

„Also ein Schall bleibt halt ein bisschen“ – kindliche Wahrnehmungen des Begriffskonstrukts „Schall“

Sonja Isabel Veith

The exploration of students' perspectives is an important part of the didactics of General Studies (Sachunterricht). The aim of General Studies is not only to prepare for the further specialized subjects, but also to address their current developmental stage (GDSU 2013, 10). In order to achieve this, students' ideas and perceptions have to be taken into account and starting from there, they have to be worked towards concepts that are sustainable for the subject.

With the help of phenomenography a research on students' perceptions of sound was conducted. Sound is a very worthwhile subject for teaching. Because of its relevance to life, it is especially interesting for elementary school students. But it is also a topic that offers the potential to work with important physical concepts up to the upper school.

This article will deal with the perception of the German word construct "sound".

1. Kinderperspektiven erschließen

Das Erforschen von Schüler*innenperspektiven ist ein wichtiger Bestandteil der Sachunterrichtsdidaktik. Durch die „doppelte Anschlussaufgabe“ (GDSU 2013, 10) will der Sachunterricht nicht nur auf den weiterführenden Fachunterricht vorbereiten, sondern auch die Schüler*innen dort abholen, wo sie gerade sind. Dafür müssen die Wahrnehmungen und Erlebensweisen der Schüler*innen im Unterricht aufgegriffen werden und zu fachlich tragbaren Konzepten hingearbeitet werden.

1.1 Konzeptorientierte vs. phänomenographische Forschung

Die Rekonstruktion von Schüler*innenperspektiven als Grundlage von didaktischen Strukturierungen ist nicht nur im Sachunterricht ein wichtiges Forschungsgebiet, sondern gerade in den Naturwissenschaftsdidaktiken – in denen diese Herangehensweise ihren Ursprung hat – immer noch zentrales Forschungsthema (Murmans 2013). In diesem Zusammenhang ist die konzeptorien-

tierte Forschung am weitesten verbreitet. Dabei werden Äußerungen und Handlungen der Lernenden aus der Sicht einer informierten Person interpretiert (Murmann 2004). Dies und die dabei zugrunde liegende dualistische Ontologie (Pätzold 2012) führen unweigerlich dazu, dass die Diskrepanz zum Fachwissen betont wird und in den Vordergrund tritt (Murmann 2004).

Im Kontrast dazu basiert die Phänomenographie auf einer nicht-dualistischen Ontologie; Äußerungen und Handlungen werden auf der Grundlage der erfahrbaren Aspekte eines Phänomens interpretiert. Es findet also keine Bewertung statt, ob das Erleben eines Phänomens angemessen ist (Åkerlind 2005). Einzigartig ist hierbei die Wahrnehmung des Phänomens aus der Perspektive zweiter Ordnung, d.h. aus der Sicht der Lernenden (Marton & Booth 1997, 117ff.). Das hat auch zur Folge, dass sich Lernen damit nur gegenstandsspezifisch beschreiben lässt. In der konzeptorientierten Forschung hingegen wird allgemein angenommen, dass mentale Konzepte kontextunabhängig existieren (Pätzold 2012), was auch immer wieder zu widersprüchlichen Forschungsergebnissen hinsichtlich der Konsistenz bei den Schüler*innenäußerungen führt (z.B. Sommer 2002), obwohl auch hier kontextabhängig gearbeitet werden kann (Pätzold a.a.O.).

Trotz dieser Unterschiede sind diese beiden Forschungsansätze nicht widersprüchlich zueinander, sondern sie „beschreiben Lernen aus einer anderen Perspektive“ (a.a.O., 110).

1.2 Grundgedanken der phänomenographischen Forschungsmethodologie

Mithilfe der Phänomenographie wird der Frage nachgegangen, auf welche Art und Weise ein Lerngegenstand von Individuen erfahren und erlebt wird. Dabei wird davon ausgegangen, dass sich die Erlebensweisen eines Lerngegenstandes von Person zu Person unterscheiden, diese Erlebensweisen jedoch in ihrer Gesamtheit und Anzahl, bezogen auf den Lerngegenstand und die Lerngruppe, endlich sind. Der Lernprozess wird in der Phänomenographie durch eine immer differenziertere und integriertere Erlebensweise eines Phänomens begründet. Damit ist gemeint, dass verschiedene Aspekte eines Phänomens wahrgenommen und diese miteinander in Bezug gesetzt werden (Marton & Booth a.a.O., 110ff.).

Das Kernstück der phänomenographischen Forschung ist der Kategoriensatz (a.a.O., 124ff.). In diesem Kategoriensatz werden die verschiedenen Perspektiven der Lernenden, die sich im Forschungsprozess herauskristallisiert haben, in

einer Kategorie festgehalten. Die einzelnen Kategorien werden anhand ihrer Differenziertheit und Integriertheit hierarchisiert. Obwohl hier eine Wertung im Sinne einer Hierarchisierung stattfindet, wird nicht bewertet, ob das Erleben eines Phänomens angemessen ist; die Hierarchisierung wird im Hinblick auf das Lernziel vorgenommen. Dies ist in der Regel im Kontext von Schule die fachlich-korrekte Wahrnehmung eines Lerngegenstandes. Im Paradigma der Phänomenographie bedeutet dies trotzdem nicht, dass andere Erlebensweisen und Wahrnehmungen falsch sind, sondern lediglich, dass diese Erlebensweisen gerade nicht dem Lernziel entsprechen (Purdie & Hattie 2002; Åkerlind 2005).

Ein phänomenographischer Kategoriensatz besitzt nur für die Lerngruppe, in der er erhoben wurde, den Anspruch auf Vollständigkeit (Marton & Booth 1997, 124ff.).

2. Fachliche Einordnung des Themas Schall

Im Fokus dieser Untersuchung liegt die Wahrnehmung von Schall. Dieser ermöglicht den meisten von uns die Kommunikation miteinander und beeinflusst dadurch einschlägig unseren Alltag. Aber auch fachlich ist es ein interessantes Thema, weil es bis in die Oberstufe das Potential bietet, sich mit wichtigen physikalischen Konzepten auseinanderzusetzen (Niedersächsisches Kultusministerium 2017). Trotz seiner Alltagsrelevanz wird das Thema Schall in der Grundschule eher selten oder nur am Rande thematisiert, obwohl es beide Eigenschaften eines guten Sachunterrichtsthemas bietet: Lebensnähe und gleichzeitig wichtige fachliche Grundlagen für den weiterführenden Physikunterricht.

Schall ist eine mechanische Welle, also die Ausbreitung von Energie in einem Medium, die eine periodische Veränderung des Drucks bzw. der Dichte in diesem Medium bewirkt. Beim Luftschall bewegen sich die Luftteilchen dabei periodisch um ihre Ruhelage. Hier wird jedoch kein Dominoeffekt ausgelöst, in dem ein Teilchen das nächste anstößt; vielmehr induziert die Änderung des Luftdrucks die Teilchenbewegungen. Die Welle, die sich so im Medium ausbreitet, ist eine Longitudinalwelle (Längswelle). Dies ist für Schüler*innen nicht intuitiv verstehbar, da aus dem Alltag eigentlich nur Transversalwellen (Querwellen) bekannt sind (DEGA 2006).

Im Detail ergeben sich beim Thema Schall also weitere wichtige Konzepte der Physik, wie die Themen Dichte, Druck sowie verschiedene Wellenformen und

ihre Beschreibungen. Auch das macht Schall, gerade als Längsschnittthema, für alle Klassenstufen interessant.

Besonders deswegen ist es wichtig, ganz im Sinne der doppelten Anschlussaufgabe (GDSU 2013), schon in der Grundschule die Wahrnehmungen der Schüler*innen zum Thema Schall aufzugreifen und auf ein fachlich tragbareres Konzept hinzuarbeiten.

Eng verbunden mit dem Thema Schall ist das Echo. Dieses ist eine zeitlich stark verzögerte Reflexion eines Schallereignisses. Damit es sich aber nicht nur um einen einfachen Nachhall handelt, sondern als Echo erkennbar ist, ist die zeitliche Differenz zwischen Schallereignis und der Wahrnehmung des reflektierten Schalls essentiell. Die notwendige zeitliche Verzögerung für diese Wahrnehmung heißt Echoschwelle und liegt zwischen wenigen Millisekunden und einigen Sekunden (Blauert & Braasch 2008).

3. Die Wahrnehmung von Schall – aktueller Stand der Forschung

Wie viele physikalische Phänomene ist Schall auch ein Phänomen¹, bei dem die physikalischen Eigenschaften, trotz der starken Präsenz im Alltag, nur schwer direkt erfahrbar sind. Dadurch werden Wahrnehmungen möglich, die fachlich nicht tragbar sind:

Weit verbreitet ist die Analogie von Schall und Wasserwellen. Dabei spielen zwei Verknüpfungspunkte eine Rolle: Zum einen bietet der Begriff Schallwelle, der fachlich korrekt ist, die Möglichkeit, die transversalen Wellen (wie Wasserwellen), die wir aus unserem Alltag kennen, mit dem Schall gleichzusetzen. Zum anderen kommen im Zusammenhang mit Schall häufig Klangschalen oder andere visuelle Hilfsmittel zum Einsatz, weil insbesondere Dichtewellen nur schwer visualisiert und für Schüler*innen greifbar gemacht werden können. Abgesehen von der Tatsache, dass Schall keine transversale Welle ist, haben Wasserwellen zusätzliche Eigenschaften, die insbesondere für Luftschall – als mechanische Welle in einem Fluid – nicht zutreffen. Wasserwellen sind Oberflächenwellen und sehr dispersiv, d.h. dass die Gruppen- und Phasengeschwindigkeit unterschiedlich sind und deswegen die Wellenberge immer näher zusammenrücken, je weiter sich die Welle ausbreitet (Linder 1992).

¹ Hierbei ist nicht das Phänomen im Sinne der Phänomenographie gemeint, sondern ein physikalisches Phänomen, also eine Naturerscheinung.

Wie bei vielen anderen physikalischen Phänomenen ist auch bei Schall die Perzeption² verbreitet, dass dieser aus Teilchen besteht (Eshach & Schwartz 2006), d.h. Eigenschaften hat, die einer materiellen Substanz zugeschrieben werden können. Dazu zählt beispielsweise, dass er eine Oberfläche bzw. ein Volumen hat, dass das Hören durch die Anzahl oder die Größe der Schallteilchen beeinflusst wird und dass er sich im Vakuum ausbreiten kann (Hrepic, Zollman & Rebello 2010). Dabei ist Schall als mechanische Welle eine Energie, die sich als Teil des Mediums in ihm ausbreitet und keine vom Medium unabhängige Materie (DEGA 2006). Gerade diese Gleichsetzung mit etwas Materiellem lässt sich in allen Altersgruppen, von Schüler*innen bis hin zu Studierenden, wiederfinden (z.B. Eshach & Schwartz 2006; Linder & Erickson 1989; Wulf & Euler 1995).

4. Die Wahrnehmung von Schall durch Grundschul Kinder nachvollziehen

In der hier in Teilen vorgestellten Studie wurde der Frage nachgegangen, wie Kinder im Grundschulalter Schall wahrnehmen. Dabei lag der Fokus auf den physikalischen Aspekten von Schall, insbesondere in der Schallausbreitung. Die Ausbreitung von Schall ist ein schwer erfahrbares Phänomen, weswegen hierzu verschiedene Experimente mit eingebracht und für die Fragestellung entwickelt wurden. In diesem Beitrag soll der Schwerpunkt aber auf dem Begriff ‚Schall‘ selbst liegen.

4.1 Der Aufbau der qualitativen Interviewstudie

Im Sinne der Phänomenographie war es wichtig, dass die Perspektive zweiter Ordnung, also die Perspektive der Kinder auf das Phänomen, möglichst gut erfasst werden konnte. Deswegen wurden leitfadengestützte Partner*inneninterviews geführt, d.h. es waren stets zwei Kinder anwesend. Dies bot für das Befragungsziel mehrere Vorteile: Die Kinder hatten weniger Hemmungen, weil sie auch miteinander ins Gespräch kommen konnten. Zudem konnten ihre Be-

² Hierbei ist die Wahrnehmung, oder das Erfassen eines Phänomens gemeint. Es wird bewusst auf den Begriff „Vorstellung“ verzichtet, da dieser suggeriert, dass es sich hierbei um ein Konzept im Kopf der Person handelt und damit entkoppelt von der wahrnehmbaren Welt wäre (dualistische Ontologie), es in der Phänomenographie aber zentral ist, dass die Wahrnehmung eines Phänomens nicht von diesem entkoppelt ist (nicht-dualistische Ontologie).

schreibungen und Antworten sprachlich authentischer sein, weil sie untereinander ihre Sprache nicht der Sprache der interviewenden Person anpassen mussten. Im weiteren Interviewverlauf konnten die zwei Kinder dadurch ein Experiment erproben, das sich nur zu zweit durchführen lässt. Die Anzahl der Kinder hatte den weiteren Vorteil, dass der Anteil an Kindern und Erwachsenen im Raum dadurch ausgeglichen wurde (Fuhs 2012). Für ein etwas komplexeres Experiment im späteren Interviewverlauf war die Anwesenheit einer zweiten erwachsenen Person notwendig, die sich aber nicht am Interviewgespräch aktiv beteiligte. Insgesamt wurden 12 Interviews mit 24 Kindern zwischen acht und zwölf Jahren geführt, welche die 3. (18 Kinder) oder 4. Klassenstufe (6 Kinder) in zwei unterschiedlichen Grundschulen besuchten.

Die Interviews wurden video- sowie audiographiert, dauerten durchschnittlich 45 Minuten und waren in drei Teile gegliedert. Im ersten Interviewpart ging es um verschiedene Aspekte des Themas Schall. Dabei hatten die Kinder die Möglichkeit, ihre Aussagen mit Zeichnungen zu unterstützen oder auch ausschließlich zu zeichnen, wenn ihnen die Verbalisierung schwerfiel. Auch wurden verschiedene Dinge, über die zuvor gesprochen wurde, unmittelbar erprobt – wie das Klopfen und Sprechen durch Türen oder der Effekt eines Papiertrichters, um über die dabei gemachten Erfahrungen direkt reden zu können.

Im zweiten Teil wurden die Kinder aufgefordert, sich mit einer für das Interview selbst entwickelten Black Box zu beschäftigen (vgl. Rode & Friege 2017).

Schließlich kam ein Schlierenaufbau zum Einsatz, der in Anlehnung an den Aufbau von Crockett und Rueckner (2018) für die Grundschule adaptiert wurde. Dieser Aufbau macht Dichteunterschiede in transparenten Medien sichtbar und ermöglichte es dadurch den Kindern, Schall nicht akustisch, sondern optisch zu erfahren.

Für ein phänomenographisches Forschungsdesign ist es wichtig, mit den Befragten über verschiedene kontextgebundene Erfahrungen zu reden bzw. die direkte Erfahrung selbst zu ermöglichen und darüber zu reden. Da die Kinder in allen drei Interviewteilen selbst tätig werden konnten und verschiedene Erfahrungen mit Schall mit unterschiedlichen Schwerpunkten machen konnten, war eine vielfältige Erfassung der Erlebensweisen von verschiedenen Phänomenen, welche hauptsächlich die Schallausbreitung betreffen, möglich.

4.2 Das Vorgehen bei der Datenauswertung

Für die phänomenographische Auswertung gibt es keine einheitlichen Vorgaben, sondern lediglich Gütekriterien, denen die Ergebnisse gerecht werden müssen (Marton & Booth 1997, 125). Das Analyseverfahren wird aber häufig in vier bis sieben Schritte unterteilt, die in ihrer Gesamtheit aber vergleichbare Teilaspekte abarbeiten und somit als gleichwertig betrachtet werden können (Han & Ellis 2019). Die in der Tabelle 1 dargestellten Schritte sind an einschlägigen phänomenographischen Studien und Veröffentlichungen orientiert und sollen das Vorgehen in der Auswertung transparent machen.

Zunächst wurden die Interviews transkribiert und mithilfe der Videoaufnahmen korrigiert (*1. Vertraut machen*). Für die eigentliche Auswertung wurde die Software MAXQDA genutzt, mit der die Interviews, ähnlich dem deduktiv-induktiven Vorgehen beim offenen Kodieren in der Qualitativen Inhaltsanalyse oder der Grounded Theory, durchgegangen wurden (*2. Erfassung*); dabei konnte schon mithilfe von Memos festgehalten werden, welche Phänomene in der jeweiligen Interviewsituation eine Rolle spielten (Kuckartz 2012, 95ff., Murmann 2013).

Danach wurden die Transkripte bezüglich verschiedener Schwerpunkte analysiert (*3. Verdichtung*). Die leitende Frage war dabei: Inwiefern unterscheiden sich ähnliche Erlebensweisen, welchen Einfluss haben referentielle und strukturelle Aspekte (Außen- und Innenhorizont) auf die Erlebensweisen? Für diesen Teil wurde mit der MindMap-Funktion der Software MAXQDA gearbeitet.

Die einzelnen Erlebensweisen wurden anschließend den passenden Phänomenen zugeordnet und dort auf Grundlage ihrer Ähnlichkeit zusammengefasst (*4. Integration*).

Im Anschluss daran wurden die sich so ergebenden Beschreibungskategorien mit Bezug zu den referentiellen Aspekten hierarchisiert (*5. Strukturierung*), bevor abschließend die Ergebnisse auf Grundlage der Qualitätskriterien und in Hinblick auf die Darstellung überarbeitet wurden (*6. Revision*). Ein wichtiges Gütekriterium in der Phänomenographie ist die Transparenz. Diese kann erreicht werden, indem verschiedene Forscher*innen mit demselben Material arbeiten und immer wieder die verschiedenen Zwischenergebnisse abgleichen, um letztendlich einen gemeinsamen Ergebnisraum zu erarbeiten (Åkerlind 2005). Allerdings erkennt auch Åkerlind (a.a.O.) an, dass im Rahmen einer Qualifizierungsarbeit diese Herangehensweise nicht möglich ist. Im Sinne der intersubjektiven

Nachvollziehbarkeit jedoch, wurden einzelne Auswertungsschritte und Ergebnisse in zwei verschiedenen Auswertungsrunden zur Diskussion gestellt.

Tabelle 1: Phänomenographische Auswertungsschritte

| | Schritt | Beschreibung |
|----------|-----------------|--|
| 1 | Vertraut machen | <ul style="list-style-type: none"> - Inhaltlich-semantische Transkription der Interviews (Dresing & Pehl 2018, 20ff., Sin 2010) - Mehrfaches Durchgehen der Daten (Transkripte, Zeichnungen etc.) (Dahlgren & Fallsberg 1991) |
| 2 | Erfassung | <ul style="list-style-type: none"> - Textpassagen (vorübergehend) einer deduktiv-induktiv gebildeten Beschreibungskategorie zuweisen (Marton & Booth 1997) |
| 3 | Verdichtung | <ul style="list-style-type: none"> - Durchsicht der Transkripte mit dem Schwerpunkt auf einer Erlebensweise (Marton & Booth a.a.O.), strukturelle Aspekte und referentielle Aspekte (Murmman 2013) - Iteratives Verfahren (Åkerlind 2005): Schritt 2 und 3 müssen mehrmals wiederholt werden |
| 4 | Integration | <ul style="list-style-type: none"> - Innerhalb der Beschreibungskategorien werden die Aussagen auf der Grundlage ihrer Ähnlichkeiten zusammengefasst (Marton & Booth a.a.O.) |
| 5 | Strukturierung | <ul style="list-style-type: none"> - Die Kategorien der Beschreibung werden hierarchisiert und bilden den Ergebnisraum (Åkerlind a.a.O.) |
| 6 | Revision | <ul style="list-style-type: none"> - Überarbeitung der Forschungsergebnisse auf der Grundlage der jeweiligen Gütekriterien und der Darstellung (Murmman a.a.O.) |

5. Das Begriffskonstrukt „Schall“ in der Wahrnehmung von Grundschulkindern

Im Folgenden wird der Kategoriensatz dargestellt, der sich aus den Interviewdaten zu dem Begriffsphänomen „Schall“ ergeben hat. In der tabellarischen Darstellung (vgl. Tabelle 2) finden sich unterhalb der Kategorienbenennung

anonymisierte Beispiele aus den Interviews. In der Anordnung stellt die Kategorie 1 diejenige dar, die am integriertesten und differenziertesten in Hinsicht der physikalisch/fachlichen Wahrnehmung ist und die Kategorie 4 entsprechend diejenige, welche am wenigsten integriert und differenziert ist. Der Ergebnisraum ist in diesem Fall nicht linear, sondern es gibt gleichwertige Verzweigungen auf verschiedenen Ebenen (Kategorie 2.1 und 2.2), was in der Phänomenographie durchaus vorkommen kann (Åkerlind 2005).

Tabelle 2: Kategoriensatz zum Begriffskonstrukt „Schall“

| Kategoriensatz: Begriff Schall | |
|--|--|
| Kategorie 1: Schall ist eine Tonwelle | |
| <p>BEISPIEL 1: <i>Interviewerin:</i> Habt ihr das Wort schon mal gehört, Schall? <i>Alexandra:</i> Ist das etwas mit Ohren? [...] <i>Interviewerin:</i> Könnt ihr es aufmalen? <i>Alexandra:</i> Naja nicht wirklich/ also ich glaub da sind so welche Wellen vom Geräusch oder so. (Interview 12, 78-88)</p> <p>BEISPIEL 2: <i>Interviewerin:</i> Wisst ihr denn was Schall ist? <i>Yadid:</i> Schallwellen sind halt so zwei/ das sind halt solche Wellen, mit denen man sich auch verständigen kann irgendwie. (Interview 11, 148-150)</p> | |
| Kategorie 2.1: Schall spricht man | Kategorie 2.2: Schall hört man |
| <p>BEISPIEL 1: <i>Interviewerin:</i> Also wenn wir jetzt auch miteinander reden? <i>Xavier:</i> Dann sprechen wir Schall. (Interview 11, 155-157)</p> <p>BEISPIEL 2: <i>Interviewerin:</i> Wie kommt das Geräusch, oder das, was ich sage, zu euch? Habt ihr davon eine Idee? <i>Jakob:</i> Durch die Ohren? <i>Interviewerin:</i> Okay und wisst ihr was dazwischen passiert? <i>Jakob:</i> Es passieren so/ So Schall. (Interview 4, 62-71)</p> | <p>BEISPIEL: <i>Interviewerin:</i> Habt ihr das Wort schon mal gehört, Schall? <i>Alexandra:</i> Ist das etwas mit Ohren? (Interview 12, 78-79)</p> |

| Kategorie 3: Schall ist Echo | |
|--|--|
| <p>BEISPIEL: Interviewerin: Und was ist Schall? Was meint ihr? Ingo: Also ich glaube, dass ist Schall ist, wenn man zum Beispiel/ wenn man durch einen Tunnel geht, wenn man was ruft, dann hört man das ganz, ganz oft. (Interview 4, 82-83)</p> | |
| Kategorie 3.1: Tiere erzeugen Schall | Kategorie 3.2: Reden ist kein Schall/Echo |
| <p>BEISPIEL: Interviewerin: Also es geht heute auch ein bisschen um Schall. Habt ihr denn von dem Wort schon mal was gehört? Ulrike: Das haben wir, naja, Schall ist sozusagen/ Fledermäuse haben auch manchmal eine Schallwelle, weil sie sind so laut, dass der Schall wieder zurückkommt. Den sie machen, um ihre Nahrung zu suchen. (Interview 9, 103-105)</p> | <p>BEISPIEL 1: Interviewerin: Und habt ihr denn aber eine Idee, wie das, was ich rede, wie das zu euch an die Ohren kommt, oder? Petra: Also das kommt bei mir so an, halt wie, nicht wie ein Schall, sondern einfach wie ein Ton. Also nicht so ein Musikton, sondern eher ein wörtlicher Ton. (Interview 7, 162-163)</p> <p>BEISPIEL 2: Interviewerin: Und wenn ich rede, ist das auch Schall? Nadine: Nein, weil man redet ja normal und ein Echo ist, wenn das ganze Zeit wiederholt. (Interview 6, 103-104)</p> |
| Kategorie 4: Schall ist ein (un)bekannter Fachbegriff | |
| <p>BEISPIEL 1: Interviewerin: Habt ihr das Wort schon mal gehört, Schall? Alexandra: Also ja ich weiß irgendwie, aber ich kann es halt auch nicht so wirklich erklären. (Interview 12, 78-85)</p> <p>BEISPIEL 2: Interviewerin: Wisst ihr denn was Schall ist? Xavier: Ich weiß was Schallgeschwindigkeit ist. (Interview 11, 148-149)</p> | |

Bei Betrachtung der einzelnen Kategorien wird deutlich, dass auch in der vierten Kategorie den Kindern der Begriff als solcher nicht unbekannt war, sie aber nicht unbedingt wussten, wofür er steht.

In der dritten Kategorie kommt das Echo als konkretes Schallphänomen hinzu, denn viele Kinder assoziierten mit dem Begriff ein Echo-Phänomen, also etwas, das sich wiederholt (*Kategorie 3*). In dem *Beispiel 2* aus *Kategorie 3.2* werden

die Worte „Schall“ und „Echo“ synonym verwendet. Die Schlussfolgerung in *Kategorie 3.2* war für die Kinder, dass Reden kein Schall sein kann, weil es ja in der Regel ohne Echo auftritt. Diese enge Verknüpfung von Schall und Echo könnte auf die begriffliche Nähe von „Schall“ und dem Verb „schallen“ zurückzuführen sein, denn in der Alltagssprache findet das Wort „Schall“ selbst kaum Anwendung. Zudem tritt das Wort „Schall“ in der Beschreibung der Tierwelt auf, z.B. bei Fledermäusen. Wie in *Kategorie 3.1* zu lesen ist, war die Fähigkeit von Fledermäusen, sich mit Ultraschall im Raum zu orientieren, bekannt – obwohl der Begriff „Ultraschall“ nicht explizit genannt wurde. Das Zurückreflektieren des Schallereignisses, welches für die Echoortung von Fledermäusen essentiell ist und auch von den Kindern hier beschrieben wurde, ist, abgesehen von der nicht hörbaren Frequenzlage bei dem Ultraschall der Fledermäuse, in seinen Charakteristika ein Echo. Also wurde in dieser Kategorie die Wahrnehmung von Schall als ein anderes Wort für ein Echoereignis aus *Kategorie 3* erweitert auf die Nutzung in der Tierwelt.

In *Kategorie 2.1* und *2.2* hingegen ist zu sehen, dass einige Kinder „Schall“ mit etwas, das mit „hören“ (2.2) bzw. „reden“ (2.1) zu tun hat, verknüpften.

In Kategorie 1 wurde dies sogar insofern ausdifferenziert, dass Schall eine Welle ist, die dem Verständigen dient – wobei sich hier stets auf eine Transversalwelle bezogen wurde, was durch entsprechende Handbewegungen deutlich gemacht wurde.

6. Fazit

Aus den Ergebnissen wird deutlich, dass sich der alltagsweltliche Begriff „Schall“ deutlich von der fachlichen Definition des physikalischen Phänomens „Schall“ unterscheiden kann. Aus fachlicher Sicht ist das Echo (*Kategorie 3*) bzw. die Echoortung in der Tierwelt (*Kategorie 3.1*) nur ein Teilaspekt von Schall. Für einige Kinder war dies aber so definitiv gleichzusetzen, dass sie andere Schallphänomene, wie das Reden, aus dem Begriffskonstrukt „Schall“ ausschlossen (*Kategorie 3.2*). Dies zeigt sich auch der erste Dudeneintrag zum Begriff „Schall“, der sich nicht auf die physikalische Definition bezieht, sondern Echo-ähnliche Ereignisse beschreibt. Erst der zweite Eintrag spiegelt das Phänomen „Schall“ in seiner physikalisch definierten Breite wider:

„1. nachhallendes Geräusch; schallender Klang, Ton
2. In einem Medium wellenförmig sich ausbreitende Schwingungen, die vom menschlichen Gehör wahrgenommen werden können“ (Duden 2020).

Diese begriffliche Diskrepanz, die einen deutlichen Einfluss auf die Wahrnehmung des Phänomens hat, stellt ein deutliches Desiderat in der Forschung zum Sachunterricht dar.

Es gab aber auch Kinder, die den Begriff „Schall“ mit Sprache und Kommunikation verknüpften. Einige Kinder stellten auch die Verbindung zu Wellen her, was auch auf den Fachbegriff „Schallwellen“ zurückzuführen sein könnte. Der Wellentyp, den die Kinder mit der Formulierung „Welle“ beschreiben wollten, war aber ausschließlich eine Transversalwelle. Dies bestätigt die Ergebnisse der in Kapitel 3 vorgestellten Studien zu Schall, in dem Aspekt, dass Schall nicht als Longitudinalwelle wahrgenommen wird.

Das Thema „Schall“ ist ein komplexes Thema, zu dem die Kinder auch schon im Grundschulalter vielfältige Erlebensweisen und Perspektiven mit in den Unterricht bringen. Eine dieser Erlebensweisen ist die sprachliche Gleichsetzung von Schall und Echo. Daraus verdeutlicht sich der Zusammenhang, dass die sprachliche Entwicklung und die Wahrnehmung von Phänomenen untrennbar miteinander verwoben sind (Wellington & Osborne 2001). Das kann als Indiz dafür gesehen werden, wie wichtig die Sensibilisierung in Hinsicht der Verwendung von Fachsprache und Alltagssprache im Unterricht ist.

Literatur

- Åkerlind, G.S. (2005): Variation and Commonality in Phenomenographic Research Methods. In: Higher Education Research and Development, 31, 1, 115-127. doi: 10.1080/07294360.2011.642845.
- Blauert, J. & Braasch, J. (2008): Räumliches Hören. In: Weinzierl, S. (Hrsg.): Handbuch der Audiotechnik. Berlin, Heidelberg, 87-121.
- Crockett, A. & Rueckner, W. (2018): Visualizing Sound Waves with Schlieren Optics. In: American Journal of Physics, 86, 11, 870-876. doi: 10.1119/1.5042245.
- Dahlgren, L.-O. & Fallsberg, M. (1991): Phenomenography as a Qualitative Approach in Social Pharmacy Research. In: Journal of Social and Administrative Pharmacy, 8, 4, 150-156.
- Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V. (DEGA) (2006): DEGA-Empfehlung 101: Akustische Wellen und Felder. https://www.dega-akustik.de/fileadmin/dega-akustik.de/publikationen/DEGA_Empfehlung_101.pdf [01.2021].

- Duden (2020): Schall, der. URL: <https://www.duden.de/rechtschreibung/Schall> [01. 2021].
- Dresing, T. & Pehl, T. (2018): Praxisbuch Interview, Transkription & Analyse. Anleitungen und Regelsysteme für qualitativ Forschende. 8. Auflage. Marburg. https://www.audiotranskription.de/download/praxisbuch_transkription.pdf [01.2021].
- Eshach, H. & Schwartz, J.L. (2006): Sound Stuff? Naïve Materialism in Middle-School Students' Conceptions of Sound. In: International Journal of Science Education, 28, 7, 733-764.
- Fuhs, B. (2012): Kinder im qualitativen Interview: Zur Erforschung subjektiver kindlicher Lebenswelten. In: Heinzl, F. (Hrsg.): Methoden der Kindheitsforschung: Ein Überblick über Forschungszugänge zur kindlichen Perspektive. 2. überarbeitete Auflage. Weinheim, Basel, 80-104.
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (2013): Perspektivrahmen Sachunterricht. Vollständig überarbeitete und erweiterte Ausgabe. Bad Heilbrunn.
- Han, F. & Ellis, R.A. (2019): Using Phenomenography to Tackle Key Challenges in Science Education. In: Frontiers in Psychology, 10, 1414, 1-10. doi: 10.3389/fpsyg.2019.01414.
- Hrepic, Z., Zollman, D.A. & Rebello, N.S. (2010): Identifying Students' Mental Models of Sound Propagation: The Role of Conceptual Blending in Understanding Conceptual Change. In: Physical Review Special Topics – Physics Education Research, 6, 2, 020114. doi: 10.1103/PhysRevSTPER.6.020114.
- Kuckartz, U. (2012): Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Weinheim, Basel.
- Linder, C.J. (1992): Understanding Sound: So what is the Problem? In: Physics Education, 27, 5, 258-264.
- Linder, C.J. & Erickson, G.L. (1989): A Study of Tertiary Physics Students' Conceptualizations of Sound. In: International Journal of Science Education, 11, 5, 491-501.
- Marton, F. & Booth, S. (1997): Learning and Awareness. Mahwah.
- Murmann, L. (2004): Phänomene erschließen kann Physiklernen bedeuten. In: widerstreit-sachunterricht. <https://www.widerstreit-sachunterricht.de/ebeneI/didaktiker/murmann/schatten.pdf> [01.2021].
- Murmann, L. (2013): Dreierlei Kategorienbildung zu Schülervorstellungen im Sachunterricht? Text, Theorie und Variation – Ein Versuch, methodische Parallelen und Herausforderungen bei der Erschließung von Schülervorstellungen aus Interviewdaten zu erfassen. In: widerstreit-sachunterricht. <https://www.widerstreit-sachunterricht.de/ebeneI/superwor-te/forschung/kategorie.pdf> [01.2021].
- Niedersächsisches Kultusministerium (2017): Kerncurriculum für das Gymnasium – gymnasiale Oberstufe, die Gesamtschule – gymnasiale Oberstufe, das Berufliche Gymnasium, das Abendgymnasium, das Kolleg: Physik. Hannover. <https://cuvo.nibis.de/cuvo.php?p=download&upload=199> [01.2021].
- Pätzold, H. (2012): Konstruktivismus und Lerntheorien – radikal vereinbar? In: Gieseke, W., Nuissl, E., Schübler, I. & Arnold, R. (Hrsg.): Reflexion zur Selbstbildung: Festschrift für Rolf Arnold. Bielefeld, 102-118.

- Purdie, N. & Hattie, J. (2002): Assessing Students' Conceptions of Learning. In: Australian Journal of Educational and Developmental Psychology, 2, 17-32.
- Rode, H. & Friege, G. (2017): Nine Optical Black-Box Experiments for Lower-Secondary Students. In: Physics Education, 52, 3, 035009. doi: 10.1088/1361-6552/aa62eb.
- Sin, S. (2010): Considerations of Quality in Phenomenographic Research. In: International Journal of Qualitative Methods, 9, 4, 305-319. doi: 10.1177/160940691000900401.
- Sommer, C. (2002): Wie Grundschüler sich die Erde im Weltall vorstellen – eine Untersuchung von Schülervorstellungen. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 8, 69-84.
- Wellington, J.J. & Osborne, J. (2001): Language and Literacy in Science Education. Buckingham, Philadelphia.
- Wulf, P. & Euler, M. (1995): Ein Ton fliegt durch die Luft. Vorstellungen von Primarstufenkindern zum Phänomenbereich Schall. In: Physik in der Schule, 33, 7-9, 254-260.