

Dialog mit Phänomenen: Explorieren im Sachunterrichtsstudium

Johannes Grebe-Ellis und Marc Müller

1. Motivation: Ein didaktisches Format für Studierende des Grundschullehramts an der Bergischen Universität

Welchen Beitrag der Sachunterricht zur naturwissenschaftlichen Grundbildung von Kindern leisten kann, hängt u.a. davon ab, wie vertraut Lehrenden der naturwissenschaftliche Blick auf Themen der natürlich-technischen Alltagsumgebung ist und ob ihnen didaktische Instrumente zur Verfügung stehen, altersgemäße Anknüpfungen an solche Themen im Sachunterricht zu entwickeln. Beide Voraussetzungen bedürfen in der Ausbildung einer besonders sorgfältigen Berücksichtigung, wenn es um das Fach Physik geht. Im Rahmen einer fachdidaktischen Vertiefungsveranstaltung für Studierende des Grundschullehramts an der Universität Wuppertal haben wir in den vergangenen sechs Jahren ein didaktisches Format entwickelt, dessen Ziel darin besteht, Selbstvertrauen in der Begegnung mit physikalischen Phänomenen entstehen zu lassen. Dazu wird Studierenden die Möglichkeit gegeben, anhand selbständig erarbeiteter Forschungsminiaturen positive Erfahrungen in der methodisch strukturierten Erschließung physikalischer Phänomene der Natur und des Alltags zu sammeln. Im Folgenden wird das Format der Veranstaltung vorgestellt und anhand ausgewählter Beispiele von den Erfahrungen damit berichtet.

Sachunterrichtsstudierende erleben meist eine große Distanz zu den Naturwissenschaften, insbesondere zur Physik. Sie blicken zum Teil auf frustrierende Erfahrungen in der eigenen naturwissenschaftlichen Schulbildung zurück, halten sich in Fragen naturwissenschaftlichen Fachwissens oder naturwissenschaftlicher Erkenntnismethoden für wenig kompetent und meiden naturwissenschaftliche Fachliteratur (Landwehr 2002). Dies geht ferner mit einem Mangel an praktischen Erfahrungen und dem Vermeiden von Erfahrungsgelegenheiten einher. Gleichzeitig wird von den Studierenden perspektivisch erwartet, dass sie ihre eigenen Schüler/innen auf authentische Weise fachlich und methodisch kompetent an Natur- und Alltagsphänomene heranführen und beispielsweise in forschendem Lernen schulen (vgl. die Anforderungen im Bereich perspektivbezogener Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen des Perspektivrahmens Sachunterricht, GDSU 2013). Damit ist ein Problem gekennzeichnet, dem im Zusammenhang

mit der sachunterrichtsbezogenen Ausbildung mit naturwissenschaftlichem Schwerpunkt bisher kaum gezielt Rechnung getragen wird. Vielmehr muss davon ausgegangen werden, dass die naturwissenschaftlichen Fachveranstaltungen des Studiums bestehende Vorbehalte gegenüber den Naturwissenschaften bestätigen.

Da die Studierenden später selbst für Begegnungen von Kindern mit Natur- und Alltagsphänomenen verantwortlich sein werden, ist zu erwarten, dass sich die eigenen Vorbehalte auf die Kinder übertragen. Dabei mangelt es ihnen kaum an Wertschätzung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse. In aller Regel verfügen sie auch über Vorstellungen von naturwissenschaftlichen Erkenntnismethoden (Variablenkontrolle im Experiment, Hypothesenbildung), halten das methodische Erlangen naturwissenschaftlicher Einsichten jedoch nicht für etwas, das sie auch selbst tun könnten: Naturwissenschaftler, das sind die Anderen. Was ihnen zu fehlen scheint, ist ein methodisches Rüstzeug, das es ihnen gestattet, innerhalb der eigenen lebensweltlichen Erfahrung Anknüpfungspunkte für eine unbefangene und angstfreie Erschließung naturwissenschaftlicher Themen zu finden und solche Erschließungen selbstbewusst und strukturiert durchzuführen.

Ziel unseres Seminars „Natur- und Alltagsphänomene verstehen und vermitteln“, das Studierende zwischen dem 3. und 6. Semester absolvieren können, ist es, sie mit Elementen eines solchen Rüstzeugs auszustatten. Wir nehmen persönliche Begegnungen der Studierenden mit physikalischen Phänomenen in Natur und Alltag als Ausgangspunkt und üben mit ihnen Routinen zur methodisch strukturierten Erschließung und Aneignung „ihrer Phänomene“. Dazu dient das Format der „Mimetischen Miniatur“.

2. Explorierendes Forschen: Die „Mimetische Miniatur“

Naturwissenschaftliche Erkenntnisse werden typischerweise von dem Erkenntnisprozess, aus dem sie hervorgegangen sind, abgelöst dargestellt und publiziert. Auch das Lernen von und über Naturwissenschaften ist in diesem Sinne ergebnisorientiert. Dies täuscht indessen darüber hinweg, dass Forschungsprozesse stets in biografischen Kontexten angesiedelt sind und ihren Ausgang bei den Interessen und Fragen der Forschenden nehmen. So soll es auch den Studierenden ergehen: Sie werden zum Seminarbeginn anhand von Beispielen für ein Aufmerksamwerden auf einfache, zunächst vielleicht ganz unscheinbare Phänomene in ihrem Alltag sensibilisiert und ermutigt, solche Beobachtungen und kleine

Entdeckungen selbst zu wagen. Womit kommen sie dann? Mit dem Klang eines Weinglases, den Schlieren über einer Kerzenflamme, den wellenförmigen Ripplern am Strand, einem Regentropfen an einer Fensterscheibe, den Farben des Himmels, einem abwechselnd aufsteigenden und absinkenden Zitronenkern in einem Glas Mineralwasser, dem altbekannten Problem mit dem Duschvorhang oder dem Teebeutel, der sich zu drehen beginnt, wenn er an seinem Faden aus dem Tee gezogen wird.

2.1 Vom selbst beobachteten Phänomen zur eigenen Untersuchung

Solche und ähnliche Beobachtungen werden zum Anlass für eigene Fragen, es sind erste Begegnungen (Phase 1), denen ein Kennenlernen, ein schrittweises Annähern folgt. Die Studierenden begeben sich in Zweiertteams auf Erkundungswege, auf denen es nicht um schnelle Antworten oder ausgedachte Hypothesen, sondern um gut gestellte Fragen geht. Gute Fragen sind solche, die aus der Sache selbst heraus entwickelt sind und Wege der praktischen Untersuchung eröffnen (Phase 2). Phänomene können zum Sprechen gebracht werden, aber man muss ihnen auch zuhören: Welche Bedingungen sind maßgeblich, worauf kommt es an? Die Aneignung eines Phänomens gelingt, indem man die Bedingungen, unter denen es entsteht, selbst herzustellen vermag – mit einfachsten Mitteln und zunächst spielerisch, in einem weiteren Schritt dann vielleicht mit Labormaterial im Setting systematischer Parametervariation. Wenn das gelingt, kommen Studierende von selbst ins Explorieren, worin hier ihre Hauptaufgabe besteht. Die Aneignung geht schließlich über in ein Verstehen (Phase 3), wenn die Studierenden auf der Grundlage ihrer eigenen Erfahrungen zu einer Einsicht darüber gelangt sind, worauf es bei „ihrem Phänomen“ ankommt und sie den erkannten Bedingungs-zusammenhang als Regel in der Form von Konditionalsätzen formulieren können. Damit ist die eigene Untersuchung abgeschlossen. Sie besteht aus drei ineinander übergehenden Phasen: 1. Begegnung, 2. Aneignung, 3. Verstehen. Weil es sich im Unterschied zur theoretischen Erklärung um die nachahmende Erschließung und Aneignung eines Phänomens handelt, bezeichnen wir das Untersuchungsformat in Anlehnung an Aristoteles' Aufwertung des platonischen Begriffs der Mimesis als Mimetische Forschungsminiatur (Aristoteles 1982, Platon 1962).

2.2 Von der eigenen Untersuchung zum institutionalisierten Wissen

Die Frage, wie sich das untersuchte Phänomen im Bild der etablierten physikalischen Erklärung darstellt, bietet in einer vierten Phase Gelegenheit, die Studierenden an physikalische Fachliteratur heranzuführen, die sie bis dahin überwiegend gemieden haben. Sie recherchieren eine lehrbuchübliche Darstellung zu ihrem Phänomen und unterwerfen beide Erklärungen – die eigene und die aus der physikalischen Literatur übernommene – in einer fünften Phase einem kritischen Vergleich. Typische Aspekte dieses Vergleichs sind Sprache (Alltagssprache vs. Fachsprache), Nachvollziehbarkeit (Phänomen vs. Modell) sowie Verknüpfbarkeit mit eigener Erfahrungsgrundlage.

2.3 Die fünf Phasen der Mimetischen Miniatur

Die im engeren Sinne aus drei Phasen bestehende Mimetische Miniatur wird also um zwei weitere Phasen ergänzt, sodass insgesamt die folgenden fünf Phasen durchlaufen werden:

1. *Begegnung*: Persönlicher Bericht über die Begegnung mit dem Phänomen („ich habe beobachtet/ mich schon immer gefragt, mir ist aufgefallen, ich habe erlebt...“), genaue Beschreibung, Kontextualisierung (wo spielt das, was wir hier beobachtet haben, sonst noch eine Rolle?) und dann das Entscheidende: Entwicklung von Fragen an das Phänomen.
2. *Aneignung*: Ausgehend von den Fragen folgt eine selbständige, praktische Erkundung und Reproduktion des Phänomens unter selbst hergestellten Bedingungen mit einfachen Mitteln.
3. *Verstehen*: Formulierung von Regeln für die gefundenen Bedingungsbeziehungen in der Form von Konditionalsätzen: je... desto..., wenn..., dann...
4. *Was sagt die Physik dazu?* Wiedergabe einer gängigen Lehrbucherklärung zum Phänomen (Sachanalyse).
5. *Didaktischer Kommentar*: Kritische Reflexion des Kontrasts zwischen den Phasen 3 und 4 unter Berücksichtigung fachdidaktischer Kriterien.

2.4 Einbettung der Forschungsminiaturen in den Seminarablauf

Die genannten fünf Phasen werden in Zweierteams über einen Zeitraum von etwa vier Wochen erarbeitet. Zu Beginn findet mit jedem Team ein einstündiges Beratungsgespräch statt, in dem das von den Studierenden mitgebrachte und an-

fänglich recherchierte Thema auf seine Eignung geprüft und gemeinsam ein Arbeitsplan skizziert wird. Für die Erarbeitung stehen den Studierenden Labors und Arbeitsräume zur Verfügung, ferner erhalten sie bedarfsabhängig Unterstützung durch die betreuenden Dozenten, eine Einführung in die Benutzung von Messgeräten, Werkzeugen etc.

3. Methodischer Hintergrund

Das Konzept der Mimetischen Miniatur lässt sich neben dem Bezug auf authentische (historische) Forschungswege auf Erfahrungen aus der phänomenologischen Naturwissenschaftsdidaktik beziehen. Dort wird zu Lernwegen geforscht, in denen sich ein explorierendes Vorgehen bewährt hat, das im Unterschied zum reduktionistisch-theoriegeleiteten Vorgehen einen stärkeren Einbezug des Lernenden/ Forschenden über eine explizit wahrnehmungs- und handlungsbezogene Beteiligung am Erkenntnisprozess gestattet (Østergaard, Dahlin & Hugo 2008; Theilmann, Buck, Murmann, Østergaard, Hugo, Aeschlimann & Rittersbacher 2013). Man denke hierbei auch an die genetischen Erkundungsgänge Wagenscheins (Wagenschein & Berg 2009). Dabei werden im Umgang mit Phänomenen Praktiken angeeignet, die durch systematische Variation der infrage kommenden Bedingungen auch zu geometrisch und mathematisch formulierbaren Gesetzmäßigkeiten führen (Grebe-Ellis 2005, Müller 2017). Dieses Vorgehen spiegelt nicht nur die wissenschaftliche Praxis des explorativen Experimentierens (Steinle 2005) wider, sondern lässt sich auch auf das intuitive, schrittweise Erkunden interessierender, aber noch unverstandener Natur- und Alltagsphänomene von Kindern im Grundschulalter beziehen (Murmann 2008).

4. Eine exemplarische Forschungsminiatur: „Warum sind Muscheln so berauschend?“

Im folgenden Beispiel legen wir den Fokus auf die ersten drei Phasen (Begegnung, Aneignung, Verstehen), weil dieser Dreischritt den explorierenden Erkenntnisprozess im engeren Sinne darstellt. Dabei möge bedacht werden, dass das Beispiel nur bedingt repräsentativ sein kann. Jede Mimetische Miniatur verläuft anders. Das vorliegende Beispiel haben wir gewählt, weil es Merkmale gelingender Zwiesprache mit dem Phänomen, den spezifischen Charakter des explorierenden Vorgehens als ein sich verdichtendes Wechselspiel wahrnehmungsbezogener und reflexiver Phasen sichtbar werden lässt.

4.1 „Warum sind Muscheln so berauschend?“

4.1.1 *Begegnung*

Die Miniatur entfaltet einen Untersuchungsgang zu den akustischen Eigenschaften von Schneckenhäusern als Rauschfilter. Am Anfang steht ein persönlicher Bericht über eine Reise an die bulgarische Küste, Spaziergänge an einem Strand voller Muscheln und Schneckenhäuser, die Freude an der Schönheit und Vielfalt der Formen, eine Tasche mit den 80 schönsten Exemplaren, die mit nach Hause müssen (vgl. Abb. 1). Im Gespräch mit Bekannten erhebt sich die Frage: Ist es wirklich das Meer, was man in der Muschel rauschen hört? Oder ist es das Strömen des Blutes im eigenen Ohr? Welche Rolle spielen die Geräusche der Umgebung, in der man sein Ohr an die Öffnung des Schneckenhauses legt? Erste Vergleiche zeigen: kleine Schneckenhäuser rauschen heller als größere, größere rauschen irgendwie klarer als kleinere. Ob das weiterführt, bleibt zunächst unklar, gleichzeitig wird an der Schilderung spürbar, dass die Schneckenhäuser ihren ursprünglichen Zauber nicht verloren haben, im Gegenteil: je deutlicher wird, welche Frage sich gegenüber ihren akustischen Eigenschaften stellt, desto spannender wird es, welche Antwort sie geben werden.

Bis hierher führt die Phase der Begegnung. Die Studierenden haben sich mit ihrem Phänomen anfänglich vertraut gemacht. Produktiv war diese Phase, weil sie zu einem Problem geführt hat, das durch eine Reihe konkreter Fragen an das Phänomen formulierbar wurde. Im Kern geht es darum zu verstehen, was man hört, wenn man das Ohr an ein Schneckenhaus legt und wie das Gehörte von der Größe und Form des Schneckenhauses und den Umgebungsgeräuschen abhängt. Aus der Physikvorlesung kennen die Studierenden die Flaschentonleiter und verschiedene Ausführungen von Orgelpfeifen, d.h. sie sind mit den Bedingungen der Ton- und Obertonentstehung durch schwingende Luftsäulen in einseitig und beidseitig offenen Rohren verschiedener Länge vertraut. Vor diesem Hintergrund liegt es für sie nahe anzunehmen, dass auch Schneckenhäuser im Prinzip resonanzfähige Hohlkörper darstellen, deren Eigenfrequenzspektrum von ihrer Form und Größe abhängt. Fraglich ist hier insbesondere, welche Rolle es für das Resonanzverhalten des Schneckenhauses spielt, dass es sich um einen gekrümmten Gang mit nach innen abnehmendem Querschnitt handelt. Die Antworten zu diesen und weiteren Fragen sollen sich aus den Ergebnissen der Aneignungsphase ergeben, die sich nun anschließt.



Abb. 1: Vier Schneckenhäuser vom bulgarischen Strand mit Gehäuselängen von 2,5 bis 8,5 cm.

4.1.2 Aneignung

Die nun einsetzende Untersuchung konzentriert sich einerseits auf die Vermessung und akustische Analyse vier ausgesuchter, verschieden groß und sehr gut erhaltener Schneckenhauseremplare. Parallel dazu werden Experimente an vereinfachten Modellen durchgeführt, mit denen die Studierenden die infrage kommenden Eigenschaften der Schneckenhäuser zu modellieren versuchen. Sie schneiden dazu PVC-Rohre unterschiedlicher Durchmesser auf verschiedene Längen und greifen ferner auf die Flaschentonleiter zurück. Ihre Hoffnung ist, ihre diesbezüglichen Kenntnisse auf eine Art „Flaschenrauschleiter“ übertragen und im nächsten Schritt auf das Rauschen der Schneckenhäuser anwenden zu können.

Dass die Schneckenhäuser akustische Resonatoren darstellen, die nach Maßgabe ihrer Form und Größe bestimmte Bereiche aus dem Gesamtspektrum des gegebenen Umgebungsrauschens verstärken und damit wie eine Art akustischer Rauschfilter funktionieren, ergibt sich als Zwischenergebnis auf dem Weg der folgenden Beobachtungen und Untersuchungsschritte: Zunächst werden mithilfe eines in die Schneckenhäuser eingeführten Mikrophons Rauschportraits der Schneckenhäuser erstellt. Damit kann ausgeschlossen werden, dass es sich bei dem Rauschen um einen verstärkten Widerhall der Blutzirkulation im Innenohr handelt. Die Rauschportraits, aufgezeichnet mit kostenlosen Apps auf den Smartphones der Studierenden und dargestellt als Frequenzspektrum über der Zeit, zeigen das charakteristische Aussehen von Obertonspektren, wie sie den Studierenden aus der akustischen Vermessung der Flaschen einer Flaschentonleiter, der menschlichen Stimme oder von Stimmgabeln bekannt sind. Bezogen auf die Rauschportraits der Schneckenhäuser ergibt sich damit die Frage, ob die

charakteristische Lage der Grund- und Obertonfrequenzen die Formulierung einer Eigenfrequenzbedingung und damit eine Identifikation als einseitig oder beidseitig geöffnetes Rohr gestattet.

Vordringlicher ist für die Studierenden indessen noch die Frage, wodurch das Rauschen des Schneckenhauses überhaupt angeregt wird: In welcher Beziehung steht das Rauschportrait des Schneckenhauses zu den jeweiligen Umgebungsgeräuschen? Um dies zu erkunden, suchen die Studierenden mit ihren Schneckenhäusern verschiedene akustische Umgebungen auf: Wald, Autobahn, Unwetter etc. Vor dem Einsatz der mitgebrachten Messgeräte erscheint es reizvoll, den Zusammenhang zwischen dem jeweiligen Umgebungsrauschen und dem Rauschen der Schneckenhäuser noch einmal genauer mit dem eigenen Gehör zu untersuchen. Die Studierenden stellen fest, dass sie mit dem ans Schneckenhaus angelegten Ohr die gleichen Geräusche hören wie mit dem anderen Ohr. Allerdings hören sie im Schneckenhaus bestimmte Tonlagen lauter und andere leiser. Das Schneckenhaus gibt folglich eine Art Widerhall des Umgebungsrauschens, indem es aber bestimmte Tonhöhenbereiche verstärkt, andere dämpft. Welche das sind, zeigt die Frequenzverteilung des Rauschportraits und hängt offenbar von der Größe des Schneckenhauses ab: je größer es ist, desto tiefere Töne werden verstärkt.

Einmal für diese akustischen Feinheiten sensibilisiert stellen die Studierenden fest: Das funktioniert auch mit einfachen Wassergläsern, Vasen, Rohren aller Art. Jeder dieser Gegenstände stellt für die ihn erfüllende Luft einen Resonator dar, dessen Resonanzen (Grundton, Obertöne) von seiner Geometrie abhängen und vom Umgebungsrauschen angeregt werden können.

Im nächsten Schritt folgt die elektronische Aufzeichnung und Visualisierung des Rauschens mithilfe des Smartphones. Durch die Ergebnisse, die sie hier erhalten, erlangen die Studierenden einerseits Sicherheit im Umgang mit der Auswertungssoftware und im Lesen der Visualisierungen ihrer Messdaten, andererseits erkennen sie nun den vorher gehörten funktionalen Zusammenhang zwischen dem Rauschen der Umgebung und dessen modifiziertem Widerhall in den Schneckenhäusern auch anhand der Unterschiede und Übereinstimmungen in den zugehörigen Frequenzspektren.

Die Ausgangsfrage erscheint jetzt in einer allgemeinen Hinsicht beantwortet: Das Rauschen in Muscheln oder Schneckenhäusern rührt von den Umgebungsgeräuschen her, die in den Hohlräumen widerhallen.

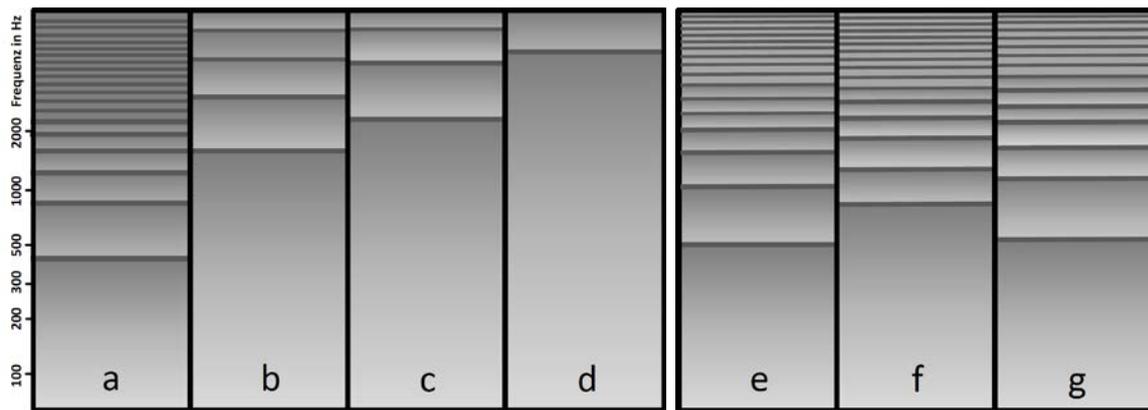


Abb. 2: Frequenzspektren von vier Schneckenhäusern, grafisch nachbearbeitet. Die Frequenz ist gegen die Messzeit aufgetragen. Links: a – d mit abnehmender Größe. Rechts: drei Pappröhren in den Varianten beidseitig offen (e), einseitig offen (f) und kegelförmig (g). Beschallt wurde mit braunem Rauschen.

Befindet man sich am Meer, hört man im Schneckenhaus ein durch seine Geometrie modifiziertes Meeresrauschen; befindet man sich in einem gefüllten Hörsaal, hört man im Schneckenhaus ein entsprechend modifiziertes Stimmengewirr.

Um abschließend die akustischen Eigenschaften der vier ausgewählten Schneckenhäuser für sich genommen, d.h. unabhängig von der spektralen Zusammensetzung des Umgebungsrauschens zu bestimmen, gehen die Studierenden schließlich in eine Laborsituation. Sie wählen als Referenz und zur Anregung der Schneckenhausresonatoren zwei Arten von definiertem Rauschen: sog. weißes und braunes Rauschen (die Leistungsdichte des ersteren ist frequenzunabhängig, die des letzteren nimmt mit dem Quadrat der Frequenz ab: $\sim 1/f^2$). Die so erzeugten Rauschportraits zeigen deutlich die charakteristische Struktur von Eigenfrequenzspektren, bestehend aus einem Grundton und einer Serie mit steigender Frequenz dichter liegender Obertöne. Allerdings sind die Frequenzbereiche dieser „Töne“ nicht scharf, es handelt sich eher um Frequenzbänder, d.h. „Tongemische“. Im Vergleich mit parallel aufgezeichneten Rauschportraits der Flaschentonleiter bzw. der beidseitig offenen PVC-Rohre scheint für die Studierenden eine eindeutige Zuordnung der Schneckenhäuser möglich (vgl. Abb. 2): Ihre Eigenfrequenzspektren zeigen denselben Rhythmus wie die Spektren der beidseitig offenen Rohre, deren Eigenfrequenzen enger liegen als die der einseitig geschlossenen Flaschen. Dieses Ergebnis verwundert die Studierenden. Zum einen haben sie erwartet, dass sich das Schneckenhaus eher wie ein einseitig geschlossenes Resonanzrohr verhält. Zum anderen berechnen sie auf der Grundlage der mittleren Grundtonfrequenzen die akustisch wirksame Länge der Schne-

ckenhäuser und vergleichen diese mit den tatsächlich gemessenen Ganglängen. Für alle vier Schneckenhäuser ergibt diese Rechnung in guter Übereinstimmung das überraschende Ergebnis, dass sie sich wie beidseitig offene Resonatoren verhalten, deren akustisch genutzte Längen aber nur halb so groß sind wie ihre tatsächlichen Ganglängen. Die Studierenden ahnen, dass sich damit ein weiterer Fragenkomplex auftut, bei dem es um die Rolle der Verjüngung und spiralartigen Aufwicklung des Schneckenganges für die Ausbildung stehender Wellen ginge – und sie beschließen zurecht, diese Untersuchung anderen zu überlassen.

4.1.3 Verstehen

Die Studierenden haben verstanden, dass Schneckenhäuser akustische Resonatoren sind, die man auch als Rauschfilter bezeichnen kann, weil sie aus einem gegebenen Umgebungsrauschen nur diejenigen Frequenzbereiche wiedergeben, die ihrem charakteristischen Eigenfrequenzspektrum entsprechen. Dieses hängt im Wesentlichen von der Größe des Schneckenhauses ab: Je größer das Schneckenhaus, je länger also der Resonanzkörper, desto tiefer ist der Grundton bzw. das Grundrauschen – und umgekehrt. Im Rauschen des Schneckenhauses vermischen sich demnach die Merkmale der akustischen Umgebung mit denjenigen des Resonators. Dies erinnert die Studierenden an die Funktion eines Musikinstruments und so entdecken sie zum Abschluss ihrer Aneignung, dass sich mit etwas Geschick den am Ende des Schneckengangs aufgeschlagenen Schneckenhäusern durch kräftiges Anblasen Töne entlocken lassen!

4.1.4 Was sagt die Physik dazu?

Die Studierenden recherchieren in einschlägigen Lehrbüchern die Darstellung der Resonanzbedingungen in einseitig und beidseitig offenen Rohren sowie die Entstehung von Grund- und Obertönen in Klangkörpern und analysieren mit diesem Wissen ihre eigenen Aufnahmen der Klangspektren von Schneckenhäusern erneut.

4.1.5 Didaktischer Kommentar

Die Studierenden unterscheiden in ihrer kritischen Reflexion zwischen den eher wahrnehmungs- und handlungsorientierten Ergebnissen ihrer Aneignung und den eher mathematisch-abstrakten Ergebnissen aus ihrer Literaturrecherche. Sie schätzen beide Arten des Blicks auf das Ausgangsphänomen. Dabei betonen sie insbesondere die Entwicklung der Untersuchung aus einem Alltagsphänomen heraus und den erfolgreichen Rückbezug ihrer physikalischen Erkenntnisse auf

dieses. Abschließend heben sie hervor, dass sowohl die Aneignung als auch die physikalische Sachanalyse ihren „Forschergeist geweckt“ hat: „... weil es unglaublich Spaß macht, unsere auditive Umwelt visuell wahrzunehmen und damit diese Umwelt auf eine andere Art zu erfahren (Tonaufnahmen im Wald)“ (Simon & Brocker 2018).

4.2 Auffällige dramaturgische Momente gelungener Miniaturen

Unsere Erfahrung zeigt, dass sich bestimmte Situationen, wir nennen sie hier „dramaturgische Momente“, in der Arbeit an solchen Forschungsminiaturen wiederholen und dass das Wissen darum bei der Unterstützung der Studierenden hilfreich sein kann. Das Phänomen aus der Begegnungssituation ist zumeist längst vertraut und in diesem Sinne gewöhnlich. Durch das Seminar sensibilisiert (oder durch einen anderen Einfluss provoziert) verwandelt es sich noch einmal in etwas Ungewöhnliches, Rätselhaftes und dadurch Fremdes. Zumeist ist es erst diese, von persönlichen Umständen abhängige Veränderung, die das Phänomen im erwünschten Sinne fragwürdig werden lässt und die Formulierung konkreter Fragen ermöglicht.

Während der Aneignungsphase wird das fragwürdige Phänomen durch neue Versuche bildlich gesprochen vermehrt, manchmal auch noch ziellos. Das kann auch wiederholt geschehen, beispielsweise wenn durch einzelne, inzwischen verstandene Aspekte neue Fragen aufgeworfen werden. Falls die Studierenden in dem eigentlich fragwürdigen Bereich in eine Sackgasse geraten, hilft es, nach kontextfremden Fällen zu suchen, in denen das Phänomen noch auftritt, und mit diesem Wissen in den Ausgangskontext zurückzukehren. Die Phase endet, wenn klar geworden ist, worauf es zur Erscheinung des Phänomens in Bezug auf die Ausgangsfrage ankommt.

Die Verstehensphase endet oft nicht mit der Antwort auf die Ausgangsfrage, sondern mit einer über die Angabe von Regelmäßigkeiten hinausgehenden, vertieften Einsicht in den untersuchten Erscheinungszusammenhang. Manchmal ist das ein erfolgreicher Test des erlangten Verständnisses in einem anderen Kontext, manchmal ein kontrollierter „Nachbau“ des Ausgangsphänomens oder die Konstruktion eines selbst erdachten, einfachen Messgeräts.

5. Zusammenfassung und Ausblick

In den letzten Jahren wurde an der Bergischen Universität Wuppertal im Rahmen des sachunterrichtsbezogenen Grundschullehramtsstudiengangs „Grundlagen der Naturwissenschaften und der Technik“ eine fachdidaktische Seminarform entwickelt, die den Berührungspunkten Studierender gegenüber der Physik und dem Mangel an praktischer Erfahrung in der unbefangenen Erschließung von Phänomenen in Natur und Alltag Rechnung tragen sollte. Das Seminar „Natur- und Alltagsphänomene verstehen und vermitteln“ wurde bisher von etwa 500 Studierenden besucht und regelmäßig evaluiert. Es entstanden rund 250 ausgearbeitete Mimetische Miniaturen, die semesterbezogen zu Readern zusammengefasst wurden. Die Studierenden schätzen die Möglichkeit, an einem eigenen Thema arbeiten zu können und sich als selbstwirksam in der Physik zu erleben. Eine Untersuchung, die Veränderungen in der Wahrnehmung der Selbstwirksamkeit und des Selbstkonzepts der Studierenden in Bezug zur Physik erfasst, steht aus. Der konzeptionell begründete Verzicht auf eine standardisierte Veranstaltungsstruktur bringt eine hohe Betreuungsintensität mit sich; die Begleitung der individuellen Projekte erfordert viel Erfahrung. Bisher überwiegt indessen der Eindruck, dass sich der Aufwand lohnt.

Literatur

- Aristoteles (1982): Die Poetik. Altgriechisch – Deutsch. (Übers. u. hrsg. v. M. Fuhrmann). Stuttgart.
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (2013) (Hrsg.): Perspektivrahmen Sachunterricht. (Vollst. überarbeitete und erweiterte Ausgabe). Bad Heilbrunn.
- Grebe-Ellis, J. (2005): Grundzüge einer Phänomenologie der Polarisierung. Berlin.
- Landwehr, B. (2002): Distanzen von Lehrkräften und Studierenden des Sachunterrichts zur Physik. Eine qualitativ-empirische Studie zu den Ursachen. Berlin.
- Müller, M. (2017): Grammatik der Natur. Von Wittgenstein Naturphänomene verstehen lernen. Berlin.
- Murmann, L. (2008): Exploring natural phenomena. Paper presented at EARLI, Special Interest Group Phenomenography and variation theory, SIG 9 Workshop, Kristianstad, Sweden. URL: http://www.distans.hkr.se/sig9/download/download-filer/Full_paper_L_Murmann.pdf [10.10.2018].
- Østergaard, E.; Dahlin, B. & Hugo, A. (2008): Doing phenomenology in science education: a research review. In: Studies in Science Education, 44, 2, 93-121.
- Platon (1962): Politeia. (Übers. v. F. Schleiermacher). Reinbek.

- Simon, I. & J. Brocker (2018): Warum sind Muscheln so berausend? Dokumentation einer Mimetischen Miniatur. Bergische Universität Wuppertal. Unveröffentlichtes Manuskript.
- Steinle, F. (2005): Explorative Experimente. Ampère, Faraday und die Ursprünge der Elektrodynamik. Stuttgart.
- Theilmann, F.; Buck, P.; Murmann, L.; Østergaard, E.; Hugo, A.; Aeschlimann, U. & Rittersbacher, C. (2013): Phänomenologische Naturwissenschaftsdidaktik. Erkenntnis- und wissenschaftstheoretische Positionierung und erziehungswissenschaftliche Folgerungen. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 19, 397-416.
- Wagenschein, M. & Berg, C. (Hrsg.) (2009): Naturphänomene sehen und verstehen. Genetische Lehrgänge. Das Wagenschein-Studienbuch. Bern.