

## **Physik des Segelns für eine Surfschule didaktisch rekonstruieren**

Windsurfschulen an der norddeutschen Küste vermitteln ihren Besucher:innen in Theorie und Praxis verschiedene Segeltechniken – sie fungieren somit als außerschulische Lernorte. Die Physik des Segelns spielt dabei im Theorieteil der Ausbildung am Surfbrett eine bedeutende Rolle für die Begründung der praktischen Segeltechniken. Der Theorieteil der Ausbildung ist dem free-choice learning (Falk & Dierking, 2002) zuzuordnen, weil die Fähigkeiten auf dem Surfbrett nicht zwingend von der Kenntnis segelphysikalischer Inhalte abhängig sind und sich die Besucher:innen daher freiwillig den physikalischen Inhalten widmen können. Gleichwohl handelt es sich beim Windsurfen um eine beliebte Sportart, durch die Bezüge zu physikalischen Inhalten hergestellt werden können. Daraus resultiert mit Blick auf Physik ein Lehr-Lern-Potenzial, das es fachdidaktisch auszuschöpfen gilt. Deshalb ist eine Zusammenarbeit zwischen Fachdidaktik und Windsurfschule initiiert worden, in deren Rahmen die Physik des Segelns für eine Windsurfschule didaktisch rekonstruiert (Duit et al., 2012) wurde.

### **Hintergrund**

Das außerschulische Lernen beruht auf dem Ansatz des free-choice learning (Falk & Dierking, 2002), wenn von erzwungenen Besuchen außerschulischer Lernorte durch Schulklassen abgesehen wird. Die Freiwilligkeit, auf dem der Ansatz des free-choice learning beruht, ist allerdings auch insofern eine Herausforderung, als sich Lernende jederzeit abwenden und anderen Aktivitäten nachgehen können. Deshalb braucht es für das außerschulische Physiklernen authentische und attraktive Freizeitkontexte, um eine freiwillige Auseinandersetzung mit physikalischen Inhalten zu realisieren. Einen solchen Kontext stellt das Windsurfen als beliebte Freizeitaktivität dar. Dabei bietet sich durch das Windsurfen die Möglichkeit, physikalische Gesetzmäßigkeiten und Phänomene beim Segeln im Wechselspiel mit Eigenerfahrungen auf dem Wasser zu thematisieren. Somit bietet die Erarbeitung physikalischer Inhalte Windsurf- und Segelinteressierten vertiefte Einblicke in ihre Sportart. Eine Zusammenarbeit zwischen einer Windsurfschule und der Physikdidaktik an der Universität Oldenburg wurde etabliert, um das Lehr-Lern-Potenzial des Windsurfens für das außerschulische free-choice learning von Physik zu heben.

### **Ziele sowie korrespondierende Forschungs- und Entwicklungsaufgaben**

Ziel des Projekts ist die fachdidaktisch fundierte Weiterentwicklung bzw. Neuentwicklung von Lernmaterialien für die ausgewählte Windsurfschule, mit der eine Zusammenarbeit besteht. Hierbei ist es wichtig, die dortigen Lehrenden im Sinne einer symbiotischen Implementationsstrategie (Gräsel & Parchmann, 2004) in die Entwicklung einzubeziehen. Denn so lassen sich einerseits deren wertvolle Erfahrungen zunutze machen und andererseits kann erwartet werden, dass Materialien, die aus einer Zusammenarbeit resultieren, über eine höhere Akzeptanz verfügen, sodass die Wahrscheinlichkeit steigt, dass sie schließlich auch eingesetzt werden. Als theoretisches Rahmenmodell, das die einzelnen Schritte und zu leistenden Aufgaben strukturiert, die nötig sind, um das Projektziel zu erreichen, wird die Didaktische Rekonstruktion (Duit et al., 2012) eingesetzt, die drei Arbeitsbereiche umfasst (s. Abb. 1). Diese drei Arbeitsbereiche strukturieren den vorliegenden Beitrag. Nacheinander werden die dortigen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten exemplarisch und zusammenfassend dargestellt.



Abb. 1. F&E-Aufgaben im Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Duit et al. 2012)

### Fachliche Klärung

Zur fachlichen Klärung wurde im ersten Teil das Konzept der Elementarisierung (Bleichroth, 1991) eingesetzt. Elementarisierung meint das Herausarbeiten von physikalischen Grundprinzipien (Elementaria), die für die Entschlüsselung des fachlich zu klärenden Inhaltsbereichs unabdingbar sind. Mit Blick auf den Kontext des Windsurfens wurde zur Elementarisierung Literatur zum Segeln (Püschl, 2012), zur Entstehung von Wind (Malberg, 2007; Etling, 2002), zum aerodynamischen und hydrodynamischen Auftrieb (Wodzinski, 2000; Scheer, 2010) sowie zur Strömungslehre (Bschorer, 2018) herangezogen. Darüber hinaus wurden im zweiten Teil der fachlichen Klärungen Windsurfler:innen als langjährige, sporttreibende Praktiker:innen in Experteninterviews (Bogner, Littich & Menz, 2005) nach ihren Vorstellungen von physikalischen Konzepten im Kontext des Segelns und zu wünschenswerten Inhalten in einem zu entwickelnden Lernmaterial befragt. Es wurden hier auch Fragen gestellt, die sich auf ihren Unterricht beziehen, um somit ihre diesbezügliche Expertise zu erkunden. Die Auswertung der Experteninterviews erfolgte durch eine qualitative Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2018).

#### Teil 1: Herausschälen von Elementaria aus der Fachliteratur

Ein zentrales Konzept beim Segeln ist der sog. scheinbare Wind. Dieser resultiert aus der vektoriellen Addition von atmosphärischem Wind und Fahrtwind. Dieser scheinbare Wind umströmt das Segelprofil, wodurch die Segelkraft erzeugt wird. Sie besitzt eine Auftriebs- und eine Widerstandskomponente. Der aerodynamische Auftrieb wird durch das spitzwinkelige Anströmen des tragflächenförmigen Segelprofils generiert. Je frontaler der scheinbare Wind auf das Segel fällt, desto größer wird der Anteil der Widerstandskomponente. Ein weiteres wichtiges Konzept ist die Tatsache, dass die Summe aller Kräfte eines gleichförmig bewegten Objektes gleich Null ist, denn darüber wird die Einführung der sog. Wasserkraft als Gegenkraft zur Segelkraft motiviert: Was zuvor für Luft und Segel beschrieben wurde, gilt nämlich analog auch für Wasser und Unterwassertragfläche; das Schwert und das Unterwasserschiff (Unterwassertragfläche; kurz: UWTF) bilden ebenfalls eine Tragfläche, durch die die Wasserkraft generiert wird. Hier greift die Idee der Symmetrie des Segelns: Demnach stehen Segel- und Wasserkraft im Gleichgewicht zueinander. Je nach Achse kann ein Drehmoment deshalb als Steuermanöver oder Stabilitätsproblem gedeutet werden.

#### Teil 2: Experteninterviews

Die Windsurflerkräfte legen Wert darauf, dass die Lernenden sich dem Einfluss des Wassers auf das Board und der damit einhergehenden Änderung der eigenen Position bewusst sind. Das betreffe vor allem die Erkenntnis, dass die Abdrift, hervorgerufen durch Strömung und Wellen, sie permanent seitlich zum Kurs versetzt. Eine weitere wichtige Fähigkeit sei, dass Windsurfer:innen sich an Luv und Lee orientieren und sich souverän zwischen ihnen bewegen können. Die Windrichtung sei in der Segelfahrt die wichtigste Orientierungsgröße. Sie lege

fest, wie man Segeln muss, um das Ziel zu erreichen bzw. in die jeweilige Himmelsrichtung zu fahren. Es zeigt sich im Interview, dass die Lehrkräfte viel Wert auf prozedurales Wissen legen, wohingegen es sich bei den Elementaria um deklaratives Wissen handelt. Das zeigt, wie wichtig es ist, beiderlei im Rahmen der didaktischen Strukturierung zu verknüpfen.

### **Sicht der Lernenden erfassen**

Mit problemzentrierten Interviews (Witzel, 1985) wurden Lernende nach ihren Erklärungskonzepten (Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982) zur Physik des Windsurfens befragt: Dabei wurden die Fragen so konzipiert, dass die Denk- und Erfahrungswelt der Befragten hinsichtlich der Wechselwirkungen Luft-Segel, Segel-Mensch, Mensch-UWTF und UWTF-Wasser erkundet werden konnte. Die Auswertung der Daten erfolgte durch eine zusammenfassende qualitative Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018).

Drei zentrale Vorstellungen konnten bei den Lernenden identifiziert werden, die sich auf die Ursache für die Vortrieberzeugung beziehen. Bei der Windsackvorstellung (1) werden dem Segel Eigenschaften eines Behältnisses (wie Fassungsvermögen) zugeschrieben; das Segel bewege sich, weil Luft vom Segel gefasst werde, sodass die Luft ihre natürliche Eigenschaft der Bewegung an das Segel übertrage. Einige Lernende ziehen aus anderen Kontexten eine Tragflügelvorstellung (2) heran, verwechseln jedoch Ursache und Wirkung: Der Wind ströme an den beiden Profilseiten unterschiedlich schnell, woraus eine Druckdifferenz und letztlich der Antrieb entstehe. Eine weitere Vorstellung drückt sich als Schubvorstellung (3) aus: Windkräfte drücken auf das Segel und es entstehen "Druckpunkte", die den Surfer antreiben.

### **Didaktische Strukturierung**

Aktuell wird der Bereich der didaktischen Strukturierung bearbeitet. Hier werden die analysierten fachlichen Inhalte und die empirisch erhobenen Vorstellungen der Lernenden miteinander verglichen. Auf Basis dieses Vergleichs werden Leitlinien für didaktische Strukturierungen formuliert. Das sind Vorschläge, wie sich die fachlichen Inhalte ausgehend von den Laienvorstellungen erarbeiten lassen, indem an die Vorstellungen angeknüpft, sie umgedeutet oder sie durch einen kognitiven Konflikt konfrontiert werden (Duit, 2007). Die aktuellen Ideen für Leitlinien werden nachfolgend vorgestellt.

*Leitlinie I:* Das Windfeld muss als bildliche Darstellung samt vektorieller Eigenschaften eingeführt werden, sodass der Unterschied zwischen Fahrtwind und atmosphärischem Wind verdeutlicht sowie der Einfluss des Windes auf den Windsurfer in Bezug auf seine Lage/ Position veranschaulicht wird. Somit wird einerseits dem strömungsmechanischen Charakter des scheinbaren Windes (Elementarium) als auch seiner Rolle als Orientierungsgröße Rechnung getragen (Anmerkung in den Experteninterviews).

*Leitlinie II:* Die Windsackvorstellung legt einen diskontinuierlichen Lernweg nahe, der durch einen kognitiven Konflikt angebahnt wird, indem das Kreuzen gegen den Wind praktisch erfahren und theoretisch anhand strömungsmechanischer Betrachtungen erläutert wird.

*Leitlinie III:* An die Schubvorstellung lässt sich gut anknüpfen, indem das Widerstandssegeln am Vorwindkurs erfahren wird. Es sollten verschiedene Segelgrößen verwendet werden, damit sich die Beziehung zwischen Widerstandskraft und Angriffsfläche herausarbeiten lässt.

*Leitlinie IV:* Ein kontinuierlicher Lernweg lässt sich auch bei der Tragflügelvorstellung realisieren, indem der Auftriebsaspekt des Segelns am Kreuzen gegen den Wind praktisch erfahren wird. Hier muss jedoch insofern eine Umdeutung angebahnt werden, als die Druckunterschiede am Profil häufig über unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeiten begründet werden, da fälschlicherweise über Weglängenbetrachtungen am Profil argumentiert wird (Weltner, 1997).

## Literatur

- Bleichroth, W. (1991). Elementarisierung, das Kernstück der Unterrichtsvorbereitung. *Naturwissenschaft im Unterricht. Physik*, 39, 4-11.
- Bogner, A., Littich, B. & Menz, W. (2005). *Das Experteninterview. Theorie, Methode, Anwendung*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Bschorer, S. (2018). *Technische Strömungslehre. Lehr- und Übungsbuch*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- 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.
- Etling, D. (2008). *Theoretische Meteorologie. Eine Einführung*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Falk, J. H. & Dierking, L. D. (2002). *Lessons without limit: How Free-Choice Learning is Transforming Education*. Lanham, MD: AltaMira Press.
- Gräsel, C. & Parchmann, I. (2004). Implementationsforschung – oder: der steinige Weg, Unterricht zu verändern. *Unterrichtswissenschaft*, 32(3), 196-214.
- Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. Weinheim, Basel: Beltz Juventa.
- Malberg, H. (2007). *Meteorologie und Klimatologie: Eine Einführung*. Springer-Verlag.
- 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
- Püschl, W. (2012). *Physik des Segelns. Wie Segeln wirklich funktioniert*. John Wiley & Sons.
- Scheer, E. (2010). Auftrieb durch Wasser und Wind. Physik des Segelns. *Physik in unserer Zeit*, 41(4), 184-190.
- Witzel, A. (1985). Das problemzentrierte Interview. In G. Jüttemann (Hrsg.), *Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 227-255). Weinheim: Beltz.
- Weltner, K. (1997). Flugphysik im Unterricht. *Physik in der Schule*, 35(1), 3-9.
- Wodzinski, R. (2000). Wie erklärt man das Fliegen in der Schule? Versuch einer Analyse verschiedener Erklärungsmuster, *Plus Lucis*, 2, 18-22.