene. Es handelt sich bei ihnen um komplexe, strömende Strukturen innerhalb der Fluide. Obwohl sich diese Phänomene so different darstellen und in unterschiedlichen Kontexten auftauchen, basieren sie dennoch auf denselben Transportprozessen und Elementarphänomenen und lassen sich daher in konsistenter Weise

elementarisieren. Auch andere Phänomene, wie tropische Wirbelstürme, Passatwinde etc., lassen sich an dieser Stelle aufführen.

Treten die Luft- und Wasserströmungen mit granularer Materie in Wechselwirkung, dann wird bei kontinuierlichem Fluss aus der betroffenen granularen Materie ebenfalls ein offenes und von Energie durchflossenes System (Schlichting, 1993) erzeugt, das als Fließgleichgewicht bei geeigneten Bedingungen dissipative Strukturen (Nicolis & Prigogine, 1977) ausbildet. Die beiden Strukturphänomene Sandrippel und Sanddünen lassen sich an dieser Stelle mit weiteren Strukturphänomenen wie Flussnetzwerke, Seegatten etc. nennen. Die Abb. 1 stellt die Überlegungen ausgehend von den Elementaria zu Ausgleichsprozessen grafisch dar. Dabei wird in obigem Sinne zwischen elementaren und komplexeren Phänomenen unterschieden, um mehrere Ebenen zu generieren.

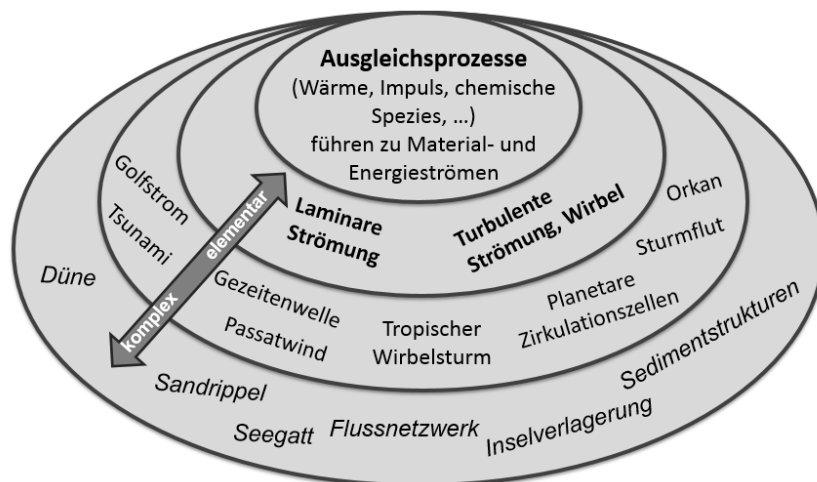


Abb. 1. Einordnung von Strömungs- und Strukturphänomenen anhand Ausgleichsprozesse

Die Abbildung gibt die physikalische Perspektive auf die betrachteten Phänomene wieder. Bei der weitergehenden Didaktischen Rekonstruktion der Sachstruktur erfolgt dann eine kontextuelle Einbettung. Im Falle der Umsetzung im vorliegenden Projekt haben sich die Kontexte Naturkatastrophen, Klimageschehen und Küstenstrukturen angeboten. Ihnen können die Phänomene der beiden äußeren Bereiche in Abb. 1 zugeordnet werden. Insgesamt hat sich damit eine Struktur für die Ausstellung ergeben, bei der die genannten Phänomene innerhalb der relevanten Kontexte vorgestellt werden. Exponate sind entwickelt worden, die den Besuchern der Ausstellung die Phänomene zugänglich machen. Der Aufbau von Erklärungswissen wird an jedem Exponat auf der Basis der elementaren Idee der Ausgleichsprozesse angeboten. Insgesamt wird so über die Ausstellung hinweg eine Wissenskonstruktion und Vernetzung im Sinne der obigen Abbildung angezielt.

#### *Empirisch: Validierung und Evaluation der ausgeführten Elementarisierungsprozesse*

Derzeit findet eine empirische Studie statt, in der die Denk-, Interaktions- und Lernprozesse von Besuchern in der Auseinandersetzung mit den Exponaten untersucht werden. Dazu wurde zu den fünf angesprochenen Phänomenen eine prototypische Ausstellung realisiert, bei der die Besucher zunächst den Kontakt zu den Phänomenen herstellen können, sie diese manipulieren können, bevor die Bedeutung der Phänomene in den relevanten Kontextbereichen thematisiert wird (Dissertationsprojekt Roskam).

**Literatur**

- Batchelor, G. K. (1967). *An Introduction to Fluid Dynamics*. Cambridge: University Press
- Bleichroth, W. (1999). Zur Elementarisierung der Inhalte. In W. Bleichroth, H. Dahncke, W. Jung, W. Kuhn, G. Merzyn & K. Weltner (Hrsg.), *Fachdidaktik Physik* (S. 109-130). Köln: Aulis Verlag Deubner.
- Bliesmer, K. (2016). *Fachdidaktische Analyse der Bildungsangebote deutscher Meeresforschungsinstitute*. Oldenburg: Universität Oldenburg.
- Davidson-Arnott, R. (2010). *Introduction to Coastal Processes and Geomorphology*. Cambridge: University Press.
- 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*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Grotzinger, J. & Jordan, T. (2017). *Press/Siever Allgemeine Geologie*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Kircher, E. (2015). Elementarisierung und didaktische Rekonstruktion. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik. Theorie und Praxis* (S. 107-140). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Nicolis, G. & Prigogine, I. (1977). *Self-Organization in Nonequilibrium Systems: From Dissipative Structures to Order through Fluctuations*. New York: Wiley.
- Roskam, A. (2016). *Fachdidaktische Analyse außerschulischer Repräsentationen der (geo-)physikalischen Dynamik im Wattenmeer und an der Küste*. Oldenburg: Universität Oldenburg.
- Schlichting, H. J. (1993). Energie, Entropie, Synergie – Ein Zugang zur nichtlinearen Physik. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 46, 138-148.
- Schlichting, H. J. (2000). Von der Dissipation zur Dissipativen Struktur. *Praxis der Naturwissenschaften/Physik*, 49, 12-16.
- Spurk, J. & Aksel, N. (2010). *Strömungslehre. Einführung in die Theorie der Strömungen*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Weltner, K. (1982). Elementarisierung physikalischer und technischer Sachverhalte als eine Aufgabe der Didaktik des Physikunterrichts. In H. Fischler (Hrsg.), *Lehren und Lernen im Physikunterricht* (S. 192-219). Köln: Aulis.