

# Hören als Thema im Sachunterricht: Eine phänomenographische Rekonstruktion der Erlebensweisen von Kindern

Waltraud Rehm, Christine Reiter und Thorsten Kosler

*Children have detailed knowledge about hearing (Wulf & Euler 1995). They know that we can hear around the corner and even in the dark. However, explanations for this are not part of children's everyday thinking. Currently, there are only a few studies on children's ideas about how hearing works (Jeschonek 2012). In addition, some recent research (Kloppenburger 2020; Veith 2023) focus on the physical topic of sound and not on everyday phenomena of hearing.*

*The project "Primärhörer:innen" investigated whether children see a connection between vibration and sound in the production of sound, what ideas they have about how sounds propagate, whether they have rudiments of an idea of sound waves and where they localise the production of sound as a subjective auditory impression. For this purpose, 26 children (5-15 years) were interviewed about the phenomena of hearing. Using different experiments, they experienced various phenomena of hearing. The data material was analysed phenomenographically (Marton & Booth 1997; Murmann 2002) in order to reconstruct the children's experiences. In this way, different ways of experiencing the same phenomenon could be discovered, which are to be taken up in school lessons. Some of Wulf & Euler's results were confirmed, but more differentiated ideas about the propagation of sounds, including the beginnings of ideas about waves, also emerged.*

## 1. Einleitung

Hören ist alltäglich, es passiert unbewusst und ununterbrochen. Der Hörprozess ist komplex und schwer zu erfassen. Das Entstehen von Tönen und die Tonausbreitung kann man nicht beobachten, das macht ein Verstehen schwierig. Dennoch besitzen Kinder schon früh Vorstellungen darüber, wie das Hören funktioniert (Kircher & Engel 1994; Wulf & Euler 1995; Veith 2023). Das Wissen um die Vorstellungen dient als Grundlage, um Schüler\*innen in ihren weiteren Lernprozessen zu unterstützen (Kattmann, Duit, Gropengiesser & Komorek 1998).

## 2. Forschungsstand

Welche Vorstellungen Kinder über das Hören haben, wurde bereits in einigen empirischen Forschungen untersucht, wobei anzumerken ist, dass sich die meisten Forschungsergebnisse eher auf das physikalische Thema Schall (Schallerzeugung und Schallausbreitung) beziehen. Kircher & Engel (1994) formulieren in ihrer Studie an 42 befragten Kindern (Schulstufe 2-4) eine Reihe von Hypothesen. Danach sei es den Kindern in der Regel nicht bewusst, dass Schwingungen von Objekten die Ursache von Tönen oder Geräuschen sind, sondern sie würden den Schall als unmittelbare Folge einer Tätigkeit auffassen (a.a.O., 53). Durch eine geeignete

unmittelbare Erfahrung seien sie aber in der Lage, eine sichtbare oder fühlbare Bewegung einer Schallquelle als Ursache der Tonentstehung zu erfassen. Zudem sei den Kindern in der Regel nicht bewusst, dass zur Schallübertragung ein leitfähiges Medium notwendig ist (a.a.O., 54). Wulf & Euler (1995) kommen bei der Auswertung der Interviews von 22 Grundschulkindern (Schulstufe 1-4) zum Ergebnis, dass diese zwar über ein detailliertes Wissen über Teilaspekte des Hörens verfügen, sie jedoch noch nicht in der Lage seien, „selbständig Schwingungen als Ursache von Schall zu erkennen“ (42). Danach haben für jüngere Kinder Töne menschliche Eigenschaften („Dann denkt er/der Ton/, wir hören ihm zu und er kommt zu uns“, 43). Ältere Grundschul Kinder verstünden Töne im Sinne materieller Objekte („Der Ton fliegt.“, 42). Nur eine Schülerin der 4. Schulstufe verfüge über eine Teilchenstromvorstellung (“Wie Feuer, die Funken“, 43), die Wulf und Euler als “Teilchenstrahlungsvorstellung” deuten (a.a.O.). Rudolf & Wiesner (2001) stellen in ihrer Untersuchung mit 15 Kindern aus einer dritten Schulstufe fest, dass Schüler\*innen physikalische Erklärungen zu Schallentstehung, -ausbreitung und -wahrnehmung verstehen, akzeptieren und anwenden können. Um die sukzessive Ausbreitung von Luftverdichtungen und -verdünnungen zu erklären, wurde den Befragten ein Magnetrollenmodell gezeigt, das aus zylinderförmigen Magneten besteht, die innerhalb von zwei Schienen rollen können und einen Impuls ohne Berührung weitergeben können. 2003 gehen Mazens & Lautrey in der Befragung von 90 Sechs- bis Zehnjährigen der Frage nach, ob und in welchem Ausmaß die Kinder Eigenschaften wie Permanenz, Solidität sowie Gewicht dem Phänomen Schall zuordnen. Sie stellen fest, dass die Ergebnisse stark mit dem Alter der Befragten zusammenhängen. Jüngere Kinder ordnen dem Schall zum Teil alle genannten Eigenschaften zu, je älter die Kinder werden, umso mehr verändert sich die Vorstellung bezüglich der Eigenschaften, wobei sich die Solidität am längsten in den Vorstellungen hält. Auch die phänomenographische Studie von Sonja Veith (2021; 2023), bei der 24 Kinder befragt wurden, zielt darauf ab, „*Erlebensweisen von Grundschul\*innen zur Ausbreitung von Schall zu rekonstruieren*“ (Veith 2023, 6). Dabei kommen eigens konzipierte Experimente wie eine Black Box, in der Schall durch Röhren an unterschiedliche Ausgänge geleitet wird, und ein Schlieren-Imaging-Aufbau, bei dem Schallwellen sichtbar gemacht werden (Veith & Friege 2021), zum Einsatz. Insgesamt werden bei Veith (2021; 2023) im Vergleich zu den früheren Studien eine größere Vielfalt und fachlich differenzierte Erlebensweisen ersichtlich. Die Kategoriensätze beziehen sich auf verschiedene Eigenschaften von Schall (die Ausbreitungsrichtung, die Ausbreitungsgeschwindigkeit, die Lautstärke von Schall) auf das Hören als aktiven, gesteuerten Vorgang sowie auf Medien der Schallausbreitung. Wie Töne und Geräusche erzeugt werden, wird dabei nicht untersucht. Veith findet in ihren Kategoriensätzen sowohl Beispiele für eine materielle Deutung von Schall wie sie schon in den oben angeführten Studien von Kircher & Engel (1994) und Wulf & Euler (1995) gefunden wurden. Sie findet aber, verteilt über drei verschiedene Kategoriensätze, auch Hinweise auf eine prozessbezogene Deutung von Schall, beispielsweise als Wellenvorstellung. Da die Untersuchungsgegenstände bei Veith die aufgeführten Teilaspekte des physikalischen Konstruktes Schall sind, liefert sie keinen Kategoriensatz, der sich explizit auf hierarchisch unterschiedliche Erlebensweisen der Ausbreitung von Tönen beziehen würde.

### **3. Design der Studie**

Im Gegensatz zu den oben genannten Forschungsergebnissen ist die Ausgangslage dieser Studie das Phänomen des Hörens. Ausgehend von den bereits genannten Forschungsergebnissen verfügen Kinder bereits über Wissen zum Hören. Sie wissen, dass Geräusche um die Ecke und auch im Dunkeln gehört werden. Erklärungen dafür sowie tiefergehendes physikalisches Wissen gehören jedoch, ähnlich wie beim Sehen (Murmans 2002), nicht zum Alltagsdenken von Kindern. Die Befragten sollten sich deshalb damit auseinandersetzen, wie Hören und nicht wie Schall funktioniert. Auch wenn die Kinder in ihren Antworten physikalische Begriffe wie Schall und Schallwelle verwendeten, unterscheidet sich die Ausgangslage und Herangehensweise an das Phänomen Hören doch wesentlich von den anderen Studien.

### **4. Datenerhebung**

Die Daten wurden mit Hilfe leitfadengestützter Einzelinterviews erhoben. 26 Kinder zwischen 5 und 15 Jahren, 22 davon im Grundschulalter, hatten die Möglichkeit, sich mit Fragestellungen auseinanderzusetzen, wie sie sich Hören vorstellen, wie Töne und Geräusche entstehen, wie diese zum Ohr gelangen und wie die Ausbreitung in verschiedenen Medien funktioniert (Rehm 2023). Zusätzlich wurden ihnen verschiedene Versuche (Lineal, Gummibandgitarre, zwei Trommeln mit Ball), angelehnt an das Experimentiermaterial der KINT-Box "Schall - Was ist das?" (Westermann Lernwelten), angeboten, die Anlässe bieten, sich mit dem Hören auseinanderzusetzen und das Sprechen darüber erleichtern. Durch das eigene Ausprobieren sollten die Kinder die Möglichkeit bekommen, bestimmte Phänomene des Hörens wie die Tonerzeugung (Lineal und Gummibandgitarre) oder die Tonausbreitung (zwei Trommeln mit Ball) zu erleben (Kosler 2023).

Die Interviews dauerten im Durchschnitt zwischen 20 und 30 Minuten, die Sequenzen wurden audiographiert und im Anschluss erfolgte eine inhaltlich-semantische Transkription nach Dresing & Pehl (2018). Ziel des Forschungsprojektes war es, die Erlebensweisen von Kindern zu verschiedenen Phänomenen des Hörens zu rekonstruieren. Dabei sollte auch geprüft werden, ob Kinder in der Tonerzeugung einen Zusammenhang zwischen Schwingung und Ton sehen, welche Vorstellungen Kinder in Bezug auf die Tonausbreitung haben, inwieweit Kinder Ansätze einer Vorstellung von Schallwellen haben und wo Kinder die Entstehung des Tons als subjektiven Höreindruck lokalisieren.

### **5. Datenauswertung**

Die Auswertung der Interviews erfolgt phänomenographisch (Marton & Booth 1997; Han & Ellis 2019), insbesondere in Anlehnung an Murmann (2002; 2013). Nach Murmann (2013, 7f.) wird die Welt dabei immer als erlebte Welt aufgefasst und das Ziel der Analyse ist das Herausarbeiten von Erlebensweisen von Weltausschnitten. Solche Weltausschnitte werden bei Murmann auch als Phänomene oder Erlebensgegenstände bezeichnet. Mit dem Begriff der Erlebnisweise wird dabei hervorgehoben, dass in der Wahrnehmung Dinge oder Prozesse

immer “als etwas” (a.a.O.) erlebt werden. Dass etwas ein Stuhl oder ein Stein ist, ist also in der Regel schon Teil des Erlebens und wird nicht erst im Nachhinein interpretiert. Das Ziel der Analyse besteht darin, im Datenmaterial zu jedem Erlebensgegenstand einen Kategoriensatz unterschiedlicher Erlebensweisen zu rekonstruieren. Es sollen also alle didaktisch relevanten unterschiedlichen Weisen, in denen ein Erlebensgegenstand erlebt werden kann, herausgearbeitet werden. Der Kategoriensatz wird dabei nach Komplexität hierarchisch geordnet. Die Komplexität umfasst zum einen die Aspektvielfalt, also die Anzahl der wahrgenommenen Aspekte eines Phänomens, und zum anderen die Integriertheit, also die Anzahl an Aspekten, die zueinander in Beziehung gesetzt werden (Marton & Booth 1997, 107; Veith 2023, 4). Die in dieser Analyse als relevant bewerteten und herangezogenen Aspekte orientieren sich dabei am erwünschten Lernziel (Marton & Booth 1997, 107; Murmann, Pech, Schomaker & Stiller 2019, 91; Veith 2023, 4). Lernen kann nach Marton und Booth (1997, 155) als Veränderung der Erlebensweise eines Erlebensgegenstandes verstanden werden. Ein hierarchisch geordneter Kategoriensatz von Erlebensweisen eines Erlebensgegenstandes liefert insofern “empirisch begründete Hinweise für didaktische Konsequenzen” (Murmann et al. 2019, 91), da der Übergang von einer Erlebensebene auf die nächsthöhere als möglicher Lernschritt betrachtet werden kann. Obwohl das Vorgehen bei Marton und Booth (1997) nicht im selben Maße systematisiert dargestellt wird, wie dies beispielsweise in der qualitativen Inhaltsanalyse bei Mayring (2015) oder Kuckartz (2016) der Fall ist (Murmann 2013), lässt sich ein analoges, systematisches Verfahren beschreiben (Murmann 2013; Veith 2021, 106; 2023, 12). Nach Veith (2021, 106; 2023, 12) besteht dies 1) im Vertraut machen mit dem Material, das eine inhaltlich-semantische Transkription und ein mehrfaches Durchgehen des Materials beinhaltet, 2) in der Erfassung, in der Textpassagen vorübergehend einer induktiv-deduktiven Beschreibungskategorie zugeordnet werden, 3) in einer Verdichtung, bei der die Transkripte mit dem Schwerpunkt auf einzelne Erlebensweisen geprüft werden, 4) in einer Integration, in der die Aussagen auf Grundlage ihrer Ähnlichkeiten innerhalb der Beschreibungskategorien zusammengefasst werden, 5) in einer Strukturierung, in der die Kategorien hierarchisiert werden und einen Ergebnisraum bilden und 6) in einer Revision, in der die Ergebnisse auf Grundlage von Gütekriterien überarbeitet werden. Als Gütekriterien fungieren dabei folgende Kriterien von Marton und Booth (1997, 125f.): A) Jede Kategorie steht in einem eindeutigen Verhältnis zum untersuchten Phänomen, sodass jede Kategorie über eine spezifische Wahrnehmungsweise des jeweiligen Phänomens Auskunft gibt. B) Die Kategorien stehen in einem logischen Verhältnis zueinander, das in der Regel hierarchisch ist. C) Es sollen so wenige Kategorien wie möglich, aber so viele wie nötig gebildet werden, um die Variation innerhalb des Datenmaterials zu erfassen.

## 6. Ergebnisse

Im Folgenden werden die hierarchisch geordneten Kategoriensätze zu den vier ausgewählten Erlebensgegenständen dargestellt. Die Tonerzeugung, der Prozess der Tonausbreitung, die Richtung der Tonausbreitung sowie der Entstehungsort des subjektiven Höreindrucks bilden

die vier Erlebensgegenstände, zu denen die befragten Kinder ihre Erlebensweisen ausdrücken und welche dann rekonstruiert und hierarchisiert werden.

### **Erster Erlebensgegenstand: Tonerzeugung**

Mithilfe der Versuche Gummibandgitarre und Lineal können die Kinder den Zusammenhang von Schwingung und Entstehung von Geräuschen erleben. Das Anzupfen der Gummibänder bzw. das Anschlagen des freien Linealstückes an der Tischkante löst eine Bewegung aus, die die Voraussetzung für das Entstehen eines Geräusches ist. Die Kinder äußern sich, während sie die Gitarre anzupfen oder das Lineal anschlagen, dazu, ob sie den Ton und die Schwingung gleichzeitig wahrnehmen. Im Verlauf des Interviews schildern die Kinder, ob und inwiefern sie einen Zusammenhang von Geräusch und Schwingung erkennen.

Im Folgenden ist der Kategoriensatz zum ersten Erlebensgegenstand, der Tonerzeugung, beschrieben. Die Tabelle (Abb. 1) ist hierarchisch aufgebaut, wobei die komplexeste Erlebensweise ganz oben zu finden ist, die am einfachsten zu bewertende am Schluss der Tabelle.

<b>Phänomenographische Kategorien zur Tonerzeugung</b>	
1 Die Art des Tones ist abhängig von der Schnelligkeit der Bewegung	
2a Der Ton entsteht, weil sich etwas bewegt (schwingt, vibriert, wackelt, ...)	2b Die Art des Tones ist abhängig von der Länge, Dicke oder Spannung des Gummibands
3 Der Ton wird durch das Anzupfen ausgelöst (Fokus auf die Tätigkeit)	
4 Es besteht kein Zusammenhang zwischen Wackeln und Ton	

**Abbildung 1:** Phänomenographische Kategorien zur Tonerzeugung

Die nun folgende Beschreibung der einzelnen phänomenographischen Kategorien des ersten Erlebensgegenstands, gestützt durch Aussagen der Kinder im Laufe des Interviews, beginnt mit der am einfachsten zu bewertenden Erlebensweise. Auf dieser aufbauend, erleben die Kinder der hierarchisch höher bewerteten Kategorien andere Aspekte des Erlebensgegenstandes, die auf ein komplexeres Verständnis des Themas hindeuten.

#### *Kategorie 4: Es besteht kein Zusammenhang zwischen Wackeln und Ton*

Beim Anzupfen der Gummibänder oder Anschlagen des Lineals äußern die Kinder, die der Kategorie 4 zugeordnet werden, dass sie das Wackeln und den Ton nicht parallel wahrnehmen. Bei Aussagen, die den Ton vor das Wackeln reihen, wird die Bewegung nicht als Ursache für Geräusche erkannt.

Folgende Interviewsequenzen lassen sich der Kategorie 4 zuordnen:

Marie, 8 Jahre (Pos. 46-53)
I: Aha, ok. Und das heißt, du hast Töne, du hast jetzt da Musik erzeugt, oder Töne, oder Geräusche oder wie man das nennen will. Und ähm siehst du und hörst du das gleichzeitig? B: Hm (verneinend) I: Also, wenn du da das [...] anschlägst, das Vibrieren und das Hören ist das [...] gleichzeitig? Magst du noch einmal probieren? B: (Schlägt mehrmals an) Hm (nachdenkend). Nein. I: Ok. Was ist früher? B: Ähm (schlägt an), der (.) Ton. I: Der Ton ist vor dem Schwingen? B: (Nickt)
Christina, 6 Jahre (Pos. 54-58)
I: Ja? Ok. Und ähm, hörst du den Ton und siehst du das Hüpfen gleichzeitig? B: Hm (verneinend) I: Tun wir noch einmal so und du darfst einmal probieren. B: (Schlägt langen Überstand an) I: Ist das gleichzeitig? B: Hm (verneinend) I: Nein? Und was ist denn vorher? Das Hüpfen oder der Ton? B: Ton.

**Abbildung 2:** Interviewsequenzen zu Kategorie 4 (Erlebensgegenstand Tonerzeugung)

### *Kategorie 3: Der Ton wird durch das Anzupfen ausgelöst*

Die Kinder nehmen die Bewegung (des Lineals, der Gummibänder) parallel zu dem Geräusch wahr, allerdings erleben sie den Ton als etwas, das durch eine Tätigkeit (Anzupfen, Anschlagen) hervorgerufen wird. Sie sehen das Schwingen, ihr Fokus liegt aber auf der Verrichtung des Anzupfens.

Emma, 7 Jahre (Pos. 58-60)
B: (Schlägt an) Ja. Das ist genau gleichzeitig. Wenn man es bewegt, da kommt genau der Ton raus. Genau, wenn man es bewegt. Wenn es sich dreht, dann flappert es, dann kommt der Ton raus. Das ist genau gleichzeitig. [...] B: Ja, die Bewegung macht das Geräusch. Schau, sonst ist es ja nicht da. (Schlägt an) Ich kann es auf ganz verschiedene Arten machen (schlägt kurze und längere Überstände an). Es klingt immer komplett anders.
Hanna, 5 Jahre (Pos. 96-99)
I: Ok. Gut. Kannst du da auch etwas sehen, während du das anzupfst? B: Ich spanne es. I: Du spannst es. Und dann, wenn du loslässt? B: (Zupft) Dann entsteht ein Ton.

Tim, 8 Jahre (Pos. 47-48)
I: Ja? Kann das miteinander zusammenhängen?
B: (Schlägt an) Hm (bejahend). Hm (bejahend), ja, weil es muss sich ja irgendwie ein bisschen bewegen, damit ein Ton kommt.

**Abbildung 3:** Interviewsequenzen zu Kategorie 3 (Erlebensgegenstand Tonerzeugung)

*Kategorie 2a: Der Ton entsteht, weil sich etwas bewegt (schwingt, vibriert, wackelt)*

Die Erlebnisweise, die dieser Kategorie zugeordnet wird, bringen Kinder zum Ausdruck, die erklären, dass ein Ton entsteht, weil sich etwas bewegt. Diese Kinder erleben die Bewegung ursächlich für das Geräusch, nicht die Tätigkeit (vgl. Kategorie 3). Die Ausdrucksweise variiert, die Kategorie schließt auch Beschreibungen wie “schwingen, vibrieren, wackeln” o.ä. mit ein.

Jonas, 8 Jahre (Pos. 56-58)
B: Das Lineal macht die Schallwellen, wenn man es bewegt.
I: Ah, das Lineal macht die Schallwellen?
B: Nein, wenn es so macht (schwingt).
Benjamin, 10 Jahre (Pos. 54-74)
B: (...) Ähm, die Gummibänder vibrieren, (.) dann sind Wellen in der Luft. [...]
I: [...] Ist diese Welle [...], was ist diese Welle?
B: Das ist ein Ton.

**Abbildung 4:** Interviewsequenzen der Kategorie 2a (Erlebensgegenstand Tonerzeugung)

*Kategorie 2b: Die Art des Tones ist abhängig von der Länge, Dicke oder Spannung des Gummibands*

Einige Kinder bemerken und äußern sich zu den verschiedenen Tonhöhen, und stellen einen Zusammenhang von Länge, Dicke oder Spannung der Gummibänder und der Art der Töne her. Frühere Erfahrungen mit einer Gitarre veranlassen manche Kinder zu einem Bezug von Spannung und Tonhöhe.

Die Kinder, die dieser Kategorie zugeordnet werden, nehmen verschiedene Töne wahr, wenn sie die Gummibänder der Gummibandgitarre anzupfen. Sie erklären sich das durch die unterschiedliche Länge, Dicke oder Spannung der Gummibänder. Die unterschiedliche Schnelligkeit der Schwingbewegung wird nicht thematisiert.

Tobias, 11 Jahre (Pos. 45-47)
B: (Zupft) Das ist wie bei der Gitarre.
I: Aha. Ist das, sind das die gleichen Töne?

B: Nein. Das (blaue Gummiband) ist fester gespannt, hat einen höheren Ton. Das (rote Gummiband) ist ein bisschen lockerer. Hat einen tieferen. (Zupft) und das (grüne Gummiband) ist ganz locker. Ganz tief.
Jakob, 9 Jahre (Pos. 71-76)
B: (Spannt Gummiringe) Das ist am längsten. [...] B: Hm (bejahend), das macht einen anderen Ton. (Zupft) I: Aha. Ok. Das Längste, was macht das für einen Ton? B: (Zupft) Hm (nachdenkend), den tiefsten. Das macht einen höheren, und das am höchsten.
Martina, 8 Jahre (Pos. 37-38)
I: Ok. (..) (B zupft mehrmals) Kannst du dir vorstellen, warum die unterschiedlich sind, die Geräusche? B: Ja, wahrscheinlich weil die Gummibänder unterschiedlich lang sind.

**Abbildung 5:** Interviewsequenzen der Kategorie 2b (Erlebensgegenstand Tonerzeugung)

*Kategorie 1: Die Art des Tones ist abhängig von der Schnelligkeit der Bewegung*

Die bisher angeführten Aussagen lassen sich klar abgrenzen zu den Aussagen, die der ersten Kategorie zugeordnet werden. Hier erleben die Kinder nicht nur unterschiedliche Töne beim Anzupfen der Gummibandgitarre oder des Lineals, sondern bringen die Schnelligkeit der Schwingbewegung damit in Zusammenhang. Diese Erlebnisweise entspricht der physikalischen Vorstellung, dass die Tonhöhe von der Frequenz der Schwingung bestimmt wird.

Jonas, 8 Jahre (Pos. 86-90)
B: Ja, so auf, schnell auf und ab. I: Ganz schnell auf und ab? Bei allen drei Gummibändern gleich? B: (Zupft) Bei dem geht es langsamer. I: Ok. Beim grünen geht es langsamer? B: Ja.
Jakob, 9 Jahre (Pos. 81-84)
I: Aha. Ok. Ist das bei allen drei Gummibändern gleich? Das, was du da siehst? B: Nein. I: Dann probiere einmal. Beschreibe mir einmal, wie das ist. B: (Zupft) Der ist schneller. Und der ist am schnellsten, weil das am leichtesten gespannt ist. Das hüpfte dann hinauf und bleibt. Und bei dem (zupft blaues Band) hinauf, hinunter. Und bei dem: geht hinauf und vibriert weiter.
Julia, 15 Jahre (Pos. 67)
B: (Zupft) Schwingt der (grün) langsamer als der (blau)? (..) Rein theoretisch schon. (Zupft) Er schwingt langsamer. Den sieht man besser. Und er schwingt größer.

**Abbildung 6:** Interviewsequenzen der Kategorie 1 (Erlebensgegenstand Tonerzeugung)



## Zweiter Erlebensgegenstand: Prozess der Tonausbreitung

In erster Linie erfolgt das Gespräch über die Vorstellungen, wie sich Töne ausbreiten, mithilfe eines Arbeitsblattes, auf dem eine Gitarre und mit einigem Abstand ein Ohr abgebildet sind. Darauf skizzieren einige Kinder ihre Vorstellungen zur Tonausbreitung und erläutern diese näher. Die Kinder überlegen, wie ein Ton zum Ohr gelangt, der durch Anzupfen der Gitarre erzeugt wird. Zu Beginn des Interviews äußern alle befragten Kinder, dass das Ohr das Sinnesorgan zum Hören ist. Im weiteren Verlauf des Gesprächs erzeugen die Schüler\*innen durch das Anzupfen der Gummibänder und durch das Anschlagen des Lineals selbsttätig Geräusche. Im Gespräch über das Arbeitsblatt werden beide Aspekte miteinander verknüpft, und die Kinder können ihre Überlegungen und Vorstellungen auch zeichnerisch festhalten.


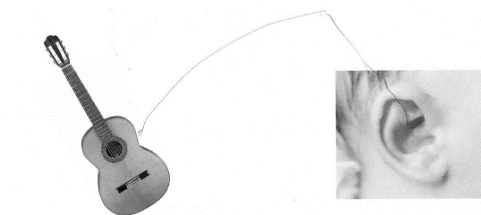
Phänomenographische Kategorien zum Prozess der Tonausbreitung		
1 Ausbreitung erfolgt über Teilchen, die Wackeln weitergeben		
2 Ausbreitung erfolgt durch Wellen		
a Wellen breiten sich wie Wasserwellen aus	b Wellen sind Kreisabschnitte	c Wellen sind Wellenlinien
3 Luft leitet den Ton		
4 Ausbreitung erfordert Luft		
5 Eine Schallwelle als Objekt breitet sich aus		
6 Ein Ton als Objekt breitet sich aus, der Ton fliegt		

**Abbildung 7:** Phänomenographische Kategorien zum Prozess der Tonausbreitung

Die im Folgenden detaillierte Darstellung der einzelnen Kategorien erfolgt wieder hierarchisch geordnet, beginnend mit der einfachsten Erlebensweise (Kategorie 6).

### *Kategorie 6: Ein Ton als Objekt breitet sich aus, der Ton fliegt*

Analog zu den Ergebnissen von Wulf und Euler (1995), zeichnen manche Kinder eine Linie von der Gitarre zum Ohr, auf der der Ton als materielles Objekt sich bewegt. Der Ton, also ein Objekt, "fliegt" zum Ohr. Bemerkenswert ist die Darstellungsweise eines Mädchens, das die Töne als Noten zeichnet (siehe Abb. 8 oben).

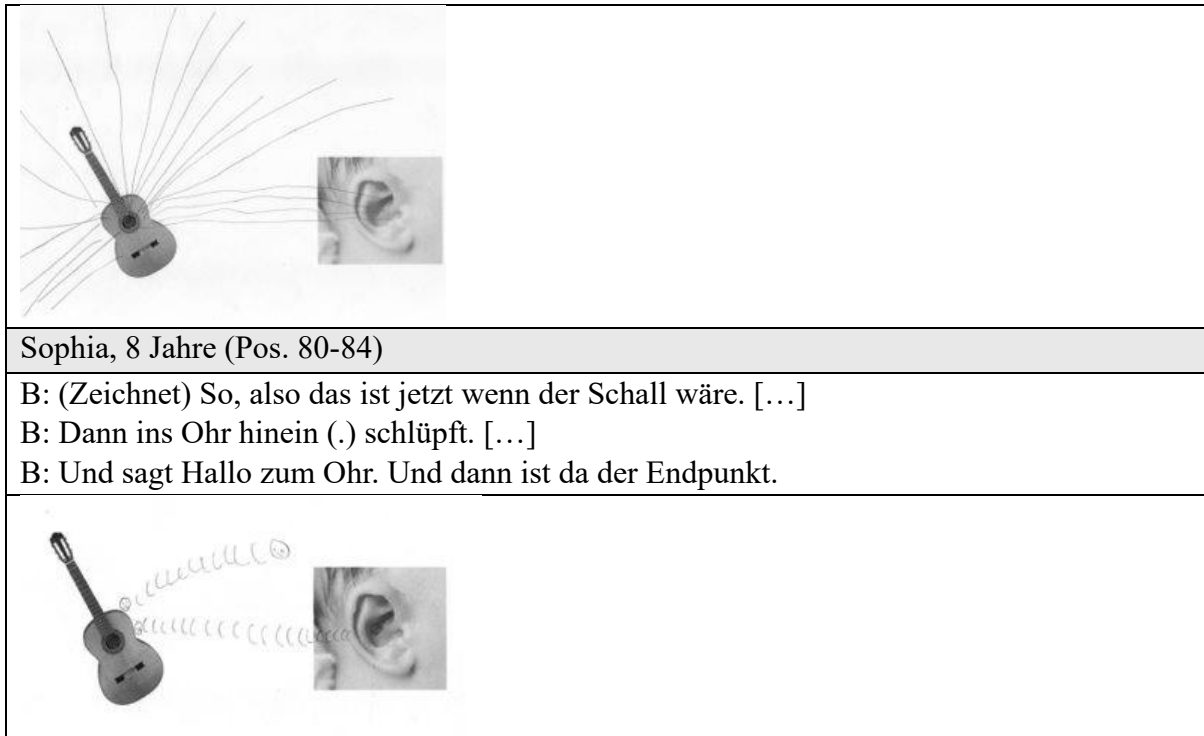
Emma, 7 Jahre (Pos.86-90)
B: Ich stelle mir vor, dass das so/, dass die Melodie dann zum Ohr geht. (Zeichnet) [...] B: Aber die sind wie unsichtbar. Kann man also gar nicht sehen.

Hanna, 5 Jahre (Pos. 115)
B: Hm (nachdenkend) (zeichnet) Da geht es so rauf, und dann zum Ohr.


**Abbildung 8:** Interviewsequenzen zu Kategorie 6 (Erlebensgegenstand Prozess der Tonausbreitung)

*Kategorie 5: Eine Schallwelle als Objekt breitet sich aus*

Die Kinder gebrauchen den Begriff der Schallwellen, die Vorstellung ist jedoch objekthaft, sie stellen sich die Töne gegenständlich vor. Teilweise werden sie personifiziert, die Töne würden ins Ohr schlüpfen und Hallo sagen (siehe Sophia, 8 Jahre).

Marie, 8 Jahre (Pos. 77-84)
I: Ok. Gut. Dann möchte ich dich gerne fragen, wie du glaubst, dass diese Töne von zum Beispiel einer Gitarre zum Ohr kommen. (.) Wir haben jetzt da eine Gummigitarre gehabt, und wir haben da etwas gehört. Das heißt, die Töne, die da entstanden sind, sind irgendwie zu unserem Ohr gekommen. B: Schallwellen? [...] I: Ah, da sind mehrere. Sind das die einzelnen Töne? B: Hm (nachdenkend), ja. (Zeichnet)



Sophia, 8 Jahre (Pos. 80-84)

B: (Zeichnet) So, also das ist jetzt wenn der Schall wäre. [...]

B: Dann ins Ohr hinein (.) schlüpft. [...]

B: Und sagt Hallo zum Ohr. Und dann ist da der Endpunkt.

**Abbildung 9:** Interviewsequenzen zu Kategorie 5 (Erlebensgegenstand Prozess der Tonausbreitung)

#### *Kategorie 4: Ausbreitung erfordert Luft*

Es gibt Kinder, die die Luft als Ausbreitungsmedium thematisieren. Das erfolgt an verschiedenen Stellen im Interview. Einige Kinder kommen darauf zu sprechen, wenn sie erklären, wie Töne von der Gitarre zum Ohr gelangen, andere Kinder denken darüber nach, ob man im Weltall, also im Vakuum, etwas hören kann, und benennen an dieser Stelle die Notwendigkeit von Luft als Übertragungsmedium.

Jakob, 9 Jahre (Pos. 85-86)

I: Wie kommen die (Geräusche) eigentlich zu unserem Ohr?

B: Durch die Luft, die zu uns kommt. Und das ist gleich wie eine Schallwelle. Weil da braucht man die Luft, ohne der Luft könnten wir nicht leben. Und wir brauchen das halt, dass das alles zu uns kommt. Sonst kommt es nicht zu uns.

**Abbildung 10:** Interviewsequenzen zu Kategorie 4 (Erlebensgegenstand Prozess der Tonausbreitung)

#### *Kategorie 3: Luft leitet den Ton*

Aussagen, die dieser Kategorie zugeordnet werden, thematisieren die Luft als Notwendigkeit zum Hören. Abgrenzend zu Kategorie 4 artikulieren die Kinder hier die Funktion der Luft, dass die Luft Töne übertragen oder leiten würde.

Daniel, 10 Jahre (Pos. 80)
B: Ich glaube, das wird so über die Luft übertragen. Also dass der Wind, also sozusagen die Luft das hin- und herweht und dann irgendwie und dann eben die Ohren wie ein Trichter das auffängt.
Hermann, 10 Jahre (Pos. 110-116)
B: Nein, da [im Weltall] kann man nichts hören. I: Aha. Warum denn nicht? B: (.) Weil man / weil es dort keine Luft gibt. Weil es nicht überall einfach ist und es nicht weiterkann. I: Es kann nicht weiter? Braucht es die Luft, um weiterzugehen? B: Ja. I: Aha. Und wie? B: Hm (nachdenkend), also (.) die Luft trägt das (Geräusch). Und deswegen kann es so fließen.

**Abbildung 11:** Interviewsequenzen zu Kategorie 3 (Erlebensgegenstand Prozess der Tonausbreitung)

*Kategorie 2: Ausbreitung erfolgt durch Wellen*



Einige Kinder erleben die Tonausbreitung durch Wellen, die entweder als Kreisabschnitte oder als Wellenlinien dargestellt werden. Ein Junge erklärt, dass sich Geräusche analog zu Wasserwellen ausbreiten. Auffallende Unterschiede können in der Darstellungsweise des Tones/Schalles festgestellt werden.

*Kategorie 2a: Töne breiten sich wie Wasserwellen aus*


Mario, 8 Jahre (Pos.60-63)
I: [...] Und wie ist das, wie stellst du dir das vor, wenn die Geräusche da entstehen (zeigt auf Gummigitarre), wie kommen die überhaupt in unser Ohr? B: Mit Wellen. I: Ah! Wellen, ja, genau. (.) Und diese Wellen, wie breiten sich die aus? [...] B: Eigentlich finde ich sie so wie im Meer, nur dass sie (.) schneller beben. Und so, ganz langsam, so eindringen.

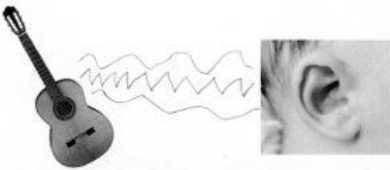
**Abbildung 12:** Interviewsequenzen zu Kategorie 2a (Erlebensgegenstand Prozess der Tonausbreitung)

*Kategorie 2b: Wellen sind Kreisausschnitte*

Mia, 8 Jahre (Pos. 86-90)
B: (Zeichnet) Da ist das Gummiband, (.) das vibriert so (zeigt vibrieren), [...] B: Und dann (zeichnet) (.) kommen da so (..) Wellen zum Ohr.

Tim, 8 Jahre (Pos. 96-100)
B: Mach ich einmal einen hellen, der ist dann aber kleiner (zeichnet). Hört man nicht immer, aber beim tiefen ist es dann immer groß, groß, groß, da hört man es dann besser. Glaub ich mal. I: Also einen tiefen Ton hört man weiter? [...] B: Hm (bejahend), ja, weil der ist ja am Anfang größer und dann verliert er. [...]


**Abbildung 13:** Interviewsequenzen zu Kategorie 2b (Erlebensgegenstand Prozess der Tonausbreitung)*Kategorie 2c: Wellen sind Wellenlinien*

Noah, 9 Jahre (Pos. 70-76)
B: Und dann wird das halt da/ die Bänder vibrieren, das sind die Bänder [...] B: Die drei. Und das wird dann so vibrieren und das wird dann irgendwie so zum Ohr rauf gehen. [...] B: Das wird dann so Wellen sein oder was.


Hermann, 10 Jahre (Pos. 90)
B: (Zeichnet) Verschieden, je nach Ton kann es auch so.


**Abbildung 14:** Interviewsequenzen zu Kategorie 2c (Erlebensgegenstand Prozess der Tonausbreitung)

*Kategorie 1: Ausbreitung erfolgt über Teilchen, die das Wackeln weitergeben*

Die hierarchisch am höchsten eingeordnete Erlebensweise umfasst Äußerungen, die die Weitergabe von wackelnden Teilchen thematisiert. Dass die Ausbreitung von Schall als Weitergabe einer Schwingung durch Teilchen betrachtet werden kann, entspricht der physikalischen Vorstellung dieses Vorganges.

Julia, 15 Jahre (Pos. 95)
B: //Nein, das sind so / Teilchen, das Teilchen stupst das an, und schupft das das nächste Teilchen weiter.
Margarete, 13 Jahre (Pos. 51-55)
B: Weil das stößt so die Teilchen in der Luft an, wenn es vibriert. Und dadurch entsteht irgendwie die Schallwelle. [...]
I: Also Teilchen in der Luft werden angeschubst? Ok. Gehen die Luftteilchen dann selber weiter, oder schubsen sie nur an?
B: Die schubsen sich so gegenseitig. Weiter. Also ich schubse den, und der schubst dann weiter. Und immer so weiter.

**Abbildung 15:** Interviewsequenzen zu Kategorie 1 (Erlebensgegenstand Prozess der Tonausbreitung)

**Dritter Erlebensgegenstand: Richtung der Tonausbreitung**

Ein weiterer Aspekt der Tonausbreitung ist die Richtung. Die befragten Kinder äußern sich zu verschiedenen Zeitpunkten des Interviews dazu, wohin sich Töne ausbreiten.

<b>Phänomenographische Kategorien zur Richtung der Tonausbreitung</b>
1 Töne gehen überall hin
2 Töne gehen nur dorthin, wo sie gehört werden

**Abbildung 16:** Phänomenographische Kategorien zur Richtung der Tonausbreitung

*Kategorie 2: Töne gehen nur dorthin, wo sie gehört werden*

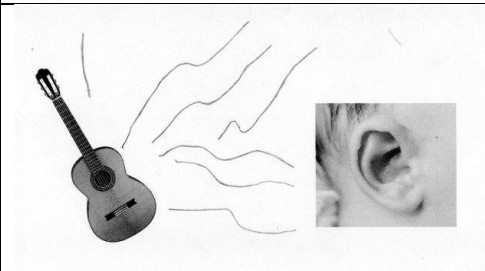
Auffällig ist, dass manche Kinder, die Töne objekthaft wahrnehmen, diesen auch quasi einen Willen zuschreiben. Diese Kinder erläutern, dass Töne sich nur dorthin ausbreiten, wo sie auch gehört werden.

Jonas, 8 Jahre (Pos. 116-121)
I: Und wenn ich jetzt da / da ist nur ein Ohr aufgezeichnet, gell? Wenn wir uns jetzt vorstellen, dass da noch ein Ohr ist, geht dann der Ton dort auch hin?
B: Äh, ja.
I: Hm (nachdenkend). Und wenn da kein Ohr ist? Geht der Ton dann hin?
B: Nein.
I: Also nur dort, wo auch jemand etwas hört? (.) Wie weiß der Ton das?
B: Äh, das weiß ich nicht.
Leon, 7 Jahre (113-116)
I: Ok. Und diese Schallwellen, wenn die da bei der Gitarre entstehen, gehen die nur zum Ohr, (.) oder gehen die woanders auch noch hin?
B: Äh, ins Ohr rein.
I: Nur in dein Ohr?
B: Auch in andere Ohren. Von anderen Menschen. [...]

**Abbildung 17:** Interviewsequenzen zu Kategorie 2 (Erlebensgegenstand Richtung der Tonausbreitung)

### *Kategorie 1: Töne gehen überall hin*

Einige Schüler\*innen erklären und zeichnen eine kreisförmige Ausbreitung. Andere beschreiben lediglich, dass sich die Töne “überallhin” ausbreiten würden.

Daniel, 10 Jahre (Pos. 89-90)
I: Ah, ok. Und ich habe da jetzt nur ein Ohr gezeichnet. Wenn da jetzt noch jemand wäre, kommt dann der Ton dort auch hin?
B: Ja. Weil die Schwingungen gehen in alle Richtungen.

Tim, 8 Jahre (Pos. 91-94)
I: Ah, ok. Und wohin geht der Ton dann?
B: In alle Richtungen. Oben, unten, links, rechts, Nord, West, Süd, Ost. [...]
B: Einfach in alle Richtungen, bis er eben ganz klein wird.
Noah, 9 Jahre (Pos. 46-52)
B: Das wird so/ das Schwingen erzeugt Schallwellen und das geht ins Ohr [...]
I: Geht das nur zu dir ins Ohr? Oder geht das zu mir ins Ohr?

<p>B: Zu allen. Überall, also jeder, der was halt da ist.  I: Ok, und wenn da jetzt niemand sitzt, da zwischen uns?  B: Dann würde es trotzdem hingehen, aber es hört halt keiner.</p>
--

**Abbildung 18:** Interviewsequenzen zu Kategorie 1 (Erlebensgegenstand Richtung der Tonausbreitung)

#### **Vierter Erlebensgegenstand: Entstehungsort des Höreindrucks**

Neben den Gegenständen, die tatsächlich im engen Sinne erlebbar sind, äußern sich die Kinder auch dazu, wo denn der tatsächliche Höreindruck entsteht. Diesen Aspekt betrachten wir gesondert, da er sich abstrakter darstellt und nicht wirklich erlebbar ist.

<b>Phänomenographische Kategorien zum Entstehungsort des Höreindrucks</b>
---

1 Man hört erst mit dem Gehirn
--------------------------------

2 Schallwellen werden im Körper weitergeleitet (zum Gehirn)
---

3 Der Höreindruck entsteht bereits an der Schallquelle
--

**Abbildung 19:** Phänomenographische Kategorien zum Entstehungsort des Höreindrucks

#### *Kategorie 3: Der Höreindruck entsteht bereits an der Schallquelle*

Für Kinder, die Töne als Objekte begreifen, entsteht der Ton bereits an der Schallquelle. Für diese Kinder ist der Ton also schon dort als Höreindruck zu finden, wo er entsteht.

Emma, 7 Jahre (Pos. 84-86)
----------------------------

B: Die (Gitarre) macht einen Ton. [...] Ich stelle mir vor, dass das so/ dass die Melodie dann zum Ohr geht. (zeichnet)
---

Sophia, 8 Jahre (Pos. 80-86)
------------------------------

B: (Zeichnet) So, also das ist jetzt wenn der Schall wäre. [...] Dann ins Ohr hinein (.) schlüpft. Und sagt Hallo zum Ohr. Und dann da ist der Endpunkt.
--

I: Aha. Und bleibt der Ton dann da drinnen im Ohr?
--

B: Nein. Ich glaube, der geht irgendwie wieder raus (lacht). Weil sonst würde man es ja immer hören.
--

**Abbildung 20:** Interviewsequenzen zu Kategorie 3 (Erlebensgegenstand Entstehungsort des Höreindrucks)

#### *Kategorie 2: Schallwellen werden im Körper weitergeleitet (zum Gehirn)*

Einige Kinder nennen das Gehirn als Stelle im Körper, an die die Schallwellen weitergeleitet werden.

Philipp, 7 Jahre (Pos. 16)
----------------------------

B: Nämlich (.) der Schall kommt ins Ohr. Dann (..) kommt er zum Trommelfell. [...] Und das wird dann über die Nerven zum Gehirn geleitet.
---



Tobias, 11 Jahre (Pos. 8)
Wenn also der Sch/die Töne, die wir hören, sind Schallwellen. Und die treffen halt dann auf die Ohrmuschel. Die Ohrmuschel leitet sie durch einen Trichter zum Trommelfell weiter. Im Trommelfell, das vibriert dann so. Und leitet es weiter an Hammer, Amboss und Steigbügel. [...] Dann kommt so ein, das Hinterohr. Das Hinterteil vom Ohr. Und da ist so eine Flüssigkeit drin, die bringt es dann so zum Schwingen. Und durch Nerven wird das dann alles weitergeleitet ins Gehirn.

**Abbildung 21:** Interviewsequenzen zu Kategorie 2 (Erlebensgegenstand Entstehungsort des Höreindrucks)

### *Kategorie 1: Man hört erst mit dem Gehirn*

Alle Kinder nennen das Ohr oder die Ohren als Notwendigkeit für das Hören. Manche erklären, dass Schallwellen zwar mit den Ohren aufgenommen werden, das Gehirn würde die Schallwellen dann aber erst in Töne umwandeln. Andere formulieren, dass man erst mit dem Gehirn hört.

Noah, 9 Jahre (Pos. 58)
B: Je nachdem, wie fest das (Trommelfell) wahrscheinlich vibriert, wie die Gummibänder, wird es das merken, und wird es dann an das Gehirn weiterleiten und das wird das dann halt als Ton empfinden.
Marie, 8 Jahre (Pos. 86)
B: Ja. Und das (Trommelfell) leitet das dann weiter ins Gehirn. Und da wird was Sinnvolles daraus.
Mario, 8 Jahre (Pos. 114)
B: Eigentlich dringt das Unsichtbare (die Welle) hinein und der Körper leitet es dann weiter ans Gehirn noch, und dann wird die Welle verwandelt in Ton.

**Abbildung 22:** Interviewsequenzen zu Kategorie 1 (Erlebensgegenstand Entstehungsort des Höreindrucks)

## **7. Diskussion**

Im Rahmen dieser Studie wurden Erlebensweisen von Grundschüler\*innen zum Phänomen des Hörens rekonstruiert. Hinausgehend über die Studie von Veith (2023) konnte dabei ein Kategoriensatz zur Tonentstehung rekonstruiert werden. Abweichend von Wulf & Euler (1995) kann die Hypothese von Kircher & Engel (1994) bestätigt werden, dass manche Kinder anhand geeigneter Versuche selbständig Schwingungen als Ursachen von Tönen identifizieren können, aber auch, dass dies nicht alle Kinder tun. Da in der vorliegenden Studie nicht die Erlebensweisen von Kindern im Hinblick auf das physikalische Konstrukt des Schalls in Teilaspekten untersucht wurde, sondern das Phänomen des Hörens, konnte ein Kategoriensatz für die Tonausbreitung rekonstruiert werden. In der Kategorie 2, in der Kinder in allen drei Varianten mit Wellen argumentieren, zeigt sich explizit eine prozesshafte Vorstellung der Tonausbreitung. Ansätze für eine Wellenvorstellung auf Teilchenebene (Kategorie 1) konnten

jedoch erst bei Kindern jenseits des Grundschulalters gefunden werden. Für den Kategoriensatz zur Richtung der Tonausbreitung wurden die Skizzen, die die Kinder von der Tonausbreitung angefertigt haben, ausgewertet. Eine Unterscheidung zwischen 2- und 3-dimensionalen Vorstellungen der Tonausbreitung, wie sie Veith (2023) gefunden hat, konnte so nicht vorgenommen werden. Der Kategoriensatz zum Entstehungsort des subjektiven Höreindrucks enthält als höchste Kategorie die Einsicht, dass der subjektive Höreindruck erst im Gehirn entsteht. Diese fachlich zutreffende Vorstellung (Bear, Connors & Paradiso, 2018) ist bisher in keiner der aufgeführten Studien identifiziert worden und sie findet sich bereits bei 8-jährigen Kindern.

## Literatur

- Bear, M. F., Connors, B. W. & Paradiso, M. A. (Hrsg.) (2018): Neurowissenschaften. Berlin.
- Dresing, T. & Pehl, T. (2018): Praxisbuch Interview, Transkription & Analyse: Anleitungen und Regelsysteme für qualitativ Forschende. 8. Auflage. Marburg.
- Han, F., & Ellis, R. A. (2019): Using phenomenography to tackle key challenges in science education. <https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2019.01414/full> [19.08.2024].
- Jeschonek, S. (2012): Entwicklung des Verständnisses zum Thema Akustik bei Kindern im Alter von 3 bis 10 Jahren. In: Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.): Wissenschaftliche Untersuchung zur Arbeit der Stiftung "Haus der kleinen Forscher". Band 4. Schaffhausen, S. 84-108.
- Jonen, A., Nachtigäller, I., Baumann, S. & Möller, K. (2008): Schall – was ist das? Mit Kindern Schallerzeugung, Schallübertragung, das Hören, Lärm und Musikinstrumente erforschen. Klassenkisten für den Sachunterricht. Essen.
- Kattmann, R., Duit, R., Gropengiesser, H. & Komorek, M. (1997): Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 3, Nr. 3, 2-18.
- Kircher, E. & Engel, C. (1994): Schülervorstellung über Schall. In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe, 22, Nr. 2, 53-57.
- Kloppenburg, L. (2020): Schülervorstellungen von Grundschulern zum Thema „Schall“. <http://www.thomas-wilhelm.net/arbeiten/Schall.pdf> [15.10.2023].
- Kosler, T. (2023): Der Prozess des Hörens als Gegenstand des Sachlernens. PrimEl. In: Wissenschaftskommunikation barrierefrei: Mit der Praxis, 01, 72-93.
- Kuckartz, U. (2016): Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Weinheim, Basel.
- Marton, F., & Booth, S. (1997): Learning and awareness. Mahwah, N. J.
- Mayring, P. (2015): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Weinheim, Basel.
- Mazens, K. & Lautrey, J. (2003): Conceptual change in physics: children's naïve representations of sound. In: Cognitive Development, 18, 159-176.
- Murmann, L. (2002): Physiklernen zu Licht, Schatten und Sehen: Eine phänomenographische Untersuchung in der Primarstufe. Berlin.
- 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, 19, 1–15.
- Murmann, L., Pech, D., Schomaker, C., & Stiller, J. (2019): „Aus der Perspektive von Kindern“: Inwiefern kann der Forschungsansatz der Phänomenographie ein Impuls für die Beschreibung kindlicher Lernentwicklung und die Formulierung von Kompetenzniveaus sein? In: GDSU-Journal, 9, 82–94.
- Rehm, W. (2023): (Wie) Kannst du mich hören? Einzel-Interviewgespräche mit 26 Kindern und kleine Versuche zum Ausprobieren. PrimEl. In: Wissenschaftskommunikation barrierefrei: Mit der Praxis, 01, 28-48.
- Rudolf, S. & Wiesner, H. (2001): Können Grundschul Kinder grundlegende Phänomene zum Schall verstehen. In: Zur Didaktik der Physik und Chemie, Tagung 2000, 159-161.
- Veith, S. (2021): „Also ein Schall bleibt halt ein bisschen“ – kindliche Wahrnehmungen des Begriffskonstrukts „Schall“. In: GDSU Journal, 11, 100-113.
- Veith, S. (2023): Die Ausbreitung von Schall aus der Perspektive von Grundschulkindern – eine phänomenographische Studie. <https://link.springer.com/article/10.1007/s40573-023-00154-z> [19.08.2024].
- Veith, S. I., & Friege, G. (2021): Making sound visible – a simple schlieren imaging setup for schools. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/abd2cb> [15.10.2023].
- Wulf, P. & Euler, M. (1995): Ein Ton fliegt durch die Luft. Vorstellungen von Primarstufenkindern zum Phänomenbereich Schall. In: Physik in der Schule, 33, 254-260.