

### **Physikalische Dynamik an der Küste didaktisch rekonstruieren**

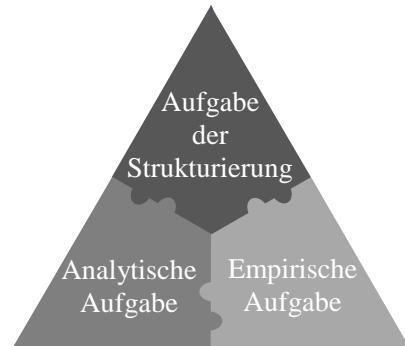
Beim Weltnaturerbe Wattenmeer handelt es sich um eine Küstenregion, die eine sehr hohe touristische Anziehungskraft ausstrahlt und gleichzeitig mit umfangreichen Bildungsprogrammen aufwartet. Damit verfügt die Region über ein beachtliches Bildungspotenzial, das es aus physikdidaktischer Sicht umfassend auszuschöpfen gilt. In diesem Sinne wird im vorliegenden Projekt eine Didaktische Rekonstruktion (Duit et al., 2012) des Themengebiets *Physikalische Dynamik an der Küste* durchgeführt. Ziel ist die Entwicklung von Leitlinien, die den Bildungseinrichtungen (insbesondere den Nationalparkhäusern) am Wattenmeer dabei helfen, die physikalische Dynamik an der Küste mit ihren Besuchenden zu thematisieren. Das Dissertationsprojekt wird durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt DBU finanziert und ist im Promotionsprogramm GINT (<https://uol.de/gint/>) angesiedelt.

#### **Vorstudien**

Um mehr über Bildungsangebote im Kontext Wattenmeer in Erfahrung zu bringen, wurden teilstandardisierte, leitfadengestützte Experteninterviews (Bogner, Littich & Menz, 2005) mit den Leitenden von Bildungseinrichtungen an der Küste geführt (Bliesmer, 2016; Roskam, 2016). Es wurde deutlich, dass es sich bei den Bildungsangeboten meist um Ausstellungen handelt und um Wattwanderungen, die von den dortigen Mitarbeitenden durchgeführt werden. In beiden Fällen wird auf Biologie im Watt fokussiert. Physikalische Phänomene, Erklärungen und Modelle kommen nur selten vor. Ferner zeigen die Interviews, dass fachdidaktische Unterstützung bei der Konzeption neuer Bildungsformate nur im Ausnahmefall erfolgt. In der Regel werden die Formate von den Leitenden selbst erstellt; in Bezug auf die Ausstellungen zusätzlich in Zusammenarbeit mit Ausstellungsgesellschaften und Werkstätten.

#### **Theoretisches Rahmenmodell**

Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion fungiert als theoretischer Rahmen des vorliegenden Dissertationsprojekts. Im Folgenden ist es als Aufgabenfeld gedacht dargestellt. Die *analytische Aufgabe* meint eine Elementarisierung (Bleichroth, 1991) der fachlichen Sachstruktur des Themengebiets mit dem Ziel, zunächst die physikalischen Grundideen und Grundprinzipien herauszupräparieren, die das Themengebiet im Kern kennzeichnen. Die *empirische Aufgabe* fokussiert auf die Lernenden: Es ist aufzuklären, welche Sicht sie in Lehr-Lern-Situationen auf die physikalische Dynamik an der Küste einbringen und welche fachbezogenen Konzepte sie nutzen. Im Zuge der *Aufgabe der Strukturierung* werden die analytischen und die empirischen Ergebnisse aufeinander bezogen. Dazu wird geprüft, inwieweit fachliche Sicht und Lernendensicht übereinstimmen oder voneinander abweichen. Auf der Grundlage dieses wechselseitigen Vergleichs werden Leitlinien für didaktische Strukturierungen geschaffen, die den Anspruch haben, Brücken zwischen der fachlichen Sicht und der Lernendensicht herzustellen.



*Abb. 1 Didaktische Rekonstruktion (Duit et al., 2012) als Aufgabenfeld gedacht*

### **Analytische Aufgabe**

Mittels Dokumentenanalyse von Fachliteratur aus der Geografie (z. B. Grotzinger & Jordan, 2017) und Geophysik (z. B. Clauser, 2016) wurde herausgearbeitet, dass es sich beim phänomenologischen Ausdruck der Dynamik an der Küste im Wesentlichen um Strömungs- und Strukturbildungsphänomene handelt. Daraufhin wurde Fachliteratur aus den Bereichen Strömungsmechanik (z. B. Wilde, 1978), Thermodynamik (z. B. Blundell & Blundell, 2010), Nichtgleichgewichtsthermodynamik (z. B. Demirel, 2014) sowie der Theorie komplexer Systeme (z. B. Bar-Yam, 1997; Schurz, 2006) vertieft analysiert und eine um Strömungen und Strukturbildungen arrangierte Sachstruktur dargestellt, die sich durch folgende physikalischen Grundideen auszeichnet:

*(I) Spezifische Energiequellen und äußere Kräfte treiben die Dynamik an der Küste an*  
 Die Sonneneinstrahlung auf die Erde sowie äußere Kräfte (z. B. die Gravitation des Mondes) treiben die Dynamik an den Küsten vornehmlich an. Sie wirken allerdings nicht gleichmäßig auf die Erde ein, sodass u. a. in den Fluiden Luft und Wasser Temperaturunterschiede, Konzentrationsunterschiede und Impulsdichteunterschiede, fachlich jeweils als Gradienten zu verstehen, resultieren.

*(II) Gradienten führen zu einer makroskopischen Dynamik von Wasser, Luft und Sand*  
 Treten Gradienten in den Fluiden Luft und Wasser auf, dann ist der immerwährenden und ungerichteten mikroskopischen Teilchenbewegung eine gerichtete Bewegung überlagert. Diese ist auf Makroebene als freie bzw. erzwungene Strömung in Wasser oder Luft zu beobachten. Durch Wechselwirkung überträgt sich diese Dynamik auch auf granulare Materie, die in die Fluide eingebettet ist und mit den Fluiden wechselwirkt.

*(III) Dynamik ist durch Ausgleich und Selbstorganisation charakterisiert*  
 Durch die einsetzenden Strömungen werden die sie erzeugenden Gradienten verringert, sodass sich Strömungen als Ausgleichsprozesse interpretieren lassen. Die durch Strömungen hervorgerufene komplexe Dynamik der granularen Materie an der Küste führt u. a. auf positive und negative Rückkopplungsprozesse. Das Zusammenspiel beider Rückkopplungstypen lässt sich als Selbstorganisation deuten, durch die eine Strukturbildung in granularer Materie auftritt oder auftreten kann.

*(IV) Ausgleich und Selbstorganisation erfolgen komplementär*  
 Ausgleich geht mit einer Entropieerhöhung einher, Selbstorganisation mit einer Entropieverringerung. Ausgleich und Selbstorganisation sind jedoch kein Widerspruch, sondern bedingen einander: Für die Strukturbildung durch Selbstorganisation (Entropieverringerung) bedarf es an einem anderen Ort, außerhalb oder innerhalb des betrachteten Systems, einer mindestens kompensierenden Entropieerhöhung (z. B. durch Ausgleichsprozesse).

### **Empirische Aufgabe**

Mit interessierten Laien aus drei Altersgruppen (Jugendliche, Erwachsene und Senioren) wurden 22 leitfadengestützte, teilstandardisierte Interviews (Witzel, 1985) geführt, um deren Begriffsbildungen (Eckes, 1991; Edelmann & Wittmann, 2012) und Erklärungskonzepte (White & Gunstone, 1992) zur physikalischen Dynamik an der Küste zu erheben. Die Interviewdaten wurden mit einer qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2012) ausgewertet. Folgende Forschungsfragen galt es zu beantworten:

- Welche Begriffsbildungen werden von den Befragten hinsichtlich Strömungen und Strukturbildungen vorgenommen? Welche Begriffe nutzen sie?
- Welche fachorientierten Konzepte nutzen sie, um Strömungen und Strukturbildungen zu entschlüsseln und zu erklären?

### *Begriffsbildungen hinsichtlich Strömungen und Strukturbildungen*

Strömungen sind aus Befragtensicht durch ein Mindestmaß an Intensität charakterisiert, das ihren Alltagserfahrungen mit Strömungen am Strand entspricht. Darüber hinaus sehen sie Strömungen als kollektive, gerichtete Bewegungsform an, bei der sich Einzelteile/Partikel gemeinsam bewegen. Zentral ist den Befragten hierbei, dass die Ausdehnung der Einzelteile klein gegenüber der Gesamtbewegung ist ((quasi-)kontinuierliche Materieverteilung).

Strukturbildungen werden im Interview gleichzeitig als unregelmäßig und als regelmäßig bezeichnet: Mit dem Merkmal Unregelmäßigkeit verdeutlichen die Befragten eine Abgrenzung der Strukturen von einer homogenen Umgebung. Das Merkmal Regelmäßigkeit beziehen sie auf die Periodizität von räumlichen und zeitlichen Abfolgen, durch die Strukturen charakterisiert sein sollen. Darüber hinaus gelten den Befragten Strukturbildungen als einmalig, da diese lediglich in ähnlicher, nicht aber in exakter Weise erneut auftreten.

### *Konzepte zur Entschlüsselung von Strömungen und Strukturbildungen*

Die Interviewten beziehen sich bei ihren Erklärungen vornehmlich auf erzwungene Strömungen; sie erläutern dabei, dass solche Strömungen durch Gezeiten, Erdrotation oder durch Wind (Kreisschluss) entstehen. Darüber hinaus erklären sie Strömungen selten aus der Bewegungslosigkeit heraus, sondern sind der Ansicht, dass sich Strömungsbewegung von Materie nur dadurch erklären lasse, dass sich die Bewegung anderer Materie auf Wasser oder Luft überträgt (Übertragungsvorstellung).

Die Vorstellungen, wie Strukturbildungen entstehen, korrespondieren mit den Begriffsbildungen der Befragten. So erläutern jene, die unter Strukturen eine sich von der homogenen Umgebung abgrenzende Unregelmäßigkeit verstehen, Strukturen entstünden durch Unregelmäßigkeiten in Umweltbedingungen (Temperatur, Sandgeschwindigkeit etc.). Die Periodizität in Strukturen erklären die Befragten mit einer Art Abdruckvorstellung: So gehen sie von bereits vorstrukturierter Materie aus (z. B. eine Wasserwelle), die ihre Struktur auf unstrukturierte Materie (z. B. Sand) überträgt, sodass sich eine Struktur (z. B. Rippel) bildet.

### **Aufgabe der Strukturierung**

Hierbei werden die aus den Interviews rekonstruierten Begriffsbildungen und die von den Lernenden genutzten Konzepte systematisch mit der analysierten fachlichen Sachstruktur verglichen. Auf Basis dieses Vergleichs werden Vorschläge erarbeitet, wie sich die fachbezogenen Vorstellungen der Lernenden auf die herauspräparierten physikalischen Grundideen zur Küstendynamik hin entwickeln lassen. Unter Berücksichtigung dieser Vorschläge werden dann Leitlinien für didaktische Strukturierungen für die Verantwortlichen in den Bildungseinrichtungen im Wattenmeer formuliert. Die Leitlinien sollen sie dabei unterstützen, ihre Bildungsangebote über die physikalische Dynamik an der Küste fachdidaktisch zu fundieren.

### **Ausblick**

Da die Leitenden der Bildungseinrichtungen meist nicht fachdidaktisch sozialisiert sind, müssen die didaktischen Leitlinien ihnen auch verdeutlichen, wie man zu den analytischen und empirischen Ergebnissen und dem Abgleich zwischen beidem gekommen ist. Zu diesem Zweck sind fachdidaktische Lerninterviews mit den Leitenden geplant, in denen die Leitlinien für die Ausstellungsgestaltung erklärt und diskutiert werden. Auf Grundlage der Interviewergebnisse werden die Leitlinien dann angepasst, um deren Akzeptanz zu erhöhen. Mittelfristiges Ziel ist eine adressatengerechte Broschüre, die eine *fachdidaktische Wissenschaftskommunikation* erreichen soll: In der Sprache der Leitenden der Bildungseinrichtungen wird dort der Prozess der Didaktischen Rekonstruktion bis hin zu konkreten Leitlinien und Vorschlägen für die Gestaltung von Exponaten und Lernstationen in Ausstellungen dargestellt.

### Literatur

- Bar-Yam, Y. (1997). *Dynamics of Complex Systems*. Boulder: Westview 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.
- Bogner, A., Littich, B. & Menz, W. (2005). *Das Experteninterview. Theorie, Methode, Anwendung*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Blundell, S. J. & Blundell, K. M. (2010). *Concepts in Thermal Physics*. Oxford: University Press.
- Clauser, C. (2016). *Einführung in die Geophysik. Globale physikalische Felder und Prozesse in der Erde*. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Demirel, Y. (2014). *Nonequilibrium thermodynamics. Transport and rate processes in physical, chemical and biological systems*. Amsterdam, Oxford, Cambridge: Elsevier.
- 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.
- Eckes, T. (1991). *Psychologie der Begriffe*. Göttingen: Hogrefe.
- Edelmann, W. & Wittmann, S. (2012). *Lernpsychologie*. Weinheim: Beltz.
- Grotzinger, J. & Jordan, T. (2017). *Press/Siever Allgemeine Geologie*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Kuckartz, U. (2012). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. Weinheim: Beltz.
- Roskam, A. (2016). *Fachdidaktische Analyse außerschulischer Repräsentationen der (geo-)physikalischen Dynamik im Wattenmeer und an der Küste*. Masterarbeit: Universität Oldenburg.
- Schurz, J. (2006). *Systemdenken in der Naturwissenschaft. Von der Thermodynamik zur Allgemeinen Systemtheorie*. Heidelberg: Carl-Auer-Verlag.
- White, R. & Gunstone, R. (1992). *Probing Understanding*. London: Routledge.
- 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.