

# **Schülervorstellungen von Grundschülern zum Thema „Schall“**

Wissenschaftliche Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für das  
Lehramt an Grundschulen im Fach Sachunterricht  
Schwerpunkt: Physik

Eingereicht der Hessischen Lehrkräfteakademie

- Prüfungsstelle Frankfurt am Main -

Abgabedatum: 19.05.2020

Verfasserin: Linda Kloppenburg

Gutachter: Prof. Dr. Thomas Wilhelm

## **Inhaltsverzeichnis**

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Einleitung                                                         | 1  |
| 2. Fachwissenschaftlicher Hintergrund                                 | 2  |
| 2.1 Schallentstehung                                                  | 2  |
| 2.2 Schallausbreitung                                                 | 3  |
| 2.3 Schallwelle                                                       | 4  |
| 2.4 Schallfeldgrößen                                                  | 5  |
| 2.5 Frequenzbereiche                                                  | 6  |
| 2.6 Grundbegriffe - Ton, Klang, Geräusch, Knall                       | 7  |
| 2.7 Schallempfang                                                     | 9  |
| 2.7.1 Das menschliche Ohr                                             | 9  |
| 2.7.2 Schalldruckpegel und Lautstärke                                 | 10 |
| 2.7.3 Lärm und Lärmschutz                                             | 11 |
| 2.8 Besonderheiten von Schall                                         | 12 |
| 2.8.1 Reflexion                                                       | 13 |
| 2.8.2 Brechung                                                        | 13 |
| 2.8.3 Beugung                                                         | 15 |
| 2.8.4 Absorption                                                      | 15 |
| 3. Fachdidaktische Grundlagen                                         | 16 |
| 3.1 Lernen im Physikunterricht                                        | 17 |
| 3.2 Entstehung von Schülervorstellungen                               | 18 |
| 3.3 Didaktische Rekonstruktion                                        | 20 |
| 3.4 Umgang mit Schülervorstellungen                                   | 21 |
| 3.5 Konzeptwechsel                                                    | 22 |
| 3.6 Bisherige Forschungsergebnisse zu Schülervorstellungen zum Schall | 23 |
| 4. Empirie                                                            | 25 |
| 4.1 Qualitative und Quantitative Forschung                            | 25 |
| 4.2 Leitfadengestütztes Interview                                     | 26 |
| 5. Erhebung                                                           | 28 |
| 5.1 Grundlage des Interviews - Schallsender                           | 28 |
| 5.1.1 Saite                                                           | 28 |
| 5.1.2 Membran                                                         | 29 |
| 5.1.3 Stimmgabel                                                      | 30 |
| 5.2 Interviewdurchführung                                             | 30 |
| 5.3 Interviewleitfaden                                                | 32 |

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| 6. Aufbereitung und Auswertung                                      | 34 |
| 6.1 Transkription                                                   | 34 |
| 6.2 Redigieren der Aussagen                                         | 35 |
| 6.3 Ordnen der Aussagen                                             | 36 |
| 6.4 Explikation                                                     | 37 |
| 6.5 Einzelstrukturierung und Gesamtauswertung                       | 38 |
| 7. Explikation und Einzelstrukturierung                             | 38 |
| 7.1 Leon                                                            | 39 |
| 7.2 Inga                                                            | 40 |
| 7.3 Lukas                                                           | 41 |
| 7.4 Robert                                                          | 43 |
| 7.5 Sophia                                                          | 46 |
| 7.6 Helena                                                          | 48 |
| 7.7 Linus                                                           | 49 |
| 7.8 Jasper                                                          | 50 |
| 7.9 Lena                                                            | 51 |
| 7.10 Sarah                                                          | 53 |
| 7.11 Samira                                                         | 55 |
| 7.12 Rafael                                                         | 55 |
| 8. Gesamtauswertung                                                 | 58 |
| 9. Vergleichende Stellungnahme mit bisherigen Forschungsergebnissen | 62 |
| Abbildungs- und Tabellenverzeichnis                                 | 67 |
| Literaturverzeichnis                                                | 68 |
| Quellenverzeichnis                                                  | 71 |
| Anhang                                                              | 72 |

## 1. Einleitung

Schülerinnen und Schüler besitzen vielfältige Denkstrukturen und vorunterrichtliche Vorstellungen bezüglich physikalischer Phänomene; sie formen das Vorverständnis der Lernenden (vgl. Schecker et al., 2018, S.V). Diese stammen meist aus intuitiven Alltagserfahrungen, die sich Menschen zu Nutze machen, um alltägliche Phänomene zu beschreiben. Da diese häufig aus physikalischer Sicht nicht korrekt sind, im Alltag aber auf Zustimmung treffen, entstehen im Physikunterricht häufig Lernschwierigkeiten. Alltägliche Denkmuster nutzen Lernende, um die neu entstandenen Informationen zu durchdenken und zu verarbeiten (vgl. Schecker & Duit, 2018, S.2). Somit ist es von zentraler Bedeutung als Lehrender bereits in der Planung von Physikunterricht nicht nur die inhaltsbezogenen Kompetenzen zu beachten, sondern genauso das Vorwissen und die Denkstrukturen der Schülerinnen und Schüler miteinzubeziehen (vgl. Schecker et al., 2018, S.V).

Hinsichtlich unterschiedlicher physikalischer Bereiche gibt es schon einige Forschungsarbeiten, die zu Schülervorstellungen im „Anfangsunterricht“ erhoben wurden. Diese betreffen vor allem die physikalischen Phänomene Licht/Schatten, Luft, Auftrieb, Wetter, Temperatur, Elektrizität und Magnetismus. Das Phänomen des Schalls bleibt im „Anfangsunterricht“ weitgehend unerforscht; Forschungsergebnisse für Primarstufenkinder wurden zuletzt im Jahre 1995 erhoben. Dieser Forschungslücke soll in folgender wissenschaftlicher Arbeit nachgegangen und zielführend durch neue Erkenntnisse weiterentwickelt werden. Dabei unterliegt die Arbeit dem Forschungsanliegen, neue Konzepte zu Schülervorstellungen herauszupräparieren und alte auf ihren anhaltenden Bestand zu überprüfen.

Hierfür wird zunächst der fachwissenschaftliche Hintergrund von Schall thematisiert, woraufhin die fachdidaktischen Grundlagen näher erläutert werden und auf das Lernen im Physikunterricht eingegangen wird. Nach Auflistung aktueller Forschungsergebnisse, erfolgt die empirische Arbeit, die auf qualitativer Forschung beruht. Anschließend wird die Erhebungsmethodik und darauf aufbauend die qualitative Inhaltsanalyse theoretisch erklärt und hinsichtlich der Einzelauswertungen umgesetzt. Zuletzt erfolgt die Gesamtauswertung, sowie eine vergleichende Stellungnahme mit den bisherigen Forschungsergebnissen.

## **2. Fachwissenschaftlicher Hintergrund**

Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit dem physikalisch-theoretischen Hintergrund zum Thema Schall. Dieses gehört dem Fachbereich der Akustik an, die die Lehre von mechanischen Schwingungen umfasst (vgl. Veit, 1982, S.15). Beim Schall handelt es sich um mittelfrequente, hörbare Schwingungen, die an das Auftreten an Existenz von Materie gebunden sind (vgl. Veit, 1982, S.15). Man unterscheidet zwischen unterschiedlichen Formen von Schall; dazu gehören Körper-, Flüssigkeits- und der Luftschall (vgl. Veit, 1982, S.15). Der Luftschall stellt dabei die im alltäglichen Leben bekannteste Form von Schall dar, auf den sich der Grundsatz der gesamten Arbeit beziehen wird. Grundlegend gilt, dass sich im Vakuum Schall nicht ausbreiten kann (vgl. Veit, 1982, S.15). Um der Fachwissenschaft nachzugehen, beschäftigt sich nachfolgendes Kapitel zunächst mit der Schallentstehung, darauf aufbauend mit der Schallausbreitung, sowie den charakteristischen Eigenschaften einer Schallwelle in Bezug auf die Schallfeldgrößen. Danach wird auf die unterschiedlichen Frequenzbereiche eingegangen, um im Anschluss die Begriffe Ton, Klang, Geräusch näher zu erläutern. Übergehend daraus beschäftigt sich der nächste Abschnitt mit dem Schallempfang hinsichtlich des menschlichen Hörens, dem zugrundeliegenden Schalldruckpegel und der daraus resultierenden Lautstärke nach subjektiver Empfindung; woraufhin auf die Definition Lärm und den dazugehörigen Schutz eingegangen wird. Am Ende des Kapitels werden weitere wichtige Besonderheiten des Schalls näher erläutert, die sich auf die Reflexion, Brechung, Beugung und Absorption beziehen.

### **2.1 Schallentstehung**

Der Fachbereich der Akustik befasst sich mit mechanischen Schwingungen elastischer Körper in festen, flüssigen und gasförmigen Medien (vgl. Veit, 1982, S.15). Dazu zählt auch die räumliche Ausbreitung der genannten Schwingungen; dies in Form von Schallwellen (vgl. Eichler, Kornfeld & Sahm, 2006, S.118). „Wird ein Teilchen in einem elastischen Medium aus der Ruhelage ausgelenkt, so überträgt sich die Bewegung durch elastische Kopplung mit einer zeitlichen Verzögerung auch auf die benachbarten Teilchen: Der Bewe-

gungszustand pflanzt sich als Welle mit einer charakteristischen Ausbreitungsgeschwindigkeit  $v$  fort“ (Eichler, Kronfeldt & Sahm, 2006, S.118).

Die sogenannten Teilchen werden somit durch äußere Kräfte aus dem Gleichgewicht gebracht und schwingen periodisch um ihre Ruhelage hin und her (siehe Abbildung 1) (vgl. Veit, 1982, S.15). Dabei ist festzuhalten, dass die „[...] Luftteilchen, die zum Schwingen angeregt worden sind, [...] ihrerseits die ihnen benachbarten Luftteilchen zum Schwingen [anregen], usw. Es tritt dabei eine Folge von Luftteilchenverdichtung und -verdünnung auf, die sich wellenartig ausbreitet“ (Veit, 1982, S.16).

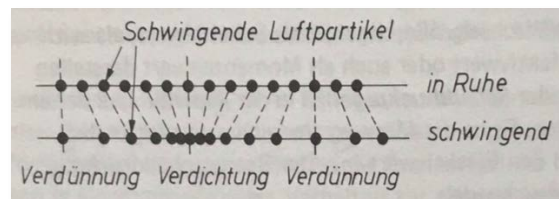


Abb. 1 Schwingung der Luftpartikel um ihre Ruhelage  
Quelle: Veit, 1982, S.20

## 2.2 Schallausbreitung

Wellen transportieren Energie und Impuls, „[...] ohne, daß im Zeitmittel ein Materietransport vorliegt“ (Eichler, Kronfeldt & Sahm, 2006, S.118). Dies bedeutet, dass die Partikel des Ausbreitungsmediums permanent um ihre eigene Ruhelage hin- und herpendeln. Lediglich die Schallenergie breitet sich durch die Wellenbewegung aus (vgl. Veit, 1982, S.17). Dabei gibt es unterschiedliche Arten von Wellen. Man unterscheidet zwischen Longitudinalwellen (Längswellen), Transversalwellen (Querwellen) und Kugelwellen (vgl. Veit, 1982, S.19). Bei Longitudinalwellen schwingen die Teilchen stets in Fortpflanzungsrichtung und es entstehen, wie oben erläutert, die sogenannten Dichteschwankungen. Die Transversalwellen hingegen schwingen senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung (vgl. Eichler, Kronfeldt & Sahm, 2006, S.118). „Eine im freien Raum befindliche punktförmige Schallquelle, [...] sendet Schall in Gestalt von Kugelwellen aus, und zwar nach alle Richtungen des Raumes hin“ (Veit, 1982, S.19). Longitudinalwellen sind beispielsweise diejenigen Schallwellen, die sich stets in Gasen, aber auch in Flüssigkeiten, sowie Festkörpern ausbreiten können (vgl. Eichler, Kronfeldt & Sahm, 2006, S.118), wobei in Festkörpern auch eine transversale Ausbreitung stattfinden kann (vgl. Veit, 1982, S.19).

Des Weiteren ist es wichtig festzuhalten, dass die „Übertragung eines Schwingungszustandes von einem Volumenelement zum anderen nicht beliebig schnell abläuft, sondern eine gewisse Zeit erfordert, da Massen beschleunigt werden müssen, was immer mit einer gewissen Verzögerung verbunden ist“ (Kuttruff, 2004, S.3). Schlussfolgernd breitet sich Schall mit einer gewissen Geschwindigkeit aus, die abhängig von Art und Zustand des hinsichtlichlichen Mediums ist (vgl. Kuttruff, 2004, S.3). Die Ausbreitungsgeschwindigkeit in der Luft beträgt in etwa 343 m/s (vgl. Veit, 1982, S.17).

## 2.3 Schallwelle

Grundsätzlich bedeutet eine Schallwelle stets eine Fortbewegung eines bestimmten Vorganges (vgl. Kuttruff, 2004, S.3) und ist „[...] durch räumliche und zeitliche Schwankungen der Dichte, des Drucks und der Temperatur des Mediums gekennzeichnet“ (Lüders & von Oppen, 2008, S.542). Dabei ist die häufigste Form einer Schallwelle eine sinusförmige Schwingung (siehe Abbildung 2) (vgl. Eichler, Kronfeldt & Sahm, 2006, S.119). Hierbei führt „[...] jedes Teilchen des Mediums in der Ausbreitungsrichtung  $x$  als Funktion der Zeit  $t$  eine sinusförmige Schwingung [...] aus“ (Eichler, Kronfeldt & Sahm, 2006, S. 119). Dabei stellt  $a$  die Auslenkung des Teilchens aus seiner Ruhelage dar,  $A$  ist die Amplitude und  $T$  die Schwingungszeit. Dabei gilt, dass die Phasenkonstante  $\varphi'$  von der Ortskoordinate  $x$  abhängig ist, da jedes benachbarte Teilchen mit einer zeitlichen Verzögerung schwingt (siehe Abbildung 2) (vgl. Eichler, Kronfeldt & Sahm, 2006, S.119).

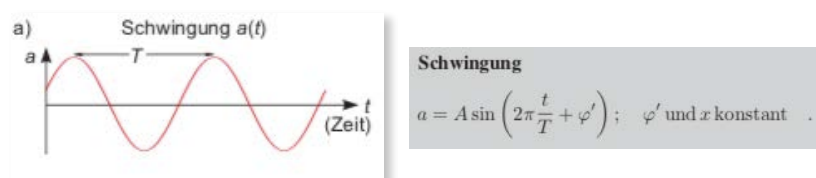


Abb. 2 Schwingung am festen Ort  $x$   
 Quelle: Eichler, Kronfeldt & Sahm, 2006, S.119

Betrachtet man nun die räumliche Verteilung (mit  $t = \text{konstant}$ ), ergibt sich das Momentbild einer Welle (siehe Abbildung 3); dabei stellt  $\lambda$  die Wellenlänge, also die Länge einer Periode dar (vgl. Eichler, Kronfeldt & Sahm, 2006, S. 119). Eine vollständige Schwingung hat somit jedes Teilchen nach der Zeit  $t =$

$T$  erreicht und befindet sich somit erneut in der Lage, zu der es zur Zeit  $t = 0$  war (vgl. Eichler, Kronfeldt & Sahm, 2006, S.119). Dabei verschiebt sich die Welle räumlich um die Strecke  $x = \lambda$ , mit folgender Ausbreitungsgeschwindigkeit  $c = \lambda/T$  oder  $c = \lambda \cdot f$ . Hierbei stellt  $f = 1/T$  die Frequenz dar; mit der Einheit 1Hz (=Hertz) (vgl.Eichler, Kronfeldt & Sahm, 2006, S.119).

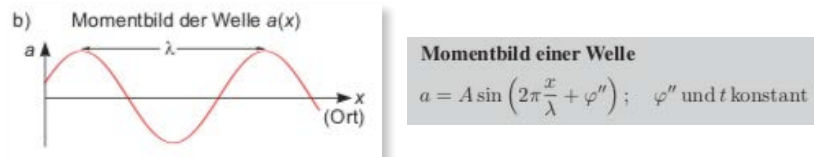


Abb. 3 Momentbild einer Welle  
Quelle: Eichler, Kronfeldt & Sahm, 2006, S.119

## 2.4 Schallfeldgrößen

„Die Gesamtheit der einen Raum erfüllenden Schallwellen [...]“ (Trautwein, Kreibig & Hüttermann, 2014, S.90), nennt man Schallfeld. Um dieses zu charakterisieren dienen sogenannte Schallfeldgrößen. Dazu gehören die Schallschnelle, der Schalldruck, die Schallgeschwindigkeit, die Schalleistung und die Schallintensität (vgl. Trautwein, Kreibig & Hüttermann, 2014, S.90).

Dabei wird unter Verwendung von Trautwein, et al. (2014) die periodische Teilchenbewegung um ihre eigene Ruhelage als Schallschnelle, mit der Geschwindigkeit  $v$ , bezeichnet. Wie bereits erwähnt, führen genau solche Auslenkungen zu Schwankungen des Luftdrucks; demnach zu periodischen Druckschwankungen im Schallfeld. Diese Schwankungen definieren den Schalldruck  $p$  mit der Einheit Pa (=Pascal) (vgl. Trautwein, Kreibig & Hüttermann, 2014, S. 90).

Nicht zu verwechseln mit der Schallschnelle ist die Schallgeschwindigkeit  $c$ , auch Ausbreitungsgeschwindigkeit genannt (siehe Kapitel 2.2 - 2.3), „[...] mit der sich die Druckschwankungen längs der Ausbreitungsrichtung einer Schallwelle fortpflanzen“ (Trautwein, Kreibig & Hüttermann, 2014, S.90).

Hierbei ist es, laut Trautwein et al. (2014), wichtig festzuhalten, dass in jeder Welle Energie gespeichert ist, die durch die Ausbreitung der Welle von der Schallquelle wegtransportiert wird. Die Schalleistung  $P$  (Einheit W = Watt) kennzeichnet dabei jene Energie, die pro Sekunde transportiert wird ( $P = \text{Energie/Zeit}$ ) (vgl. Trautwein, Kreibig & Hüttermann, 2014, S.92).

„Die Schallintensität [...]  $I$  ist [...] definiert als die pro Zeiteinheit und Flächeneinheit einfallende Schallenergie“ (Trautwein, Kreibig & Hüttermann, 2014, S.92). Die Intensität ist demnach  $I = \text{Energie/Zeit} \cdot \text{Fläche}$  und charakterisiert durch die Einheit  $\text{W/m}^2$  (vgl. Trautwein, Kreibig & Hüttermann, 2014, S. 92).

## 2.5 Frequenzbereiche

Was genau wir Menschen hören, betreffend den entsprechenden Hörgrenzen, ist durch die Frequenz (siehe Kap. 2.3) gegeben. Ein junger Mensch kann Frequenzbereiche zwischen 16 Hz und 20.000 Hz wahrnehmen; ein älterer Mensch hingegen nur noch bis zu 10.000 Hz (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S.519). Diesen Frequenzbereich nennt man Hörschall (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S.521). Bereiche, die überhalb von 20.000 Hz liegen, werden als Ultraschall bezeichnet, Bereiche, die die Grenze von 16 Hz unterschreiten, als Infraschall (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S.519). Frequenzen, die überhalb von 10 GHz liegen, somit auch den Bereich des Ultraschalls überschreiten, werden als Hyperschall bezeichnet (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S.589).

Infraschall unterliegt dem Frequenzbereich unterhalb 16Hz (vgl. Deutscher Bundestag, 2019, S.4,11). Er kann somit vom Menschen nicht gehört werden; wahrgenommen allerdings über den Körper anhand von Vibration. Anwendung findet er vor allem in der Tierwelt, aber auch aus künstlichen oder natürlichen Quellen. Infraschall dient unter anderem der Kommunikation in der Tierwelt. Zum Beispiel nutzen Elefanten Infraschall-Laute, mit derer sie sich über mehrere Kilometer hinweg verständigen können. Zu Infraschallschwingungen gehören beispielsweise auch der Verkehr, Biogasanlagen und Klimaanlage, sowie auch die natürlichen Begebenheiten starker Winde, Stürme und Unwetter (vgl. Deutscher Bundestag, 2019, S.4,11).

Ultraschallschwingungen können vom menschlichen Ohr nicht wahrgenommen werden (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S.519). Anwendung finden sie aber beispielsweise „[...] zur Ortung und Hinderniserkennung durch Richtstrahlreflexion [...] (Sonar in der Schifffahrt, bei Fledermäusen und Delfinen)“ (Metschede, 2015, S.195). Fledermäuse oder Delfine senden Ultraschallimpulse

aus, empfangen dann die reflektierten Impulse und nutzen dies zur Orientierung oder zum Aufsuchen von Beute (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S.586). Zudem findet der Ultraschall auch in der Medizin Anwendung. Die bekannteste Form hierbei, gilt der Sonographie. So wird hier mit Hilfe eines Schallimpulses bis hin zum Widerstand im Körper die Entfernung durch Reflexion bestimmt, wodurch man heutzutage auf einem Bildschirm zwei- bis dreidimensionale Ausschnitte des Körpers darstellen kann (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S. 587).

## 2.6 Grundbegriffe - Ton, Klang, Geräusch, Knall

Schall wird ausgehend nach der Art der Schwingung als Ton, Klang, Geräusch oder Knall klassifiziert (vgl. Höding, o.D.), welche im Nachfolgenden definiert und differenziert werden. Ein reiner Ton ist gekennzeichnet durch eine Sinusschwingung, die einer bestimmten Frequenz und Amplitude unterliegt (vgl. Eichler, Kronfeldt & Sahm, 2006, S.122,123). Die Abbildung 4 (linker Teil) zeigt die sinusförmige Schwingung eines Tons. Dieser lässt sich auf einer sogenannten Frequenzskala als einzelne Linie darstellen (Abbildung 4, rechter Teil), bei der die Höhe der Linie die Amplitude charakterisiert (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S.521). „Die Amplitudengröße der Schwingung gibt dabei die Lautstärke, die Frequenz hingegen die Höhe des Tons an. Je höher die Frequenz einer Schwingung ist, d.h. je schneller die Schallquelle schwingt, desto höher ist der jeweilige Ton“ (Höding, o.D.).

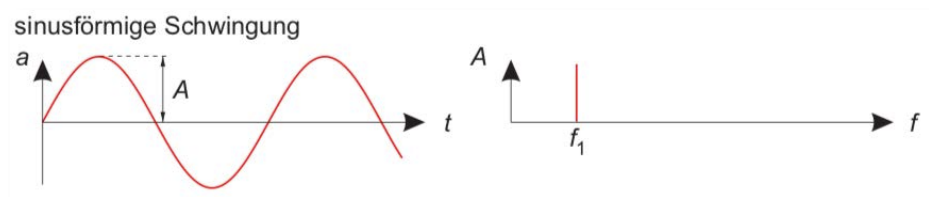


Abb. 4 Ton

Quelle: Eichler, Kronfeldt & Sahm, 2006, S.123

Ein reiner Ton ist, laut Lüders und von Oppen (2008), in der Natur kaum anzutreffen. Eine exakte Erzeugung unterliegt elektrischer Hilfsmittel. Schlussfolgernd sind hörbare mechanische Schwingungen meist keine Töne, sondern Klänge, die man wahrnimmt (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S.522). „Ein Klang entsteht durch die Überlagerung mehrerer Töne [...]“ (Höding, o.D.). Er

entspricht einer nicht-sinusförmigen, in der Grundfrequenz dennoch einer periodischen Schwingung (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S.521). Klänge bestehen somit aus Grund- und Obertönen. Der Grundton stellt dabei den im Klang tiefsten Ton dar, alle weiteren Töne werden als Obertöne betitelt (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S.522). „Diese Obertöne sind es auch, die unserem Ohr die Unterscheidung zwischen den Klängen der verschiedenen Musikinstrumente ermöglichen“ (Lüders & von Oppen, 2008, S.522). Sie verursachen somit den Eindruck der Klangfarbe, welche von der Größe der Amplitude der Grundschwingung und der Obertöne abhängig ist (vgl. Höding, o.D.). Der Grundton selbst bestimmt dabei die Tonhöhe (siehe Abbildung 5, rechter Teil bei  $f_1$ ) der Schallempfindung, da dieser der Ton mit der niedrigsten Frequenz ist (vgl. Höding, o.D.).

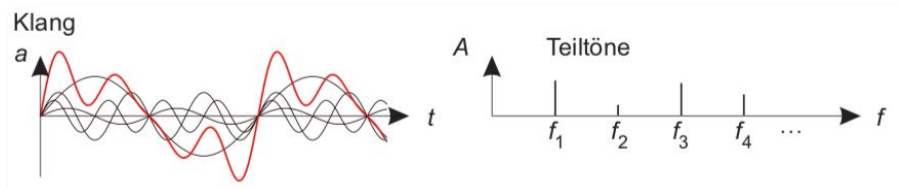


Abb. 5 Klang  
Quelle: Eichler, Kronfeldt & Sahm, 2006, S.123

Ein Geräusch hingegen unterliegt keiner Gesetzmäßigkeit mehr (siehe Abbildung 6); es handelt es sich um einen unperiodischen Vorgang (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S.522), „[...] bei dem Frequenzen und Amplituden statistisch wechseln“ (Lüders & von Oppen, 2008, S.522)

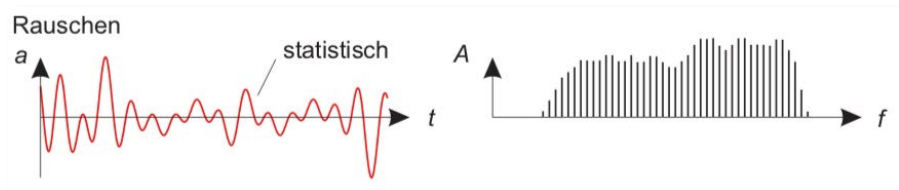


Abb. 6 Geräusch  
Quelle: Eichler, Kronfeldt & Sahm, 2006, S.123

Ein Knall besteht für kurze Zeit aus allen Frequenzen eines großen Bereiches, wobei die Amplituden schnell abnehmen (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S. 522). Man beschreibt einen Knall somit als eine kurze, starke Druckschwankung, welche zum Beispiel bei einem platzenden Luftballon entsteht (vgl. Höding, o.D.).

## 2.7 Schallempfang

Im Folgenden geht es um den Hörsinn eines Menschen, welcher ein wichtiges Hilfsmittel für die Orientierung im Alltag darstellt (vgl. Höding, o.D.). Wie in Kapitel 2.6 bereits geschildert, „[...] ist die Lautstärke eines Tons durch die Amplitude der jeweiligen Schwingung bestimmt. Je größer die Amplitude eines Tons, desto lauter erscheint er uns“ (Höding, o.D.).

### 2.7.1 Das menschliche Ohr

Jeder Mensch nimmt Lautstärken unterschiedlich wahr. Auch können sich Menschen an Geräusche gewöhnen, sie ausblenden, sie als ablenkend oder als zu leise/laut empfinden (vgl. Höding, o.D.). Kurzzeitige, sehr laute Schallergebnisse können dabei zu Schädigungen im Ohr führen (vgl. Höding, o.D.) Unser Ohr weist dabei eine starke Leistungsfähigkeit auf (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S.593). „Wir können Schallintensitäten von  $10^{-12}$  bis  $2 \text{ W/m}^2$  in einem Frequenzbereich von etwa 16Hz bis 20kHz wahrnehmen. Der kleinste hörbare Schalldruck von  $2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$  erzeugt eine Amplitude des Trommelfells von  $10^{-10} \text{ m}$ , das ist etwa ein Atomdurchmesser. Die Frequenzauflösung des Ohrs beträgt zwischen 0,5 und 10kHz rund 0,5% [...], die Ansprechdauer 5ms.“ (Lüders & von Oppen, 2008, S.593).

Wie das menschliche Ohr funktioniert, wird im Folgenden, unter Bezug auf Lüders und von Oppen (2008), zusammenfassend erläutert. Unser Ohr besteht aus dem äußeren Ohr, dem Mittelohr und dem Innenohr. Der äußere Teil des menschlichen Ohres umfasst den Gehörgang und die trichterförmige Ohrmuschel, welche uns das Richtungshören ermöglicht. Durch den Gehörgang treffen die Schallwellen auf das Trommelfell. Im Mittelohr werden die Schwingungen des Trommelfells dann durch einen kleinen Knochen (Hammer) über zwei weitere Gehörknöchel (Amboss und Steigbügel) auf eine Membran im Innenohr übertragen. Das Innenohr besteht aus einem, mit Lymphflüssigkeit gefüllten, Schneckenkanal (Cochlea). Durch die Vibration der Membran im Innenohr, wird die Lymphflüssigkeit in Schwingungen versetzt, was wiederum die Haarzellen im Innenohr in Bewegung versetzt, die wiederum die Hörnerven anregen und somit der Schalleindruck als elektrisches Signal an das Gehirn weitergeleitet wird (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S.593).

### 2.7.2 Schalldruckpegel und Lautstärke

Zur Beschreibung der Stärke eines Schallereignisses gehört der Schalldruckpegel. Dazu ist es wichtig festzuhalten, „[...] bei welchem Grenzwert einer physikalischen Größe (Schalldruck, Frequenz) eine Empfindung gerade noch oder gerade nicht mehr vorhanden ist“ (Lüders & von Oppen, 2008, S.595). Bei einer Frequenz von 1000Hz ist es uns gerade noch so möglich Intensitäten von  $10^{-12} \text{ W/m}^2$  wahrzunehmen. Diese Grenze ist der unteren Hörschwelle zugeordnet. Dieser, gerade noch wahrnehmbare Effektivwert des Schalldrucks, liegt hierbei bei  $2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$ . Bei großen Werten, die dann die Grenze der Schmerzschwelle erreichen, liegt der Druck bei 20 Pa; was einen Unterschied von über sechs Zehnerpotenzen impliziert. Wird diese Schmerzschwelle erreicht, können schwerwiegende Schäden des Gehörs erfolgen (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S.595f).

Der Schalldruckpegel  $L_p$ , bezogen auf den Hörschwellenwert  $p_s = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$  wird in ein logarithmisches Maß umgerechnet und als dimensionslose Zahl dB (Dezibel) angegeben (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S.596). Die sogenannte Unterschiedsschwelle beschreibt dabei die kleinste noch hörbare Änderung des Schalldruckpegels; ungefähr 1dB. Jedoch ist das genaue Hörempfinden nicht nur von der Dezibel-Skala, sondern auch von der Frequenz abhängig. An den beiden Hörgrenzen (16 Hz und 20.000 Hz) ist das Gehör am unempfindlichsten, während der Bereich um 4.000 Hz am sensibelsten ist (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S.596). Für eine gleich starke Wahrnehmung muss der Schalldruckpegel an den Hörgrenzen dementsprechend höher sein als im mittleren Bereich von 500 Hz bis 5.000 Hz (vgl. Eichler, Kronfeldt & Sahm, 2006, S. 125).

Um diese Frequenzabhängigkeit zu berücksichtigen, hat man die Einheit der Lautstärke  $L_s$  in Phon eingeführt, die dem Schalldruckpegel (dB) eines gleich laut empfundenen 1.000-Hz-Tones entspricht (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S.596). „Die Phonskala liefert also ein Maß für die Lautstärke von Tönen beliebiger Frequenzen [...]. Eine Steigerung der Lautstärke um 10 Phon entspricht etwa einer Verdopplung der subjektiv empfundenen Lautheit [...]“ (Eichler, Kronfeldt & Sahm, 2006, S.125). Abbildung 7 veranschaulicht einige Beispiele für die Lautstärke  $L_s$  verschiedener Schallquellen.

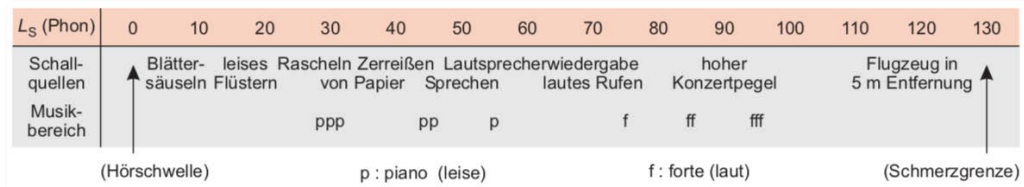


Abb. 7 Beispiele für die Lautstärke  $L_S$  verschiedener Schallquellen  
Quelle: Eichler, Kronfeldt & Sahn, 2006, S.125

Wie in Abbildung 8 erkennbar, beschreibt jede einzelne Kurve eine konstant wahrgenommene Lautstärke in Abhängigkeit des Schalldruckpegel  $L_p$  und der Frequenz (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S.596,597).

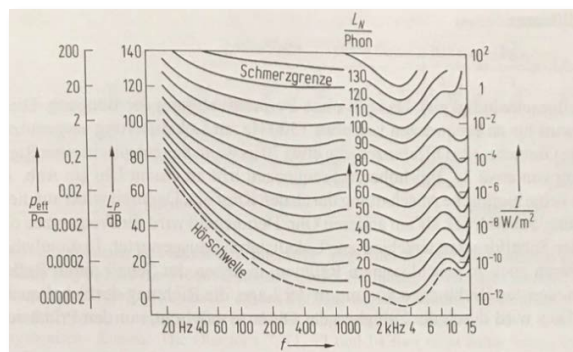


Abb. 8 Kurven gleicher Lautstärke  
Quelle: Lüders & von Oppen, 2008, S.597

### 2.7.3 Lärm und Lärmschutz

„Als Lärm werden Geräusche definiert, die stören, belästigen, gefährden oder schädigen“ (Landsberg-Becher, J.W. et al., o.D., S.28). Dabei ist die subjektive Wahrnehmung ausschlaggebend, was explizit eine Person als Lärm definiert. Auswirkungen auf das Empfinden hat nicht nur die Lautstärke, auch die Tonhöhe, der Zeitverlauf und die Dauer spielen eine zentrale Rolle (vgl. Landsberg-Becher, J.W. et al., o.D., S.28).

Arten von Lärm beinhalten den Verkehrslärm, Veranstaltungslärm, sowie Arbeitslärm (vgl. Schulz, Glugla & Lindemann-Sperfeld, 2010, S.2) und werden mit einem hohen Gesundheitsrisiko nach dem Straßenverkehr und der Wasserverschmutzung eingeordnet (vgl. Landsberg-Becher, J.W. et al., o.D., S.28).

Wie bereits erwähnt, bestimmt die Amplitude einer Schwingung die Lautstärke in Dezibel. Schlussfolgernd ist die Amplitude für Schäden im Gehörgang entscheidend. „Die gehörschädigende Wirkung des Schalls ergibt sich aus Schallpegel und Einwirkzeit“ (Landsberg-Becher, J.W. et al., o.D., S.26). Um hierbei einen Vergleich zu setzen, schädigen 40 Stunden Arbeit pro Woche bei 85dB

genauso stark, wie ein vier Stunden langer Aufenthalt in einer Disco mit 95dB. Die Schmerzgrenze liegt bei etwa 120 dB und kann bereits irreparable Schäden hervorrufen (vgl. Landsberg-Becher, J.W. et al., o.D., S.26). „Bei Impulsschall, bei Geräuschen, die sehr schnell einen hohen Schallpegel erreichen und extrem kurz sind, wirkt in einem sehr kurzen Zeitraum eine enorme Energie auf das Ohr ein“ (Landsberg-Becher, J.W. et al., o.D., S.26).

Auswirkungen davon können sowohl das Gehör schädigen, aber auch Stressreaktionen auslösen. Dabei werden Stresshormone freigesetzt, die einen Risikofaktor für Herz-Kreislauf-Erkrankungen darstellen (vgl. Landsberg-Becher, J.W. et al., o.D., S.29). Schäden des Hörorgans können vom Tinnitus, über Schwerhörigkeit bis hin zur Taubheit reichen. Bei zu starker Belastung verschiebt sich die Hörschwelle bei Altersschwerhörigkeit um ein Vielfaches, so dass leise Töne nicht mehr wahrgenommen werden können (vgl. Landsberg-Becher, J.W. et al., o.D., S.34).

Das Robert Koch-Institut führte eine Studie durch, die erwies, dass bereits jedes achte Kind durch Lärm verursachte Schäden aufzeigt (vgl. Robert Koch-Institut, 2008, S. 113). Deshalb ist es wichtig, Kinder frühzeitig über Lärm und den dazugehörigen Schutz zu sensibilisieren. „Lärminderung setzt bereits an der Lärmquelle an, indem Lärm vermieden oder verringert wird“ (Schulz, Glugla & Lindemann-Sperfeld, 2010, S.3). Da dies nicht immer gewährleistet werden kann, bedarf es der Notwendigkeit eines Lärmschutzes (vgl. Schulz, Glugla & Lindemann-Sperfeld, 2010, S.3). „Um Lärm einschränken zu können, werden sogenannte „schalldämpfende Stoffe“ verwendet. Diese Stoffe nehmen die Schwingung einer Schallwelle auf und strahlen nur einen geringen Teil davon wieder ab“ (Höding, o.D.). Beispiele zur Schalldämpfung sind Styropor oder Schaumstoff (vgl. Höding, o.D.).

## **2.8 Besonderheiten von Schall**

Im Nachfolgenden werden weitere Eigenschaften des Schalls erläutert, die bei der Ausbreitung von Schallwellen eine bedeutsame Rolle spielen. Dabei geht es zunächst um die Klärung der Reflexion, mit dem daraus resultierenden Echo und dem Nachhall. Im folgenden Text wird auf weitere, für Wellen grundsätzli-

che Eigenschaften, bezüglich der Brechung, Beugung und Absorption eingegangen.

### **2.8.1 Reflexion**

Lüders und von Oppen (2008) beschreiben Reflexion als Schallwellen, die auf ein Hindernis treffen und zurückgeworfen werden. Aufgrund dieser Tatsache erfolgt ein Echo, welches entsteht, wenn man aus der Entfernung gegen eine Mauer oder eine Felswand ruft. Dabei kommt es auf die Entfernung an, wie man den reflektierten Schall wahrnimmt, da der Schall eine Geschwindigkeit in der Luft von 343m/s hat und man zum Aussprechen einer Silbe 0,2s benötigt. Ist man um ein Vielfaches von 34m von einem reflektierenden Objekt entfernt, kann ein mehrsilbiges Echo wahrgenommen werden. Wenn man näher als 34m an einer Wand steht, entsteht ein Nachhall, der für die Hörbarkeit und Deutlichkeit von Schallsignalen einen bedeutenden Einflussfaktor darstellt. Sobald ein längerer akustischer Reiz auf das Ohr fällt, lässt dieser das Gehörte deutlicher erscheinen, weswegen unter anderem auf Bergen oder freien Feldern die Stimme „leer“ klingt, da so gut wie kein Nachhall erzeugt wird. Ein weiteres Beispiel stellen schalltote Räume dar, deren Wände mit schallabsorbierenden Stoffen absichtlich jede Reflexion verhindern. Bei einer zu großen Nachhallzeit, wie in sehr großen geschlossenen Räumen oder Hallen, spricht man von einer schlechten Akustik oder schlechten Hörbarkeit. Nicht nur flüssige oder feste Körper können Schallwellen reflektieren, sondern auch gasförmige, zum Beispiel die Grenzschicht zwischen zwei unterschiedlichen Luftdichten, die aus unterschiedlichen Temperaturen herrühren (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S.531-533).

### **2.8.2 Brechung**

Neben der eben beschriebenen Reflexion, können „Bei schrägem Einfall einer Schallwelle auf die Trennfläche zweier Medien von verschiedener Schallgeschwindigkeit [...] neben einer Reflexion stets auch eine Brechung eines Teils der Schallenergie in das zweite Medium hinein [stattfinden]“ (Lüders & von Oppen, 2008, S.533,534). Neben den Schallwiderständen der beiden Medien bestimmt auch der Einfallswinkel die Anteile des reflektierten und gebroche-

nen Schalls. Dabei gilt folgendes Brechungsgesetz:  $\sin \alpha / \sin \beta = c_1 / c_2$  (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S.534). Beim Übergang von einem Medium mit geringerer Schallgeschwindigkeit  $c_1$  zu größerer Schallgeschwindigkeit  $c_2$  wird der Brechungswinkel  $\beta$  größer als der Einfallswinkel  $\alpha$  (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S.534).

Ein einfaches Beispiel lässt sich anhand der Atmosphäre erklären. Bei zunehmender Temperatur und zunehmendem Einfallswinkel wird auch der Brechungswinkel immer größer, bis hin zu  $90^\circ$ . Darüber hinaus, tritt eine Totalreflexion ein. Nimmt mit zunehmender Höhe die Temperatur letztendlich wieder ab, wird, wie in Abbildung 9(b) zu erkennen, die Schallwelle zum Einfallslot hin gebrochen (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S.534) und „[...] gerät allmählich in eine zur Erdoberfläche senkrechte Richtung [...]“ (Lüders & von Oppen, 2008, S.534).

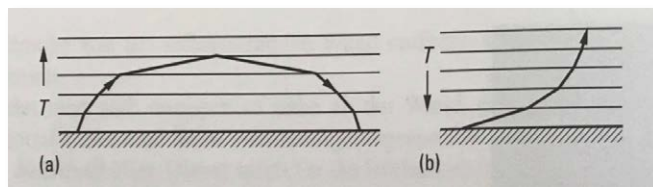


Abb. 9 Schallbrechung an Schichten verschiedener Temperaturen  $T$ , (a) Zunahme der Temperatur mit der Höhe, (b) Abnahme der Temperatur mit der Höhe  
Quelle: Lüders & von Oppen, 2008, S.534

Eine weitere besondere Beobachtung hinsichtlich der Brechung von Schallwellen wurde bei Explosionen aufgezeichnet. Hierbei wurden Punkte markiert, die Orte darstellen, an denen die Explosion gehört wurde (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S.535). Wie in Abbildung 10 zu erkennen, gibt es eine sogenannte „Zone des Schweigens“, nach der anschließend wieder viele Punkte eingetragen wurden. Dieses Phänomen lässt sich durch die in Abbildung 9(a) zu erkennende Schallbrechung erklären, bei der die Schallwellen über die „Zone des Schweigens“ hinweg gekrümmt werden und erst nach dieser Zone wieder auf die Erde treffen (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S.535)

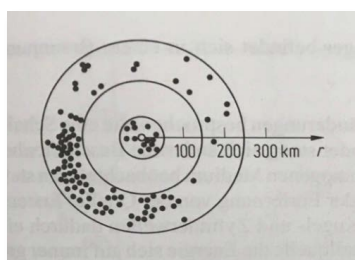


Abb. 10 Hörbarkeitsgebiet bei einer Explosion  
Quelle: Lüders & von Oppen, 2008, S. 535

### 2.8.3 Beugung

Eine weitere Eigenschaft von Schall betrifft die Beugung und wird im folgenden unter Bezug auf Veit (1982) aufgeführt. Bei relativ großen Hindernissen, tritt eine Schattenwirkung auf. Da Schallwellen im üblichen Wellenlängenbereich zwischen 3cm und 3m liegen und die meisten Gegenstände genau in diesem Größenbereich liegen, wird die wellenförmige Ausbreitung des Schalls durch die Gesetze der Beugung bestimmt. Ähnlich verhält es sich mit einer Blende. Ist sie viel größer als die Wellenlänge des Schalls, so tritt der Schall ungebeugt durch die Öffnung hindurch. Ist die Blendenöffnung kleiner oder gleich der Wellenlänge, werden die Schallwellen gebeugt, sodass sie sich halbkreisförmig im dahinter liegenden Raum ausbreiten (siehe Abbildung 11) (vgl. Veit, 1982, S.24).

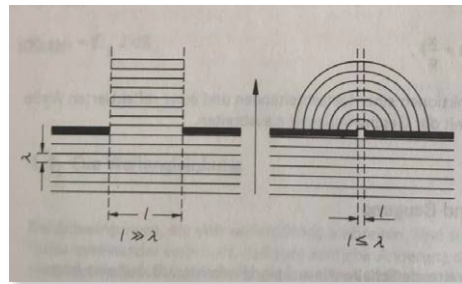


Abb. 11 Beugung von Schallwellen  
Quelle: Veit, 1982, S.24

### 2.8.4 Absorption

Bei der bisherigen Betrachtung von Schall wurde von einer idealtypischen Ausbreitung ohne Energieverluste aufgrund von Reibung ausgegangen. In der Praxis jedoch finden solche Reibungsverluste ausnahmslos statt, weshalb sie berücksichtigt werden müssen (vgl. Lerch, Sessler & Wolf, 2009, S.35). Man spricht hierbei von Dämpfungseffekten, wobei diese Effekte besonders bei hohen Frequenzen und einer großen Entfernung von besonderer Bedeutung sind (vgl. Lerch, Sessler & Wolf, 2009, S.35). „Physikalische Ursachen für die Schalldämpfung oder Schallabsorption in Gasen und Flüssigkeiten sind innere Reibung (Viskosität), Wärmeleitung und molekulare Absorption“ (Lerch, Sessler & Wolf, 2009, S.35). Die Schallwelle gibt während ihrer Ausbreitung Energie an ihre Umgebung ab und ihre Intensität  $I$  nimmt ab; sie wird exponentiell „gedämpft“ (vgl. Lerch, Sessler & Wolf, 2009, S.35).

Der Energieverlust von Schallwellen wurde von Lüders und von Oppen (2008) weiter spezifiziert und anhand von zwei Arten unterschieden. Zum einen wird die Abnahme der Schallintensität während der Ausbreitung in einem Medium als Dissipation bezeichnet, die man von der Schallabsorption an schallschluckenden Oberflächen unterscheiden muss. Die Dissipation ist das Ergebnis von Ausgleichsprozessen, die während der Wellenausbreitung stattfinden. Bei diesen Prozessen wird Schallenergie in thermische Energie umgewandelt, da Temperatur und Druckdifferenzen durch die thermische Bewegung der Moleküle abgebaut werden (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S.536). Beispielhaft ist ein Rufen auf einem freien Feld, welches in einiger Entfernung nicht mehr wahrnehmbar ist, da die Schallwellen die nötige Energie an die Umgebungsluft abgegeben haben.

Im Unterschied zur Dissipation, die wie erläutert durch Energieverluste im Umgebungsmedium stattfindet, lässt sich Absorption an schallschluckendem Material durch unvollständige Reflexion erklären (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S.538). In geschlossenen Räumen ist dieser Effekt wesentlich größer als der der Dissipation. Für die Absorption ist vor allem die Anzahl, die Größe und die Beschaffenheit der Gegenstände in der Umgebung, sowie selbstverständlich die der Wände von Relevanz. Je mehr Hohlräume, sprich Poren, in den Materialien vorhanden sind, desto besser wird Schall absorbiert. Die vielen Poren bedeuten eine erhöhte Reibung für die Schallwellen, die mit einem entsprechend hohen Energieverlust einhergehen (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S. 538).

### **3. Fachdidaktische Grundlagen**

Schülerinnen und Schüler<sup>1</sup> verfügen bei Schuleintritt bereits über vielfältige, gefestigte Vorstellungen bezüglich unterschiedlicher Phänomene unseres alltäglichen Lebens (vgl. Duit, 2015, S.658). Diese Vorstellungen unterliegen allerdings meist nicht der naturwissenschaftlichen Sicht. Ein Beispiel hierfür betrifft das „Aufgehen der Sonne“, welches die Vorstellung unterstützt, dass die

---

<sup>1</sup> Im Folgenden wird „Schülerinnen und Schüler“ aufgrund besserer Lesbarkeit durch „SuS“ abgekürzt.

Sonne um unsere Erde kreist (vgl. Duit, 2015, S.658). Untersuchungen zeigen, „[...] daß es dem naturwissenschaftlichen Unterricht in der Regel nicht gelingt, die Schülerinnen und Schüler von diesen Vorstellungen zu den naturwissenschaftlichen Sichtweisen [hin] zu führen“ (Duit, 1995, S.910) . Dennoch sind es genau diese vorunterrichtlichen Vorstellungen, die heutzutage für das Lernen eine bedeutsame Rolle spielen. Sie gelten als Bausteine, um neues Wissen konstruieren zu können (vgl. Duit, 1995, S.910). Wichtig ist es demnach, bei der Planung der Lernprozesse von den SuS, das jeweilige individuelle Vorwissen miteinzubeziehen; sie also, wie ein altes pädagogisches Sprichwort formuliert, sie dort abzuholen, wo sie sich befinden (vgl. Duit, 2015, S.662).

### **3.1 Lernen im Physikunterricht**

Wie bereits geschildert, sind es die vorunterrichtlichen Vorstellungen, die eine häufige Ursache von Lernschwierigkeiten darstellen (vgl. Duit, 2015, S.658). Der Schulunterricht unterliegt demnach der Aufgabe, die Eigenaktivität der SuS zu fordern und zu fördern. Darüber hinaus sollte auch das Wissen auf den bereits vorhandenen Vorstellungen der SuS weiter aufgebaut werden, um genau diese wissenschaftliche Sicht für die SuS interessant und lohnenswert zu gestalten (vgl. Duit, 2015, S.658), damit sie aktiv neues Wissen konstruieren können (vgl. Schecker & Duit, 2018, S.3).

Hierbei stellt die konstruktivistische Sicht eine Grundlage dar, die versucht derartige Lernschwierigkeiten bewusst zu analysieren (vgl. Duit, 1995, S.910). Maßgebend hierfür ist der „hermeneutische Zirkel“, der aufgrund unterschiedlicher Vorstellungen zweier Partner auch häufig als „Zirkel des Verstehens des Verstehens“ genannt wird. Unterricht resultiert häufig aus vielerlei kommunikativ entstandenen Missverständnissen (vgl. Duit, 1995, S.910). „Die Schüler verstehen auf Basis ihrer Vorstellungen nicht zutreffend, was der Lehrer präsentiert, dieser wiederum versteht nicht genau, was die Schüler antworten, weil er versucht, diese Antworten aus seiner Perspektive zu verstehen“ (Duit, 1995, S.910). Daraus resultiert die Auffassung des Konstruktivismus, der besagt, „[...] dass jeder Mensch den Sinn dessen, was gelernt werden soll, selbst konstruieren muss“ (Hopf & Wilhelm, 2018, S.26). Es handelt sich dabei um aktive, mentale Vorgänge, bei denen jedem Einzelnen die Aufgabe zugeteilt wird,

sein bestehendes Wissenssystem mit neuen Sinneseindrücken zu erweitern und umzustrukturieren. Um Sinn konstruieren zu können, muss ein konstruktivistisch gestalteter Unterricht Gelegenheiten schaffen, in denen Gespräche zwischen den SuS und dem Lehrenden stattfinden, bei denen über die unterschiedlichen Ansichten und Bedeutungen von Begriffen reflektiert werden kann (vgl. Hopf & Wilhelm, 2018, S.26). Dabei ist es von großer Relevanz, als Lehrkraft zu akzeptieren, „[...] dass Schülerinnen und Schüler die wissenschaftliche Bedeutung nicht direkt übernehmen (können), sondern ihr Verständnis physikalischer Konzepte nur eigenständig aufbauen können“ (Hopf & Wilhelm, 2018, S. 26). Die Rolle der Lehrkraft zielt demnach darauf ab, als Instrukteur wichtige Impulse zur Unterstützung der SuS zu setzen (vgl. Hopf & Wilhelm, 2018, S. 26).

Dafür muss der Lehrende verstehen, wie die SuS denken, um mit den individuellen Vorstellungen korrekt umgehen zu können. Näheres dazu in den Kapiteln 3.2 bis 3.4.

### **3.2 Entstehung von Schülervorstellungen**

Schülervorstellungen wurden in der Forschung vorübergehend als Fehlvorstellungen bezeichnet, da sie als Fehler physikalischer Sachverhalte seitens der Lehrenden interpretiert wurden und somit einem Defizit gleichgesetzt waren (vgl. Schecker & Duit, 2018, S.11). Betrachtet man die Vorstellungen allerdings aus der Sicht einer aus dem Alltag entstandenen Vorstellung, wird einem bewusst, dass man mit beispielsweise der Vorstellung „Wolle macht warm“ im Alltag auf Zustimmung trifft. Derartige Alltagsvorstellungen, auch Präkonzepte oder Vorverständnis genannt, betreffen zwar nicht die fachlich korrekte Definition, gelten dennoch keineswegs als falsch (vgl. Schecker & Duit, 2018, S.12). Die Präfixe „Prä-" und „Vor-" betiteln dabei eher „[...] die kognitiven Voraussetzungen, mit denen ein Schüler sich einem neuen Lerngegenstand nähert“ (Schecker & Duit, 2018, S.12).

Allgemein lässt sich festhalten, dass sich die Vorstellungen, die die SuS in den Unterricht mitbringen, überwiegend aus außerschulischen Kontexten stammen. Dabei stellen Alltagssprache, Medien und Alltagserfahrungen einen wichtigen Faktor dar (vgl. Schecker & Duit, 2018, S.12).

Schecker und Duit (2018) beschreiben dabei drei wichtige Quellen aus denen Schülervorstellungen hervorgehen. Zum einen aus der (Umgangs-)Sprache, die Worten eine andere Bedeutung verleiht und von der physikalischen Bedeutung eindeutig abzugrenzen ist (vgl. Schecker & Duit, 2018, S.13). Beispielsweise unterscheidet sich der umgangssprachliche Kraftbegriff eindeutig vom physikalischen Begriff, in der Hinsicht, dass umgangssprachliche Begriffe „[...] in ihrem Bedeutungsgehalt breiter und unschärfer [...]“ (Schecker & Duit, 2018, S. 13) sind. Diese sogenannten „Umwege“ hin zur wissenschaftlichen Sichtweise, sollten Lehrenden bewusst sein. Physiklernen umfasst somit neben der reinen Wissenschaft auch das Lernen einer angemessenen Fachsprache, aus der die SuS ein Verständnis entwickeln sollen, die Vorteile begrifflicher Präzision nutzen zu können, um zielführend ihr Wissen erweitern zu können (vgl. Schecker & Duit, 2018, S.13). Eine weitere wichtige Quelle nimmt Bezug auf die Wahrnehmungsmuster von SuS, bei denen Schülervorstellungen auf grafische Veranschaulichungen aus Medien oder dem Unterricht selbst zurückzuführen sind. Ein Beispiel betrifft dabei die kugelförmige Darstellung von Atomen und Elektronen, die die SuS als reale Darstellung wahrnehmen und somit die Modellvorstellung an Bedeutung gewinnt (vgl. Schecker & Duit, 2018, S.14). Die letzte Quelle, aus denen Schülervorstellungen hervorgehen und von Schecker und Duit (2018) beschrieben wird, bezieht sich auf die Erfahrungen die SuS in ihrem alltäglichen Leben machen und ihnen vertraut sind. Erfahrungen werden von uns Menschen interpretiert, geordnet und mit weiteren Eindrücken ergänzt. Sie beruhen somit auf einem für den Menschen sicheren Fundament. Ein Beispiel hierfür zeigt sich im Winter durch das Anfassen von Metall, welches dem Menschen ein starkes Kälteempfinden signalisiert und somit die Vorstellung untermauert, dass Metall kälter ist, als Holz (vgl. Schecker & Duit, 2018, S. 14).

Daraus schlussfolgernd haben Schecker und Duit (2018) folgende Grundannahmen über Schülervorstellungen präzisiert, die auf empirischer Grundlage beruhen:

- „Schülerinnen und Schüler kommen nicht als leere, unbeschriebene Blätter in den Physikunterricht, auf die man als Lehrkraft physikalisches Wissen ‚schreibt‘.

- Die Lernenden bringen vielmehr ein reiches Inventar an Vorstellungen zu physikalischen Begriffen und Phänomenen mit, die sich im umgangssprachlichen Gebrauch bewährt haben.
- Die Schülervorstellungen liegen häufig quer zum entsprechenden physikalischen Verständnis.
- Man kann im jeweiligen Themenbereich einen großen Teil der Schülerhandlungen und -aussagen auf das Wirken einer begrenzten Menge typischer Vorstellungen zurückführen.
- Die Verarbeitung neuer Lernangebote im Unterricht wird wesentlich von den bei Schülerinnen und Schülern bereits vorhandenen Vorstellungen beeinflusst.
- Schülervorstellungen erscheinen aus fachlicher Perspektive häufig in sich widersprüchlich und können dennoch eine innere Logik aufweisen.
- Schülervorstellungen sind recht stabil gegen Versuche, sie durch Unterricht zu verändern, und müssen daher bei der Unterrichtsplanung nachdrücklich berücksichtigt werden.“

(Schecker & Duit, 2018, S.12)

### 3.3 Didaktische Rekonstruktion

Die Schülervorstellungen sind es demnach, die bei der Planung von Unterricht und der Entwicklung der Sachstruktur als grundlegend gelten. Die Sachstruktur der Physik soll dabei nicht vereinfacht werden, sondern didaktisch rekonstruiert (vgl. Duit, 2015, S.667). Das Modell der didaktischen Rekonstruktion (siehe Abbildung 12) wurde von Kattmann, Duit, Gropengießer und Komorek (1997) entwickelt und beschreibt den Prozess der fachdidaktischen Strukturierung von Unterricht (vgl. Schecker & Duit, 2018, S.4).

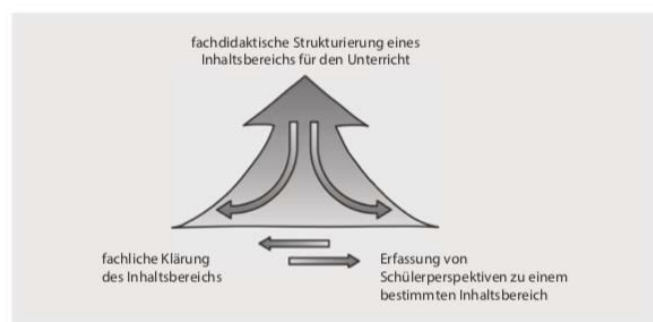


Abb. 12 Modell der didaktischen Rekonstruktion (nach Kattmann et al., 1997)

Quelle: Schecker & Duit, 2018, S.4

Das Modell der didaktischen Rekonstruktion verdeutlicht die Wechselwirkungen von der fachlichen Klärung, der Erfassung von Schülerperspektiven und der didaktischen Strukturierung. Die Auseinandersetzung mit den Schülervorstellungen beeinflusst die fachliche Klärung, genauso wie der fachliche Inhaltsbereich eine Erkundung der Schülervorstellungen impliziert. Die fachdidaktische Strukturierung resultiert aus dieser wechselseitigen Beeinflussung von fachlicher Klärung und Schülerperspektiven (vgl. Schecker & Duit, 2018, S.4).

Auf Grundlage dessen kann die Lehrkraft ein Lernarrangement entwickeln, welches es den SuS ermöglicht einen Lerngegenstand optimal verarbeiten zu können (vgl. Schecker & Duit, 2018, S.4). Somit unterliegt es der Lehrkraft unter anderem Unterrichtsmethoden so auszuwählen, dass die SuS sich intensiv mit der neuen Vorstellung auseinandersetzen können (vgl. Duit, 2015, S.667).

### **3.4 Umgang mit Schülervorstellungen**

Ein kompletter Austausch der physikalisch nicht korrekten Schülervorstellungen gegen die physikalisch korrekten, scheint für eine Lehrkraft zunächst als Ziel oder Wunschvorstellung (vgl. Wilhelm & Schecker, 2018, S.40). Dies ist allerdings nicht Sinn der fachdidaktischen Forschung und zeigt sich als nicht realistisch, „[...] da die Alltagsvorstellungen auch eine soziale Bedeutung in der Kommunikation haben“ (Wilhelm & Schecker, 2018, S.40.). Im alltäglichen Leben bedient sich jeder Mensch der Alltagssprache und den diesbezüglich zugrundeliegenden Vorstellungen. Daraus resultiert das Ziel des Physiklernens, welches darin besteht, dass die SuS die physikalisch korrekte Sichtweise kennen und verstehen lernen, um wichtige Alltagsvorstellungen von denen der Physik unterscheiden und beurteilen zu können, welche Sichtweise in einer bestimmten Situation als sinnvoll erscheint (vgl. Wilhelm & Schecker, 2018, S.40). „Die Fähigkeit, physikalische Vorstellungen und Schülervorstellungen bewusst voneinander abgrenzen zu können, erfordert eine Veränderung bzw. Weiterentwicklung der Schülervorstellungen“ (Wilhelm & Schecker, 2018, S.40) und wird fachdidaktisch als „Konzeptwechsel“ betitelt. Näheres dazu im anschließenden Kapitel 3.5.

Der richtige Umgang mit Schülervorstellungen ist abhängig von dem Lernweg den man anstreben möchte. Grundsätzlich gibt es für die Planung und Durchführung zwei unterschiedliche Modelle (vgl. Schecker & Duit, 2018, S.5). Dabei unterscheidet man zwischen „[...] Konzeptionen, die von einem kontinuierlichen Lernweg ausgehen, bei dem man an ausbaufähigen Schülervorstellungen anknüpft oder vorhandene Vorstellungen umdeutet, und diskontinuierlichen Konzeptionen, bei denen Schülervorstellungen direkt im Unterricht aufgegriffen werden, um sie mit den physikalisch korrekten Vorstellungen zu konfrontieren“ (Schecker & Duit, 2018, S.5,6). Ersteres beinhaltet eine allmähliche Entwicklung zur wissenschaftlichen Vorstellung, indem man an die vorhandenen Schülervorstellungen anknüpft (vgl. Wilhelm & Schecker, 2018, S.42). Letzteres erzeugt ein schlagartiges Umdenken der SuS im Sinne der Akkommodation und sorgt für einen kognitiven Konflikt, welcher dann in ein Konzeptwechsel übergehen sollte (vgl. Wilhelm & Schecker, 2018, S.41). Beide Wege unterliegen dem Konstruktivismus, also der Vorstellung, „[...] dass Lernen und allgemein menschliche Erkenntnis nur auf der Basis des vorhandenen Vorwissens möglich ist“ (Wilhelm & Schecker, 2018, S.42). Für welchen Weg man sich als Lehrender entscheidet, unterliegt unter anderem weiteren Zielvorstellungen, die für die Unterrichtsplanung von Bedeutung sind. Kognitive Konflikte eignen sich, wenn man wissenschaftliche Aspekte exemplarisch darlegen will und den Vorgang des eigenen Wissenserwerb mit den SuS metakognitiv steuern möchte. Dafür sollte man abwägen, wie anspruchsvoll die kognitive Aktivierung für die SuS ist. Erscheint dies zu anspruchsvoll, stellt das kontinuierliche Konzept eine bessere Herangehensweise dar, vorausgesetzt es bestehen ausreichend Anhaltspunkte, um an den vorhandenen Schülervorstellungen anknüpfen zu können (vgl. Wilhelm & Schecker, 2018, S.42).

### **3.5 Konzeptwechsel**

Wie im vorigen Kapitel erwähnt, sollen die SuS im naturwissenschaftlichen Unterricht einen Konzeptwechsel erlangen; in der Hinsicht, dass sie von der Alltagsvorstellung zur physikalischen Sichtweise wechseln (vgl. Duit, 2015, S. 666). Dies beruht, laut Wilhelm und Schecker (2018) auf der Fähigkeit, für beide Vorstellungen ein Konzeptbewusstsein zu schaffen und die Schülervor-

stellungen dabei auf Grundlage des wissenschaftlichen Aspektes zu erweitern. Der Konzeptwechsel dient somit einer Konzepterweiterung und ist abzugrenzen von einem Konzeptaustausch (vgl. Wilhelm & Schecker, 2018, S.40). „Es kann deshalb lediglich das Ziel des Unterrichts sein, die Schülerinnen und Schüler davon zu überzeugen, dass die naturwissenschaftlichen Vorstellungen in bestimmten Situationen angemessener und fruchtbarer sind, als die vorunterrichtlichen Alltagsvorstellungen“ (Duit, 2015, S.666). Dabei unterliegen dem Konzeptwechsel folgende vier Bedingungen:

1. „Die Lernenden müssen mit den bereits vorhandenen Vorstellungen unzufrieden sein.
  2. Die neue Vorstellung muss logisch verständlich sein.
  3. Sie muss einleuchtend, also intuitiv plausibel sein.
  4. Sie muss fruchtbar, d.h. in neuen Situationen erfolgreich sein.“
- (Duit, 2015, S.666)

### **3.6 Bisherige Forschungsergebnisse zu Schülervorstellungen zum Schall**

Der Forschungsstand über vorunterrichtliche Vorstellungen von SuS zum Thema Schall im Primarstufenbereich zeigt sich als sehr übersichtlich. Im Jahr 1995 haben Wulf und Euler eine Studie mit Primarstufenkindern diesbezüglich in Form von Einzelinterviews durchgeführt. Dabei fanden sie heraus, dass SuS im Primarstufenalter bereits dezidierte Vorstellungen zur Schallentstehung und Schallausbreitung haben. Auch sind die SuS in der Lage, ihre mentalen Modelle angemessen verbal und visuell darzustellen (vgl. Wulf & Euler, 1995, S. 256).

Grundlegend wurde festgestellt, dass sich Töne für die SuS als unsichtbare materielle Objekte verhalten, die mit einer internen Aktivität ausgestattet sind (vgl. Wulf & Euler, 1995, S.257). Töne werden von Kindern der ersten Jahrgangsstufe überwiegend anthropomorph erklärt, während Kinder im vorangeschrittenen Alter von Tönen sprechen, die durch die Luft fliegen. In den Vorstellungen der Kinder ist Luft allerdings nicht ausschlaggebend für die Ausbreitung (Luft ist Nichts) (vgl. Wulf & Euler, 1995, S.258). Kinder nutzen, so Wulf

und Euler (1995), für die Erklärung von Schallausbreitung größtenteils „Vagabundiermodelle“, bei denen die Töne von der Schallquelle zum Ohr und wieder zurück einen zirkulären Prozess aufweisen. Zudem fanden sie heraus, dass Kinder erst ab Jahrgangsstufe vier die Ausbreitung anhand eines „Strahlungsmodells“ erklären können. Sie können zwar zwischen Quelle, Übertragungsstrecke und Schallempfänger unterscheiden, eine Schwingung als grundlegende Ursache von Schall zu erkennen, scheint im Primarstufenalter allerdings noch nicht gegeben und schwerfällig (vgl. Wulf & Euler, 1995, S.257). Ein Ton ist für Kinder nach direkter Erzeugung durch Anschlagen oder Anzupfen „einfach da“ und ist somit eine direkte Folge des Handelns. Dass Töne für die Wahrnehmung im Kopf verantwortlich sind, also Prozesse im Kopf auslösen, scheint für die SuS eine abstrakte Vorstellung, die laut Wulf und Euler erst später in das Bewusstsein von Kindern tritt (vgl. Wulf & Euler, 1995, S.258).

Eine weitere Studie zu Schülervorstellungen von Schall wurde 2017 an der Universität in Wien von Daniel Schwendinger durchgeführt. Dies allerdings nicht mit Kindern im Primarstufenalter, sondern mit Kindern im Mittelstufenalter (Sekundarstufe I). Die Vorstellungen beruhen somit nicht nur auf vorunterrichtlichem Wissen, sondern auch auf dem vorangegangenen Physikunterricht (vgl. Schwendinger, 2017, S.60). Hier wurde herausgefunden, dass Kinder in der Lage sind, zu verstehen, dass ein Mensch Schall mit Hilfe seiner Sprache erzeugen kann und diesen über die Ohren wahrnimmt. Das Phänomen Schall mit seinem zugrundeliegenden Wirkungsprinzip zu erfassen, fällt den Kindern aus dem Sekundarstufenbereich I allerdings weiterhin schwer (vgl. Schwendinger, 2017, S.61). Das Ausbreitungsmedium, so Schwendinger (2017), sorgt weiterhin für Vorstellungsschwierigkeiten; auch sind Kinder im höheren Alter noch nicht in der Lage die Schwingung als Ursache von Schall zu erkennen. Im Sinne der Ausbreitungsgeschwindigkeit sprechen die Kinder von einer Geschwindigkeit, die vom Menschen bemerkt werden kann und eine gewisse Zeit in Anspruch nimmt (vgl. Schwendinger, 2017, S.62).

Auf die eben genannten Ergebnisse Schwendingers und Wulf und Eulers wird in Kapitel 9 noch einmal Bezug genommen, indem eine vergleichende Stellungnahme des Forschungsstandes mit denen aus dieser wissenschaftlichen Arbeit resultierenden Ergebnissen, vorgenommen wird.

## **4. Empirie**

Das zugrundeliegende Kapitel führt in das Thema unterschiedlicher Forschungsmethoden ein, um im Anschluss eine Begründung für die Entscheidung der qualitativen Forschungsmethode darzulegen. Kapitel 4.2 beschäftigt sich mit einer genaueren Erläuterung eines leitfadengestützten Interviews.

### **4.1 Qualitative und Quantitative Forschung**

Forschung lässt sich im allgemeinen durch Erkenntnis und Verwertung charakterisieren (vgl. Raithel, 2008, S.7). Dies bedeutet, so Raithel (2008), dass sie grundsätzlich durch die Gewinnung neuer Erkenntnisse auf die Umsetzung dieser in der Praxis abzielen. Dabei stellen Forschungsmethoden einzelne Verfahren und Techniken dar, um solche Begründungszusammenhänge zu gewinnen (vgl. Raithel, 2008, S.7). Qualitative und Quantitative Verfahren sind zwei grundlegende Arten von Forschungsmethoden.

Spricht man von quantitativer Forschung geht es in erster Linie darum, mit Hilfe von Variablen die aufgestellten Hypothesen über einen Sachverhalt an der Realität zu überprüfen (vgl. Brüsemeister, 2008, S.19). „Die forschungsleitenden - aus Theorie gespeisten - Hypothesen müssen operationalisiert werden, d.h. in messbare Dimensionen überführt werden, um sie dann in Form von Zahlen einer weiteren mathematischen Analyse zuzuführen“ (Raithel, 2008, S. 8). Quantitative Forschung geht schlussfolgernd von einem numerischen Relativ aus, welches einem empirischen Relativ zugeordnet wird (vgl. Raithel, 2008, S.8), wohingegen qualitative Aspekte auf die Entdeckung von Theorieaussagen mittels empirischer Daten abzielen (vgl. Brüsemeister, 2008, S.19). „Qualitativ orientierte Forschung will die besonderen Eigenschaften und Merkmale [...] eines [sozialen] Feldes möglichst genau, differenziert und gegenstandsnah erfassen“ (Raithel, 2008, S.8). Es handelt sich demnach um eine entdeckende Forschungsmethode, die von der überprüfenden (quantitativen) zu unterscheiden ist. Die quantitative Forschung benötigt signifikant messbare Mengen (vgl. Brüsemeister, 2008, S.19), die sie beispielsweise anhand von Fragebögen erlangen kann. Dagegen versucht die qualitative Forschung nicht zu messen, sondern möchte begreifen, was im jeweiligen Objektbereich auftritt

(vgl. Raithel, 2008, S.8). Die quantitative Forschung prüft davon ausgehend die statistische Signifikanz qualitativ begründeter Hypothesen.

Je nach Fragestellung und Forschungsgegenstand sollte eine angemessene Forschungsmethode ausgewählt werden (vgl. Niebert & Gropengießer, 2014, S. 123). Möchte man zum Beispiel, laut Niebert und Gropengießer (2014), bisher unerforschte Denkweisen untersuchen, so muss die Breite, Tiefe und Qualität vorunterrichtlicher Vorstellungen erfasst werden. Nur qualitative Forschungsmethoden schaffen es durch Problemzentrierung, Offenheit und Interaktivität diese unbekannten individuellen Vorstellungen zu erfassen und interpretativ zu erschließen (vgl. Niebert & Gropengießer, 2014, S.123).

Qualitative Forschungsmethoden gehen meist, laut Schnell et al. (2013), mit unterschiedlichen Interviews einher. Dabei unterscheidet man zwischen wenig strukturierten, teilstrukturierten und stark strukturierten Interviews. Folgende Merkmale sind hierbei ausschlaggebend: Beim wenig strukturierten Interview gibt es keinen Fragebogen, auch ist es vergleichbar mit einer alltäglichen Gesprächssituation. Ein stark strukturiertes Interview hingegen ist formell und inhaltlich genau vorgegeben. Das Leitfadengespräch ist somit teilstrukturiert, da hier Hauptfragen vorgegeben sind und der Interviewer spontan die Reihenfolge anpassen kann (vgl. Schnell et al., 2013, S.314f). Deshalb wurde in der zugrundeliegenden Examensarbeit als qualitative Forschungsmethode das leitfadengestützte Interview ausgewählt, welches im folgenden näher erläutert wird.

## **4.2 Leitfadengestütztes Interview**

Ein Interview beruht, nach Krüger und Riemeier (2014), auf einer Befragung auf Grundlage von Gesprächsimpulsen, die den GesprächspartnerIn zum Sprechen anregen sollen. Resultierend daraus, gilt es, persönliche Informationen, Einstellungen, Wissen oder Vorstellungen zu erheben, um Rückschlüsse aus den jeweiligen Äußerungen zu ziehen (vgl. Krüger & Riemeier, 2014, S.133). Da es sich dabei stets um Selbstauskünfte der Interviewten handelt, bedürfen die Äußerungen stets einer Interpretation durch den Interviewer (vgl. Niebert & Gropengießer, 2014, S.121). Schlussfolgernd handelt es sich bei Interpretationen um ein Fremdverstehen, durch das den Aussagen der Probanden ein ande-

rer Sinn zugeteilt wird (vgl. Niebert & Gropengießer, 2014, S.123). Die Grundlage fachdidaktischer Forschung liegt, nach Niebert und Gropengießer (2014), somit nicht in einem fachlichen Phänomen (Perspektive erster Ordnung), sondern in der vorunterrichtlichen Vorstellung über ein jeweiliges fachliches Phänomen (Perspektive zweiter Ordnung). „Qualitativ Forschende nehmen dabei die Perspektive zweiter Ordnung ein, indem sie das Denken der Befragten methodisch kontrolliert rekonstruieren. Gegenstand der Rekonstruktion ist das Denken Anderer in deren Perspektive erster Ordnung, d.h. deren Wahrnehmung und Verstehen der Welt“ (Niebert & Gropengießer, 2014, S.123).

Die Antwortmöglichkeiten bei Interviews sind, laut den Autoren, im Gegensatz zu standardisierten Fragebögen offener und uneingeschränkter. Selbstverständlich muss der Interviewer zurückhaltend und neutral sein, um die Vorstellungen und Einstellungen des Gegenübers nicht zu beeinflussen (vgl. Niebert & Gropengießer, 2014, S.121,122).

Das Leitfadeninterview stellt dabei eine bewährte Methode dar, um vorunterrichtliche Vorstellungen zu erfassen (vgl. Krüger & Riemeier, 2014, S.133). Es rekonstruiert demnach alltägliches und wissenschaftliches Wissen und gewährleistet gleichzeitig durch die Offenheit eines Interviews eine Struktur für den Interviewer (vgl. Niebert & Gropengießer, 2014, S.122). Sie verlaufen im Gegensatz zu anderen Interviewvarianten stärker entlang eines Leitfadens, der strukturiert ist durch die Themenbereiche und die dazugehörigen Fragen (vgl. Loosen, 2016, S.143f). Der Leitfaden bietet, so Loose (2016), dabei eine sinnvolle Gliederung, wobei das Gespräch nicht zwangsläufig der vorgelegten Reihenfolge nach abgehandelt werden muss. Die zugrundeliegenden Themen und Fragen gehen aus den theoretischen Überlegungen einher und beabsichtigen dabei eine Beantwortung der Forschungsfrage. Durch die vorherige Festlegung der Themen können Vergleiche verschiedener Interviews herangezogen werden; dies erleichtert somit die spätere Auswertung. Die Auswertung kann in unterschiedlicher Weise analysiert werden. Meist ereignet sich die Auswertung auf Grundlage der qualitativen Inhaltsanalyse; diese regelgeleitete Auswertung stellt eine systematische Methode dar, aus der letztendlich zentrale Thesen abgeleitet werden können (vgl. Loosen, 2016, S.144f). Näheres dazu wird in Kapitel 6 weiter aufgeführt.

## **5. Erhebung**

Bevor die qualitative Inhaltsanalyse genauer erläutert wird und die aus den Leitfadeninterviews resultierenden Daten analysiert werden, wird im vorliegenden Kapitel erst einmal der Aufbau und die Durchführung der Interviews dargestellt. Dazu wird zunächst die Grundlage der Interviews erläutert, um das angewendete Vorgehen bei der Durchführung der Interviews verstehen zu können.

### **5.1 Grundlage des Interviews - Schallsender**

Grundlage der Interviews, die für die Erhebung dieser Examensarbeiten in Betracht gezogen werden, betreffen sogenannte Schallsender. Als Schallsender wird im allgemeinen jedes Gerät definiert, welches zur Erzeugung von Schwingungen geeignet ist (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S.538). Vorliegende Arbeit beschränkt sich dabei auf die schwingende Saite (Ukulele), einer Membran (Tamburin) und einer Stimmgabel. Durch diese Versuche sollen die SuS ihr Wissen über Schall zum Ausdruck bringen.

#### **5.1.1 Saite**

Bei Musikinstrumenten (z.B. Geige, Gitarre, Klavier) werden schwingende Saiten zur Tonerzeugung genutzt (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S.544). So auch in der vorliegenden Examensarbeit bei der auf eine Ukulele zurückgegriffen wird.

Saiten bestehen entweder aus Därmen oder Metalldrähten, die nach einer bestimmten Länge  $l$  an beiden Enden fixiert sind (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S.538). Die Anregung einer Saite geschieht durch einen äußeren Kräfteeinfluss, indem sie entweder durch Anstreichen oder Zupfen in einen Spannungszustand versetzt wird. Aufgrund der erzeugten Spannung, führt sie transversale Schwingungen um ihre Ruhelage aus; die umgebenden Luftpartikel verdichten und verdünnen sich demnach. „Zur guten Schallabstrahlung besitzen alle diese Instrumente einen sogenannten Resonanzkörper oder Resonanzboden, der von den schwingenden Saiten zum Mitschwingen angeregt wird“ (Lüders & von Oppen, 2008, S.544) und somit für eine möglichst

gleichmäßige Verstärkung der Frequenzen sorgt (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S.544).

Hierbei kommt folgendes Grundphänomen zum Tragen; das Prinzip einer stehenden Welle. „In Abständen von  $1/2\lambda$  befinden sich Schwingungsknoten, an denen das Medium zu allen Zeiten in Ruhe ist, während genau dazwischen Schwingungsbäuche liegen, an denen das Medium maximal schwingt“ (Lüders & von Oppen, 2008, 2008, S.491). Eine halbe Wellenlänge charakterisiert dabei die Grundschiwingung, die durch die tiefste Frequenz, die Grundfrequenz, definiert ist (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S.538). Neben der Grundschiwingung, können auch Oberschwingungen entstehen. Dabei unterscheidet man zwischen der ersten bis k-ten Oberschwingung, die durch die Fixierung an bestimmter Stelle ( $1/2$ ,  $1/3$ ,  $1/4$ , usw.) je einen weiteren Knotenpunkt bilden (siehe Abbildung 13) (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S.539).

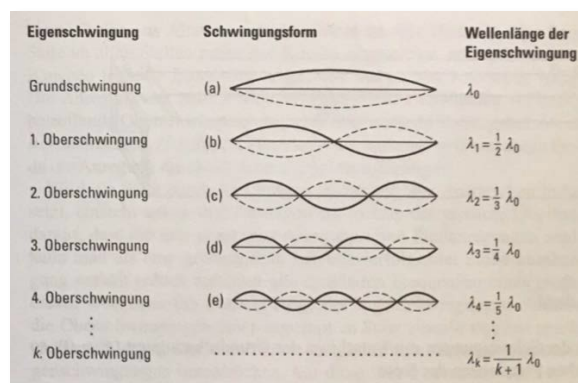


Abb. 13 Transversale Eigenschwingung einer Saite  
Quelle: Lüders & von Oppen, 2008, S.539

### 5.1.2 Membran

Eine Membran stellt einen weiteren Schallsender dar, der durch einfaches Anschlagen in Schwingung versetzt werden kann. Sie besteht aus dünnem Material, beispielsweise aus Papier, Kunststoff oder Tierhaut. Damit sie durch Anschlagen mechanische Schwingungen erzeugen kann, muss eine Membran durch einen äußeren Kräfteeinfluss stark unter Spannung versetzt werden, um Widerstand gegen Verbiegung leisten zu können. Ein Beispiel einer gespannten Membran, stellt das Tamburin dar, bei der meist Tierhaut über einen Holzrahmen gezogen und befestigt wird (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S. 560,561).

### 5.1.3 Stimmgabel

Eine Stimmgabel besteht aus zwei Stabhälften, die parallel zueinander verlaufen und in U-förmiger Gestalt durch einen am Grund befestigten Stiel zusammenlaufen (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S.552). Vergleichsweise wie die Membran wird eine Stimmgabel durch Anschlagen in Schwingung versetzt. Dabei bewegen sich die beiden Stimmgabelenden jeweils halbperiodisch zueinander hin oder voneinander weg. Die Knotenstellen  $c$  bleiben dabei unbeweglich, während sich

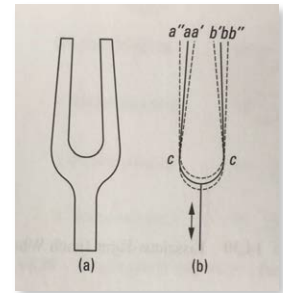


Abb. 14 Stimmgabel (a) und ihre Schwingungsform (b)

Quelle: Lüders & von Oppen, 2008, S.552

der Teil unterhalb der Knotenstellen in senkrechter Stellung auf und ab bewegt. Dargestellt ist dieser Mechanismus in Abbildung 14. (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S.552). Die Stimmgabel erzeugt durch das Anschlagen einen einfachen Ton, ohne jegliche Oberschwingungen. Sie gilt, wie die Saite auch, als ein schlechter Schallabstrahler, da beide Stimmgabelzinken auf der einen Seite für eine Luftverdichtung und auf der anderen für eine Luftverdünnung sorgen (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S.552). Stellt man allerdings die Stimmgabel auf einen festen Untergrund, zum Beispiel auf eine Tischplatte, „[...] so wird diese durch die Längsschwingungen des Stiels in periodische Bewegung mit der Stimmgabelfrequenz versetzt und strahlt infolge ihrer großen Oberfläche den Schall besser an die umgebende Luft ab“ (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S. 553). Noch besser erscheint die Schallabstrahlung, wenn man die Stimmgabel auf einen Holzkasten befestigt. Auch dieser dient als sogenannter Resonanzkörper und verstärkt somit den Schall in der Luft, da die Schwingung des Stimmgabelstiels die Kastenoberfläche in Bewegung versetzt. Die Bewegung der Kastenoberfläche, regt wiederum die Luft innerhalb des Kastens an, wobei der Kasten entweder ein- oder beidseitig an den Stirnseiten geöffnet ist (vgl. Lüders & von Oppen, 2008, S.553).

## 5.2 Interviewdurchführung

Wie erwähnt werden leitfadengestützte Schülerinterviews zur empirischen Forschungsarbeit herangezogen, die aufgrund ihrer offenen Gesprächsform als halbstandardisierte Vorgehensweise gelten. Vorgegeben sind dabei die oben

vorgestellten Schallsender, die den SuS ihr Vorwissen und Eindrücke ihrer Wahrnehmung zum gegebenen Thema hervorlocken sollen. Das Gespräch entwickelt sich somit aus den Interaktionen Fragen, Hören, Sehen und Handeln. Die Versuche werden zunächst von der Interviewerin vorgeführt und im Anschluss auch den SuS zum eigenen Ausprobieren überlassen (vgl. Wulf & Euler, 1995, S.255).

Interviewt werden insgesamt zwölf SuS im Alter von acht bis zehn Jahren einer hessischen Grundschule, darunter sechs Mädchen und sechs Jungs; alle besuchen dieselbe Schulklasse. Aus datenschutzrechtlichen Gründen werden die Kinder anonymisiert und ihre Namen geändert. Aus dem Klassenverband wurden willkürlich zwölf Kinder für die Durchführung der Interviews ausgewählt; für alle Kinder lag eine entsprechende Einverständniserklärung der Eltern vor.

Das Thema „Schall“ ist im Sachunterricht noch nicht zuvor behandelt worden. Wissen ist demnach vorunterrichtlich und baut auf Alltagserfahrungen auf. Die SuS werden an zwei unterschiedlichen Werktagen während der normalen Unterrichtszeit interviewt; an beiden Tagen ergibt das je sechs Interviews. Durchgeführt werden die Interviews mit jedem Kind einzeln im Differenzierungsraum der Klasse. Die Dauer eines Interviews liegt dabei zwischen fünf und zwölf Minuten. Zwischen den beiden Durchführungstagen werden die vorhandenen Daten aufgearbeitet, um Rückschlüsse ziehen zu können und eine Verbesserung in der Herangehensweise zu erlangen. Nach der Datenaufbereitung des zweiten Durchführungstages wurden keine neuen Erkenntnisse dazu gewonnen, weshalb die Datenaufnahme beendet wird.

Um das Vertrauen seitens der SuS zu erlangen, geht dem eigentlichen Interview eine kurze Einführungsphase voraus (vgl. Niebert & Gropengießer, 2014, S. 122). Dabei ist es von großer Bedeutung den SuS Informationen zum nachfolgenden Interview zu geben, um für eine entspannte und offene Gesprächsatmosphäre zu sorgen (vgl. Niebert & Gropengießer, 2014, S.122). Betreffend dafür (siehe Anhang S.73) werden die SuS zunächst begrüßt, die Interviewerin stellt sich nochmals persönlich vor und bedankt sich für die Teilnahme. Daraufhin wird den SuS der Grund des Interviews dargelegt, sowie das Vorgehen erklärt. Auch werden die SuS über die anonymisierte Tonbandaufnahme aufgeklärt. Eine große Rolle nimmt dabei der Hinweis zur Beantwortung der Fragen ein,

der verdeutlichen soll, dass es keine falschen Antwortmöglichkeiten gibt. Während des gesamten Interviewverlaufes erfolgen „[...] spontane Interventionen wie vertiefende[s] Nachfragen oder Impulse, in denen der Interviewer Äußerungen der Probanden aufgreift und um weitere Erläuterungen bittet“ (Niebert & Gropengießer, 2014, S.122,123). Dadurch erfolgt eine immer stärkere Fokussierung seitens der Probanden, wodurch auch eine immer ausführlichere Darstellung der Vorstellung erlangt werden kann. Das Fremdverstehen seitens der Interviewerin wird somit zunehmend gesichert (vgl. Niebert & Gropengießer, 2014, S.122,123).

### **5.3 Interviewleitfaden**

Die Erstellung des Interviewleitfadens (siehe Anhang, S.73,74) orientiert sich an den Anforderungen von Niebert und Gropengießer (2014). Zusammenfassend dient ein Leitfaden der Orientierung des Interviewers. Er soll den Gesprächsfluss nicht einengen, sondern übersichtlich gestaltet sein, sowie logisch strukturiert. Um eine natürliche Gesprächssituation zu schaffen, soll das Interview sich einer angemessenen Alltagssprache bedienen; dabei gilt es stets, dem Wortschatz des Interviewpartners Beachtung zu schenken und direkten Bezug darauf zu nehmen („Ad-hoc-Interventionen“). Niebert und Gropengießer folgen dabei dem Motto: „So offen wie möglich, so strukturiert wie notwendig.“ (vgl. Niebert & Gropengießer, 2014, S.126).

Bei der Erstellung des Leitfadens ist es, laut Niebert und Gropengießer (2014), zunächst notwendig, Interventionen auf Grundlage der eigenen Untersuchung und dem Stand der Forschung zu sammeln, diese dann zu prüfen und zu ordnen. Da die Wahrnehmung von Schall Ausgangspunkt der anstehenden Erhebung ist, wird der Leitfaden in einzelne Gliederungspunkte unterteilt, die dem zu erfassenden Inhaltsbereich Struktur verleihen sollen. Dabei ist es wichtig, auf die in den Interventionen verwendeten Formulierungen zu achten. Interventionen, die eine direkte Beantwortung der Forschungsfrage erfordern, implizieren überwiegend fachliches Wissen und nehmen weniger Bezug zu der jeweiligen Erfahrungswelt der SuS. Zusammenfassend ist demnach das eigentliche Forschungsthema umzuformulieren und Interventionen zu nutzen, die auf den

Vorstellungshorizont und die Sprache des Befragten abzielen (vgl. Niebert & Gropengießer, 2014, S. 127).

Der erste Gliederungspunkt des Interviewleitfadens gilt dem offenen Einstiegsimpuls, der dem Befragten die Gelegenheit bieten soll, in das Gespräch hineinzufinden und eine eigene Auffassung entwickeln zu können, ohne dass dabei jegliche inhaltliche Vorgaben gegeben werden (vgl. Niebert & Gropengießer, 2014, S.128). Demnach unterliegt folgender Aspekt der Zielvorstellung herauszufinden, was die SuS zum grundlegenden Forschungsthema bereits wissen. Dazu dient die Ukulele, bei der eine Saite vorerst vom Interviewer angeschlagen wird und dazu lediglich nach der Wahrnehmung und der Beobachtung gefragt wird. Dabei soll festgestellt werden, welche Grundbegriffe die SuS beim Klang einer Ukulele gebrauchen, ob sie das Schwingen der Saite erkennen, sowie welches Fachvokabular sie hierfür verwenden. Hierbei ergibt sich die erste Möglichkeit auf die Vorstellungen der Kinder einzugehen, deren Vokabular aufzugreifen und zu benutzen und somit die Konzepte und Zusammenhänge, die ein Schüler/eine Schülerin assoziiert, näher zu hinterfragen (vgl. Niebert & Gropengießer, 2014, S.127). Von großer Bedeutung ist es ebenfalls, festzustellen, inwieweit Kinder einer dritten Jahrgangsstufe in der Lage sind, eine Verbindung zwischen Ton, Klang, Geräusch, der Schwingung und dem Hören herzustellen. Der anschließende Gliederungspunkt 2 dient der Validierungs-Intervention (vgl. Niebert & Gropengießer, 2014, S.129), bei dem die SuS ihre Vorstellungen, die sie in Gliederungspunkt 1 darlegen, zeichnerisch veranschaulichen sollen, um diese abschließend noch einmal zu erklären. Somit wird zum einen das Fremdverstehen gesichert, zum anderen können die erhobenen Äußerungen und die bildlichen Darstellungen für das Forschungsanliegen genutzt und in der Auswertung miteinander verglichen werden (vgl. Niebert & Gropengießer, 2014, S.129). Gliederungspunkt 3 dient der vertieften Darlegung der Schallausbreitung, sowie auch der Erforschung des Lautstärkeempfindens der SuS. Dazu wird, im Gegensatz zu der Ukulele, ein unharmonischer Klang mithilfe eines Tamburins erzeugt. Auch hier wird zunächst absichtlich erneut nach der Wahrnehmung gefragt, um herauszufinden, auf welche Grundbegriffe die SuS im Folgenden zurückgreifen. Des Weiteren bietet der Instrumentenwechsel den SuS Gelegenheit, auf die Unterscheidung lauter und

leiser Töne einzugehen. Darauf aufbauend ergibt sich die Erweiterung des Gesprächs auf die Ausbreitung des Schalls im Raum. Gliederungspunkt 4 (Stimmgabel) gilt im Anschluss einer weiteren Spezifizierung, betreffend zum einen der erneuten Wahrnehmung, zum anderen wird die Verstärkung des Tons diskutiert. Gliederungspunkt 5 soll zum Abschluss das Thema „Lärm“ auffassen und den Aspekt eines schallleeren Raums hinterfragen. Auch unterliegt letzter Aspekt der Bedingung, die SuS, die kaum bis gar keine Konzeptvorstellungen aufbringen, auf das eigentliche Forschungsanliegen aufmerksam zu machen und speziell zu hinterfragen, ob sie zuvor schon einmal etwas von Schall gehört haben. Die Schluss-Intervention soll den Befragten die Möglichkeit bieten, relevante oder auch vergessene Aspekte noch einmal hervorzuheben und den gesamten Interviewverlauf abschließend zu kommentieren (vgl. Niebert & Gropengießer, 2014, S. 129).

## **6. Aufbereitung und Auswertung**

Die qualitative Inhaltsanalyse unterliegt nach Krüger und Riemeier (2014) grundsätzlich drei Gliederungspunkten; diese betreffen die Erhebung, die Aufbereitung und die Auswertung. Der Aufbereitung zuzuordnen sind die Transkriptionen und die redigierten Aussagen. Die Datenauswertung beschäftigt sich nachgehend mit dem Ordnen der entstandenen Aussagen, der Explikation und der Einzelstrukturierung (vgl. Krüger & Riemeier, 2014, S.135). Im vorliegenden Kapitel werden die einzelnen Schritte zunächst erläutert, um im darauffolgenden Kapitel 7 die einzelnen Interviews auszuwerten. Die Transkripte, die redigierten, sowie die geordneten Aussagen sind dabei im Anhang zu finden.

### **6.1 Transkription**

In einer Transkription werden mündliche Äußerungen in einen Fließtext (geschriebene Sprache) überführt (vgl. Krüger & Riemeier, 2014, S.135). Dabei werden, so Gropengießer (2008), nur inhaltstragende Passagen verschriftlicht; andere von Bedeutung irrelevante Passagen, wie zum Beispiel die Einleitung, werden nicht transkribiert. Hinzu kommt eine konstante Durchnummerierung jeder einzelnen Zeile eines Transkriptes. Grundlegend gilt es, den exakten

Wortlaut, sowie die originale Ausdrucksweise zu übernehmen; Satzbaufehler werden ebenfalls nicht behoben. Die einzige Bereinigung des Transkriptes betrifft beispielsweise Dialekte, dabei wird „nee“ zu „nein“ oder „ne Saite“ wird zu „eine Saite“. Pausenfüller, wie

zum Beispiel „Äh“ werden ebenfalls nicht protokolliert, dafür allerdings längere Pausen, die eine Schlussfolgerung über die Denkstruktur der SuS darlegen können. Gleichzeitig vorkommendes Sprechen wird nicht gekennzeichnet. Kommentare, die nicht auf einer Sprechgrundlage beruhen, werden dabei in eckigen Klammern kommentiert; dazu zählen Lachen, Hinweise, und ähnliches (vgl. Gropengießer, 2008, S.176-178).

| Symbol      | Bedeutung                                                                 |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------|
| -           | Kurze Pause                                                               |
| - -         | Lange Pause bis zu 3s                                                     |
| (s)         | Pause die länger als 3s andauert                                          |
| [...]       | Auslassung; irrelevanter Teil des Interviews                              |
| ( )         | Unverständlicher Teil des Interviews                                      |
| (Vermutung) | Vermutung der sprachlichen Äußerung eines unverständlichen Interviewteils |
| [Kommentar] | Nonverbale Ausdrücke, Hinweise, Ereignisse, u.ä.                          |

Tabelle 1: Transkriptionsregeln  
Quelle: eigene Anfertigung

## 6.2 Redigieren der Aussagen

Der nächste Schritt der Datenaufbereitung betrifft das Redigieren der Aussagen. Dabei gilt es, nach Gropengießer (2008), die Qualität der Aussagen stets im Vergleich der Tonbandaufnahme zu überprüfen. Dabei werden aufgrund einer verbesserten Zugänglichkeit Äußerungen aus dem vorliegenden Transkript entnommen und unter Berücksichtigung des Kontextes leicht geglättet. Dies sorgt für eine bessere Lesbarkeit. Das Transkript gewinnt somit an Deutlichkeit und Klarheit (vgl. Gropengießer, 2008, S.178,179). Hierbei erfolgt eine erste Interpretation des Interviews dadurch, „[...] dass der Text durch eine zweite Reduktion des Datenmaterials akzentuierter auf die Fragestellung bezogen wird“ (Krüger & Riemeier, 2014, S.138).

Grundlegend werden hierbei vier Operationen vorgenommen (vgl. Gropengießer, 2008, S.179). Zuerst kommt es zum Selegieren bedeutungstragender Aussagen. Dabei werden Informationen, die für die Fragestellung der Untersuchung keine Relevanz zeigen, aussortiert. Aussagen, die dabei einen Bedeu-

tungszusammenhang aufweisen, werden in Abschnitten zusammengestellt. Die Reihenfolge bleibt dabei erhalten und wird durch die aus dem Transkript eingehende Zeilennummerierung gekennzeichnet (vgl. Gropengießer, 2008, S. 179). Dabei werden Redundanzen und Füllwörter/-sätze ausgelassen, wodurch es zu einer deutlichen Reduzierung des Textes kommt und eine bessere Verständlichkeit beim Lesen bereitgestellt wird (vgl. Krüger & Riemeier, 2014, S. 138). Der dritte Schritt betrifft die Transformation, bei der die „[...] Äußerungen des Interviewpartners so verändert werden, dass sie unabhängig von den Beiträgen des Interviewers werden“ (Krüger & Riemeier, 2014, S.138). Sie unterliegen somit einer Eigenständigkeit, wobei innerhalb geschweiften Klammern die Fragen, Hinweise und Einwürfe des Interviewers akzentuiert werden (vgl. Krüger & Riemeier, 2014, S.138). Der letzte Schritt betrifft das Paraphrasieren; hierbei werden die Äußerungen auch grammatikalisch aufbereitet und geglättet (vgl. Gropengießer, 2008, S.179). Dabei werden ganze Sätze formuliert, wobei die Sprache des Probanden erhalten bleiben soll (vgl. Gropengießer, 2008, S.179). Im Anschluss an das Redigieren erfolgt die Auswertung der Interviews. Diese umfasst das Ordnen der Aussagen, die Explikation und die Einzelstrukturierung (vgl. Gropengießer, 2008, S.180).

### **6.3 Ordnen der Aussagen**

Beim Ordnen der Aussagen wird eine dritte Reduktion des Materials vorgenommen (vgl. Gropengießer, 2008, S. 180). Dabei werden die redigierten Aussagen inhaltlich hinsichtlich der Fragestellung untersucht und einzelne bedeutungsgleiche Passagen in Sinneinheiten gebündelt (vgl. Krüger & Riemeier, 2014, S.140). Die Sinneinheiten werden dann einzelnen Kategorien zugeordnet, die sich ausgehend von der Fragestellung der Studie und dem Forschungsstand ergeben (vgl. Krüger & Riemeier, 2014, S.140). Diese entstandenen Abschnitte werden je mit einem Titel versehen (vgl. Gropengießer, 2008, S.181). Einzelne Aussagen können dabei auch mehreren Kategorien zugeordnet werden, sofern sie inhaltlich passend zu der jeweiligen Kategorie sind (vgl. Krüger & Riemeier, 2014, S.140). Wörter oder Satzteile, die weiterhin für die Interpretation des Gesagten von Bedeutung sind, werden dabei in runden Klammern eingefügt (vgl. Krüger & Riemeier, 2014, S.140). Greift der Proband zur Erklä-

rung einzelner Vorstellungen auf mehrere Beispiele zurück, werden diese durch eine Verallgemeinerung gebündelt und charakteristisch dargelegt (vgl. Krüger & Riemeier, 2014, S.140). Alles in allem bleibt zu beachten, die Argumentationskette möglichst zu erhalten und die Aussagen zu Vorstellungen innerhalb eines Abschnittes sinnvoll zu strukturieren (vgl. Gropengießer, 2008, S.181).

#### **6.4 Explikation**

Der nächste Schritt der Auswertung stellt die Explikation dar, bei der die Charakteristika der Vorstellungen in einen Fließtext überführt und erläutert werden (vgl. Krüger & Riemeier, 2014, S.141). Dabei gilt es zunächst die individuellen Vorstellungen interpretativ zu erschließen und in Kontrast zur fachlichen Perspektive zu stellen (vgl. Gropengießer, 2008, S.181). Ausschlaggebend ist, laut Krüger und Riemeier (2014), hierbei nicht die Überprüfung der fachlichen Angemessenheit. Die Kontrastierung beruht vielmehr auf der Identifikation von Anknüpfungsmöglichkeiten, um eine systematische Wissensvermittlung zu ermöglichen. Ein weiterer Aspekt der Explikation betrifft die Analyse sprachlicher Zusammenhänge. Diese können zum einen, anhand von Analogien oder Metaphern mögliche Quellen der entstandenen Vorstellungen lebensweltlicher oder fachlicher Zusammenhänge identifizieren. Zum anderen kann die Analyse sprachlicher Zusammenhänge auch für ein verbessertes Verstehen der sprachlichen Aussagen der Probanden führen und somit im Hinblick auf die Vermittlung als lernhinderlich oder -förderlich eingestuft werden. Auch sollen die aus dem Interview einhergehenden individuellen Widersprüche (ob selbstbemerkt oder unbemerkt), Verständnisschwierigkeiten, sowie die Interessen zum Thema seitens der Probanden, in der Explikation erfasst und analysiert werden (vgl. Krüger & Riemeier, 2014, S.141,142).

Mit den herausgefilterten Vorstellungen gehen Konzepte einher, die in der Explikation innerhalb von Klammern hinzugefügt und benannt werden. Dies dient der Vorbereitung des nächsten Schrittes; der Einzelstrukturierung (vgl. Krüger & Riemeier, 2014, S.142).

## **6.5 Einzelstrukturierung und Gesamtauswertung**

Ein letzter Schritt bedarf der inhaltlichen Strukturierung und umfasst somit die Bündelung der Vorstellungen/Konzepte aus der Explikation zu Einheiten (vgl. Krüger & Riemeier, 2014, S.143). Die jeweiligen Einheiten (Kategorien) werden mit einer prägnant beschreibenden Überschrift versehen, die sich an den Vorstellungen der Probanden ausrichtet (vgl. Krüger & Riemeier, 2014, S.143). Dabei werden die Vorstellungen klassifiziert und Konzepte herauspräpariert (vgl. Gropengießer, 2008, S.182), wodurch eine Vergleichbarkeit zwischen individueller und fachlicher Vorstellung, sowie zwischen Vorstellungen mehrerer Probanden untereinander gesichert ist (vgl. Krüger & Riemeier, 2014, S.143). Somit kann im Anschluss an die Einzelstrukturierung eine allgemeine Auswertung (Verallgemeinerung der Schülervorstellungen) vorgenommen werden. Hierbei geht es um eine Verallgemeinerung der individuellen Denkstrukturen hin zu Kategorien von Schülervorstellungen zum Thema Schall, die beim Lernen in der Grundschule eine bedeutsame Rolle spielen können (vgl. Gropengießer, 2008, S.183). „Die Kategorien werden an den Schülervorstellungen orientiert und nicht an einem fachlichen Raster, weil dies sehr schnell in die Dichotomie richtig/falsch, Vorstellungen und Fehlvorstellungen, führen könnte“ (Gropengießer, 2008, S.183). Im Sinne der didaktischen Rekonstruktion werden die entstandenen Schülervorstellungen mit den fachlichen Konzepten in Zusammenhang gebracht (vgl. Gropengießer, 2008, S.183) und können somit zur Erklärung von fachlich bedeutsamen Phänomenen genutzt werden (vgl. Krüger & Riemeier, 2014, S.143).

## **7. Explikation und Einzelstrukturierung**

Dieses Kapitel befasst sich im Folgenden mit den letzten beiden Schritten der qualitativen Inhaltsanalyse; mit den Einzelauswertungen in Form der Explikation und der Einzelstrukturierung. Hierbei werden anhand der geordneten Aussagen (siehe Anhang) die individuellen Vorstellungen in einen Fließtext überführt, erläutert und interpretiert. Da keiner der SuS dieses Thema zuvor im Unterricht behandelt hat, wird jegliches Vorwissen der SuS auf vorunterrichtliche Alltagsvorstellungen zurückgeführt. Des Weiteren werden die einhergehenden

Vorstellungen zu jedem Kind stichwortartig und anhand eines kurzen Beispielsatzes, in Form von Einheiten, gebündelt dargelegt.

## 7.1 Leon

Gleich zu Beginn des Interviews spricht Leon von einem Ton, der erzeugt wird. Er begründet die Tonerzeugung umgehend mit dem Phänomen Schall. Dies zeigt deutlich, dass er bereits im Alltag mit dem Thema in Berührung kam. In Bezug auf die Entstehung des Schalls, projiziert Leon dies auf die Gegenstände selbst (Konzept: Gegenstandsbezug). Er spricht von einem Metall, welches einen Schall erzeuge (Anhang, S.75, Zeile 8). Das Phänomen Schall selbst erklärt er anhand von dem zugrundeliegenden Resonanzverhalten und setzt dies in Bezug zum Echo. Seinem subjektiven Empfinden nach, werden leise Töne lauter, teilen sich auf und gehen somit durch alle Räume (Anhang, S.75, Zeile 18-21). Dieses Konzept wird auch durch seine visuelle Vorstellung verstärkt, da er sagt, dass Schall in einen Raum hineingehe, durch den Raum durch und am Ende des Raumes dann in alle Richtungen weiter (Konzept: Strahlungsmodell). In Anbetracht der Schallausbreitung, verhält sich Schall für Leon wie eine Art Tunnel oder Trichter. Sobald der Schall den Weg durch die Stimmgabel findet, breitet sich dieser auf dem Tisch in alle Richtungen aus (Anhang, S. 76, Zeile 34-43). Auch in Bezug auf die Schallwahrnehmung bezieht Leon sich auf das Strahlungsmodell, mit der Erklärung, dass der Tisch den Schall ein wenig abstrahle, weshalb man den Ton hören könne. Hinsichtlich des Aspektes eines schallleeren Raumes, bezieht Leon sich auf die Abschwächung/Absorption. Er betrachtet dabei einen Raum, geprägt von einer welligen Decke (vergleichbar eines Tonaufnahmestudios), bei der der Schall durch die Wellenform zerstreut und für Leon somit „aufgehalten“ wird (Konzept: Absorption von Schall).

Vorstellungen zur Schallerzeugung:

- **Gegenstandsbezug**

{Wir hören diesen Ton}, weil das Metall einen kleinen Schall erzeugt.

(?) Ja, vielleicht hat das so einen kleinen Schall

### Vorstellungen zur Schallausbreitung:

- **Strahlungsmodell**

Es gibt einen Raum, der lang weiter geht. Dort geht der Schall rein.

Dieser geht immer weiter, bis zum Ende und ab dort in alle Richtungen weiter.

### Vorstellungen zur Schallabschwächung:

- **Absorption von Schall**

Die Decke ist nicht gerade, dadurch kann es nicht schallen.

## **7.2 Inga**

Inga zeigt sich zunächst sehr aufmerksam und wissbegierig bezüglich des Interviews. Dennoch ist es für das Verstehen des Interviews wichtig zu wissen, dass Inga diagnostiziertes ADHS hat und somit das Interview aufgrund mehrfacher Ablenkungen Widersprüche aufzeigt.

Zu Beginn erkennt sie das zugrundeliegende Phänomen und erklärt es schrittweise über die Schallerzeugung und die damit einhergehende Schallwahrnehmung. Sie beobachtet zunächst die Ukulele und spricht von einer Bewegung der Saite und bezieht dies direkt auf die Vibration, als Folge des Anschlages der Saite. Auch argumentiert sie, dass die Vibration Schallwellen erzeuge und erklärt aufgrund dessen die Hörbarkeit eines Tons (Konzept: Vibration erzeugt Schallwellen). Des Weiteren spricht sie von einem hohen Ton, den wir aufgrund des Hohlraumes wahrnehmen, da dieser Hohlraum den Ton verstärke. (Anhang, S.79, Zeile 4-24). Diesbezüglich zeigt sich ihre erste Denkfigur, die sich auf die Erklärung von Schallwellen bezieht. Sie stellt dabei eine Analogie zur Tierwelt (Delfine) auf, die sich das Phänomen des Schalls zu Nutze machen, um ihre Beute oder Gegenstände wahrzunehmen. Auch nutzt sie diese Analogie zur Erklärung ihrer visuellen Vorstellung von Schallwellen. Eine zweite Denkfigur, die sich im Laufe des Interviews bemerkbar macht, bezieht sich auf Hohlräume. Hier entstehen erste Widersprüche ihrer Denkweise, indem sie sagt, dass es in einem Raum ohne Hohlraum keinen Schall gebe (Anhang, S.80,81, Zeile 64-77). Ab hier erklärt Inga jegliche Tonerzeugung anhand eines Hohlraumes, in Bezug auf Resonanzkörper (Konzept: Resonanzkörper als Voraussetzung für Schall). Ein Tamburin besitzt für sie beispielsweise kei-

nen Resonanzkörper und erzeugt somit auch keinen Schall, wohingegen eine Stimmgabel, eine Ukulele oder auch ein Tunnel von einem Hohlraum gekennzeichnet sind und einen Schall erzeugen können. Ton und Schall stehen ab hier nicht mehr in Bezug zueinander. Für Inga ist ein Resonanzkörper verantwortlich für die Töne und nicht der Schall, welches auch einen Widerspruch zu ihrer Einstiegserklärung darstellt. Dadurch, dass dieser Widerspruch ihrerseits unbemerkt bleibt, entstehen an diesem Punkt unterschiedliche Denkweisen Ingas bezüglich des Phänomens Schall. Sie spricht weiterhin von Verstärkungen durch Hohlräume (Konzept: Resonanzkörper verstärkt Schall) (Anhang, S.82, Zeile 109-116), sucht allerdings dabei für jedes ihrer Beispiele einen Hohlraum, um ihre Theorie zu stützen. Dies zeigt sich beispielsweise beim Anschlagen der Stimmgabel auf dem Tisch. Hier stellt die Trennung zweier Tische für sie eine „Hohllinie“ dar, die für sie als Resonanzkörper dient.

#### Vorstellungen zur Schallerzeugung:

- **Vibration erzeugt Schallwellen**

{Wir hören das}, weil die „Vibrierung“ der Saite Schallwellen erzeugt.

- **Resonanzkörper als Voraussetzung für Schall**

{Wir hören die Vibration}, weil hier ein Hohlraum ist.

In einem Raum ohne Hohlraum würde man gar nichts hören.

Eine Ukulele hat einen Hohlraum. Ein Tamburine hat keinen Hohlraum und somit auch keinen Schall.

Bei der Stimmgabel hört man Schallwellen, weil hier (S. zeigt auf den Zwischenraum der beiden Gabelhälften) ein Hohlraum ist.

#### Vorstellungen zur Schallverstärkung:

- **Resonanzkörper verstärkt Schall**

Die Schallwellen werden durch den Hohlraum des Kastens verstärkt.

### **7.3 Lukas**

Am Anfang des Interviews spricht Lukas von einem Ton, der durch die Ukulele erzeugt wird. Dazu erkennt er, dass die Saite unter Spannung stehen muss, damit es zur Tonerzeugung kommen kann (Konzept: Spannung als Voraussetzung zur Tonerzeugung). Des Weiteren spricht Lukas vom Aufschlagen der Saite auf

den Hohlraum der Ukulele, weshalb ein Ton erzeugt wird und dieser auch aufgrund dessen wahrgenommen werden kann (Konzept: Resonanzkörper zur Tonerzeugung). Hinsichtlich des Tamburins erklärt Lukas die Hörbarkeit aufgrund der Vibration der Membran beim Anschlagen. Weiter spricht er von einem lauterem Ton, als bei der Ukulele und benutzt hierfür den Grundbegriff Klang. Dies verdeutlicht er durch seine visuelle Vorstellung, indem er sagt „Das Tamburin erzeugt Vibration. Durch die Vibration erklingt ein Klang und den hört man“ (Konzept: Vibration zur Tonerzeugung). Auch kann man aus der visuellen Vorstellung Rückschlüsse über die Vorstellungen Lukas' zur Ausbreitung von Schall ziehen. Hierzu malt er Striche (Art „Sonnenstrahlen“) vom Tamburin ausgehend und erläutert dabei, dass der Ton vom Tamburin „abgestrahlt“ werde und dann für ein paar Sekunden im geschlossenen Raum bleibe und durch den Hall auch für gegebene Zeit hörbar sei (Konzept: Strahlungsmodell). Sprachlich ist dabei auffällig, dass er Wörter wie ‚irgendwie‘ und ‚vielleicht‘ benutzt. Er scheint diesbezüglich unsicher zu sein und findet auch keine Begründung für das Verschwinden des Tons im Raum (Anhang, S.87, Zeile 48-67). Ein weiterer Aspekt bestärkt das Konzept des Strahlungsmodells, indem Lukas sagt, Schall bleibe erst einmal unterhalb einer Brücke und gehe dann mit der Luft raus. Dabei zeigt sich ein markanter Alltagsbezug hinsichtlich eines Echos, den Lukas zur Schallerklärung heranzieht. Er nennt dabei das Beispiel einer Autobahnbrücke, „unterhalb der es schallt“ (Anhang, S.89,90, Zeile 122-135). Die genaue Unterscheidung von Echo und Schall scheint hier noch nicht gegeben und stellt einen klaren Anknüpfungspunkt für das weitere Lernen dar. Eine weitere Vorstellung, welche ihren Ursprung im Alltag findet, betrifft den Gedanken, dass Metall beim Anschlagen „so klingt, wie es klingt“. Hier nutzt Lukas den Vergleich mit einem Kochtopf und erklärt somit die Tonerzeugung einer Stimmgabel. Dies scheint für Lukas eine gegebene Tatsache zu sein. Beim Versuch, die Stimmgabel angeschlagen auf einen Tisch zu stellen, fällt Lukas direkt der Unterschied im Klang auf. Er spricht von einer Veränderung des Tons/Geräusches und begründet dies damit, dass die Stimmgabel nicht mehr nur alleine in der Luft vibriere, sondern durch den Tisch verstärkt werde, indem der Tisch mit vibriert (Konzept: Verstärkung durch Gegenstände). Hinsichtlich der Schallwahrnehmung und somit auch der Verstärkung und Ab-

schwächung von Schall, bezieht Lukas sein Wissen rein auf den Menschen. Auf die Frage, ob es einen Ort ohne jegliche Geräusche gebe, antwortet er mit der Begründung, dass es auf einer Wiese oder einem Feld „nicht schallt“, da man nur das hören könne, was ein Mensch auch verursacht habe (Anhang, S. 90, Zeile 138-144). Auch dies zeigt einen Anknüpfungspunkt, in der Hinsicht, dass jegliche Bewegung unterschiedlicher Medien Schall verursacht (Konzept: Mensch als Voraussetzung zur Schallerzeugung).

#### Vorstellungen zur Schallerzeugung:

- **Spannung als Voraussetzung zur Tonerzeugung**

Und um den Ton herauszukriegen, muss ich die Saite hochspannen.

- **Resonanzkörper zur Tonerzeugung**

Und weil dort ein Hohlraum ist, ergibt das einen Ton.

- **Vibration zur Tonerzeugung**

{Der Ton kommt zum Ohr}, indem man da drauf schlägt und es vibriert.

- **Mensch als Voraussetzung zur Schallerzeugung**

Auf einem Feld oder einer Wiese schallt es nicht. Man hört nur das, was man selbst sagt.

#### Vorstellungen zur Schallausbreitung:

- **Strahlungsmodell**

Malt Striche vom Tamburin ausgehend - (Zeichnung im Anhang)

#### Vorstellungen zur Schallverstärkung:

- **Verstärkung durch Gegenstände**

Es gibt einen anderen Ton, weil die Stimmgabel nicht mehr nur in der Luft vibriert. {Der Tisch} vibriert auch ein bisschen und gibt ein anderes Geräusch ab.

## **7.4 Robert**

Robert nimmt beim Anschlagen einer Ukulele einen Ton wahr. Als Ursache der Tonwahrnehmung spricht Robert von der Spannung der Saite, die gegeben sein müsse und die hinsichtlich der Tonhöhe auch verändert werden könne (Konzept: Spannung als Voraussetzung zur Tonwahrnehmung). Hinsichtlich der

Schallausbreitung und der Schallwahrnehmung spricht Robert von einem Ton, der sich aufgrund einer gewissen Lautstärke durch den Raum bewege. Er erklärt dabei die Schallausbreitung, indem er sagt: „Ein Ton kommt von da nach da.“ (Anhang, S.94, Zeile 28) (Konzept: Ein Ton bewegt sich durch den Raum). Zur Schallwahrnehmung sagt er: „Es ist sozusagen zum Teil laut und wenn man den Ton dann hört, dann geht er auch bis dahin.“ (Anhang, S.94, Zeile 29-30) (Konzept: Tonwahrnehmung aufgrund von Lautstärke). Nimmt man Bezug auf einen weiteren Menschen, der in einer anderen Ecke des Raumes steht, erwidert Robert, dass das Hören des Tons auch in allen Ecken des Raumes möglich sei und begründet dies mit Hilfe des Halls (Konzept: Hall sorgt für Hörbarkeit im gesamten Raum). Des Weiteren ist zu erkennen, dass Hall für Robert der Voraussetzung eines „komplett leeren“ Raumes unterliegt (Anhang, S.95, Zeile 47-56). Hier scheint Robert sich sprachliche Reduzierungen zu Nutze zu machen, indem er die Wörter „ein bisschen“ verwendet, um seine Theorie, dass die Hörbarkeit aufgrund des Halls im gesamten Raum gegeben sei, zu stützen. Ein Verweis hierfür stellt auch seine Zeichnung dar, in der deutlich zu erkennen ist, dass ein Ton sich, vom Erzeuger ausgehend, in alle Richtungen bewegt. Den Versuch, bei der eine Stimmgabel angeschlagen auf den Tisch gestellt wird, erklärt Robert anhand von Vibration, indem er sagt, dass die Stimmgabel vibriere und diese Vibration auf den Tisch übergehe, sich verteile und begründet letztendlich dadurch die Tonwahrnehmung. Auch geht aus der Aussage hervor, dass er erste Denkstrukturen hinsichtlich der Schallausbreitung kennt, diese aber noch nicht näher definieren kann. Ausgehend von dem Aspekt, dass Robert für keine seiner Erklärungen das Phänomen Schall benutzt, wird explizit danach gefragt. Er erklärt Schall unter deutlicher Abgrenzung zu Hall. Für Robert ist Schall wesentlich schneller in der Ausbreitung als Hall. Er unterstützt seine Vorstellung durch eine vermutlich aus dem Alltag gewonnene Kenntnis über den Überschnallknall hinsichtlich eines Flugzeuges („Weil das Flugzeug so schnell ist, knallt es. Der Schall ist auch schneller als der Hall.“). Jedoch unterscheidet er Schall klar von Hall. Für Robert ist Schall nur gegeben, wenn etwas schnell und laut ist. Bei expliziter Nachfrage auf Schall in Bezug zu den Instrumenten, begründet Robert dieses eher ablehnend, indem er sagt: „[...]das ist alles so mittellaut. Zum Beispiel bei der Trommel

hört man auch etwas. Es ist aber gehallt. Schall geht einfach viel schneller.“. Er lehnt somit das Konzept, dass Hall im Grunde genommen reflektierter Schall ist, eher ab. Hier ist ein klarer Anknüpfungspunkt, um sein Grundwissen bezüglich des zugrundeliegenden Phänomens zu erweitern. In Anbetracht von Gefahren, die Schall verursachen kann, bezieht Robert sich auf sehr laute Gegenstände. Ein Presslufthammer oder ein Martinshorn sorgen für Lärm und können unsere Ohren gefährden. Auch erweitert er dadurch sein Konzept „Hall sorgt für Hörbarkeit“, indem er dies durch Häuser abgrenzt, die für eine Reflexion sorgen und unser Trommelfell somit durch den Hall gefährdet werden könne (Anhang, S.97, Zeile 98-113) (Konzept: Hall kann zu Hörschäden führen).

#### Vorstellungen zur Schallwahrnehmung:

- **Spannung als Voraussetzung zur Tonwahrnehmung**

Durch die Spannung der Saite hören wir es. Desto gespannter die Saite, desto höher der Ton.

- **Tonwahrnehmung aufgrund von Lautstärke**

Es ist sozusagen zum Teil laut und wenn man den Ton dann hört, dann geht er auch bis dahin.

#### Vorstellungen zur Schallausbreitung:

- **Ein Ton bewegt sich durch den Raum**

Ein Ton kommt von da nach da. {Vom Erzeuger zum Ohr.}

- **Hall sorgt für Hörbarkeit im gesamten Raum**

{Und ein Mensch, der in einer anderen Ecke des Raumes steht?} Der würde es auch noch hören, weil es in alle Seiten geht. Das hallt sozusagen ein bisschen und deshalb kann man das auch dahinten in der Ecke hören.

#### Vorstellungen zu Gefahren:

- **Hall kann Schäden im Ohr verursachen**

Durch die Häuser hallt es und wenn der Hall an dein Trommelfell kommt, ist es sehr laut.

## 7.5 Sophia

Auch Sophia erwähnt direkt den Begriff eines Tons, den sie beim Anschlagen der Ukulele wahrgenommen habe. Sie spricht von der Saite, die bewegt werde und aufgrund dessen ein Ton „herauskommt“ (Konzept: Ton wird herausgelockt). In Bezug zur Tonwahrnehmung hat sie die Vorstellung, dass ein Ton durch das Trommelfell hindurchgehe und dann in unseren Kopf hinein, woraufhin wir diesen wahrnehmen können (Anhang, S.101, Zeile 10-17). Auf Nachfrage hin, wie der Ton durch unser Trommelfell geht, spricht sie von „kleinen Lücken“ innerhalb des Trommelfells, durch die die Töne hindurch können (Konzept: Trommelfell als tondurchlässige Membran). Stellt man folgenden Grundgedanken dann in Bezug zu einem Raum und auf die Entfernung zwischen Erzeuger und Empfänger, erwähnt sie das Grundphänomen Schall, indem sie sagt, dass der Ton „zurückschallt“ (Anhang, S.101, Zeile 25). Bei der Erklärung von Schall nutzt sie das Phänomen des Nachhalls „Wenn man in einem Zimmer ist, wo es nur eine Tür gibt und die Fenster auch geschlossen sind und in dem Raum dann ‚Hallo‘ ruft, dann schallt das manchmal zurück.“ (Anhang, S.101, Zeile 23-30). Dies unterliegt für Sophia der Bedingung, dass keine Möglichkeit gegeben sein darf, durch die der Ton entweichen kann. Sie erklärt dies anhand des zugrundeliegenden Raumes und erweitert ihren Gedanken in der Hinsicht, dass Töne auch durch Schlüssellocher entweichen können und es somit in dem Raum, in dem das Interview geführt wird, nicht schallen könne. An dieser Stelle entsteht ein erster Widerspruch in Sophias Argumentationskette, der ihrerseits unerkannt bleibt. Sie spricht davon, dass wir den Ton im Raum wahrnehmen, weil er zurückschalle. Dann entsteht die Gedankenerweiterung „Schlüsselloch“, die ihrer gesamten Argumentationskette zuvor widerspricht (Konzept: Schallentstehung unterliegt der Bedingung eines geschlossenen Raumes). In Erweiterung, dass man Töne auch außerhalb von Räumen wahrnehmen kann, erklärt Sophia das zugrundeliegende Phänomen anhand einer neu aufgestellten Theorie. Innerhalb ihrer Argumentationskette geht der Gedanke des Schalls verloren. Sie spricht nun von einer Hörbarkeit von Tönen außerhalb von Räumen aufgrund der Lautstärke „Denn wenn das laut ist, dann hört man das immer.“ (Anhang, S.102, Zeile 46-47) (Konzept: Tonwahrnehmung aufgrund unterschiedlicher Lautstärken). Dieser Ansicht bleibt sie dann

auch innerhalb eines Raumes treu, indem sie sagt, dass eine Person, welche in einer anderen Ecke desselben Raumes stehe, den Ton auch hören könne, „weil es laut ist und hier im Raum sonst keine Lautstärke ist.“ (Anhang, S.102, Zeile 59-60). Eine Gedankenerweiterung hinsichtlich der Schallausbreitung entsteht ihrerseits beim Versuch eine angeschlagene Stimmgabel auf den Tisch zu stellen. Hier erwähnt Sophia den Aspekt der Vibration beim Anschlagen. Sie spricht von der Stimmgabel, die vibriere, einen Ton erzeuge und in Berührung mit dem Tisch „nochmal“ ein Ton entstehe. Dies erklärt sie damit, dass der Tisch anfangs, mit zu vibrieren (Konzept: Vibrationsübertragung). Hierbei ist allerdings eine klare Unsicherheit zu bemerken, da sie sprachlich auf Wörter wie „vielleicht“ zurückgreift und alles fragend ausformuliert. In Bezug auf den letzten Gliederungspunkt mit der Nachfrage, ob Lärm auch unsere Ohren gefährden könne, spricht Sophia klar ihre Zustimmung aus. „Wenn eine zu laute Lautstärke in das Trommelfell hineinkommt, kann das explodieren, weil es ganz klein und zierlich ist.“ (Anhang, S. 103, Zeile 74-81). Hier nimmt sie Bezug auf den ersten Abschnitt des Interviews, mit dem zugrundeliegenden Konzept, dass das Trommelfell eine tondurchlässige Membran darstellt. Dabei könne es für sie bei zu starker Lautstärke zur Gefährdung kommen (Konzept: Explosion des Trommelfells aufgrund Eindringen von Lautstärke). Beide Aspekte stellen klare Anknüpfungspunkte hinsichtlich einer Wissensvermittlung dar, indem sie die Verbindung erlernt, dass die Schwingung von Luftteilchen das Trommelfell zum Schwingen anregen.

#### Vorstellungen zur Schallerzeugung:

- **Ton wird herausgelockt**

Die Saite geht nach oben und dann kommt ein Ton raus.

- **Schallentstehung unterliegt der Bedingung eines geschlossenen Raumes**

Wenn der Ton nirgends zurückkommen kann und irgendwo heraus kann, zum Beispiel durch ein Schlüsselloch, wie hier in diesem Raum, dann schallt es hier nicht.

#### Vorstellungen zur Schallwahrnehmung:

- **Trommelfell als tondurchlässige Membran**

Vielleicht gibt es im Trommelfell so kleine Lücken. Da geht der Ton dann durch.

- **Tonwahrnehmung aufgrund unterschiedlicher Lautstärken**

Denn wenn das laut ist, hört man das immer.

#### Vorstellungen zur Schallausbreitung:

- **Vibrationsübertragung**

Das Eisenteil vibriert vielleicht und wenn man es dann auf den Tisch stellt, vibriert der Tisch auch.

#### Vorstellungen zu Gefahren:

- **Explosion des Trommelfells aufgrund Eindringen von Lautstärke**

Wenn eine zu laute Lautstärke in das Trommelfell hineinkommt, kann das explodieren, weil das ganz klein und zierlich ist.

### **7.6 Helena**

Helena spricht von einem Geräusch, welches wir aufgrund der „Schnur“ hören können. Sie begründet die Schallausbreitung mithilfe des Aspekts der Lautstärke (Konzept: Geräuschwahrnehmung aufgrund von Lautstärke). Aus Helenas Sicht höre man Geräusche, weil sie laut seien und auf direktem Weg zum Ohr gelangen. Generell scheint Helena wenig Vorwissen über das zugrundeliegende Phänomen zu haben. Sie antwortet allgemein wenig und häufig mit großer Unsicherheit und den Worten „Das weiß ich nicht.“. Auch auf die Nachfrage, ob sie schon einmal etwas von Schall gehört habe, antwortet sie klar mit „Nein“. Leider ist ihre Aufmerksamkeit dadurch schnell nicht mehr vorhanden, weshalb das Interview kurz gehalten wird und Rückschlüsse daraus gezogen werden, dass Helena kaum Erfahrungen im Alltag, bezüglich des Thema Schalls, sammeln konnte. Dies wird letztendlich dadurch bestätigt, dass sie hinsichtlich des Versuches eine Stimmgabel in der Luft anzuschlagen, antwortet „Metall und Gummi hören sich so an.“ (Anhang, S.107,108, Zeile 32-37).

### Vorstellungen zur Schallwahrnehmung:

- **Geräuschwahrnehmung aufgrund von Lautstärke**

{Das Geräusch kommt zum Ohr}, weil es laut ist.

### **7.7 Linus**

Linus spricht von einer Bewegung der Saite der Ukulele und einem Ton, den er schlussfolgernd hören kann. Auf die Frage, warum wir den Ton hören und wie der Ton zu seinem Ohr gelange, erwähnt Linus innerhalb kurzer Zeit das zugrundeliegende Phänomen. Auffällig ist, dass Linus während des gesamten Interviews meist mit Einwortäußerungen agiert und Fragen kurz und prägnant beantwortet. Er spricht von Schallwellen, die den Ton zum Ohr transportieren, die wiederum auch verantwortlich für die Hörbarkeit seien (Konzept: Schallwellen als Voraussetzung der Hörbarkeit). In Bezug auf unterschiedliche Entfernungen innerhalb eines Raumes und der trotzdem gegebenen Hörbarkeit, bezieht Linus sich auf Schallwellen, die sich verbreiten und größer werden (Konzept: Schallwellen verbreiten sich und werden größer). Hierbei begründet er auch gleichzeitig seine visuelle Vorstellung, bei der sich die Schallwellen trichterförmig ausbreiten. Hinsichtlich des Versuches, eine angeschlagene Stimmgabel auf den Tisch zu stellen, bemerkt Linus einen Unterschied in der Tonhöhe. Er spricht von einem höheren Ton, der durch die Vibration erzeugt werde und einer daraus resultierenden stärkeren Bewegung, bedingt durch den Tisch. Er kommentiert dies direkt mit den Worten „Mehr weiß ich nicht.“. In Bezug zu schalleeren Orten zeigt Linus mit seiner Aussage, diese gebe es nicht, große Sicherheit. Für ihn ist „überall etwas“; auf Nachfrage das Wort „etwas“ genauer einzugrenzen, findet er keine Antwort. Er erkennt auch eine prinzipielle Gefährdung seitens des Schalls an; ihm mangelt es aber auch hier an Kontextwissen. Generell argumentiert Linus während des gesamten Interviews wenig. Er kennt die Fachtermini und benutzt diese im richtigen Kontext. Das dahinter stehende Wirkungsprinzip scheint ihm allerdings unbekannt. Es fehlen ihm grundlegende, kindgerechte Erklärungen. Daraus ist zu schließen, dass er beispielsweise von seinen Eltern oder aus gegebenen Alltagssituationen schon viel über das Thema Schall gehört hat, es aber noch nicht in der Hinsicht verstanden hat, um das Phänomen mit seinen eigenen Worten erklären zu können.

### Vorstellungen zur Schallwahrnehmung:

- **Schallwellen als Voraussetzung der Hörbarkeit**

Mit Schallwellen kommt der Ton zum Ohr. Das sind Wellen, sodass man es hört.

### Vorstellungen zur Schallausbreitung:

- **Schallwellen verbreiten sich und werden größer.**

Die Schallwellen verbreiten sich, indem sie immer größer werden.

## **7.8 Jasper**

Auch Jaspers Antworten bestehen aus kurzen und prägnanten Äußerungen. Er scheint direkt zu verstehen, um welches Phänomen es sich handelt. Beim Anschlagen der Ukulele spricht er von einem Ton, der aufgrund der Vibration der Saite Schallwellen erzeuge, durch die wir den Ton wahrnehmen können. So erklärt er auch seine Zeichnung, welche eine trichterförmige Ausbreitung vom Schallerzeuger zum Ohr zeigt, weshalb er auch von einer weitreichenden Ausbreitung spricht (Konzept: trichterförmige Ausbreitung des Schalls). Auch erwähnt er das Trommelfell, welches mitschwingt und somit die Vibration „bemerkt“. Dies setzt er als Grundvoraussetzung für die Hörbarkeit (Konzept: Trommelfell als Voraussetzung für Hörbarkeit). Unser Gehör könne alles wahrnehmen, weshalb Jasper das Vorhandensein eines schallleeren Raumes ablehnt. Er erwähnt auch, dass das Platzen des Trommelfells einem Menschen das Hörvermögen nehmen könne und somit folglich für Taubheit Sorge. Dies bestärkt das Konzept, dass das Trommelfell eine Voraussetzung für jegliches Hörvermögen darstellt. Auch nimmt Jasper Bezug zur Spannung eines Trommelfells und spricht von starkem Lärm, der bei Einwirken auf das Trommelfell für eine hohe Spannung dessen Sorge und es somit platzen könne (Konzept: Zu hohe Spannung des Trommelfell sorgt für Schädigung). In Bezug auf die Schallausbreitung spricht Jasper von Schall, „der weit geht“ und von Vibration, die sich übertragen lasse (Versuch: Stimmgabel - verstärkt „Die Vibration geht auf den Tisch“). Genaueres Wissen scheint ihm zu fehlen, da er die Verbindung zwischen Schwingung und Hören unter Bezug des Mediums nicht erklärbar machen kann. Er benutzt Fachtermini und kann diese im richtigen Bezug anwenden. Auf Nachfrage einer näheren Erklärung antwortet er allerdings häufig

mit den Worten „Weiß ich nicht.“. Jasper scheint somit, genau wie Linus, zahlreiche Vorerfahrungen hinsichtlich des Themas Schall gesammelt zu haben; dennoch bleibt der Bezug lückenhaft, welches einen deutlichen Anknüpfungspunkt darstellt.

#### Vorstellungen zur Schallwahrnehmung:

- **Trommelfell als Voraussetzung für Hörbarkeit**

Das Trommelfell merkt das dann und dann kann man das hören.

#### Vorstellungen zur Schallausbreitung:

- **Trichterförmige Ausbreitung von Schalls**

Zeichnung im Anhang

#### Vorstellung zu Gefahren:

- **Zu hohe Spannung des Trommelfell sorgt für Schädigung**

[...] wenn es laut ist. Dann platzt unser Trommelfell, weil darauf zu viel Spannung ist.

## **7.9 Lena**

Lena nimmt beim Anschlagen einer Ukulele einen Ton wahr, sowie die zugrundeliegende Bewegung der Saite. Auf die Frage, wie der Ton zu ihrem Ohr gelange, nutzt sie sprachliche Vergleiche, indem sie sagt „Der Ton kommt wie eine Schallwelle an ein Ohr.“. Ton und Schallwelle scheinen ihrerseits keinen Bezug zueinander zu haben, sondern es handelt sich für sie um zwei unterschiedliche Phänomene (Ton  $\neq$  Schallwelle). Auch auf die Nachfrage hinsichtlich einer genauen Erklärung einer Schallwelle, antwortet sie mit „Weiß ich gar nicht.“. Lena nutzt Fachtermini, ihr fehlt aber das Wissen über das dahinterliegende Wirkungsprinzip. Auch spricht sie von Schallwellen, die das Ohr erreichen. Sie pluralisiert diesen Begriff, was durch ihre visuellen Vorstellungen zu begründen ist. Jeder einzelne „Bogen“ scheint für Lena eine Schallwelle zu sein, die das Ohr erreicht. In Bezug auf die Entfernung und Ausbreitung im gesamten Raum, ob ein Kind, welches in einer anderen Ecke des Raumes stehe, auch den Ton hören könne, antwortet sie zunächst flüsternd mit „Nein.“. Ihre Begründung unterliegt dem Aspekt der Lautstärke, indem sie von leisen Tönen spricht, die gegebenenfalls nicht hörbar seien (Konzept: Tonwahrnehmung auf-

grund von Lautstärke). Bei lauten Tönen, nimmt sie klaren Bezug auf die Hörbarkeit im gesamten Raum, aufgrund dessen, dass Schallwellen größer und breiter werden (Konzept: Vergrößerung von Schallwellen). Auch nutzt Lena das Prinzip der Reflexion von Schallwellen, ohne dabei einen klaren Bezug zum Fachterminus aufzuzeigen. Sie spricht lediglich von einem Ton der aus allen Seiten und Ecken, „von überall herkommt“ (Konzept: Ton wird aus allen Seiten herausgelockt). Auch dies ist von einer sprachlich bedingten Unsicherheit geprägt; sie glaubt es, ist sich aber nicht sicher in ihrer Erklärung. Bezüglich des Versuches, eine angeschlagene Stimmgabel auf einen Tisch zu stellen, argumentiert sie direkt mit einem eher quietschenden Geräusch, welches davon ausgeht. Stellt man die angeschlagene Stimmgabel auf einen Holzkasten (Resonanzkasten), bemerkt sie einen lautereren, deutlicheren Ton und begründet dies (allerdings auch fragend) bedingt durch das Holz, sodass aufgrund des Materials der Ton lauter werde (Konzept: Verstärkung aufgrund unterschiedlicher Materialien). In Bezug auf eine Gefährdung des Ohres, seien es die Schallwellen, „die zu nah an das Ohr herangehen und das Trommelfell kaputt machen“ (Anhang, S.121, Zeile 78,79). Sie argumentiert hierbei über die Nähe, die für jegliche Schädigung verantwortlich sei; „Wenn jemand zu nah am Ohr ist und dann schreit, dem kann auch das Trommelfell platzen“ (Anhang, S.121, Zeile 73,74). Hier bezieht sie sich auf den Schallsender, der aufgrund der Nähe zum Empfänger für Schäden Sorge (Konzept: Gefährdung aufgrund von Nähe). Lenas Begründung unterliegt demnach folgendem Konzept: je lauter der Ton und je näher die Schallwellen, desto schneller kann es zu einer Gefährdung des Trommelfells kommen.

#### Vorstellungen zur Schallwahrnehmung:

- **Tonwahrnehmung aufgrund von Lautstärke**

Wenn es ein leiser Ton ist, dann vielleicht nicht. Wenn es ein lauter ist, dann schon.

#### Vorstellungen zur Schallausbreitung:

- **Vergrößerung von Schallwellen**

Die Schallwellen werden größer und breiter.

- **Ton wird aus allen Seiten herausgelockt**

Der Ton kommt aus allen Seiten, Ecken, ich glaube überall heraus.

Vorstellungen zur Schallverstärkung:

- **Verstärkung aufgrund unterschiedlicher Materialien**

Vielleicht wird der Ton lauter, weil es auf einem anderen Material steht.

Vorstellungen zu Gefahren:

- **Gefährdung aufgrund von Nähe**

Es sind die Schallwellen, die zu nah an das Ohr herangehen und das Trommelfell kaputt machen.

## **7.10 Sarah**

Sarah spricht von einem Klang, den sie beim Anschlagen der Ukulele wahrnimmt. Sie bemerkt die Bewegung der Saite, da diese nach oben gezogen und losgelassen worden sei. Die Saite komme dabei in Berührung mit einem von ihr betitelten Metallstück, auch Steg oder Bridge genannt, welches Sarah als Begründung für das Klangereignis nutzt (Konzept: Ton wird herausgelockt). In Bezug zur Schallausbreitung spricht Sarah von einem Klang, der „einfach so in das Ohr kommt“ und von einem Ton, der sich schnell und laut im Raum ausbreitet. Hier nimmt sie Bezug auf die Lautstärke, die das Hörvermögen bedingt; leise Töne füllen nicht den gesamten Raum aus und seien somit auch nicht im gesamten Raum hörbar (Konzept: Tonwahrnehmung aufgrund von Lautstärke). Zur Eigenkontrolle stellt Sarah sich in eine Ecke des Raumes und bemerkt verwundert, dass sie auch hier einen leisen Ton wahrnehmen kann („Oh, ich höre ihn doch.“). Resultierend daraus erklärt Sarah Schall anhand eines Tones, der im gesamten Raum klinge und in jeder Ecke hörbar sei. Dass man den Ton wahrnehmen kann, unterliegt ihrer Ansicht nach der Voraussetzung, dass man zuhören müsse (Konzept: Zuhören als Voraussetzung zur Tonwahrnehmung). Ist die Voraussetzung erfüllt, befindet sich der Ton im Trommelfell, welches diesen wahrnimmt. Eine weiterführende Erklärung ist ihr nicht möglich (Anhang, S.125,126, Zeile 31-67). Hier ordnet Sarah ihre Überlegungen aufgrund der Eigenkontrolle neu und begründet sie spontan. Sie scheint sich auch im Alltag schon mit akustischen Phänomen auseinanderzusetzen zu haben; ihr fehlt allerdings noch das zugrundeliegende Verständnis zum

Wirkungsprinzip. Beim Versuch, eine angeschlagene Stimmgabel auf den Tisch zu stellen, spricht Sarah von einer Bewegung/Vibration, bedingt durch das Anschlagen des Metalls und weiterführend von der Vibration, die dann auf den Tisch übergehe (Konzept: Vibrationsübertragung). Eine Veränderung des Tons nimmt sie erst beim Anschlagen der Stimmgabel auf den Holzkasten wahr. Für sie scheint der Ton lauter und länger; ihrerseits begründet durch die Stabilität, die mit dem Holzkasten einhergehe (Konzept: Resonanzkasten sorgt für mehr Stabilität und somit für eine verbesserte Tonerzeugung). In Bezug zur Frage, was mit dem Holzkasten passiere bzw. was der Holzkasten verursache, antwortet sie mit „Es bleibt stehen; es macht nichts.“. Hier zeigt sich, dass sie noch kein Vorwissen über betreffendes Resonanzverhalten sammeln konnte, welches einen Anknüpfungspunkt hinsichtlich einer Erkenntniserweiterung darstellt. In Anbetracht möglicher Gefahren, die Schall verursachen könne, empfindet sie laute Geräusche (z.B. das Schreien von Kindern) als Lärm, welche das Trommelfell gefährden können. Die Folgen diesbezüglich sind ihr noch unbekannt. Das Vorhandensein eines schallleeren Raumes scheint für Sarah als nicht logisch, da es überall auf der Welt Menschen gebe, die Töne erzeugen können. Sie begründet dies mit dem Satz „Deshalb glaube ich das nicht.“, der eine starke eigene Meinung diesbezüglich darstellt.

#### Vorstellungen zur Schallerzeugung:

- **Ton wird herausgelockt**

Wenn man es nach oben tut, geht es da dran und dann hört man den Klang.

- **Resonanzkasten sorgt für mehr Stabilität und somit für eine verbesserte Tonerzeugung**

Das Holz hält das fest. Das ist dann halt lauter und länger. Wenn man das auf den Tisch stellt, dann ist das nicht so stabil.

#### Vorstellungen zur Schallwahrnehmung:

- **Tonwahrnehmung aufgrund von Lautstärke**

{Wie breitet sich ein Ton aus?} Schnell und laut. Einen leisen Ton hört man nicht so genau.

- **Zuhören als Voraussetzung zur Tonwahrnehmung**

{Wie kommt dieser Ton zu deinem Ohr?} Indem man zuhört.

Vorstellungen zur Schallausbreitung:

- **Vibrationsübertragung**

Wenn du die Stimmgabel auf den Tisch stellst, vibriert der Tisch.

## 7.11 Samira

Samira argumentiert zunächst sehr beschreibend. Sie spricht von einer Saite, die „ding“ mache. Auf Nachfrage, was genau sie höre, spricht sie von einem Ton, den sie wahrnimmt. Generell lässt sich über das gesamte Interview feststellen, dass Samira bisher kaum Alltagswissen über akustische Phänomene sammeln konnte und wenig Vorwissen diesbezüglich besitzt. Dies ist gekennzeichnet durch die häufige Beantwortung von Fragen mit den Worten „Das weiß ich nicht.“. Dennoch überlegt sie sich spontane Begründungen und erklärt die Schallausbreitung aufgrund der Lautstärke. Je nachdem wie laut oder leise ein Ton sei, höre man diesen (Konzept: Tonwahrnehmung aufgrund von Lautstärke). „Wenn du laut klopfst, kommt er ein bisschen zu mir.“. Nach genauem Nachfragen, wie der Ton zum Ohr komme und wo sich Töne ihrer Meinung nach, nach der Erzeugung befinden, erwähnt sie zunächst den Aufenthaltsort von Tönen im Ohr. Sie erkennt aber auch, dass Töne im gesamten Raum wahrnehmbar sind. Die Noten befinden sich ihrer Ansicht nach überall und fliegen durch die Luft (Konzept: Töne fliegen durch die Luft).

Vorstellungen zur Schallwahrnehmung:

- **Tonwahrnehmung aufgrund von Lautstärke**

Wenn du laut, hart klopfst, dann kommt der Ton ein bisschen zu mir.

Vorstellungen zur Schallausbreitung:

- **Töne fliegen durch die Luft**

Die Noten gehen überall hin; die fliegen.

## 7.12 Rafael

Rafael spricht von einer Schwingung der Saite und einem daraus resultierenden lauten Ton, den er wahrnimmt. Die Schallausbreitung und -wahrnehmung be-

gründet er anhand der Lautstärke und daran, dass der Ton durch den Raum in das Ohr hinein fliege („Der Schall fliegt durch die Luft in mein Ohr rein.“) (Anhang, S.136, Zeile 21-24) (Konzept: Ein Ton fliegt durch die Luft). Gestisch verstärkt er seine Ansicht, indem er mit seinem Finger in der Luft Kreisbewegungen zum Ohr führt; visuell bestärkt er dies durch seine erste Zeichnung (siehe Anhang, S.141). Des Weiteren erkennt Rafael das Ausbreitungsmedium ‚Luft‘; das Wirkungsprinzip dahinter kann er allerdings nicht erklären. Hinsichtlich einer Erklärung von Schall, begründet er Schall als eine Wahrnehmung, bei der Informationen an das Gehirn weitergeleitet werden, woraufhin der Mensch anfangen zu handeln (Konzept: Schall als Informationsquelle für das Gehirn). Ein Beispiel, welches er hierfür zur Erklärung benutzt, betrifft das Herunterfallen eines Glases, bei dem das Geräusch dem Gehirn signalisiere, dieses aufzukehren (Anhang, S.137, Zeile 37-45). Bei dem Versuch, eine angeschlagene Stimmgabel auf den Tisch zu stellen, spricht Rafael von einem Geräusch, welches sich beim Aufkommen auf den Tisch verändere. Er nutzt hierfür die Schwingung zur Ursachenerklärung, die gegen den Tisch komme. Der Tisch stellt für ihn einen Widerstand dar und lässt die „Schwingung ausklingen“. Er erklärt das Klingen der Stimmgabel in der Luft als widerstandslos und somit leiser, wobei ein erster, seinerseits unentdeckter, Widerspruch entsteht. Einerseits wird seiner Meinung nach der Ton durch den Widerstand „Tisch“ abgedämpft, andererseits ist der Ton seiner Beschreibung nach auf dem Tisch auch lauter und tiefer. In der Luft hingegen sei der Ton leiser, aber ohne Widerstand. Die Vibration werde auf dem Tisch, so Rafael, abgedämpft, dennoch erscheint ihm der Ton lauter (Konzept: Abschwächung durch Widerstand). Hier fehlt ihm das Wissen bezüglich der Verstärkung durch Resonanzkörper, welches einen klaren Anknüpfungspunkt bezüglich einer weiteren Wissensvermittlung darstellt. Auf den Gedankengang, weshalb Menschen auch hinter der Schallquelle Töne wahrnehmen können, nutzt Rafael zur Erklärung die dreidimensionale Ausbreitung im Raum. Sprachlich erklärt er dies anhand von Kreisen, die sich um die Schallquelle herum, im gesamten Raum ausbreiten. Er spricht davon, dass ein Mensch überall im Raum stehen und den Schall trotzdem wahrnehmen könne (Konzept: Dreidimensionale Ausbreitung um die Schallquelle). Um seinen Gedanken weiter auszuführen und zu stützen, nimmt

Rafael Bezug zur Tierwelt und erwähnt die sogenannte Echoortung, die sich Tiere, wie zum Beispiel Fledermäuse, zu Nutze machen. Treffen die von ihm betitelten „kleinen Schreie“ von Fledermäusen auf Gegenstände, werde der Schall reflektiert. Diese Reflexion erklärt er auch anhand von Mauern und Wänden, an denen der Schall „abprallt und zurückkommt“ (Anhang, S.139, Zeile 98-128) (Konzept: Reflexion von Schall). Dabei ist zu bemerken, dass Rafael für seine Erklärung nicht die hier benannten Fachtermini benutzt, aber das Wirkungsprinzip von Reflexion und Ausbreitung von Schall gut zu erklären versteht. In Bezug auf Gefahren von Schall erkennt er starken Lärm als eine Gefährdung der Ohren. Er nennt dabei das Beispiel sehr lauter Musik, die das Trommelfell zum Platzen bringen und folglich für die Taubheit eines Menschen sorgen könne (Konzept: Zu hohe Lautstärke schädigt Trommelfell). Einen schallleeren Raum scheint es für Rafael nicht zu geben, da für ihn ein Mensch stets Schall selbst erzeugen könne und somit immer etwas hörbar sei.

#### Vorstellungen zur Schallausbreitung:

- **Ein Ton fliegt durch die Luft**

Der Schall fliegt durch die Luft in mein Ohr rein.

- **Reflexion von Schall**

Es breitet sich durch die Luft aus und wenn da eine Wand ist dann schallt das auch zurück.

Also es prallt von der Wand ab und dann hört man das.

- **Dreidimensionale Ausbreitung von Schall**

Also das ist so wie ein Kreis. Es geht im gesamten Raum herum.

#### Vorstellungen zur Verstärkung/Abschwächung:

- **Abschwächung durch Widerstand**

Auf dem Tisch klingt vielleicht die Schwingung langsam aus.

Vielleicht wird der Schall abgedämpft, weil der Tisch den Schall zurückgibt.

#### Vorstellungen zu Gefahren von Schall:

- **Zu hohe Lautstärke schädigt Trommelfell**

Bei zu lauter Lautstärke kann auch das Trommelfell platzen.

## 8. Gesamtauswertung

Im Folgenden wird die allgemeine Auswertung der einzelnen Schülervorstellungen diskutiert. Hierzu werden zunächst die individuellen Vorstellungen zu Kategorien mit einem dazugehörigen übergreifenden Konzept tabellarisch zusammengefasst.

Allgemein ist festzuhalten, dass bei zwei der zwölf befragten Kinder der Begriff Schall und somit auch die Bedeutung bisher vollkommen unbekannt sind. Die anderen zehn Kinder kennen einzelne Fachtermini bezüglich Schall; die Erklärung des Wirkungsprinzips bleibt allerdings lückenhaft. Dennoch ist zu erkennen, dass die Kinder bereits viele Vorstellungen und ein großes Vorwissen über akustische Phänomene mitbringen. Auch zeigen die Kinder diesbezüglich ein starkes Interesse. Viele Kinder nutzen spontan überlegte Äußerungen, um unterschiedliche Aspekte und Fragen zu beantworten. Sie nutzen Vergleiche aus dem Alltag oder aus der Tierwelt und zeugen von einer großen Fantasie hinsichtlich ihrer Erklärungen. Das zeigt, dass die Kinder sich auch außerhalb der Schule über akustische Phänomene Gedanken machen. Ihre Vorstellungen stammen entweder von eigenem Musizieren, Gesprächen mit den Eltern oder von Medien (Filmen) und Museumsbesuchen. Auch ist auffällig, dass keines der Kinder eine sachlich begründete Unterscheidung hinsichtlich der Begriffswahl Schall/Ton/Geräusch benutzt; ausgeschlossen der beiden Kinder, die erstmalig mit der Thematik des Schalls konfrontiert worden sind.

| Kategorie       | Übergreifendes Konzept                 | Vorstellungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Schallerzeugung | <b>Objektbezug zur Schallerzeugung</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Gegenstandsbezug</li><li>• Vibration erzeugt Schallwellen</li><li>• Vibration zur Tonerzeugung</li><li>• Resonanzkörper als Voraussetzung für Schall</li><li>• Resonanzkörper zur Tonerzeugung</li><li>• Resonanzkörper sorgt für mehr Stabilität</li><li>• Spannung als Voraussetzung zur Schallerzeugung / Tonwahrnehmung</li></ul> |
|                 | <b>Ton wird herausgelockt</b>          | <ul style="list-style-type: none"><li>• Ton wird herausgelockt</li><li>• Ein Ton wird aus allen Seiten/Ecken herausgelockt</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                          |

|                          |                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Schallwahrnehmung        | <b>Lautstärke als Voraussetzung zur Hörbarkeit</b>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tonwahrnehmung aufgrund von Lautstärke</li> <li>• Zuhören als Voraussetzung zur Tonwahrnehmung</li> </ul>                                                                                                                                                                                            |
|                          | <b>Trommelfell als Schallempfänger</b>                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trommelfell als tondurchlässige Membran</li> <li>• Schallwellen als Voraussetzung der Hörbarkeit</li> <li>• Trommelfell als Voraussetzung der Hörbarkeit</li> </ul>                                                                                                                                  |
| Schallausbreitung        | <b>Ein Ton fliegt durch die Luft</b>                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Töne fliegen durch die Luft</li> <li>• Ein Ton bewegt sich durch den Raum</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                 |
|                          | <b>Strahlungsmodell</b>                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Strahlungsmodell (Zeichnungen)</li> <li>• Trichterförmige Ausbreitung von Schall</li> <li>• Schallwellen verbreiten sich und werden größer</li> </ul>                                                                                                                                                |
|                          | <b>Reflexionsmodell</b>                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hall sorgt für Hörbarkeit im gesamten Raum</li> <li>• Reflexion von Schall</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                |
| Verstärkung/Abschwächung | <b>Objektformen und -materialien implizieren Schallveränderungen</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Absorption von Schall</li> <li>• Resonanzkörper verstärkt Schall</li> <li>• Verstärkung durch Gegenstände</li> <li>• Verstärkung aufgrund unterschiedlicher Materialien</li> <li>• Abschwächung durch Widerstand</li> </ul>                                                                          |
| Gefahren                 | <b>Zu hohe Lautstärke schädigt Trommelfell</b>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hall kann Schäden im Ohr verursachen</li> <li>• Explosion des Trommelfells aufgrund Eindringen von Lautstärke</li> <li>• Zu hohe Spannung des Trommelfells sorgt für Schädigung</li> <li>• Gefährdung aufgrund von Nähe</li> <li>• Zu hohe Lautstärke sorgt für Schädigung im Trommelfell</li> </ul> |

Tabelle 2: Konzepte  
Quelle: eigene Anfertigung

Hinsichtlich der Schallerzeugung sprechen alle Kinder von einem Objekt, welches angeschlagen werden muss. Den Vorstellungen der Kinder zufolge muss entweder irgendetwas angeschlagen werden, auf einem Resonanzkörper aufschlagen, oder in Berührung mit etwas kommen. Auch sprechen die Kinder von Objekten, die in Bewegung versetzt werden müssen, um einen Ton hervorzulocken. 50 Prozent der Kinder erklären die Schallerzeugung etwas expliziter; drei erwähnen die Vibration die gegeben sein muss, um einen Ton zu erzeugen, zwei sprechen von der Spannung einer Saite oder einer Membran, die für die Tonerzeugung verantwortlich ist. Ein Kind erkennt überraschenderweise die

Schwingung als Ursache zur Schallerzeugung, in der Hinsicht, dass „etwas in Schwingung versetzt werden“ muss. Dennoch erscheint die Schwingung als Ursache zur Schallerzeugung den meisten Kinder unbekannt und bleibt durchgehend unbegründet. Alle Kinder verfolgen das mentale Konzept, dass ein Ton aus einem Objekt herausgelockt wird und dieser ab dem Zeitpunkt im Raum vorhanden ist.

Zum Aspekt der Schallwahrnehmung wissen alle Kinder, dass das Hören und somit Wahrnehmen von Schall durch die Ohren gegeben ist. Viele nutzen dabei das Konzept der Lautstärke als Voraussetzung zur Hörbarkeit, mit der allgemeinen Begründung „Je nachdem wie laut etwas ist, soweit kann es auch gehört werden.“. Ein Kind nutzt zusätzlich die Bedingung, dass man zuhören muss, um etwas zu hören. Ein weitere Begründung, die häufig auftritt, um die Schallwahrnehmung zu erklären, betrifft die Vibration. Viele Kinder sprechen allgemein von der Saite der Ukulele, die vibrieren müsse. Ein Kind begründet dies näher, indem es von einer Vibration spricht, die gegeben sein müsse, welche dann vom Trommelfell bemerkt werde und das Trommelfell somit auch in Bewegung versetzt werde. Zwei Kinder nutzen die Schallwelle zur Begründung der Hörbarkeit. Linus spricht von Schallwellen, die den Ton zum Ohr transportieren, sowie Lena, die davon spricht, dass ein Ton wie eine Schallwelle zum Ohr kommt. Beide scheinen Ton und Schallwelle als zwei unterschiedliche, nicht miteinander zusammenhängende Phänomene zu sehen.

Bezieht man dies nun auf die Schallausbreitung, ist zu erkennen, dass für Kinder Töne vergleichbar mit unsichtbaren Objekten sind, die sich im Raum bewegen. Entweder gehen sie auf direktem Weg zum Ohr, schwirren im Raum umher, werden abgestrahlt oder reflektiert. Das Konzept, dass Töne durch die Luft fliegen, scheint unter Kindern weit verbreitet. Die Töne schwirren im Raum umher und treffen irgendwann auf das Ohr. Ein Kind nutzt zur Verstärkung dabei gestische Bewegungen, indem er mit seinem Finger Kreisbewegungen zum Ohr führt. Ein weiteres spricht von Noten, die überall sind und herumfliegen. Auch sind Kinder der Ansicht, dass Töne durch geöffnete Fenster, Türen und sogar Schlüssellocher entweichen können. Diese Ansicht hat vermutlich ihren Ursprung aus dem Alltag, mit dem Gedanken, dass Gespräche auch hinter verschlossenen Türen hörbar sind. Sophia führt den Gedankenpunkt wei-

ter und spricht davon, dass es nur in geschlossenen Räumen schallen könne. Sobald eine Tür geöffnet oder ein Schlüsselloch vorhanden ist, schallt es für sie in dem Raum nicht, den Ton erklärt sie dennoch als hörbar. Auch hier wird die Vorstellung zur Eigenständigkeit von Tönen bestärkt. Das Konzept des Strahlungsmodells ist unter Kindern in der Primarstufe eher weniger verbreitet. Vier nutzen diesen Aspekt ansatzweise, indem sie die Vorstellung äußern, dass Töne „abgestrahlt“ werden (Zeichnung von Lukas „Sonnenstrahlen“, Anhang, S.90) oder der Tisch in Berührung mit einem angeschlagenen Objekt Schall abstrahle. Genauso zeugt der Gedanke, dass am Ende eines Tunnels Schall in alle Richtungen trichterförmig weitergeht, vom Strahlungsmodell. Auch die trichterförmige Ausbreitung von Schall nutzen viele Kinder, um die weitreichende Ausbreitung von Schallwellen zu erklären. Drei Kinder begründen die Schallausbreitung aufgrund der Reflexion, bei dem die umherschwirrenden Töne an den Wänden „abprallen“ und „zurückgehen“. Ein Kind erkennt das Ausbreitungsmedium Luft und erklärt das Reflexionsmodell, indem er sagt „Der Ton breitet sich durch die Luft aus und wenn da auch eine Wand ist, dann schallt das auch zurück“. Daraus resultierend ist den Kindern die genaue Ursache der Schallausbreitung nicht bekannt. Sie wissen nicht, dass die Schallausbreitung von einem Medium abhängig ist. Sie unterscheiden dennoch zwischen Quelle, Weg und Empfänger (Ohr). Die physikalische Erklärung bzw. das Wirkungsprinzip Schwingung und Hören ist den Kindern allerdings unbekannt. Das Medium Luft scheint für sie keinerlei Funktion zu haben. Die Relevanz des Ausbreitungsmediums ist den Kindern somit nicht bekannt, was auch den Aspekt eines schallleeren Raumes betrifft, der nur im Vakuum vorhanden sein kann; dies erwähnt kein Kind. Sie nutzen hierbei alle eine anthropomorph geprägte Erklärung, bei dem die meisten Kinder das Konzept eines schallleeren Raumes ablehnen, weil ein Mensch immer irgendwelche Geräusche erzeugen könne. In Bezug auf die Verstärkung und Abschwächung von Schall, erkennen die Kinder, dass Objektformen und -materialien eine Schallveränderung implizieren. Sie nutzen nicht die jeweiligen Fachtermini, sprechen aber hinsichtlich einer Verstärkung von einer wahrnehmbaren Tonveränderung („lauter“, „quietschend“, „deutlicher“, „höher“) durch einen Tisch oder Resonanzkörper. Wenige Kinder begründen das Resonanzverhalten des Holzkastens aufgrund einer

höheren Stabilität, andere nutzen die Erklärung eines Hohlraumes zur Verstärkung. Vereinzelt sprechen Kinder von einer Vibration die übertragen werde und eines der Kinder erwähnt eine Abschwächung aufgrund von Widerständen („Der Tisch lässt die Schwingung der Stimmgabel ausklingen.“). Ein anderes Kind erwähnt zusätzlich die Absorption von Schall, indem es sagt, dass Schall bei einer gewellten Decke zerstreut und somit „aufgehalten“ werde. Generell lässt sich festhalten, dass bei Kindern die Unterscheidung zwischen Hall, Echo und Schall spontan oder willkürlich erfolgt oder gar nicht vorhanden ist. Der Aspekt der Dissipation von Schall ist den Kindern vollkommen unbekannt. Für sie kann Schall sich nicht im Nichts verlieren. Für die Kinder bleibt auch unter der Kategorie „Verstärkung und Abschwächung“ alles objektbezogen.

Bezüglich von Gefahren, die Schall verursachen kann, sind sich alle Kinder einig. Sie wissen alle, dass Schall Hörschäden verursachen kann und sprechen alle von einer möglichen Schädigung des Trommelfells. Dies begründen die Kinder anhand des Konzeptes, dass zu hohe Lautstärken das Trommelfell schädigen. Drei Kinder argumentieren außerdem mit den Aspekten, dass Baustellenlärm durch den Hall das Trommelfell schädigen könne, dass Lautstärke in das Trommelfell eindringen und es aufgrund der Eigenschaft „klein und zerlich“ zu sein, explodiere. Ein Kind nutzt zur Erklärung die Spannung, die bei zu hoher Lautstärke auf das Trommelfell einwirke und es zum Platzen bringe.

## **9. Vergleichende Stellungnahme mit bisherigen Forschungsergebnissen**

Im Folgenden handelt es sich um eine vergleichende Stellungnahme hinsichtlich der bisher durchgeführten Studien zu Schülervorstellungen zum Thema Schall. Im Anschluss wird ein Fazit aus den Forschungsergebnissen resultierend hergeleitet.

Betrachtet man die Studie von Schwendinger (2017) sind zwei wichtige Unterschiede bezüglich der Erhebungsmethode festzustellen. Qualitativ untersuchte Schwendinger ebenfalls anhand von leitfadengestützten Einzelinterviews, um die Vorerfahrungen der SuS zu ermitteln. Hinsichtlich der Fragestellungen nutzt er ebenfalls offene Interviews, orientiert diese allerdings grundlegend am

Gegenstand des Schalls selbst. Er entwickelt neun Hauptfragen zu konkreten Themengebieten und passt diese an das entsprechende Altersniveau an. Der zweite wichtige Unterschied besteht darin, dass Schwendinger lediglich Kinder der Sekundarstufe I befragt; wohingegen in dieser wissenschaftlichen Arbeit Vorstellungen von Primarstufenkindern erhoben werden. Hierbei ergeben sich Schülervorstellungen, die ihren Ursprung nicht allein in vorunterrichtlichen Vorstellungen haben, sondern auch bedingt durch den vorangegangenen Physikunterricht ab Klasse 7 sind (vgl. Schwendinger, 2017, S.42-45).

In Anbetracht der Fragestellungen Schwendingers ist den SuS das Thema klar vorgegeben; zur Begründung nutzt er, dass er das Thema Schall unter möglichst vielen Gesichtspunkten abdecken möchte (vgl. Schwendinger, 2017, S. 45). Dabei entwickelt er einen Leitfaden anhand neun Hauptfragen, bei der je eine Frage einem spezifischen Themengebiet zugeordnet wird. Er beginnt sein Interview mit einer einleitenden Frage („Was fällt dir spontan alles zum Stichwort Schall ein?“) und erweitert dies chronologisch geordnet auf die Themenbereiche der Schallerzeugung, Schallausbreitung, Echo, Frequenzbereich, Tonhöhe, Wirkung von Schall, Dopplereffekt und zuletzt der Schallgeschwindigkeit (vgl. Schwendinger, 2017, S.45).

Um die Kinder nicht hinsichtlich ihres Wissen einzugrenzen und ein großes Spektrum von Vorerfahrungen sammeln zu können, wird in dieser wissenschaftlichen Arbeit eine offenere Variante in der Fragenformulierung verwendet, bei denen lediglich die Experimente vorgeführt werden und die Kinder nach ihrer Wahrnehmung diesbezüglich gefragt werden. Dabei wird auf die Antworten eingegangen und unter direktem Bezug weitere Fragen formuliert.

Aufgrund der genannten Unterschiede ist es nun ausschlaggebend, inwieweit die Ergebnisse voneinander abzugrenzen sind; ob sie ähnlich sind oder grundlegend verschieden. Dies vor allem auch unter Bezug der unterschiedlichen Altersklasse der Kinder. Hinsichtlich der Studie von Schwendinger (2017) scheinen alle Kinder etwas mit dem Begriff des Schalls anfangen zu können; wohingegen bei der wissenschaftlichen Arbeit zehn der zwölf Kinder selbstständig den Untersuchungsgegenstand erkennen. Zwei Kinder kennen das Phänomen Schall auch nach expliziter Nachfrage nicht, können aber durch die offenen

Formulierungen ihre Gedanken diesbezüglich äußern. Trotz aller Unterschiede besitzen die Ergebnisse eine starke Ähnlichkeit.

Gleiche Ergebnisse betreffen die Aspekte, dass Kinder wissen, dass Schall mit dem Gehör zusammenhängt; dass man Schall durch Reden oder Anschlagen auf Gegenständen erzeugen kann und somit etwas in Bewegung (Vibration) versetzt werden muss. Der Begriff der Schallwelle scheint unter den Kindern weit verbreitet; sie verwenden ihn assoziativ und haben eine eigene bildliche Vorstellung diesbezüglich. Keines der Kinder kennt allerdings das zugrundeliegende Wirkungsprinzip, sowie die charakteristischen Größen einer Schallwelle, weshalb auch hier die Kinder Schwierigkeiten in der Unterscheidung von hohen und tiefen Tönen aufweisen. Bezüglich der Ausbreitung von Schall sprechen die Kinder von einer Ausbreitung in alle Richtungen oder in Sprechrichtung (direkter Weg). Sie wissen, dass das menschliche Hörvermögen abhängig von der Lautstärke ist und, dass Schall das Trommelfell zerstören kann. Unter all diesen Aspekten sind die Kinder sich einig und nutzen Erklärungen geprägt von diesen Vorstellungen (vgl. Schwendinger, 2017, S. 78,79,82).

Erkennbare Unterschiede hinsichtlich der Forschungsergebnisse fallen eher gering aus. Zum einen betreffen sie die explizite Erweiterung der Fragen zum Dopplereffekt und zur Ultraschalldiagnostik, da dies für diese wissenschaftliche Arbeit zu weitführend ist. Zum anderen betrifft es auch die Relevanz eines Ausbreitungsmediums, die Unterscheidung zwischen Hall, Echo und Schall, sowie die Schallgeschwindigkeit. Schwendinger (2017) stellt fest, dass die Kinder das Trägermedium Luft anerkennen, es aber nach expliziter Nachfrage nicht erklärbar machen können und somit das Konzept der Luftteilchenbewegung/Luftdruckschwankung noch nicht kennen. Hinsichtlich der zugrundeliegenden Ausbreitungsgeschwindigkeit sprechen die Kinder aus der Sekundarstufe I von Schall, welcher eine gewisse, bemerkbare Zeit zur Ausbreitung benötigt. Für Kinder der Primarstufe verhält sich Schall schnell; er ist nicht greifbar oder sichtbar, weshalb sie auch hier keine Unterscheidung zwischen Echo, Hall und Schall kennen. Ein markantes Beispiel trägt hierfür die Aussage eines Primarstufenkindes bei, dass Schall schneller als Hall sei. Mittelstufenkinder scheinen das Konzept des Echos, welches einen abgeprallten Schall darstellt, zu verstehen und anzunehmen (vgl. Schwendinger, 2017, S. 78,79,82).

Schwendinger erweitert seine qualitative Studie (2017) mit einer quantitativen. Er befragt dazu 145 SuS einer Schule und stellt dabei grundlegend fest, dass die zuvor erfassten Schülervorstellungen abnehmen, je älter die SuS sind und je mehr Wissen sie aus vorangegangenen Physikunterricht sammeln konnten. Er weist aber auch darauf hin, dass eine solche quantitative Studie für genauere Ergebnisse und eine höhere Reliabilität in mehreren Schulen durchgeführt werden sollte. Dennoch zieht er das Fazit, dass SuS gleichen Alters ähnliche Vorstellungen besitzen und das Thema „Schall“ aus gegebenen Gründen in den Unterricht miteinbezogen werden sollte (vgl. Schwendinger, 2017, S.84).

Auch Wulf & Euler (1995) erforschen Schülervorstellungen zum Thema Schall anhand von offenen Einzelinterviews. Sie nutzen dabei vier Experimente (Stricknadel, Monochord, Metallophon, Spieluhr), aus denen sich letztendlich das Gespräch entwickelt. Zu den Experimenten formulieren sie Zielfragen, mit der Absicht, Vorstellungen zur Schwingung, Lautstärke, Ausbreitung und dem Medium zu erhalten (vgl. Wulf & Euler, 1995, S.255,256).

Sie erheben dabei die Schülervorstellung, dass ein Ton sich wie ein unsichtbares materielles Objekt verhält, welches mit einer eigenen internen Aktivität ausgestattet ist und im Raum umher vagabundiert (vgl. Wulf & Euler, 1995, S. 257). Des Weiteren bringen sie drei sehr relevante Thesen hervor. Zum einen, dass „Kinder der Primarstufe [...] große Freude bei der praktischen Beschäftigung mit akustischen Phänomenen [haben]“ (Wulf & Euler, 1995, S.256). Zum anderen, dass „Kinder der Primarstufe [...] ausgeprägtes implizites und explizites Vorwissen über akustische Phänomene [mitbringen].“ (Wulf & Euler, 1995, S.256). Weiter auch, dass „Kinder der Primarstufe [...] in der Lage [sind], ihre Gedanken zu Naturphänomenen sehr präzise in Worte zu fassen. Sie haben dezidierte Vorstellungen von Schallentstehung und -ausbreitung. Sie können ihre internen Vorstellungen und mentalen Modelle angemessen verbal und bildlich zum Ausdruck bringen.“ (Wulf & Euler, 1995, S.256).

All diese Faktoren werden auch in dieser wissenschaftlichen Arbeit festgestellt und zeugen davon, dass Kinder im Primarstufenalter sehr gute Grundkenntnisse über Schall besitzen, auf die es aufzubauen gilt. Sie beweisen eine große Faszination diesbezüglich und besitzen ein ähnliches Vorwissen über das Grundphänomen, welches auch Sekundarstufenkinder im Alter von zehn bis

fünfzehn Jahren aufzeigen. Hierbei wird in der vorliegenden Arbeit auf Wulf und Eulers Fazit zurückgegriffen, die 1995 bereits dafür plädierten, dass das Themenfeld Akustik im Primarstufenunterricht einen „gebührenden“ Platz im Lehrplan einnehmen sollte (vgl. Wulf & Euler, 1995, S.259). Im hessischen Kerncurriculum unterliegt das Phänomen Schall dem Inhaltsfeld „Natur“, welches unter anderem besagt, dass „Eine vielschichtige, strukturierte und vor allem handelnde und reflektierende Auseinandersetzung mit belebter und unbelebter Natur [...] die systematische Aneignung von Wissen sowie das Erkennen und Nutzen von Regelmäßigkeiten in den Naturwissenschaften [ermöglicht]; typische naturwissenschaftliche Verfahrensweisen werden dabei deutlich. Sie legen eine erste Grundlage für ein angemessenes Wissenschaftsverständnis.“ (HKM, 2017, S.19).

Mit dieser Forschungsarbeit soll demnach eine Erweiterung zur physikdidaktischen Forschung erbracht werden und den Lehrkräften die Vorstellung, bezüglich der zu großen Abstraktheit, sowie Schwierigkeit der Akustik und somit des Themas Schall genommen werden. Auch im Sinne der Sprachproduktion, der Phonetik, kommen die Kinder alltäglich in Kontakt mit Schall, weshalb hier auch fächerübergreifend gearbeitet werden könnte. Im Physikunterricht sollte den Kindern vor allem durch kindgerechte, anschauliche Experimente die Ursache der Schwingung und die Mediumsabhängigkeit verständlich gemacht werden.

## Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 1: „Schwingung der Luftpartikel um ihre Ruhelage“                   | 3  |
| Abbildung 2: „Schwingung am festen Ort $x$ “                                  | 4  |
| Abbildung 3: „Momentbild einer Welle“                                         | 5  |
| Abbildung 4: „Ton“                                                            | 7  |
| Abbildung 5: „Klang“                                                          | 8  |
| Abbildung 6: „Geräusch“                                                       | 8  |
| Abbildung 7: „Beispiele für die Lautstärke $L_s$ verschiedener Schallquellen“ | 11 |
| Abbildung 8: „Kurven gleicher Lautstärke“                                     | 11 |
| Abbildung 9: „Schallbrechung an Schichten verschiedener Temperaturen $T$ “    | 14 |
| Abbildung 10: „Hörbarkeitsgebiet bei einer Explosion“                         | 14 |
| Abbildung 11: „Beugung von Schallwellen“                                      | 15 |
| Abbildung 12: „Modell der didaktischen Rekonstruktion“                        | 20 |
| Abbildung 13: „Transversale Eigenschwingung einer Saite“                      | 29 |
| Abbildung 14: „Stimmgabel (a) und ihre Schwingungsform (b)“                   | 30 |
| <br>                                                                          |    |
| Tabelle 1: „Transkriptionsregeln“                                             | 35 |
| Tabelle 2: „Konzepte“                                                         | 58 |

## Literaturverzeichnis

- Brüsemeister, T. (2008). *Qualitative Forschung. Ein Überblick*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften
- Duit, R. (1995). Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr- und Lernforschung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41, Heft 6, S.905-923.
- Duit, R. (2015). Alltagsvorstellungen und Physik lernen. In E. Kirchner, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik: Theorie und Praxis* (3. Aufl., S.657-680). Berlin: Springer
- Eichler, H. J., Kronfeldt, H. D. & Sahm, J. (2006). Schallwellen und Akustik. In *Das neue physikalische Grundpraktikum* (S.118-129). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Gropengießer, H. (2008). Qualitative Inhaltsanalyse in der fachdidaktischen Lehr- Lernforschung. In P. Mayring & M. Gläser-Zikuda (Hrsg.), *Die Praxis der Qualitativen Inhaltsanalyse* (2.Aufl., S.172-189). Weinheim: Beltz
- Hopf, M. & Wilhelm, T. (2018). Conceptual Change - Entwicklung physikalischer Vorstellungen. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf, R. Duit (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis* (S.23-38). Berlin: Springer
- Krüger, D. & Riemeier, T. (2014). Die qualitative Inhaltsanalyse - eine Methode zur Auswertung von Interviews. In D. Krüger, I. Parchmann, H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S.133-145). Berlin, Heidelberg: Springer
- Kuttruff, H. (2004). *Akustik. Eine Einführung*. Stuttgart, Leipzig: Hirzel Verlag
- Landsberg-Becher, J. W. et al. (o.D.). *Lärm und Gesundheit. Materialien für die Grundschule (1. bis 4. Klasse)*. Köln.
- Lerch, R., Sessler, G. & Wolf, D. (2009). *Technische Akustik: Grundlagen und Anwendungen*. Berlin: Springer-Verlag.

- Loosen, W. (2016). Das Leitfadeninterview - eine unterschätzte Methode. In S. Averbek-Lietz & M. Meyen (Hrsg.), *Handbuch nicht standardisierte Methoden in der Kommunikationswissenschaft* (S. 139-155). Wiesbaden: Springer VS
- Lüders, K. & von Oppen, G. (2008). Mechanik Akustik Wärme. In L. Bergmann & C. Schaefer (Hrsg.), *Lehrbuch der Experimentalphysik* (Band 1). Berlin, New York: Walter de Gruyter
- Meschede, D. (2015). *Gerthsen Physik*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Niebert, K. & Gropengießer, H. (2014). In D. Krüger, I. Parchmann, H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S.121-132). Berlin, Heidelberg: Springer
- Raithel, J. (2008). *Quantitative Forschung: Ein Praxiskurs* (2. Aufl.). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften
- Robert Koch-Institut (Hrsg), Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (Hrsg) (2008). Erkennen - Bewerten - Handeln: Zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland. RKI, Berlin
- Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, R. & Duit, R. (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*. Berlin: Springer Spektrum
- Schecker, H. & Duit, R. (2018). Schülervorstellungen und Physik lernen. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf, R. Duit (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis* (S.1-22). Berlin: Springer
- Schnell, R., Hill, P. B. & Esser, E. (2013). *Methoden der empirischen Sozialforschung* (10.Aufl.). München: Oldenburg
- Trautwein, A. X., Kreibitz, U., Hüttermann, J. (2014). *Physik für Mediziner, Biologen, Pharmazeuten* (8. Aufl.). Berlin: Walter de Gruyter
- Veit, I. (1982). Schall, Schallfeld, Schallfeldgrößen. In B. C. Günther, K.-H. Hansen & I. Veit (Hrsg.), *Technische Akustik - Ausgewählte Kapitel:*

*Grundlagen, aktuelle Probleme und Meßtechnik* (Band 18, 3. Aufl., S. 15-29). Grafenau: Expert Verlag

Wilhelm, T. & Schecker, H. (2018). Strategien für den Umgang mit Schülervorstellungen. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf, R. Duit (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis* (S.39-61). Berlin: Springer

Wodzinski, R & Wilhelm, T. (2018). Schülervorstellungen im Anfangsunterricht. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf, R. Duit (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis* (S.243-270). Berlin: Springer

Wulf, P. & Euler, M. (1995). Ein Ton fliegt durch die Luft - Vorstellungen von Primarstufenkindern zum Phänomen Schall. In *Physik in der Schule*, 33, S.254-260

## Quellenverzeichnis

- Deutscher Bundestag (2019). Infraschall. Studien zu Wirkungen auf Mensch und Tier. (<https://www.bundestag.de/resource/blob/657038/d7c8d4ed477ede95f599f77759e027a4/WD-8-099-19-pdf-data.pdf>; letzter Zugriff am: 06.05.2020 )
- Hessisches Kultusministerium (2017). Bildungsstandards und Inhaltsfelder. Das neue Kerncurriculum für Hessen. Primarstufe. Sachunterricht. ([https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/kc\\_sachunterricht\\_prst\\_2011.pdf](https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/kc_sachunterricht_prst_2011.pdf), letzter Zugriff am: 06.05.2020)
- Höding, Nicole (o.D.). Themenbereich „Schall“. (<http://www.supra-lernplattform.de/index.php/lernfeld-natur-und-technik/schall>; letzter Zugriff am: 06.05.2020)
- Schulz, R. K., Glugla, M., Lindemann-Sperfeld, L. (2010). Was ist Lärm eigentlich? (<https://markus-glugla.de/publications/Glugla10IFA.pdf>; letzter Zugriff am: 06.05.2020)
- Schwendinger, D. (2017). Schülervorstellungen zum Thema Schall. (<http://othes.univie.ac.at/47961/1/50655.pdf>; letzter Zugriff am: 06.05.2020)

## **Anhang**

- I. Leitfadeninterview
- II. Transkripte, Redigierte & Geordnete Aussagen
- III. Schriftliche Versicherung der selbstständigen Anfertigung

# **I. Leitfadeninterview**

## **1. Einleitung**

- **Begrüßung des Kindes:**

„Hallo (Name des Kindes). Ich freue mich, dass du an dem Interview teilnimmst!“

- **Vorstellung meiner Person:**

„Mein Name ist Frau Kloppenburg.“

- **Erklärung für den Grund des Interviews:**

„Wie du bereits weißt, möchte ich Lehrerin werden und muss dafür noch als Abschluss eine Arbeit schreiben.“

- **Erklärung des Vorgehens:**

„Das Interview dauert ungefähr 10 Minuten. In dieser Zeit zeige ich dir kleine Experimente und stelle dir dazu verschiedene Fragen.“

- **Hinweis zur Beantwortung:**

„Es gibt hierbei nur richtige Antworten. Du brauchst dir also keine Gedanken machen, etwas falsches zu sagen. Du darfst mir alles erzählen was du weißt. Ich freue mich über jede Antwort, die du mir gibst.“

- **Hinweis über Tonbandaufnahme und der Anonymität:**

„Ich werde unser Gespräch aufnehmen, da ich mir so schnell gar nicht alles merken kann, was du mir zu erzählen hast. Die Aufnahme ist auch nur für mich. Ich werde sie niemand anderem zeigen. Ist das ok für dich?“

- **Danksagung:**

„Danke, dass du mir hilfst und teilnimmst.“

## **2. Interview**

- **Gliederungspunkt 1: Versuch - Ukulele (harmonisch)**

- Was nimmst du wahr?
- Was konntest du beobachten?
- Was hörst du?
- Warum hören wir etwas?
- Wie kannst du das hören? Wir kommt es zu deinem Ohr?

- **Gliederungspunkt 2: Bild**

- Male, was du mir gerade erklärt hast.
- Erkläre mir deine Zeichnung.

- **Gliederungspunkt 3: Versuch - Tamburin** (unharmonisch)

- Was nimmst du jetzt wahr?
- Was hörst du?
- Wieso hörst du das, wenn ich weiter weg von dir sitze?
- Wie kannst du mir das erklären?
  
- Wie kann ein Mensch hinter mir das hören?
- Wie kann ein Mensch in einer anderen Ecke im Raum das hören?

- **Gliederungspunkt 4: Versuch - Stimmgabel** (mit und ohne Verstärkung)

- Was nimmst du jetzt wahr?
- Was hörst du?
- Ist dir was aufgefallen?
- Was ist der Unterschied?
- Was genau passiert hier?
- Warum wird es lauter, wenn man die Stimmgabel auf den Tisch stellt?

- **Gliederungspunkt 5:**

- Hast du schon einmal etwas von Schall gehört?
- Kannst du mir erklären, was das ist?
  
- Denkst du, es gibt einen Ort, an dem man nichts hören kann?
- Kann Lärm unsere Ohren gefährden?
- Wodurch werden unsere Ohren geschädigt?

- **Schluss-Intervention:**

- Möchtest du noch etwas dazu sagen?
- Haben wir etwas vergessen?
- Fällt dir noch etwas ein?

### **3. Abschluss**

- Wir haben es geschafft!
- Danke, dass du so toll mitgemacht hast.

## II. Transkripte, Redigierte & Geordnete Aussagen

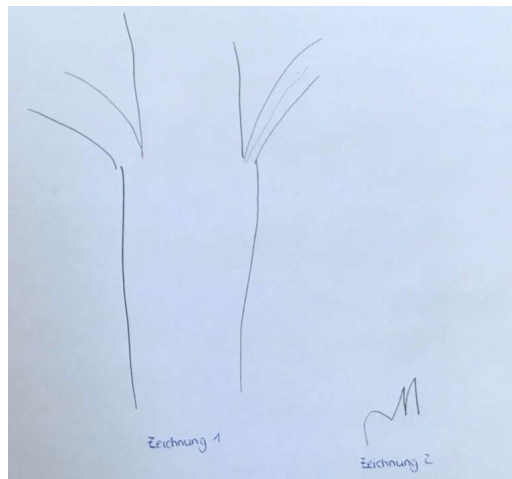
### Kind 1: Leon, männlich, 3.Klasse, 8,9 Jahre

- 1 I: Und zwar, wenn ich hier die Gitarre jetzt anschlage, was nimmst du da  
2 wahr?
- 3 S: Dass das Seil ( ) so, so nach oben und dann so auf das Ding und dann  
4 kommt der Ton raus.
- 5 I: Ein Ton - genau.
- 6 S: Ja. - Und das - -
- 7 I: Und - - warum hören wir diesen Ton?
- 8 S: Weil dieses Metall [zeigt auf die Ukulele] irgendwie so einen Schall  
9 ( ) vielleicht ist das so - Schall -
- 10 I: Schall?
- 11 S: Ja, vielleicht hat das so einen kleinen Schall.
- 12 I: Was ist denn ein Schall?
- 13 S: Ein Schall ist, wenn - wenn du in einer Höhle was sagst und dann -  
14 hörst du es wieder. Das - Dann sagst du was ( ) leiser, aber es wird  
15 lauter und es geht durch alle Räume - vielleicht.
- 16 I: Ok und kannst du mir auch erklären, wie genau das durch alle Räume  
17 geht? Also wie breitet sich das denn aus?
- 18 S: - - Ich glaube, ich denke - dass das - dann erst einmal, - wenn da so  
19 Räume sind, dass auf - auf einmal aufteilt, dass es dann - - es ist in jeder  
20 Ecke und dann kommt auf einmal so ein ( ) und dann fällt - kommt das  
21 da rein -
- 22 I: Ok. Würdest du mir das aufmalen, was du mir gerade erklärt hast?  
23 Einfach, ob mit Bleistift oder Buntstift; das ist egal.
- 24 S: [S.fängt an zu malen]  
25 Und dann kommt da so eine - sowas. [S. malt weiter] Und es geht hier  
26 so weiter. Dann geht der Schall hier rein - so.
- 27 I: Ok - also ist das hier dein Raum [I. zeigt auf das Bild]? Wo dann...
- 28 S: Ja der Raum. Und dann geht das - da zum Beispiel immer weiter.
- 29 I: In die ganzen Richtungen?
- 30 S: Ja.

31 I: Ok. Perfekt - perfekt. [...] Und wenn ich jetzt - hier die Stimmgabel  
32 nehme.  
33 [...]  
34 I: - - Und ich schlag die jetzt mal an. [Klang der Stimmgabel] Ist es ja  
35 ganz leise. Wenn ich die jetzt anschlage und auf den Tisch stelle [Klang  
36 der Stimmgabel; verstärkt] kannst du mir das erklären? Warum - Was ist  
37 dir aufgefallen?  
38 S: Das Metall ist so - irgendwie so hart, was - (dann) geht das auf den  
39 Tisch und der Tisch - ( ) breitet das sich aus, wie beim Schall. [führt  
40 Hände seitlich über den Tisch weg]  
41 I: Genau. Und was breitet - wie breitet sich das aus?  
42 S: Das geht auf den Tisch ( ) und dann geht es halt in alle Richtungen.  
43 Denke ich.  
44 I: Also hat das was mit dem Tisch zu tun?  
45 S: Hmhm  
46 I: Was denn genau?  
47 S: Ich glaube, dass geht in den Tisch rein - ein bisschen - oder so. Und  
48 dann kommt das halt wieder so hoch - raus.  
49 I: Ok, perfekt. Und wie gelangt das zu unserem Ohr? Warum hören wir  
50 das?  
51 S: Weil der Tisch das dann irgendwie glaube - der Tisch und dann hören  
52 wir das durch die Ohren, weil - - der Tisch lässt das dann so ein  
51 bisschen hoch und dann hören wir das.  
53 I: Ok. [...] Also hast du generell schon einmal was von Schall gehört [...]  
54 haben dir das deine Eltern schon einmal erklärt?  
55 S: Ein bisschen. [...]  
56 I: Und denkst du, es gibt einen Ort, an dem man gar nichts hören kann?  
57 S: [überlegt] Ja.  
58 I: Ja?  
59 S: Wenn die - wenn die Decke so - nicht flach ist, sondern so ein bisschen  
60 gewellt, dass - dass die nicht ganz gerade ist wie, wenn das - so ist - so  
61 [malt seine Gedanken auf (Zeichnung 2)]  
62 I: Ja

- 63 S: Dann kann das nicht schallen.  
 64 I: Warum?  
 65 S: Weil die Wel...Weil der Schall dann nicht durch - da oben [zeigt auf  
 66 sein Bild] bei den Decken, weil das hält den dann - glaube ich - auf.  
 67 I: Ok. Also denkst du der Ton verschwindet dann hier [I. zeigt auf die  
 68 Zeichnung]?  
 69 S: Ja.  
 70 I: Ok. Perfekt. [I. macht sich Notizen]  
 71 [...]

**Zeichnung:**



**Redigierte Aussagen:**

- 1 - 4: {Wenn die Gitarre angeschlagen wird}, kommt ein Ton heraus.  
 7 - 21: {Wir hören diesen Ton}, weil das Metall einen kleinen Schall erzeugt. {Was ist Schall?} Wenn man in einer Höhle etwas sagt, dann hört man es wieder. Man sagt es leise, es wird dann aber lauter, teilt sich auf einmal auf und geht durch alle Räume.  
 24 - 30: {Erklärung der Zeichnung 1} Es gibt einen Raum, der lang weiter geht. Dort geht der Schall rein. Dieser geht immer weiter, bis zum Ende und ab dort dann {in alle Richtungen} weiter.  
 34 - 43: {Die Stimmgabel} besteht aus hartem Metall und wenn ich diese auf den Tisch stelle, breitet sich das in alle Richtungen aus; wie beim Schall. {S. führt Hände seitlich über den Tisch weg}  
 47 - 51: Wir hören das durch unsere Ohren, weil das ein bisschen in den

Tisch hinein geht und dann lässt der Tisch das wieder ein bisschen hoch kommen.

- 56 - 69: {Es gibt einen Ort, in dem man nichts hören kann}, wenn die Decke nicht flach, sondern gewellt ist. Die Decke ist nicht gerade, dadurch kann es nicht schallen. Die Decke hält den Schall, glaube ich, auf {wodurch der Ton verschwindet}. {Zeichnung 2}

### **Geordneten Aussagen:**

#### Beobachtung

- (1 - 4) {Wenn die Gitarre angeschlagen wird}, kommt ein Ton heraus.

#### Scheinerklärung des Phänomens

- (7 - 21) {Wir hören diesen Ton}, weil das Metall einen kleinen Schall erzeugt. {Was ist Schall?} Wenn man in einer Höhle etwas sagt, dann hört man es wieder. Man sagt es leise, es wird dann aber lauter, teilt sich auf einmal auf und geht durch alle Räume.

#### Visuelle Vorstellung

- (24 - 30) {Erklärung der Zeichnung 1} Es gibt einen Raum, der lang weiter geht. Dort geht der Schall rein. Dieser geht immer weiter, bis zum Ende und ab dort dann {in alle Richtungen} weiter.

#### Schallwahrnehmung

- (47 - 51) Wir hören das durch unsere Ohren, weil das ein bisschen in den Tisch hinein geht und dann lässt der Tisch das wieder ein bisschen hoch kommen.

#### Schallausbreitung

- (34 - 43) {Die Stimmgabel} besteht aus hartem Metall und wenn ich diese auf den Tisch stelle, breitet sich das in alle Richtungen aus; wie beim Schall. {S. führt Hände seitlich über den Tisch weg}

#### Verstärkung / Abschwächung

- (56 - 69) {Es gibt einen Ort, in dem man nichts hören kann}, wenn die Decke nicht flach, sondern gewellt ist. Die Decke ist nicht gerade, dadurch kann es nicht schallen. Die Decke hält den Schall, glaube ich, auf, {wodurch der Ton verschwindet}. {Zeichnung 2}

## **Kind 2: Inga, weiblich, 3.Klasse, 8,8 Jahre**

- 1 I: Genau. Wie du gesagt hast; ich habe eine Ukulele dabei. Und wenn ich  
2 diese Ukulele jetzt anschlage, [Klang der Ukulele] was nimmst du da  
3 wahr?
- 4 S: Einen hohen - Einen hohen Ton.
- 5 I: Genau. Und was kannst du dabei beobachten, wenn du genau auf diese  
6 Saite guckst [Klang der Ukulele]? Fällt dir da irgendwas auf?
- 7 S: (9s) Wenn ich das jetzt genau gesehen habe  
8 [S. Schlägt Saite selbstständig an und beobachtet diese] (5s)
- 9 I: Was passiert da?
- 10 S: - Die wackelt etwas.
- 11 I: Die wackelt, genau. Und warum wackelt die?
- 12 S: (6s) Wenn ich - [Klang der Ukulele] sozusagen so mache, dass ich -  
13 einmal hoch mache - und dann vibriert sie.
- 14 I: Sehr gut. Und - warum hören wir diese Vibration.
- 15 S: Weil hier ein Hohlraum ist.
- 16 I: Sehr gut
- 17 S: Das ( ) den Ton.
- 18 I: Das - was macht das?
- 19 S: (Versteckt) den Ton.
- 20 I: Versteckt den Ton?
- 21 S: Verstärkt!
- 22 I: Ach verstärkt - sehr gut. Und wieso hören - also wie kommt das zu  
23 unserem Ohr?
- 24 S: Es erzeugt Schallwellen - die „Vibrierung“ der Saite.
- 25 I: Was sind denn Schallwellen?
- 26 S: Schallwellen ist etwas - du kennst doch Delfine.
- 27 I: Ja.
- 28 S: - Die - Wenn die einen Fischschwarm hören, dann geben die Klicklaute  
29 von sich und - da...damit können die auch - gucken, ob da ein Felsen  
30 ist.
- 31 I: Oh
- 32 S: Das sind Schallwellen.

33 I: Würdest du mir mal aufmalen, wie die Schallwellen aussehen?

34 S: Hmmm ...

35 I: Einfach mit irgendeinem Stift.

36 [...]

37 S: [fängt an zu malen] So würde das dann aussehen. (5s)

38 I: Wow. Und wo gelangt das dann hin?

39 S: Das gelangt auf den Gegenstand oder das Futter für die Delfine. Da

40 kommt auch noch so ein Strich. [führt Zeichnung fort]

41 I: Ok.

42 S: So.

43 I: Und ist das dann im gesamten Raum ausgebreitet?

44 S: - - Das kann man nicht im ganzen Meer hören, aber bei Buckelwalen,

45 die - das kann man hören. Wirklich. Aber weißt du was ... [lenkt vom

46 Thema ab]

47 [...]

48 I: Wir kommen mal zurück zu unserem Thema Schall. Das heißt du hast

49 schon einmal was vom Schall gehört.

50 S: Hmhm ...

51 I: Perfekt.

52 [...]

53 I: Denkst du es gibt irgendwie einen Ort, wo es überhaupt keinen Schall

54 gibt? Wo man nichts hört?

55 S: (4s) Das würde es jetzt - in der Ferne geben.

56 I: Warum?

57 S: Weil - wir sind hier jetzt in einem Raum und wenn da draußen jetzt -

58 was - los ist, in weiter Ferne - - oder da - jemand ( ) irgendwas herum

59 brüllt oder herum schießt

60 I: Ja.

61 S: ( ) Dann könnte das ja jetzt nicht hören.

62 I: Können wir das jetzt hier nicht hören.

63 [...]

64 I: Also denkst du es gibt einen Raum, wo man gar nichts hören kann.

65 Wenn du in irgendeinem Raum bist, wo du komplett nichts hörst?

66 S: - Das wäre in einem Raum ohne Hohlraum. - - Wir sind hier jetzt ...  
67 also in einem Tunnel würde man den Schall hören.  
68 I: In einem Tunnel hört man Schall ...  
69 S: Aber in einem Raum, ohne (Innen) nicht.  
70 [S. lenkt vom Thema ab; betrachtet die Zeichnung auf ihrer Hand]  
71 [...]  
72 I: [versucht Aufmerksamkeit zurück zum Thema zu lenken]  
73 Also in einem Tunnel hört man Schall. Aber hier - wir hören uns ja jetzt  
74 auch.  
75 S: Aber es gibt keinen Schall.  
76 I: Sicher?  
77 S: Ja.  
78 I: Warum? Wie kann das sein, dass du diesen Ton hörst. Da hattest du  
79 doch gesagt, wegen den Schallwellen.  
80 S: Ja aber das kommt davon, weil hier ein Hohlraum drin ist.  
81 I: Und wenn ich jetzt hier das Ding nehme - das Tamburin.  
82 S: - Dann hat es keinen Schall.  
83 I: Warum?  
84 S: Weil es ja keinen Hohlraum hat.  
85 I: - - Und wie kann das sein, dass ich dann den Ton höre?  
86 S: Weil (5s). Ich habe es vergessen.  
87 I: Ist nicht schlimm. Aber überleg einfach noch einmal. Du kannst ruhig  
88 nachdenken. Lass dir Zeit.  
89 S: (8s) [kommt vom Thema ab]  
90 [...]  
91 I: Kennst du eine Stimmgabel?  
92 S: Hmhm.  
93 I: Wenn ich die jetzt anschlage [Klang der Stimmgabel in der Luft] - hörst  
94 du ja auch...  
95 S: Dann hört man ja Schallwellen, weil hier ist ein Hohlraum  
96 [zeigt zwischen die beiden Gabelhälften]  
97 I: Ok. Und wenn ich jetzt - Achtung - Pass gut auf.  
98 [Klang der Stimmgabel, verstärkt durch den Tisch] Wie kannst...

99 S: Jetzt vibriert es sehr lange.

100 I: Und was ist dir genau aufgefallen?

101 S: Dass, wenn ich jetzt [greift zur Stimmgabel]

102 I: Warte ich muss es erst anschlagen. Ich schlage es in der Luft an

103 [Klang der Stimmgabel; verstärkt durch den Tisch]

104 S: Es gibt sozusagen einen - brummenden Ton raus.

105 I: Wenn ich was mache?

106 S: Wenn du das - Wenn du es mal angeschlagen hast, dann [führt Versuch

107 selbstständig durch] - es dann auf den Tisch stellst. [...] Dann gibt das

108 so einen hupenden Ton von sich.

109 I: Ok. Und wenn ich das jetzt aber hier drauf stelle [Holzgestell] [Klang

110 der Stimmgabel auf dem Holz] [...]

111 S: Dann wird es lauter.

112 I: Und warum?

113 S: Weil hier drin ist es hohl [zeigt auf die offene Holzseite]

114 I: Ok. Und was passiert mit diesem - entweder mit dem Tisch oder mit

115 diesem Holz?

116 S: - Das erzeugt Töne.

117 I: Ok. Und warum?

118 S: - [schlägt Stimmgabel selbstständig erneut an] Das - hupt so und wie

119 ich das...[kommt vom Thema ab]

120 [...]

121 I: Also du hattest ja von Schallwellen gesprochen.

122 S: Hmhm.

123 I: Und wie kann das sein, ...

124 S: Da werden die Schallwellen stärker.

125 I: Genau. Und warum?

126 S: Weil, -

127 I: Was verstärkt die Schallwellen?

128 S: - Der Hohlraum des Kastens.

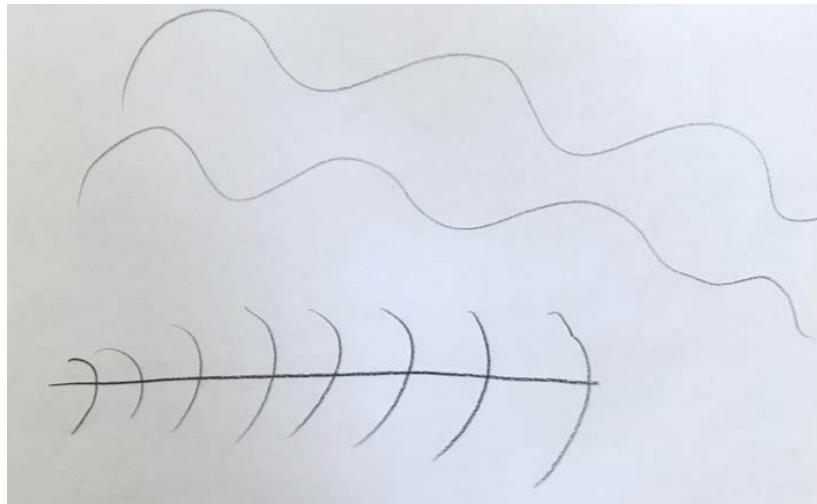
129 I: Ok. Und warum ist das auch beim Tisch so? Das wird ja auch verstärkt.

130 S: - Darf ich mal?

131 I: Ja.

- 132 S: [versucht Stimmgabel in der Luft anzuschlagen]  
133 I: Musst du ganz vorsichtig machen. Ich mache es dir. Das ist ein bisschen  
134 schwerer. [Klang der Stimmgabel; verstärkt durch den Tisch]  
135 S: Dass hier eine Hohllinie ist.  
136 I: Mhmh. Warte. [zwei Tische stehen aneinander] Ziehen wir mal den  
137 Tisch weg. Der eine Tisch hat nichts mit dem anderen Tisch zu tun. Ok?  
138 Es geht nur um diesen einen Tisch.  
139 [Klang der Stimmgabel; verstärkt durch den Tisch] Und es funktioniert  
140 ja trotzdem. Wie kannst du mir das erklären?  
141 S: - Ich kann es dir jetzt im Moment gar nicht erklären.  
142 [...]

**Zeichnung:**



**Redigierte Aussagen:**

- 4 - 13: {Wenn die Ukulele angeschlagen wird}, nehme ich einen hohen Ton wahr. Wenn ich die Saite genau beobachte, wackelt sie etwas. Also wenn ich die Saite hoch mache, dann vibriert sie.
- 14 - 24: {Wir hören die Vibration}, weil hier ein Hohlraum ist. Das verstärkt den Ton. {Wir hören das}, weil die „Vibrierung“ der Saite Schallwellen erzeugt.
- 25 - 32: {Was sind denn Schallwellen?} Wenn Delfine einen Fischschwarm hören, dann geben sie Klicklaute von sich. Damit gucken sie, ob da ein Felsen ist. Das sind Schallwellen.

- 37 - 46: {Zeichnung} So würde das dann aussehen. Die Schallwellen gelangen auf einen Gegenstand oder auf Futter für die Delfine. Man kann es nicht im gesamten Meer hören. Nur Buckelwale; die können das hören.
- 64 - 77: {Denkst du es gibt einen Raum, wo man gar nichts hören kann?} In einem Raum ohne Hohlraum, würde man gar nichts hören. In einem Tunnel würde man den Schall hören. Aber in einem Raum (ohne Innenraum) hört man ihn nicht. {Wir hören uns jetzt in dem Raum auch}; aber es gibt keinen Schall.
- 80 - 86: Eine Ukulele hat einen Hohlraum. Ein Tamburin hat keinen Hohlraum und somit auch keinen Schall.
- 93 - 96: Bei der Stimmgabel hört man Schallwellen, weil hier (S. zeigt auf den Zwischenraum der beiden Gabelhälften) ein Hohlraum ist.
- 99 - 108: {Wenn die Stimmgabel auf den Tisch gehalten wird}, vibriert es sehr lange. Es gibt sozusagen einen brummenden Ton von sich. Wenn ich die Stimmgabel auf den Tisch stelle, gibt sie einen hupenden Ton von sich.
- 109 - 116: {Wenn die Stimmgabel auf dem Holzkasten steht}, wird es lauter, weil der Holzkasten von innen hohl ist. {Der Holzkasten oder der Tisch} erzeugt dann Töne.
- 124 - 135: Die Schallwellen werden durch den Hohlraum des Kastens verstärkt. Beim Tisch durch die Hohllinie.

### **Geordnete Aussagen:**

#### Beobachtung

- {Wenn die Ukulele angeschlagen wird}, nehme ich einen hohen Ton wahr. Wenn ich die Saite genau beobachte, wackelt sie etwas. Also wenn ich die Saite hoch mache, dann vibriert sie.

#### Scheinerklärung des Phänomens

- (14-24, 25-32, 64-77, 80-86, 93-96, 109-116) {Wir hören die Vibration}, weil hier ein Hohlraum ist. Das verstärkt den Ton. {Wir hören das}, weil die „Vibrierung“ der Saite Schallwellen erzeugt. Was sind denn Schallwel-

len?} Wenn Delfine einen Fischschwarm hören, dann geben sie Klicklaute von sich. Damit gucken sie, ob da ein Felsen ist. Das sind Schallwellen. In einem Raum ohne Hohlraum, würde man gar nichts hören. In einem Tunnel würde man den Schall hören. Aber in einem Raum (ohne Innenraum) hört man ihn nicht. {Wir hören uns jetzt in dem Raum auch}; aber es gibt keinen Schall. Eine Ukulele hat einen Hohlraum. Ein Tamburin hat keinen Hohlraum und somit auch keinen Schall. Bei der Stimmgabel hört man Schallwellen, weil hier (S. zeigt auf den Zwischenraum der beiden Gabelhälften) ein Hohlraum ist. {Wenn die Stimmgabel auf dem Holzkasten steht}, wird es lauter, weil der Holzkasten von innen hohl ist. {Der Holzkasten oder der Tisch} erzeugt dann Töne.

#### Visuelle Vorstellung

- (37-40) {Zeichnung} So würde das dann aussehen. Die Schallwellen gelangen auf einen Gegenstand oder auf Futter für die Delfine.

#### Schallwahrnehmung (Verbindung zwischen Schwingung und Hören)

- (14-24) {Wir hören die Vibration}, weil hier ein Hohlraum ist. Das verstärkt den Ton. {Wir hören das}, weil die „Vibrierung“ der Saite Schallwellen erzeugt.

#### Verstärkung / Abschwächung

- (14-24, 109-116, 124-135){Wir hören die Vibration}, weil hier ein Hohlraum ist. Das verstärkt den Ton. {Wir hören das}, weil die „Vibrierung“ der Saite Schallwellen erzeugt. {Wenn die Stimmgabel auf dem Holzkasten steht}, wird es lauter, weil der Holzkasten von innen hohl ist. {Der Holzkasten oder der Tisch} erzeugt dann Töne. Die Schallwellen werden durch den Hohlraum des Kastens verstärkt. Beim Tisch durch die Hohllinie.

### Kind 3: Lukas, männlich, 3.Klasse, 9,5 Jahre

- 1 I: Und zwar, habe ich dir hier eine Ukulele, eine Gitarre, mitgebracht.  
2 Wenn ich die jetzt hier anschlage - [Klang der Ukulele] was nimmst du  
3 da wahr?  
4 S: Einen Ton.  
5 I: Einen Ton. Und warum? Also was kannst du da beobachten?  
6 [Klang der Ukulele]  
7 S: Dass das hoch geht und dann da drauf. Weil da oben ein Hohlraum ist,  
8 ergibt das einen Ton.  
9 I: Hmhm. Und was siehst du? Was passiert mit dieser Saite?  
10 [Klang der Ukulele]  
11 S: Nochmal.  
12 I: [Klang der Ukulele] Du darfst das auch selber einmal machen.  
13 Vielleicht siehst du es dann besser.  
14 S: [Klang der Ukulele] Dass man es hoch spannen muss, um einen Ton  
15 raus zu kriegen.  
16 I: Genau. Man muss die irgendwie anschlagen. Das heißt ein Mensch  
17 produziert...genau. - Aber - Also, warum kannst du diesen Ton hören?  
18 Also wie kommt dieser Ton zu dir?  
19 S: [überlegt] (8s) Vielleicht, dass das da drauf schlägt. Dass dann da  
20 runter geht und, dass das dann einen Ton ergibt.  
21 I: Ja. Wenn ich jetzt - hier sitze, ja? Und ich nehme mein Tamburine. Und  
22 ich schlage das hier an [Klang des Tamburins]. Wie kann das sein, dass  
23 ich soweit weg sitze von dir, aber du es trotzdem hörst?  
24 S: [überlegt] (7s)  
25 I: Der Ton muss ja irgendwie zu deinem Ohr gelangen. Wie passiert das?  
26 S: Indem man da drauf schlägt, das vibriert.  
27 I: Ja.  
28 S: Und da - Und das ergibt dann einen lau-einen lautereren Ton.  
29 I: Also das ist lauter als die Gitarre, meinst du?  
30 S: Ja.  
31 [...]  
32 I: Genau. Könntest du mir mal aufmalen, wie so ein Ton zu dir gelangt?

33 S: Kann ich auch den Bleistift nehmen?

34 I: Klar. Jeden Stift, der dort liegt.

35 S: [fängt an zu malen] (29s)

36 [flüsternd] Das ist zwar jetzt nicht so ordentlich

37 I: Das ist gar nicht schlimm.

38 S: [malt weiter] (51s)

39 I: Ok. Kannst du das erklären, was du gezeichnet hast?

40 S: Ja. Also das ist das - -

41 I: Tamburin.

42 S: Tamburin. Das erzeugt Vibration. Durch die Vibration, erklingt ein

43 Klang und das hört man dann.

44 I: Ok. Und wie kommt dieser Klang zu deinem Ohr.

45 S: Gut. [malt Striche vom Tamburin ausgehend] (5s)

46 I: Wie kommt dieser Klang zu deinem Ohr? Du kannst es auch aufmalen,

47 wenn du es nicht erklären kannst.

48 S: [überlegt] (7s) Das ist ja ein geschlossener Raum. - Dann bleibt der

49 Ton drin, oder?

50 I: Ok. Und dann?

51 S: Und dann - der Ton ist ja etwas lauter [zeigt auf das Tamburin], als der

52 hier [schlägt Ukulele an]. Den Ton hat man ja eben zweimal gehört

53 [schlägt Ukulele nochmal an]. Weil das hier drin hallt, -

54 I: Hmhm.

55 S: Dass man das dann hört - irgendwie.

56 I: Ok. Und was passiert denn mit dem Ton, sobald der hier [Klang der

57 Ukulele] von der Gitarre erzeugt wird.

58 S: Den hört man.

59 I: Genau. Und was passiert? - Wie - Wie hört man diesen Ton? Durch den

60 Hall - ja.

61 S: Durch den Hall.

62 I: Du hast ja gesagt, es hallt und deswegen hör ich das. Wie genau meinst

63 du das?

64 S: Also, dass der - - zum Beispiel jetzt hier [schlägt Ukulele an]. Der Ton

65 bleibt ein paar Sekunden hier im Raum und solange hört man den.

66 I: Ok. Und warum höre ich ihn dann nicht mehr?

67 S: Weil - - keine Ahnung.

68 I: Ist nicht schlimm. Ist überhaupt gar nicht schlimm. -

69 Ich zeige dir nochmal einen anderen Versuch.

70 S: Ja.

71 I: Und zwar ist das eine Stimmgabel. Und wenn ich die jetzt anschlage

72 [Klang der Stimmgabel in der Luft], wie kannst du dir erklären, dass du

73 da was hörst?

74 S: [überlegt] (4s) Das ist ja Metall.

75 I: Ja.

76 S: Da schlägt man drauf.

77 I: Ja.

78 S: Und das ergibt einen Klang.

79 I: Ja.

80 S: Das ist genauso, wie wenn man einen Kochlöffel auf einen Topf haut.

81 I: Ja. Und warum kann ich diesen Klang hören?

82 S: Weil es hier drin hallt.

83 I: Genau. Also der gleiche Grund, wie vorhin.

84 S: Ja.

85 I: Und wenn ich das jetzt - Achtung. [Klang der Stimmgabel verstärkt

86 durch den Tisch] Ist dir was aufgefallen?

87 S: Ja.

88 I: Was nimmst du da wahr...?

89 S: Weil Sie es auf den Tisch gestellt haben -

90 I: Ja.

91 S: Ist - Ist - Ist der Ton ein bisschen anders geworden.

92 I: Wie denn anders?

93 S: - Kann ich mal ganz kurz?

94 I: Ja, klar.

95 S: [nimmt sich die Stimmgabel und schlägt diese an]

96 I: Es ist ein bisschen schwer, glaube ich. Du musst es unten festhalten.

97 Wenn du es - [Klang der Stimmgabel verstärkt durch den Tisch]

98 S: Das ergibt -

99 I: Ja.

100 S: Das ergibt glaube ich einen anderen Ton, weil - das ergibt einen

101 anderen Ton, weil - - [flüsternd] Was wollte ich sagen?!

102 I: Gar kein Stress. Alles gut. Überleg ruhig. Wir haben Zeit.

103 S: Was war nochmal die Frage?

104 I: Was der Unterschied ist. Also - Was ist dir aufgefallen? Also - Warum

105 hörst du hier den Ton [Klang der Stimmgabel in der Luft] in der

106 Lautstärke? Und wenn ich jetzt das anschlage und dann auf den Tisch

107 stelle [Klang der Stimmgabel verstärkt durch den Tisch].

108 S: Weil die Vibration auch - - Wenn es vibriert,

109 I: Ja.

110 S: Stellen Sie es ja auf den Tisch.

111 I: Genau.

112 S: Und dadurch, gibt es halt einen anderen Ton, weil es nicht mehr nur in

113 der Luft vibriert.

114 I: Genau. Was passiert denn mit dem Tisch?

115 S: Der vibriert auch ein bisschen.

116 I: Genau der vibriert mit. Tatsächlich. Also kann ich auch Töne? Was

117 mach ich denn damit, dass das lauter wird? Was macht der Tisch? Der?

118 - Vibriert mit und?

119 S: Gibt ein anders Geräusch ab. Und der ist ein bisschen stabiler?

120 I: Hmhm. Ja.

121 [...]

122 I: Hast du schon einmal was von Schall gehört? Kennst du das Wort

123 Schall?

124 S: Ja.

125 I: Ja?

126 S: Wenn man zum Beispiel unter einer Autobahnbrücke „Uhu“ sagt, dann

127 schallt das.

128 I: Genau. Und wie kann das sein?

129 [...]

130 S: - Indem. Es kann ja -

131 I: Ja?

132 S: Nicht gleich nach vorne, sondern es bleibt erst einmal drin. Es bleibst  
133 erst einmal unter der Brücke drin.  
134 I: Ok.  
135 S: Und dann geht das - mit der Luft raus.  
136 I: Ok.  
137 [...]  
138 I: Denkst du es gibt irgendwo, irgendwo einen Ort, indem du bist, wo du  
139 gar nichts hören kannst?  
140 S: Zum Beispiel auf dem Feld oder in einer Wiese?  
141 I: Hörst du da wirklich gar nichts?  
142 S: Ein bisschen.  
143 I: Was hörst du?  
144 S: Das, was man selbst sagt. Aber es schallt ja nicht.  
145 I: Ok. Perfekt. Und denkst du Lärm kann auch unsre Ohren gefährden?  
146 S: Ja.  
147 I: Wodurch?  
148 S: Wenn der Lärm zu laut ist, kann das Trommelfell platzen.  
149 I: Sehr gut. Perfekt. Dann sind wir so gut wie am Ende. Fällt dir noch  
150 irgendetwas ein? Irgendetwas, was du los werden willst, zum Schall?  
151 S: Nein.  
152 [...]

**Zeichnung:**



### Redigierte Aussagen:

- 4 - 20: {Beim Anschlagen der Ukulele}, nehme ich einen Ton wahr. Die Saite geht hoch und dann da drauf. Und weil dort ein Hohlraum ist, ergibt das einen Ton. Und um den Ton herauszukriegen, muss ich die Saite hoch spannen. {Den Ton kann man hören}, weil die Saite da drauf schlägt und das einen Ton ergibt.
- 25 - 30: {Tamburine: Der Ton kommt zum Ohr}, indem man da drauf schlägt und es vibriert. Und das ergibt dann einen lautereren Ton und ist lauter als die Gitarre.
- 40 - 45: Das Tamburine erzeugt Vibration. Durch die Vibration erklingt ein Klang und den hört man dann. (malt Striche vom Tamburine ausgehend)
- 48 - 55: Das hier ist ein geschlossener Raum und hier bleibt der Ton dann drin (?). Der Ton vom Tamburine ist lauter, als der von der Ukulele. Den Ton habe ich gerade zweimal gehört, weil es hier drin hallt. Aus dem Grund hört man das dann irgendwie.
- 62 - 67: {Du hast gesagt es hallt, weshalb ich den Ton höre. Wie genau meinst du das?} Der Ton bleibt ein paar Sekunden hier im Raum und deshalb höre ich den. {Warum hörst du ihn dann nicht mehr?} Keine Ahnung.
- 71 - 82: Die Stimmgabel ist aus Metall. Und wenn man da drauf schlägt, ergibt das einen Klang. Das ist genauso, wenn man mit einem Kochlöffel gegen einen Kochtopf haut. {Wieso kannst du den Klang hören?} Weil es hier im Raum hallt.
- 104 - 119: Wenn die Stimmgabel vibriert, stellen Sie die auf den Tisch. Dadurch gibt es einen anderen Ton, weil die Stimmgabel nicht mehr nur in der Luft vibriert. {Der Tisch} vibriert auch ein bisschen und gibt ein anderes Geräusch ab (?).
- 122 - 135: {Schall ist}, wenn man zum Beispiel unter einer Autobahnbrücke Uhu sagt; dann schallt das. Es bleibt erst einmal unterhalb der Brücke und geht dann mit der Luft raus.

- 138 - 144: Auf einem Feld oder einer Wiese schallt es nicht. Man hört nur das, was man selbst sagt.
- 145 - 148: Wenn Lärm zu laut ist, kann das Trommelfell platzen.

### **Geordnete Aussagen:**

#### Beobachtung

- (4-7, 71-80) {Beim Anschlagen der Ukulele}, nehme ich einen Ton wahr. Die Saite geht hoch und dann da drauf. Die Stimmgabel ist aus Metall. Und wenn man da drauf schlägt, ergibt das einen Klang. Das ist genauso, wenn man mit einem Kochlöffel gegen einen Kochtopf haut.

#### Scheinerklärung des Phänomens

- (7-20, 25-30, 40-45, 104-119, 122-135) Um einen Ton herauszukriegen, muss ich die Saite hoch spannen. {Den Ton kann man hören}, weil die Saite da drauf schlägt und dort ein Hohlraum ist und das einen Ton ergibt. {Tamburine: Der Ton kommt zum Ohr}, indem man da drauf schlägt und es vibriert. Und das ergibt dann einen lautereren Ton und ist lauter als die Gitarre. Das Tamburine erzeugt Vibration. Durch die Vibration erklingt ein Klang und den hört man dann. (malt Striche vom Tamburine ausgehend). Wenn die Stimmgabel vibriert, stellen Sie die auf den Tisch. Dadurch gibt es einen anderen Ton, weil die Stimmgabel nicht mehr nur in der Luft vibriert. {Der Tisch} vibriert auch ein bisschen und gibt ein anderes Geräusch ab (?). {Schall ist}, wenn man zum Beispiel unter einer Autobahnbrücke Uhu sagt; dann schallt das. Es bleibt erst einmal unterhalb der Brücke und geht dann mit der Luft raus.

#### Visuelle Vorstellung

- (40-45) Das Tamburine erzeugt Vibration. Durch die Vibration erklingt ein Klang und den hört man dann. (malt Striche vom Tamburine ausgehend)

#### Schallwahrnehmung

- (40-45, 62-76, 81-82) Das Tamburine erzeugt Vibration. Durch die Vibration erklingt ein Klang und den hört man dann. {Du hast gesagt es hallt, weshalb ich den Ton höre. Wie genau meinst du das?} Der Ton bleibt ein paar Sekunden hier im Raum und deshalb höre ich den. {Wieso kannst du

den Klang hören?} Weil es hier im Raum hallt. {Warum hörst du ihn dann nicht mehr?} Keine Ahnung.

#### Schallausbreitung

- (48-55) Das hier ist ein geschlossener Raum und hier bleibt der Ton dann drin (?). Der Ton vom Tamburine ist lauter, als der von der Ukulele. Den Ton habe ich gerade zweimal gehört, weil es hier drin hallt. Aus dem Grund hört man das dann irgendwie.

#### Verstärkung / Abschwächung

- (138-144) Auf einem Feld oder einer Wiese schallt es nicht. Man hört nur das, was man selbst sagt.

#### Gefahren von Schall (Lärm und Lärmschutz)

- (145-148) Wenn Lärm zu laut ist, kann das Trommelfell platzen.

#### **Kind 4: Robert, männlich, 3.Klasse, 9,4 Jahre**

- 1 I: Also - und zwar habe ich dir eine kleine Gitarre, eine Ukulele,  
2 mitgebracht. Und wenn ich jetzt diese Saite hier anschlage - [Klang der  
3 Ukulele] - Was nimmst du da wahr?
- 4 S: Einen Ton.
- 5 I: Sehr gut. Und - Wie - Durch was hören wir?
- 6 S: Durch die - Also durch die Saite - halt durch die Spannung. Das ist  
7 gespannt.
- 8 I: Genau.
- 9 S: Da - Da kommt der Ton. Desto mehr gespannter das ist - desto höher ist  
10 der Ton.
- 11 I: Hmhm. - Und wie - kommt dieser Ton zu dir? Wie kannst du diesen  
12 Ton hören?
- 13 S: Durch die Ohren.
- 14 I: Richtig. Und - Wenn ich jetzt - ich sitze ja relativ weit weg von dir und  
15 - wenn ich die Gitarre nehme; - wie kann das sein, dass ich den Ton hier  
16 anschlage, aber du den hörst? Obwohl du weit weg von mir sitzt.  
17 [Klang der Ukulele]
- 18 S: - Das ist, also das gibt ja einen Ton von sich. Und - man soll es ja auch  
19 hören, auch wenn man etwas weiter weg ist, also - das ist ja jetzt nicht  
20 so gespannt - das ist ja auch - tiefer - man hört es ein bisschen  
21 schlechter, aber auch noch.
- 22 I: Ok. - Und - kannst du mir auch erklären, wie dieser Ton zu deinem Ohr  
23 kommt?
- 24 S: (4s) Nein.
- 25 I: Nein? Willst du es vielleicht versuchen aufzumalen?
- 26 S: Puh - Ja.
- 27 I: Perfekt.
- 28 S: (6s) Der Ton, der kommt halt (4s) von da [fängt an zu malen] - -  
29 nach da. Und - wenn man - also - es ist ja - zum Teil sozusagen laut.
- 30 I: Hmhm
- 31 S: Und - Wenn man jetzt den hört. Also das ist jetzt bei jedem so, dann -  
32 dann kommt es - bis hierher [malt weiter]

33 I: Hmhm

34 S: Und dann (5s). Dass, das [überlegt] (7s). [stöhnend] Boah.

35 I: Bist du das? [zeigt auf die Zeichnung]

36 S: Ja.

37 I: Und das hier bin - Wer ist das? Das Musikinstrument - also ich mit dem

38 Musikinstrument?

39 S: Ja.

40 I: Ok. Und, wenn jetzt noch jemand da hinten in der Ecke, in dem Raum

41 hier stehen würde [zeigt auf die Ecke]

42 S: Der würde es auch noch hören.

43 I: Und warum?

44 S: [überlegt] (4s) Das - - Das ist ja mit - so in allen Seiten. Das - das geht

45 dann in alle Seiten. Das hallt sozusagen ein bisschen. Und dann kann

46 man das auch bis dahinten in der Ecke hören.

47 I: Genau. Was ist für dich Hall?

48 S: - Zum Beispiel, wenn man jetzt in einem - komplett leeren Raum steht -

49 das hallt dann.

50 I: Ja.

51 S: Wie in der Turnhalle; sozusagen.

52 I: Und wie hallt sowas?

53 S: - Das, das kommt an die Wand und das kommt wieder zurück. Das geht

54 an die Wand und das geht dann wieder zurück.

55 I: Sehr gut. Sehr, sehr gut.

56 S: Also geht das [zeichnet weiter] in alle Richtungen.

57 I: Ok. - - Perfekt.

58 Jetzt zeige ich dir noch einmal einen anderen Versuch. Und zwar -

59 kannst du einfach mal erzählen, was dir auffällt. [Klang der Stimmgabel

60 mit Verstärkung]

61 S: (10s) Also - das vibriert ja.

62 I: Hmhm.

63 S: Wenn man das hält. Und wenn man das an den Tisch hält [führt Versuch

64 selbst durch], dann kommt die Vibration a-an den Tisch und das verteilt

65 sich am Holz und dadurch hört man das.

66 I: Sehr sehr gut. Mal eine Frage: Hast du schon einmal was von Schall  
67 gehört?

68 S: Ja.

69 I: Ja. Was ist für dich Schall?

70 S: Schall - Wenn was ganz Schnelles kommt. Das ist der Schall. Zum Bei  
71 spiel, wenn jetzt - ein Flugzeug die Schallmauer durchbricht, dann gibt  
72 es ja einen rießen Knall.

73 I: Hmhm.

74 S: Und, weil das - so schnell ist, dadurch entsteht der Knall.

75 I: Ja.

76 S: Und das ist halt sehr schnell, der Schall. Schneller als der Hall.

77 I: Ok. Und kannst du auch den Schall auf eines dieser Instrumente hier  
78 beziehen?

79 Hat das was hiermit zu tun? [zeigt auf die Instrumente]

80 - Ja oder nein?

81 S: - „Jain“

82 I: „Jain?!“ Wieso?

83 S: [überlegt] (4s) Weil - ich denke jetzt mal, das ist so mittellaut und das  
84 - - [flüsternd] so ein bisschen.

85 I: Wie meinst du das?

86 S: Also mit - wenn man das nimmt, dann hört man ja auch schon was.

87 I: Das hier jetzt?

88 S: Ja.

89 I: Kannst du auch machen, ja. Was ist denn das?

90 S: Eine Trommel.

91 I: Genau.

92 [Klang der Trommel]

93 S: Aber das - wenn man das - das ist ja auch „gehallt“ [betont]

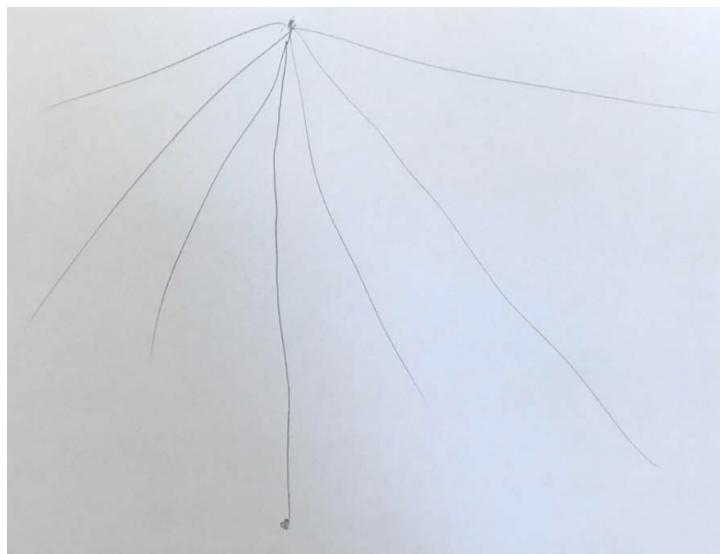
94 I: Hmhm.

95 S: - Und - Schall geht einfach noch viel schneller.

96 I: Ok. Perfekt. - - Eine Frage habe ich tatsächlich noch: Was ist für dich  
97 Lärm?

98 S: - Zum Beispiel, wenn jetzt, irgendwie - - gearbeitet wird - irgendwo.  
99 Mit einem Presslufthammer, oder irgendeinem Bagger,  
100 oder irgendetwas explodiert.  
101 I: Hmhm. Denkst du, dass es auch einen Lärm gibt, der unsere Ohren  
102 gefährden kann?  
103 S: Ja.  
104 I: Was denn zum Beispiel?  
105 S: [überlegt] (4s) Zum Beispiel jetzt was sehr lautes.  
106 I: Ja.  
107 S: Da fällt mir aber gerade nix ein, was sehr laut sein könnte. [überlegt]  
108 Martinshorn.  
109 I: Hmhm. Und weißt du auch wie man - wie das Ohr dann gefährdet  
110 wird? Inwieweit? Also was passiert dann im Ohr?  
111 S: Man hört das. - Wenn man mit dem Ohr ( ) Da stehen ja die ganzen  
112 Häuser, das hallt ja auch. [überlegt] (sec.) Und wenn das direkt an dein  
113 Ohr hallt, dann geht das an dein Trommelfell und dann ist das sehr laut.  
114 I: Perfekt. Hier - du hast mir wahnsinnig geholfen. Vielen, vielen Dank.  
115 [...]  
116 I: Oder fällt dir noch etwas ein, was wir vergessen haben?  
117 S: [schüttelt mit dem Kopf]  
118 I: Ne. Ok. Perfekt. Ich bedanke mich.

**Zeichnung:**



### **Redigierte Aussagen:**

- 4 - 10: {Beim Anschlagen der Ukulele}, nehme ich einen Ton wahr. Durch die Spannung der Saite hören wir es. Desto gespannter die Saite, desto höher ist der Ton.
- 28 - 46: {Zeichnung} Ein Ton kommt von da nach da. Es ist sozusagen zum Teil laut und wenn man den Ton dann hört, dann geht er auch bis dahin. {Vom Erzeuger zum Ohr}. {Und ein Mensch der in einer anderen Ecke des Raumes steht?} Der würde es auch noch hören, weil es in alle Seiten geht. Das hallt sozusagen ein bisschen und deshalb kann man das auch dahinten in der Ecke hören.
- 47 - 56: {Was ist Hall?} Wenn man in einem komplett leeren Raum ist, dann hallt es; wie in der Turnhalle. Es kommt an die Wand und geht wieder zurück. Und geht somit in alle Richtungen.
- 58 - 65: Die Stimmgabel vibriert. Und wenn man das auf den Tisch hält, dann kommt die Vibration auf den Tisch und verteilt sich durch das Holz und dadurch hört man das.
- 69 - 76 {Was ist Schall?} Schall ist etwas ganz schnelles. Zum Beispiel gibt es einen rießigen Knall, wenn ein Flugzeug die Schallmauer durchbricht. Der Knall entsteht, weil das Flugzeug so schnell ist. Der Schall ist auch schneller als der Hall.
- 77 - 95: {Schall in Verbindung zu den Instrumenten} Ja und Nein. Ich denke das ist alles so mittellaut. Zum Beispiel bei der Trommel hört man auch etwas. Es ist aber auch gehallt. Schall geht einfach viel schneller.
- 98 - 113: Lärm ist, wenn irgendwo mit einem Presslufthammer oder einem Bagger gearbeitet wird oder wenn etwas explodiert. Etwas sehr lautes kann auch unsere Ohren gefährden. Zum Beispiel bei einem Martinshorn. Durch die Häuser hallt es und wenn der Hall an dein Trommelfell kommt, ist es sehr laut.

## **Geordnete Aussagen:**

### Beobachtung

- (4-10) {Beim Anschlagen der Ukulele}, nehme ich einen Ton wahr. Durch die Spannung der Saite hören wir es. Desto gespannter die Saite, desto höher ist der Ton.

### Scheinerklärung des Phänomens

- (47-56, 69-76, 77-95) {Was ist Hall?} Wenn man in einem komplett leeren Raum ist, dann hallt es; wie in der Turnhalle. Es kommt an die Wand und geht wieder zurück. Und geht somit in alle Richtungen. {Was ist Schall?} Schall ist etwas ganz schnelles. Zum Beispiel gibt es einen rießigen Knall, wenn ein Flugzeug die Schallmauer durchbricht. Der Knall entsteht, weil das Flugzeug so schnell ist. Der Schall ist auch schneller als der Hall. {Schall in Verbindung zu den Instrumenten} Ja und Nein. Ich denke das ist alles so mittellaut. Zum Beispiel bei der Trommel hört man auch etwas. Es ist aber auch gehallt. Schall geht einfach viel schneller.

### Visuelle Vorstellung

- (28-39) {Zeichnung} Ein Ton kommt von da nach da. Es ist sozusagen zum Teil laut und wenn man den Ton dann hört, dann geht er auch bis dahin. {Vom Erzeuger zum Ohr}.

### Schallwahrnehmung (Verbindung Schwingung und Hören)

- (40-46, 111-113) {Und ein Mensch der in einer anderen Ecke des Raumes steht?} Der würde es auch noch hören, weil es in alle Seiten geht. Das hallt sozusagen ein bisschen und deshalb kann man das auch dahinten in der Ecke hören. Durch die Häuser hallt es und wenn der Hall an dein Trommelfell kommt, ist es sehr laut.

### Schallausbreitung

- (40-46, 47-56, 58-65, 111-113) {Und ein Mensch der in einer anderen Ecke des Raumes steht?} Der würde es auch noch hören, weil es in alle Seiten geht. Das hallt sozusagen ein bisschen und deshalb kann man das auch dahinten in der Ecke hören. {Was ist Hall?} Wenn man in einem komplett leeren Raum ist, dann hallt es; wie in der Turnhalle. Es kommt an die Wand und geht wieder zurück. Und geht somit in alle Richtungen. Die Stimmgabel vibriert. Und wenn man das auf den Tisch hält, dann kommt die Vibration

tion auf den Tisch und verteilt sich durch das Holz und dadurch hört man das. Durch die Häuser hallt es und wenn der Hall an dein Trommelfell kommt, ist es sehr laut.

#### Gefahren von Schall (Lärm und Lärmschutz)

- (98-113) Lärm ist, wenn irgendwo mit einem Presslufthammer oder einem Bagger gearbeitet wird oder wenn etwas explodiert. Etwas sehr lautes kann auch unsere Ohren gefährden. Zum Beispiel bei einem Martinshorn. Durch die Häuser hallt es und wenn der Hall an dein Trommelfell kommt, ist es sehr laut.

### **Kind 5: Sophia, weiblich, 3.Klasse, 9,1 Jahre**

- 1 I: Und zwar, habe ich dir eine kleine Gitarre - eine Ukulele - mitgebracht.  
2 Und - wenn ich jetzt diese Saite anschlage. [Klang der Ukulele] Was  
3 nimmst du wahr?  
4 S: Einen Ton.  
5 I: Genau. Und wie? - Was kannst du beobachten?  
6 S: Also - das geht nach oben und dann kommt ein Ton raus [zeigt auf die  
7 Saite]  
8 I: Genau. Und wodurch hören wir?  
9 S: Durch das Ohr.  
10 I: Genau. Und wie kommt dieser Ton zu deinem Ohr?  
11 S: [überlegt] (5s) Das geht durch das Trommelfell durch.  
12 I: Hmhm.  
13 S: Und - dann kommt das in unseren Kopf. Und dann nehmen wir das  
14 wahr.  
15 I: Hmhm. Und wie geht dieser Ton durch dein Trommelfell?  
16 S: [überlegt] (5s) Vielleicht gibt es da so kleine Lücken und da geht der  
17 Ton dann durch.  
18 I: Ok. Und - wenn ich jetzt hier meine Trommel nehme - und ich sitze ja  
19 ein Stück weit weg von dir.  
20 S: Ja.  
21 I: Und - [Klang der Trommel] Das hörst du ja auch.  
22 S: Ja.  
23 I: Wie kann das sein, dass ich soweit weg von dir sitze - und du trotzdem  
24 diesen Ton hörst?  
25 S: Das schallt - zurück.  
26 I: Aha - Was ist für dich Schall?  
27 S: Also. Zum Beispiel, wenn man in einem Zimmer ist, wo es nur eine Tür  
28 gibt. Wenn man dann da rein kommt und die Fenster auch zu sind und  
29 man da einfach dann zum Beispiel ruft „Hallo“ und dann schallt das  
30 dann ja manchmal zurück.  
31 I: Und wie - wie schallt das zurück? Durch was? Wie passiert das?

32 S: Durch den Aufprall. Weil, wenn das dann - wenn das nichts gibt, wo es  
33 dann zurückkommen kann - wo es dann raus gehen kann. Zum Beispiel  
34 hier sind ja Schlüssel - ist ja ein Schlüsselloch. Da kann es ja auch  
35 durch - der Ton. Also schallt es hier nicht - in diesem Raum. Und in  
36 manchen Räumen gibt es dann auch keine einzige Lücke, wo der Ton  
37 dann durch kann. Und dann schallt das zurück.

38 I: Ok. Und wenn wir jetzt draußen sind und ich schlage das an. Hörst du  
39 das dann?

40 S: Ja.

41 I: Und wie kann das da sein, dass du das hörst?

42 S: [überlegt] (14s) Vielleicht - weil - jeder, das ist immer so. Wenn man -  
43 wenn man dann, zum Beispiel auch draußen auf die Trommel haut,  
44 dann hört man das trotzdem, weil - Auch wenn man ganz weit weg ist,  
45 draußen, dann hört man das ja nicht. Aber wenn man ein bisschen näher  
46 dran ist, dann hört man das, weil - wenn das dann laut ist, dann hört  
47 man das immer.

48 I: Ok. Würdest du mal aufmalen, wie so ein Ton zu dir gelangt?

49 S: [nimmt sich einen Stift und fängt an zu malen] - (29s)

50 I: Also der Ton - Was passiert mit dem Ton im Raum?

51 S: Der kommt durch das Ohr durch und dann hört man das.

52 I: Ok. Und wenn jetzt dahinten in der Ecke noch jemand steht.

53 S: Der hört das dann auch.

54 I: Und wie kann das sein?

55 S: - - Weil das laut ist.

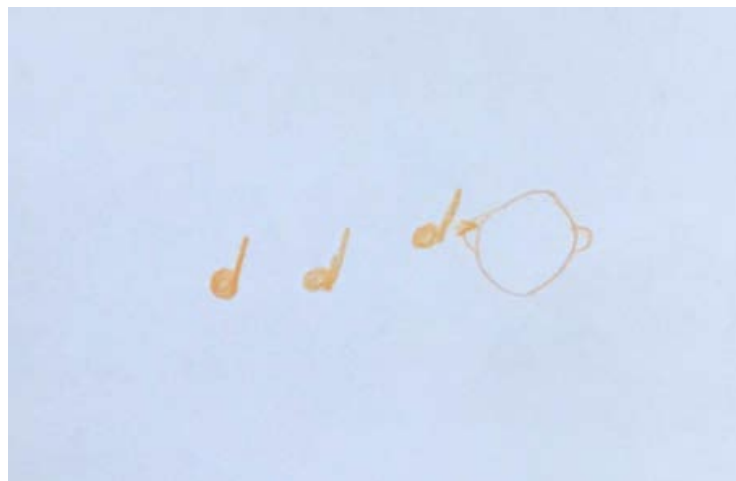
56 I: Hmhm. Also, wo - wo befindet sich dieser Ton, wenn ich den erzeuge?  
57 Wie wird dieser Ton auch an den Menschen dahinten in der Ecke  
58 übertragen?

59 S: [überlegt] (5s) Wenn er das dann vielleicht hört, dann - auch wenn  
60 dahinten steht, der hört das dann trotzdem. Weil hier ist ja sonst keine  
61 Lautstärke.

62 I: Ok. Gut. Dann habe ich nochmal ein anderes Experiment. Und zwar -  
63 kannst du mir ja einfach mal erzählen, was du beobachten kannst.  
64 [Klang der Stimmgabel - verstärkt)

65 S: Sie hauen ge - sie hauen mit einem - -  
66 I: Schlägel  
67 S: Schlägel gegen ein Eisenteil und dann halten sie es an den Tisch und  
68 dann gibt es nochmal einen Ton.  
69 I: Ok. Und wie kann das sein?  
70 S: Vielleicht - weil das Eisenteil dann vibriert und wenn man es dann auf  
71 den Tisch macht, dann vibriert der Tisch auch.  
72 I: Ok. Perfekt. Eine letzte Frage. Und zwar - war da. - Kennst du Lärm?  
73 Oder was ist für dich Lärm?  
74 S: - Lärm ist zum Beispiel, wenn Kinder schreien.  
75 I: Ok. Und denkst du, dass es auch - dass Lärm auch unsere Ohren  
76 gefährden kann?  
77 S: Ja. Da könnte zum Beispiel das Trommelfell platzen.  
78 I: Hmhm. Wie passiert das?  
79 S: Wenn dann - Wenn dass zu laute Lautstärke in das Trommelfell rein  
80 kommt, dann - dann können - weil das ist ganz klein und zierlich und  
81 wenn- das dann zu laut ist, dann kann das explodieren.  
82 I: Ok. Perfekt. - Ja dann würde ich sagen, du hast mir schon sehr viel  
83 geholfen. Fällt dir noch irgendwas ein, was wir vergessen haben?  
84 Möchtest du noch irgendwas sagen?  
85 S: [schüttelt den Kopf]  
85 I: Nein? - Perfekt. Dann bedanke ich mich auf jeden Fall.

**Zeichnung:**



## Redigierte Aussagen:

- 4 - 7: {Beim Anschlagen der Ukulele}, nehme ich einen Ton wahr. Die Saite geht nach oben und dann kommt ein Ton raus.
- 10 - 17: Der Ton geht durch das Trommelfell und kommt dann in unseren Kopf. Und dann nehmen wir den Ton wahr. {Wie geht der Ton durch das Trommelfell?} Vielleicht gibt es im Trommelfell so kleine Lücken (?); da geht der Ton dann durch.
- 23 - 37: {Wie kann das sein, dass ich soweit weg von dir sitze, aber du den Ton trotzdem hören kannst?} Der Ton schallt zurück. {Was ist Schall?} Wenn man (zum Beispiel) in einem Zimmer ist, wo es nur eine Tür gibt und die Fenster auch geschlossen sind und in dem Raum dann ‚Hallo‘ ruft, dann schallt das manchmal zurück. {Wie passiert das?} Durch den Aufprall. Wenn der Ton nirgends zurückkommen kann und irgendwo heraus kann, zum Beispiel durch ein Schlüsselloch, wie hier in diesem Raum, dann schallt es hier nicht. In manchen Räumen gibt es keine einzige Lücke, wo der Ton hindurch kann. Dort schallt es dann zurück.
- 38 - 47: {Bezug außerhalb eines Raumes} Wenn man zum Beispiel draußen auf die Trommel haut, dann kann man das trotzdem hören. Wenn man ganz weit weg ist, dann kann man das natürlich nicht hören. Aber wenn man ein bisschen näher dran ist, dann schon. Denn wenn das laut ist, hört man das immer.
- 49 - 61: {Was passiert mit dem Ton im Raum?} Der kommt durch das Ohr durch und dann hört man das. {Jemand der in einer anderen Ecke des Raumes steht} kann das auch hören, weil es laut ist und hier im Raum sonst keine Lautstärke ist.
- 65 - 71: Sie hauen mit einem Schlägel gegen ein Eisenteil und halten es dann an den Tisch. Dadurch gibt es nochmal einen Ton. Das Eisenteil vibriert vielleicht (?) und wenn man es dann auf den Tisch stellt, vibriert der Tisch auch.
- 74 - 81: Lärm ist, wenn Kinder schreien. {Es kann unsere Ohren ge-

fährden} und unser Trommelfell kann platzen. Wenn eine zu laute Lautstärke in das Trommelfell hereinkommt, kann das explodieren, weil das ganz klein und zierlich ist.

### **Geordnete Aussagen:**

#### Beobachtung

- (4-7) {Beim Anschlagen der Ukulele}, nehme ich einen Ton wahr. Die Saite geht nach oben und dann kommt ein Ton raus.

#### Scheinerklärung des Phänomens

- (26-30) {Was ist Schall?} Wenn man (zum Beispiel) in einem Zimmer ist, wo es nur eine Tür gibt und die Fenster auch geschlossen sind und in dem Raum dann ‚Hallo‘ ruft, dann schallt das manchmal zurück.

#### Schallwahrnehmung (Verbindung Schwingung und Hören)

- (38-47, 49-61) {Bezug außerhalb eines Raumes} Wenn man zum Beispiel draußen auf die Trommel haut, dann kann man das trotzdem hören. Wenn man ganz weit weg ist, dann kann man das natürlich nicht hören. Aber wenn man ein bisschen näher dran ist, dann schon. Denn wenn das laut ist, hört man das immer. {Was passiert mit dem Ton im Raum?} Der kommt durch das Ohr durch und dann hört man das. {Jemand der in einer anderen Ecke des Raumes steht} kann das auch hören, weil es laut ist und hier im Raum sonst keine Lautstärke ist.

#### Schallausbreitung

- (23-37, 38-47, 49-61, 65-71) {Wie kann das sein, dass ich soweit weg von dir sitze, aber du den Ton trotzdem hören kannst?} Der Ton schallt zurück. {Was ist Schall?} Wenn man (zum Beispiel) in einem Zimmer ist, wo es nur eine Tür gibt und die Fenster auch geschlossen sind und in dem Raum dann ‚Hallo‘ ruft, dann schallt das manchmal zurück. {Wie passiert das?} Durch den Aufprall. Wenn der Ton nirgends zurückkommen kann und irgendwo heraus kann, zum Beispiel durch ein Schlüsselloch, wie hier in diesem Raum, dann schallt es hier nicht. In manchen Räumen gibt es keine einzige Lücke, wo der Ton hindurch kann. Dort schallt es dann zurück. {Bezug außerhalb eines Raumes} Wenn man zum Beispiel draußen auf die Trommel haut, dann kann man das trotzdem hören. Wenn man ganz weit

weg ist, dann kann man das natürlich nicht hören. Aber wenn man ein bisschen näher dran ist, dann schon. Denn wenn das laut ist, hört man das immer. {Was passiert mit dem Ton im Raum?} Der kommt durch das Ohr durch und dann hört man das. {Jemand der in einer anderen Ecke des Raumes steht} kann das auch hören, weil es laut ist und hier im Raum sonst keine Lautstärke ist. Sie hauen mit einem Schlägel gegen ein Eisenteil und halten es dann an den Tisch. Dadurch gibt es nochmal einen Ton. Das Eisenteil vibriert vielleicht (?) und wenn man es dann auf den Tisch stellt, vibriert der Tisch auch.

#### Gefahren von Schall (Lärm und Lärmschutz)

- (74-81) Lärm ist, wenn Kinder schreien. {Es kann unsere Ohren gefährden} und unser Trommelfell kann platzen. Wenn eine zu laute Lautstärke in das Trommelfell hereinkommt, kann das explodieren, weil das ganz klein und zierlich ist.

### **Kind 6: Helena, weiblich, 3.Klasse, ohne Altersangabe**

- 1 I: Und zwar, habe ich dir hier eine kleine Gitarre, eine Ukulele,  
2 mitgebracht. Und wenn ich jetzt hier die Saite anschlage - [Klang der  
3 Ukulele] Was nimmst du wahr?
- 4 S: - Das es - Muss ich da Buchstaben sagen? Oder - wie die sich anhören?
- 5 I: Einfach alles was du beobachten kannst. Was du darüber denkst.
- 6 S: Es hat ein Geräusch.
- 7 I: Genau. Es gibt ein Geräusch. Und - wodurch hören wir dieses  
8 Geräusch?
- 9 S: Durch die Schnur.
- 10 I: Durch die Schnur. Und womit hören wir Menschen?
- 11 S: - Musik?
- 12 I: Genau, wir hören Musik. Aber wodurch hören wir Menschen?
- 13 S: Durch die Ohren.
- 14 I: Durch die Ohren. Genau. Und wie kommt dieses Geräusch zu deinem  
15 Ohr? Ich kann es auch nochmal machen. [Klang der Ukulele]
- 16 S: Weil es laut ist.
- 17 I: Weil es laut ist. Genau. Was passiert mit dieser Saite?
- 18 S: Die wird höher. Also die geht immer höher. Also die steigt immer  
19 höher.
- 20 I: Wie meinst du das?
- 21 S: Also die - die - die Dings, die Töne gehen immer höher.
- 22 I: Töne. Genau. Und wenn ich jetzt hier - ich sitze ja doch ein ganzes  
23 Stück weg von dir und ich schlage die Saite hier an.  
24 [Klang der Ukulele] Wie kann das sein, dass du die dahinten hörst?
- 25 S: Weil die laut ist. Und - weil - das auch - ( ) und weil das auch ein Ton  
26 ist; ein lauter.
- 27 I: Ok. Und wie kommt dieser Ton zu dir?
- 28 S: - Also, der ist - also der Ton ist ja auch laut und das geht halt rüber. Also  
29 wenn, - weiß nicht so genau.
- 30 [...]
- 31 I: Ich habe noch einen anderen Versuch. - Kannst du mir auch erklären,  
32 warum du hier was hörst? [Klang der Stimmgabel]

33 S: Weil es ein Glockenspiel ist.  
 34 I: Ok. Was passiert denn hier mit dem [Klang der Stimmgabel] ...  
 35 S: Das ist Metall und das ist ein Gummi. Also hartes Gummi.  
 36 I: Hmhm.  
 37 S: Und hartes Gummi und Metall hören sich so an.  
 38 I: Ok. - Ich habe mal eine Frage. Hast du schon einmal was zum Thema  
 39 Schall gehört?  
 40 S: Mhmh.  
 41 I: Nein. - Ok. Und - kennst du Lärm?  
 42 S: Mhmh. Auch nicht.  
 43 I: Ne. Ok. Dann bedanke ich mich auf jeden Fall, dass du mitgemacht  
 44 hast. Oder möchtest du noch irgendetwas sagen?  
 45 [...]

### **Redigierte Aussagen:**

6 - 9: Die Ukulele hat ein Geräusch. Das hören wir durch die Schnur.  
 14 - 16: {Das Geräusch kommt zum Ohr}, weil es laut ist.  
 24 - 29: {Bezug: Entfernung} Der Ton ist laut und geht halt rüber. Genau weiß ich es nicht.  
 32 - 37: {Versuch: Stimmgabel (Luft) - Warum kannst du hier etwas hören?} Weil es ein Glockenspiel ist und Metall und Gummi sich so anhören.  
 38 - 42: Ich kenne keinen Schall. Lärm auch nicht.

### **Geordnete Aussagen:**

#### Beobachtung:

- (6-9) Die Ukulele hat ein Geräusch. Das hören wir durch die Schnur.

#### Scheinerklärung des Phänomens:

- (14-16, 24-29, 32-37) {Das Geräusch kommt zum Ohr}, weil es laut ist.  
 {Bezug: Entfernung} Der Ton ist laut und geht halt rüber. Genau weiß ich

es nicht. {Versuch: Stimmgabel (Luft) - Warum kannst du hier etwas hören?} Weil es ein Glockenspiel ist und Metall und Gummi sich so anhören.

Schallwahrnehmung:

- (14-16) {Das Geräusch kommt zum Ohr}, weil es laut ist.

Schallausbreitung:

- (24-29) {Bezug: Entfernung} Der Ton ist laut und geht halt rüber. Genau weiß ich es nicht.

### **Kind 7: Linus, männlich, 3.Klasse, 9,1 Jahre**

- 1 I: Und zwar - habe ich dir hier eine kleine Gitarre, eine Ukulele,  
2 mitgebracht. - Und wenn ich die Saite jetzt anschlage.  
3 [Klang der Ukulele] Was nimmst du da wahr?  
4 S: [überlegt] (6s) weiß ich nicht.  
5 I: Guck mal genau auf die Saite. Du kannst es auch selber machen, wenn  
6 du möchtest. Was kannst du da beobachten [...]?  
7 S: Dass die hoch und runter geht.  
8 I: Genau. Und was hörst du?  
9 S: Einen Ton.  
10 I: Genau einen Ton. Und wodurch hören wir diesen Ton?  
11 S: [überlegt] (9s) weiß ich nicht.  
12 I: Mit was hören wir Menschen?  
13 S: Ohren.  
14 I: Genau. Und wie kommt dieser Ton zu deinem Ohr? Wie kannst du  
15 diesen Ton hören? - Wie kann das sein?  
16 S: - - mit dem Schall.  
17 I: Sehr gut. Was ist für dich Schall?  
18 S: [überlegt] (19s) Weiß ich nicht.  
19 I: Das darfst du auch aufmalen.  
20 S: Was?  
21 I: Du darfst das auch aufmalen. Wie du den Ton hörst. Wie der Ton zu  
22 deinem Ohr kommt. In Verbindung...  
23 S: Mit Schallwellen.  
24 I: Genau. Was sind denn Schallwellen?  
25 S: Das sind Wellen, die zu den Ohren ko... - die - ,dass man es hört.  
26 I: Genau. - - Würdest du das aufmalen, was du mir gerade erklärt hast?  
27 S: -  
28 I: Probiere es mal.  
29 S: [fängt an zu malen]  
30 I: Aha. Ok. Und wenn jetzt dahinten in der Ecke auch noch jemand steht,  
31 hört der den Ton auch?  
32 S: Ja.

33 I: Wie kann das sein?

34 S: Die Schallwellen verbreiten sich.

35 I: Ok und wie verbreiten die sich?

36 S: Indem sie immer größer werden.

37 I: Hmhm. Perfekt. Sehr, sehr gut. - Und - was passiert mit deinen Ohren,

38 wenn diese Schallwellen zu dir kommen?

39 S: [überlegt] (8s) weiß ich nicht.

40 [...]

41 I: Wenn ich jetzt hier - - Oder du kannst es auch einfach mal genau

42 beobachten. Was nimmst du da wahr?

43 [Klang der Stimmgabel; verstärkt] Wie kannst du das erklären? Was

44 nimmst du wahr?

45 S: - - Dass du dagegen gehauen hast.

46 I: Genau.

47 S: Und dann hat das einen Klang gegeben.

48 I: Hmhm.

49 S: [überlegt] (11s)

50 I: Wie kann das sein, dass wenn ich das auf den Tisch halte, dass es lauter

51 ist?

52 S: Weil das vibriert.

53 I: Aha. Und was passiert dann?

54 S: - - das - das bewegt sich ein bisschen.

55 I: Was genau?

56 S: [überlegt] (17s)

57 I: [zeigt auf die Stimmgabel] Also das nennt man Stimmgabel; falls dir

58 das was hilft. Also wenn ich die jetzt anschlage [Klang der Stimmgabel;

59 verstärkt] Was ist der Unterschied?

60 S: Der Ton ist höher.

61 I: Hmhm. Was fällt dir noch auf?

62 S: [überlegt] (5s) weiß ich nicht mehr.

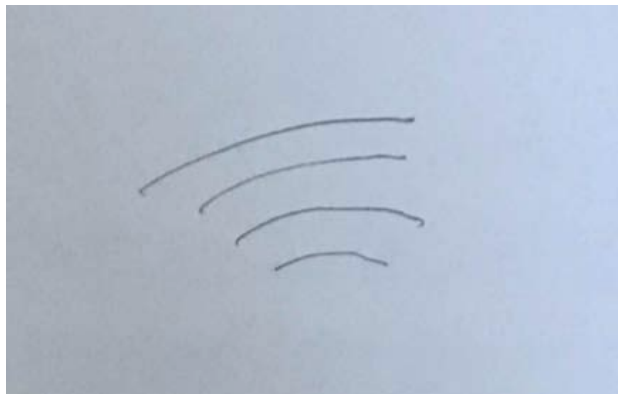
63 I: Ok. - Und denkst du es gibt irgendwie einen Ort - du hattest ja von

64 Schallwellen gesprochen - indem man nichts hören kann?

65 S: - - Nein.

66 I: Nein. Wieso?  
 67 S: [überlegt] (5s) Weil überall [betont] überall irgendwas ist.  
 68 I: Was ist denn irgendwas?  
 69 S: Ein [überlegt] (16s) Weiß nicht.  
 70 I: Und. Kennst du Lärm?  
 71 S: Ja.  
 72 I: Was ist für dich Lärm?  
 73 S: Wenn etwas laut ist.  
 74 I: Und denkst du, dass Lärm auch unsere Ohren gefährden kann?  
 75 S: Ja.  
 76 I: Inwieweit? [räuspern]  
 77 S: - - weiß ich nicht.  
 78 I: Kein Ding. - Perfekt. Du hast mir schon super viel geholfen. [...]  
 79 Vielen, vielen Dank auf jeden Fall. Das war es dann auch schon.  
 80 [...]

**Zeichnung:**



**Redigierte Aussagen:**

7 - 9: Die Saite der Ukulele geht hoch und runter. Ich höre einen Ton.  
 14 - 18: {Wie kommt der Ton zum Ohr?} Mit dem Schall.  
 {Was ist Schall?} Weiß ich nicht.  
 21 - 25: {Zeichnung} Mit Schallwellen kommt der Ton zum Ohr.  
 {Was sind Schallwellen?} Das sind Wellen, sodass man es hört.  
 30 - 36: {Bezug: Entfernung} Die Schallwellen verbreiten sich, indem sie immer größer werden.

- 43 - 62: {Versuch: Stimmgabel - verstärkt} Du hast dagegen gehauen und das hat einen Klang ergeben. {Auf dem Tisch wird es lauter}, weil es vibriert und sich dann ein bisschen bewegt. Der Ton ist höher. Mehr weiß ich nicht.
- 63 - 67: Nein, {es gibt keinen Ort, in dem man nichts hören kann}, weil überall etwas ist.
- 72 - 77: Lärm ist, wenn etwas laut ist. Ja, {es kann unsere Ohren gefährden}. {Inwieweit?} Weiß ich nicht.

### **Geordnete Aussagen:**

#### Beobachtung

- (7-9, 43-48) Die Saite der Ukulele geht hoch und runter. Ich höre einen Ton. {Versuch: Stimmgabel - verstärkt} Du hast dagegen gehauen und das hat einen Klang ergeben.

#### Scheinerklärung des Phänomens

- (14-18, 30-36, 48-62) {Wie kommt der Ton zum Ohr?} Mit dem Schall. {Was ist Schall?} Weiß ich nicht. {Bezug: Entfernung} Die Schallwellen verbreiten sich, indem sie immer größer werden. {Auf dem Tisch wird es lauter}, weil es vibriert und sich dann ein bisschen bewegt. Der Ton ist höher. Mehr weiß ich nicht.

#### Schallwahrnehmung

- (21-25) {Zeichnung} Mit Schallwellen kommt der Ton zum Ohr. {Was sind Schallwellen?} Das sind Wellen, sodass man es hört.

#### Schallausbreitung

- (21-25) {Zeichnung} Mit Schallwellen kommt der Ton zum Ohr. {Was sind Schallwellen?} Das sind Wellen, sodass man es hört.

#### Verstärkung / Abschwächung

- (63-67) Nein, {es gibt keinen Ort, in dem man nichts hören kann}, weil überall etwas ist.

#### Gefahren von Schall (Lärm und Lärmschutz)

- (72-77) Lärm ist, wenn etwas laut ist. Ja, {es kann unsere Ohren gefährden}. {Inwieweit?} Weiß ich nicht.

### **Kind 8: Jasper, männlich, 3.Klasse, 9,1 Jahre**

- 1 I: Also. Ich habe dir eine kleine Gitarre, eine Ukulele, mitgebracht. Und  
2 wenn ich jetzt diese Saite anschlage, was nimmst du wahr?
- 3 S: Ja.
- 4 I: Was nimmst du wahr?
- 5 S: Einen Ton.
- 6 I: Einen Ton. Genau. Und was kannst du beobachten, wenn du diese Saite  
7 siehst?
- 8 S: Die Saite vi-briert.
- 9 I: Die Saite vibriert. Genau. Und durch was hören wir?
- 10 S: Ohren.
- 11 I: Genau. Und wie kommt dieser Ton zu deinen Ohren?
- 12 S: Schallwellen.
- 13 I: Sehr gut. Was sind Schallwellen?
- 14 S: [überlegt] (10s)
- 15 I: Du darfst das auch aufmalen.
- 16 S: Was?
- 17 I: Du darfst das auch gerne aufmalen. Wie dieser Ton zu deinen Ohren  
18 kommt. Beziehungsweise ( ) was du mir gerade erklärt hast.  
19 - Kannst es mir auch beim malen erklären.
- 20 S: Ich soll ein Bild malen, was das ...
- 21 I: Genau wie dieser Ton zu deinen Ohren kommt.
- 22 S: Gut. Das ist der Schall [fähngt an zu malen]
- 23 I: Aha.
- 24 S: Und hier ist dann das Ohr.
- 25 I: Ok.
- 26 S: Und das Trommelfell merkt das dann.
- 27 I: Hmhm.
- 28 S: Und dann hört man das.
- 29 I: Ok du hast was von einem Vibrieren gesprochen. Was vibriert denn?
- 30 S: Die Saite.
- 31 I: Ok. Und - wie kann das sein, dass wir diese Vibration - mitbekommen?
- 32 S: Mit dem Trommelfell.

33 I: Was macht das Trommelfell?

34 S: Das bewegt sich dann.

35 I: Sehr gut. Und - wenn jetzt dahinten in der Ecke auch jemand stehen  
36 würde, würde er den Ton auch hören?

37 S: Ja.

38 I: Wie kann das sein?

39 S: - - Der Schall geht weit.

40 I: Wie denn? Was machen diese Schallwellen? Wie breiten Schallwellen  
41 sich aus?

42 S: [überlegt] (11s) [flüsternd] Weiß ich nicht.

43 I: Nicht schlimm. Und wenn ich jetzt - dir nochmal einen anderen  
44 Versuch zeige. Kannst du einfach einmal beobachten, was dir auffällt.  
45 [Klang der Stimmgabel; verstärkt]

46 Was fällt dir auf? Was nimmst du wahr?

47 S: Du schlägst auf das Ding drauf.

48 I: Hmhm.

49 S: Dann machst du das auf den Tisch und dann vibriert der Tisch.

50 I: Ok. - Und wie kann das sein? Warum vibriert der Tisch mit?

51 S: Weil die Vibration auf den Tisch geht.

52 [...]

53 I: Ok. Hat das für dich auch etwas mit Schallwellen zu tun?

54 S: - Weiß nicht.

55 I: Ok perfekt. Und - denkst du es gibt irgendwie einen Ort, indem man gar  
56 nichts hören kann?

57 S: [überlegt] (7s) Wenn die Dings - Wenn die Trommel - in deinem Ohr  
58 geplatzt ist, kann man eh nichts hören.

59 I: Genau. Dann ist man ja taub.

60 S: Ja.

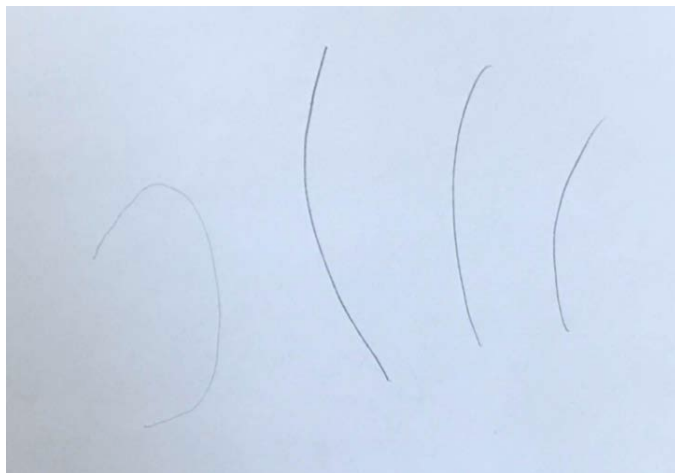
61 I: Aber denkst du es gibt jetzt für die, die noch hören...- Wenn ich  
62 jetzt irgendwo bin; denkst du es gibt einen Ort, indem ich nichts hören  
63 könnte?

64 S: Nein.

65 I: Nein. Warum?

66 S: [überlegt] (20s) Weil unser Gehör alles wahrnimmt.  
 67 I: Ok. Perfekt. - Kennst du Lärm?  
 68 S: Lärm?  
 69 I: Lärm.  
 70 S: Ja.  
 71 I: Was ist für dich Lärm?  
 72 S: - Eine Baustelle.  
 73 I: Eine Baustelle, zum Beispiel. Und denkst du das auch Lärm unsere  
 74 Ohren gefährden kann?  
 75 S: Wenn es zu laut ist, ja.  
 76 I: Was passiert denn dann mit unseren Ohren?  
 77 S: Dann platzt das Trommelfell.  
 78 I: Genau. Weil?  
 79 S: Weil darauf zu viel Spannung ist.  
 80 I: Ok. Perfekt. Dann bedanke ich mich. Das hat mir super viel geholfen.  
 81 Vielen, vielen Dank, das war es schon.

**Zeichnung:**



**Redigierte Aussagen:**

4 - 8: {Was nimmst du wahr?}. Einen Ton. Die Saite vibriert.  
 11 - 12: {Wie kommt der Ton zu dir?} Mit Schallwellen.  
 20 - 28: {Zeichnung} Das ist der Schall und hier ist das Ohr. Das Trommelfell merkt das dann und man kann es hören.  
 29 - 43: Die Saite vibriert. Und diese Vibration bekommen wir durch

das Trommelfell mit. Das Trommelfell bewegt sich dann.

- 35 - 42: Ja, {auch jemand in der Ecke kann den Ton hören}, weil der Schall weit geht. {Wie breiten sich Schallwellen aus?} Weiß ich nicht.
- 46 - 54: {Versuch: Stimmgabel - verstärkt} Du schlägst auf das Ding, dann stellst du es auf den Tisch und dann vibriert der Tisch. Die Vibration geht auf den Tisch. {Ob das was mit Schallwellen zu tun hat}, weiß ich nicht.
- 55 - 58: Wenn die Trommel im Ohr geplatzt ist, kann man nichts hören.
- 62 - 66: Nein, {es gibt keinen Ort, in dem man nichts hören kann}, weil unser Gehör alles wahrnimmt.
- 71 - 79: {Lärm betrifft zum Beispiel} eine Baustelle. {Lärm kann unsere Ohren gefährden}, wenn es zu laut ist. Dann platzt unser Trommelfell, weil darauf zu viel Spannung ist.

Geordnete Aussagen:

#### Beobachtung

- (4-8) {Was nimmst du wahr?}. Einen Ton. Die Saite vibriert.

#### Scheinerklärung des Phänomens

- (11-12) {Wie kommt der Ton zu dir?} Mit Schallwellen.

#### Visuelle Vorstellung

- (20-28) {Zeichnung} Das ist der Schall und hier ist das Ohr. Das Trommelfell merkt das dann und man kann es hören.

#### Schallwahrnehmung

- (20-28, 29-34, 62-66) {Zeichnung} Das ist der Schall und hier ist das Ohr. Das Trommelfell merkt das dann und man kann es hören. Die Saite vibriert. Und diese Vibration bekommen wir durch das Trommelfell mit. Das Trommelfell bewegt sich dann. Nein, {es gibt keinen Ort, in dem man nichts hören kann}, weil unser Gehör alles wahrnimmt.

#### Schallausbreitung

- (11-12, 35-42, 46-54) {Wie kommt der Ton zu dir?} Mit Schallwellen. Ja, {auch jemand in der Ecke kann den Ton hören}, weil der Schall weit geht. {Wie breiten sich Schallwellen aus?} Weiß ich nicht. {Versuch: Stimmga-

bel - verstärkt} Du schlägst auf das Ding, dann stellst du es auf den Tisch und dann vibriert der Tisch. Die Vibration geht auf den Tisch. {Ob das was mit Schallwellen zu tun hat}, weiß ich nicht.

#### Gefahren von Schall (Lärm und Lärmschutz)

- (71-79) {Lärm betrifft zum Beispiel} eine Baustelle. {Lärm kann unsere Ohren gefährden}, wenn es zu laut ist. Dann platzt unser Trommelfell, weil darauf zu viel Spannung ist.

### Kind 9: Lena, weiblich, 3.Klasse, 9,6 Jahre

- 1 I: Und zwar, habe ich dir hier eine kleine Gitarre mitgebracht; eine  
2 Ukulele. Und wenn ich jetzt die Saite anschlage - [Klang der Ukulele] -  
3 was nimmst du da wahr?
- 4 S: Einen Ton.
- 5 I: Genau. Und was kannst du beobachten?
- 6 S: Dass es hoch geht und dann wieder runter.
- 7 I: Ja. Und - womit hören wir?
- 8 S: Mit den Ohren.
- 9 I: Genau. Und wie kommt dieser Ton zu deinem Ohr? Warum kannst du  
10 diesen Ton hören?
- 11 S: Weil - ein Ton - da kommt, wie sozusagen eine Schallwelle an dein Ohr  
12 und dann hört es das.
- 13 I: Ja.
- 14 [Interview pausiert; kurze Unterbrechung, da Person den Raum betrat]
- 15 I: Genau. Wie eine Schallwelle - Was ist für dich eine Schallwelle? Was  
16 bedeutet das?
- 17 S: - Das ist - also eigentlich, weiß ich das gar nicht.
- 18 I: Du kannst es auch aufmalen; sehr gerne. Einfach versuchen  
19 aufzumalen, wie der Ton zu deinem Ohr kommt.
- 20 S: Ich kann aber schlecht malen.
- 21 I: Das ist egal. Das ist überhaupt nicht wichtig.
- 22 S: Dann versuche ich jetzt einfach mal ein Ohr zu malen  
23 [fängt an zu malen]. Ach egal - das soll jetzt einfach mal das Ohr sein.  
24 Und dann, kommt hier - kommen hier so die Schallwellen. Und dann  
25 hört das Ohr den Ton, wenn das dann so - wenn hier dann die Gitarre  
26 liegt, dann kommen die Schallwellen zum Ohr und dann hört das das.
- 27 I: Ok. Und wenn jetzt ein Kind dahinten in der Ecke steht, hört das das  
28 auch?
- 29 S: Nein [flüsternd]. Also es kann es schon hören - wenn, also wenn es ein  
30 leiser Ton ist, dann vielleicht auch nicht. Also wenn es lauter ist, dass  
31 kann es das schon hören.
- 32 I: Ok. Also nehme ich jetzt mal hier die Trommel. [Klang der Trommel]

33 S: Ja das würde es hören.

34 I: Und wie breitet sich das hier im Raum aus. Also wie kann das sein, dass

35 ich hier sitze; oder so weit weg von dir; oder das Kind, welches

36 dahinten in der Ecke steht. Wie kann das sein, dass es sich - dass der

37 Ton im ganzen Raum zu hören ist?

38 S: Weil -

39 I: Was passiert mit den Schallwellen?

40 S: Die werden größer.

41 I: Hmhm.

42 S: Und dann auch umso breiter. Und dann können die den ganzen Raum

43 auch - ( ) dann kann man auch im ganzen Raum den Ton hören.

44 I: Ok. Und wenn ich jetzt aber hier vor mir [Klang der Trommel] den Ton

45 erzeuge und jemand würde hinter mir stehen. Wie kann das sein, dass

46 diese Person das hört?

47 S: Das kommt aus allen - Seiten - kommt der Ton dann raus.

48 I: Wie aus allen Seiten. Wie meinst du das?

49 S: Also von da [zeigt in die Ecken], von da, überall, kommt das raus.

50 Glaube ich.

51 I: Ok. Perfekt. Und - dann habe ich noch einen Versuch. Und zwar habe

52 ich hier - das ist eine Stimmgabel - wenn ich die anschlage; kannst du

53 mir ja einfach mal sagen, was du beobachten kannst. [Klang der

54 Stimmgabel; verstärkt]

55 S: Wenn du sie auf den Tisch stellst, dann macht sie quietschende

56 Geräusche.

57 I: Ok und wenn ich sie jetzt mal - - nochmal [Klang der Stimmgabel auf

58 dem Holz]

59 S: Dann gibt es einen anderen Ton. Und es ist lauter.

60 I: Es ist lauter. Genau. Wie kannst du das erklären?

61 S: - - weiß ich eigentlich gar nicht. - - Vielleicht durch das Holz, dass es

62 dann lauter wird. Weil - das dann auf ein anderes Material kommt.

63 I: Hmhm. Was passiert denn mit dem Holz oder auch mit dem Tisch? Das

64 ist eigentlich das gleiche...

65 S: - Die erzeugen mit dem einen Ton.

66 I: Hmhm.

67 [...]

68 I: Dann noch eine Frage. Und zwar, kennst du bestimmt Lärm, oder?

69 S: Ja.

70 I: Was ist für dich Lärm?

71 S: Schreien oder - wenn etwas laut ist.

72 I: Ja. Und denkst du, dass Lärm auch unsere Ohren gefährden kann?

73 S: Ja. Wenn - jemand nah am Ohr und dann schreit. Dann kann das

74 Trommelfell auch platzen.

75 I: Genau. Weißt du wie das Trommelfell platzt? Wie passiert das?

76 S: Weiß ich nicht. Ich habe das noch nicht gehört, wie das funktioniert.

77 I: Ok. Denkst du denn das hat auch etwas mit Schallwellen zu tun?

78 S: Ja die gehen dann zu nah ans Ohr heran und dann machen die das

79 Trommelfell kaputt.

80 I: Ok. Perfekt. - Und denkst du es gibt irgendwie einen Ort, indem man

81 gar nichts hören kann?

82 S: - Wenn, also - ein Ort, wo - also manchmal, wenn du - also wenn du

83 irgendetwas denkst oder fast schläfst, aber dann hörst du auch

84 manchmal im Traum nichts. Das hatte ich mal. Weil dann hörst du gar

85 nichts im Traum, weil du nicht richtig schläfst.

86 [...]

87 I: Also denkst du es gibt so einen Ort, indem du gar nichts hören kannst.

88 Auch wenn du wach bist?

89 S: - Wenn ich wach bin - weiß ich eigentlich gar nicht, ob es einen Ort

90 gibt, wo man nichts hören kann. Weil, wenn du im Wald bist, dann hörst

91 du ja auch manchmal was, aber wenn es ganz leise ist, dann glaube ich

92 schon. Dann kann man auch nichts hören.

93 I: Ok. Perfekt. Dann - haben wir es tatsächlich schon geschafft. Oder fällt

94 dir noch irgendetwas ein zu dem Thema, was du sagen möchtest?

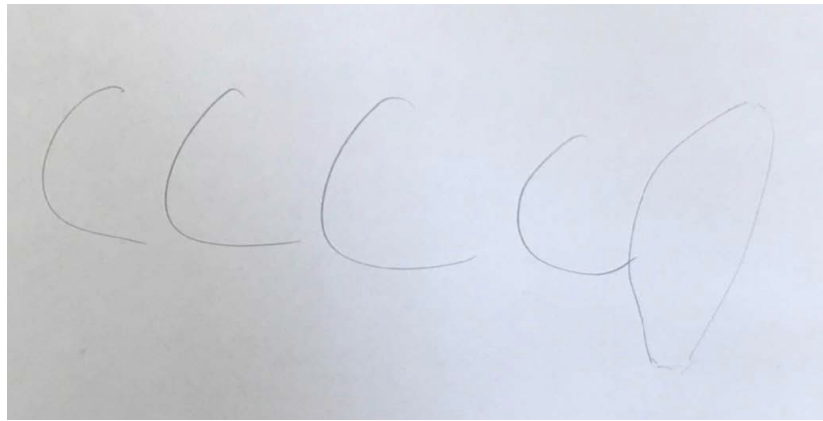
95 Haben wir etwas vergessen?

96 S: [schüttelt den Kopf]

97 I: Ne.

98 [...]

**Zeichnung:**



**Redigierte Aussagen:**

- 4 - 6: {Beim Anschlagen der Ukulele wird} ein Ton {wahrgenommen}. Die Saite geht hoch und dann wieder runter.
- 9 - 17: {Wie kommt der Ton zu deinem Ohr?} Der Ton kommt wie (sozusagen) eine Schallwelle an ein Ohr. Und dann hört das Ohr das. {Was ist für dich eine Schallwelle?} Weiß ich gar nicht.
- 23 - 26: {Zeichnung} Das ist das Ohr. Und wenn die Gitarre hier liegt, kommen die Schallwellen an das Ohr und dann hört das Ohr den Ton.
- 27 - 31: {Bezug: Entfernung - Kind in einer anderen Ecke} Nein(?). Es kann es schon hören. Wenn es ein leiser Ton ist, dann vielleicht nicht. Wenn es ein lauter ist, dann schon.
- 34 - 50: Die Schallwellen werden größer und breiter. Und dann kann man es auch im ganzen Raum hören. {Wenn jemand hinter mir steht?} Der Ton kommt aus allen Seiten, Ecken, ich glaube überall, heraus.
- 55 - 65: {Gliederungspunkt 4} Wenn du die Stimmgabel auf den Tisch stellst, dann macht sie quietschende Geräusche. Auf dem Holz gibt es einen anderen, lauterem Ton. {Warum?} Vielleicht wird der Ton durch das Holz lauter, weil es auf einem anderen Material steht (?). {Holz und Tisch} erzeugen mit der Stimmgabel einen Ton.
- 70 - 79: Lärm ist z.B. Schreien oder wenn etwas laut ist. Wenn jemand

zu nah am Ohr ist und dann schreit, dem kann auch das Trommelfell platzen. {Wie platzt ein Trommelfell?} Weiß ich nicht. Ich habe das noch nie gehört, wie das funktioniert. Es sind die Schallwellen, die zu nah an das Ohr herangehen und das Trommelfell kaputt machen.

87 - 92: Wenn ich wach bin, weiß ich nicht, ob es einen Ort gibt, wo man nichts hören kann. Im Wald hört man ja auch manchmal etwas. Wenn man aber ganz leise ist, dann glaube ich schon, dass man mal nichts hören kann.

### **Geordnete Aussagen:**

#### Beobachtung

- (4-6, 55-59) {Beim Anschlagen der Ukulele wird} ein Ton {wahrgenommen}. Die Saite geht hoch und dann wieder runter. {Gliederungspunkt 4} Wenn du die Stimmgabel auf den Tisch stellst, dann macht sie quietschende Geräusche. Auf dem Holz gibt es einen anderen, lauterer Ton.

#### Scheinerklärung zum Phänomen

- (27-31) {Bezug: Entfernung - Kind in einer anderen Ecke} Nein(?). Es kann es schon hören. Wenn es ein leiser Ton ist, dann vielleicht nicht. Wenn es ein lauter ist, dann schon.

#### Visuelle Vorstellung

- (23-26, 39-42) {Zeichnung} Das ist das Ohr. Und wenn die Gitarre hier liegt, kommen die Schallwellen an das Ohr und dann hört das Ohr den Ton. Die Schallwellen werden größer und breiter.

#### Schallwahrnehmung

- (9-17, 27-31, 87-92) {Wie kommt der Ton zu deinem Ohr?} Der Ton kommt wie (sozusagen) eine Schallwelle an ein Ohr. Und dann hört das Ohr das. {Was ist für dich eine Schallwelle?} Weiß ich gar nicht. {Bezug: Entfernung - Kind in einer anderen Ecke} Nein(?). Es kann es schon hören. Wenn es ein leiser Ton ist, dann vielleicht nicht. Wenn es ein lauter ist, dann schon. Wenn ich wach bin, weiß ich nicht, ob es einen Ort gibt, wo man nichts hören kann. Im Wald hört man ja auch manchmal etwas. Wenn

man aber ganz leise ist, dann glaube ich schon, dass man mal nichts hören kann.

#### Schallausbreitung

- (27-31, 34-50) {Bezug: Entfernung - Kind in einer anderen Ecke} Nein(?). Es kann es schon hören. Wenn es ein leiser Ton ist, dann vielleicht nicht. Wenn es ein lauter ist, dann schon. Die Schallwellen werden größer und breiter. Und dann kann man es auch im ganzen Raum hören. {Wenn jemand hinter mir steht?} Der Ton kommt aus allen Seiten, Ecken, ich glaube überall, heraus.

#### Verstärkung / Abschwächung

- (60-65) Auf dem Holz gibt es einen anderen, lauterem Ton. {Warum?} Vielleicht wird der Ton durch das Holz lauter, weil es auf einem anderen Material steht (?). {Holz und Tisch} erzeugen mit der Stimmgabel einen Ton.

#### Gefahren von Schall (Lärm und Lärmschutz)

- (70-79) Lärm ist z.B. Schreien oder wenn etwas laut ist. Wenn jemand zu nah am Ohr ist und dann schreit, dem kann auch das Trommelfell platzen. {Wie platzt ein Trommelfell?} Weiß ich nicht. Ich habe das noch nie gehört, wie das funktioniert. Es sind die Schallwellen, die zu nah an das Ohr herangehen und das Trommelfell kaputt machen.

### **Kind 10: Sarah, weiblich, 3.Klasse, 9,4 Jahre**

- 1 I: Und zwar, habe ich dir eine kleine Gitarre mitgebracht. Und wenn  
2 du jetzt mal diese Saite hier beobachtest, was nimmst du da wahr?  
3 [Klang der Ukulele]
- 4 S: Einen Klang.
- 5 I: Genau. Und was kannst du genau beobachten? Was passiert mit der  
6 Saite? [Klang der Ukulele]
- 7 S: - Es wird so, also - es wird nach oben gezogen und dann wird es - so ein  
8 bisschen - wie soll ich es sagen - ja, es bewegt sich so.
- 9 I: Genau, es bewegt sich. Und - wodurch hören wir diesen Klang?
- 10 S: Durch - dieses - vielleicht dieses Metall da. Also wenn man es zum  
11 Beispiel nach oben tut, dann - geht das vielleicht da dran und dann hört  
12 man den Klang. Kann auch sein...
- 13 I: Ok. Und womit hören wir Menschen?
- 14 S: Mit den Ohren. [lachend]
- 15 I: Genau. Und wie kommt dieser Klang zu deinem Ohr?
- 16 S: [überlegt] (10s)
- 17 I: Einfach mal überlegen. Du kannst es auch aufmalen; gerne. Einfach  
18 mal...wie dieser Klang, wenn ich zum Beispiel...Oder ich nehme mal  
19 die Trommel. Wenn ich soweit weg von dir sitze [Klang der Trommel].  
20 Wie kann das sein, dass du das hörst?
- 21 S: Es ist der Ton, den man hört.
- 22 I: Genau. Man hört den Ton. Und wie kommt dieser Ton zu deinem Ohr?
- 23 S: Es ist so ein - - ah ich zeichne das lieber mal auf.
- 24 I: Gerne.
- 25 S: [fähngt an zu malen] Ich male jetzt nicht so richtig ( ).
- 26 I: Das ist überhaupt nicht wichtig.
- 27 S: Und dann kommt der Klang einfach so in dein Ohr.
- 28 I: Ok. Und wenn jetzt dahinten in der Ecke noch jemand steht oder hinter  
29 mit. Wie kann das sein, dass die Person das auch hört?
- 30 S: - Ich weiß nicht.
- 31 I: Wie breitet sich dieser Ton hier im Raum aus?
- 32 S: Schnell.

33 I: Ja und wie noch?

34 S: Und laut.

35 I: Hmhm. Und wenn ich jetzt aber einen leiseren Ton nehme.

36 [Klang der Stimmgabel in der Luft]

37 S: Dann hört man das nicht so genau. Also wenn man da zum Beispiel

38 hinten ist.

39 I: Wenn man da ganz hinten steht? Du kannst auch mal hingehen.

40 S: Ja.

41 I: Mal testen, ob du den da noch hörst.

42 S: Oh, ich höre es doch.

43 I: Wie kann das sein?

44 S: - es kann sein, wegen man da - wegen man mit - also man erzeugt -

45 äh...

46 I: Ich gebe dir mal einen Tipp. Hast du schon einmal was von Schall

47 gehört.

48 S: Ja.

49 I: Was ist für dich Schall?

50 S: Wenn man zum Beispiel was - mit der Hand. Also, wenn man zum

51 Beispiel so einen Schläger, zum Beispiel mit der Trommel. Wenn man

52 das da - wenn man da drauf haut, kommt ein Schall.

53 I: Ja und was ist ein Schall.

54 S: Das ist - das ist zum Beispiel ein - ein - Ton, der überall im Raum

55 klingt.

56 I: Hmhm. Und - wie meinst du „der Ton der überall im Raum klingt“. Wie

57 meinst du das?

58 S: Also, dass man zum Beispiel in der Ecke das dann auch hört. Oder in

59 der [zeigt in die Ecken]

60 I: Hmhm. Und wie kommt dieser Ton zu deinem Ohr?

61 S: - Indem man zuhört.

62 I: Hmhm. Und wo befindet sich der Ton? Also wie...

63 S: Im Trommelfell.

64 I: Genau. Was passiert mit dem Trommelfell?

65 S: - Also im Trommelfell hört man das dann und dann - also der wird  
66 dann - irgendwie, dass der das dann merkt. Ich weiß nicht, wie ich das  
67 sagen soll.

68 [...]

69 I: Das ist schon sehr gut, was du mir da sagst. - - Ich habe noch einen  
70 Versuch. Und zwar - kannst du mir ja mal sagen, was du beobachten  
71 kannst. [Klang der Stimmgabel; verstärkt]

72 S: [schaut nachdenklich]

73 I: Was fällt dir auf, - wenn ich die Stimmgabel auf den Tisch stelle? Also,  
74 dass hier ist eine Stimmgabel [zeigt auf die Stimmgabel]

75 S: - Dass es dann so vibriert - der Tisch.

76 I: Hmhm. Und wie kann das sein?

77 S: Wegen - also: Sie haben dann mit, - mit diesem Schläger da - da drauf  
78 gehauen und dann ist es , hat es irgendwie so, wegen dem Metall, ist es  
79 dann so - hat es dann vibriert ( ) es sich vielleicht bewegt hat. Oder so.

80 I: Hmhm. Sehr gut. Dann nehme ich jetzt mal  
81 [holt zur Verstärkung Holzkasten]. Was fällt dir auf?

82 S: Da - beim Holz ist es, dass - also, dass - hält das so. Das ist halt dann  
83 so, das wird dann lauter und länger.

84 I: Genau. Und kannst du mir erklären: Warum wird das lauter, wenn ich  
85 die Stimmgabel auf das Holz oder auf den Tisch stelle?

86 S: - Wenn man das mit der Hand, also wenn man das so auf den Tisch  
87 stellt, dann ist es halt nicht so stabil und da wird das dann so - da wird  
88 das dann so - ja so vibrieren. Und wenn es auf dem Holz ist, dann wird  
89 es vielleicht lauter.

90 I: Und warum wird es lauter? Wie kannst du das erklären?

91 S: - Wegen, es so - auf irgendetwas ist - vielleicht?

92 I: Hmhm. Was passiert denn mit dem Holz?

93 S: Es bleibt stehen.

94 I: Ok.

95 S: Also es macht nichts.

96 I: Ok. Perfekt. - Und jetzt noch einmal - kennst du Lärm? Oder was ist für  
97 dich Lärm?

98 S: Wenn zum Beispiel, was laut ist und das findest du nicht so schön. Die -  
 99 I: Ja. Denkst du, dass Lärm auch unsere Ohren gefährden kann?  
 100 S: Ja.  
 101 I: Weißt du auch inwieweit?  
 102 S: - - ne.  
 103 I: Was könnte denn zum Beispiel unsere Ohren gefährden?  
 104 S: Das Trommelfell.  
 105 I: Genau das Trommelfell - das kann kaputt gehen. Und durch was?  
 106 S: Durch - zum Beispiel, wenn das zu laut ist  
 107 I: Was denn zum Beispiel?  
 108 S: Einen Ton, zum Beispiel. Oder so, wenn Kinder schreien.  
 109 I: Und weißt du auch, wie das Trommelfell platzen kann?  
 110 S: Ne.  
 111 I: Ok. Perfekt. - Noch eine Frage: Und zwar, denkst du es gibt irgendwo  
 112 einen Ort, indem du gar nichts hören würdest?  
 113 S: Ne.  
 114 I: Warum?  
 115 S: Weil - es gibt auf der Welt überall Menschen und - zum Beispiel  
 116 Instrumente, die Menschen spielen können und das - glaube ich dann  
 117 nicht.  
 118 I: Ok. Perfekt. Möchtest du noch irgendetwas sagen?  
 119 Haben wir irgendetwas vergessen, was dir noch zum Thema einfällt.  
 120 S: Ne.  
 121 I: Ne. Dann haben wir es schon geschafft. Danke, dass du so toll  
 122 mitgemacht hast.  
 123 S: Bitte.

**Zeichnung:**



## Redigierte Aussagen:

- 4 - 12: {Beim Anschlagen der Ukulele wird} ein Klang {wahrgenommen}. Die Saite wird nach oben gezogen und dann wird sie so ein bisschen bewegt. {Wodurch hören wir den Klang?} Durch das Metall (?) Wenn man es nach oben tut, geht es da dran und dann hört man den Klang.
- 21 - 27: Es ist ein Ton den man hört. {Zeichnung} Und dann kommt der Klang einfach so in dein Ohr.
- 31 - 45: {Wie breitet sich ein Ton aus?} Schnell und laut. Einen leisen Ton hört man nicht so genau, wenn man zum Beispiel dahinten steht. {S. geht in eine andere Ecke} Oh ich höre es doch.
- 49 - 59: {Was ist für dich Schall?} Wenn man zum Beispiel mit der Hand oder einem Schläger auf eine Trommel haut, kommt ein Schall. Das ist zum Beispiel ein Ton der überall im Raum klingt. Also, dass man das in jeder Ecke hören kann.
- 60 - 67: {Wie kommt dieser Ton zu deinem Ohr?} Indem man zuhört. {Wo befindet sich der Ton?} Im Trommelfell. Im Trommelfell hört man das; also, dass der das dann merkt. Ich weiß nicht, wie ich das sagen soll.
- 73 - 95: {Gliederungspunkt 4} Wenn du die Stimmgabel auf den Tisch stellst, vibriert der Tisch. Sie haben mit dem Schläger da drauf gehauen und wegen dem Metall hat es dann vibriert (oder) es sich vielleicht bewegt. Das Holz hält das fest. Das ist dann halt lauter und länger. Wenn man das auf den Tisch stellt, dann ist es nicht so stabil. Und wenn es auf dem Holz ist, dann wird es vielleicht lauter, weil es auf irgendetwas steht. {Was passiert mit dem Holz?} Es bleibt stehen; es macht nichts.
- 98 - 110: Lärm ist etwas lautes und man findet es nicht so schön. Ja, {Lärm kann unsere Ohren gefährden}. {Weißt du auch inwiefern?} Nein. Das Trommelfell kann gefährdet werden, wenn etwas zu laut ist. Ein Ton, zum Beispiel oder wenn Kinder schreien. {Weißt du auch wie das Trommelfell platzen kann?}

Nein.

111 - 117: Nein, { es gibt keinen Ort, wo man nichts hört.} Weil auf der Welt überall Menschen sind, die zum Beispiel Instrumente spielen. Deshalb glaube ich das dann nicht.

### **Geordnete Aussagen:**

#### Beobachtung

- (4-8) {Beim Anschlagen der Ukulele wird} ein Klang {wahrgenommen}. Die Saite wird nach oben gezogen und dann wird sie so ein bisschen bewegt.

#### Scheinerklärung des Phänomens

- (9-12, 49-59) {Wodurch hören wir den Klang?} Durch das Metall (?) Wenn man es nach oben tut, geht es da dran und dann hört man den Klang. {Was ist für dich Schall?} Wenn man zum Beispiel mit der Hand oder einem Schläger auf eine Trommel haut, kommt ein Schall. Das ist zum Beispiel ein Ton der überall im Raum klingt. Also, dass man das in jeder Ecke hören kann.

#### Visuelle Vorstellung

- (21-27) Es ist ein Ton den man hört. {Zeichnung} Und dann kommt der Klang einfach so in dein Ohr.

#### Schallwahrnehmung

- (27, 35-45, 60-67, 111-117) Und dann kommt der Klang einfach so in dein Ohr. Einen leisen Ton hört man nicht so genau, wenn man zum Beispiel dahinten steht. {S. geht in eine andere Ecke} Oh ich höre es doch. {Wie kommt dieser Ton zu deinem Ohr?} Indem man zuhört. {Wo befindet sich der Ton?} Im Trommelfell. Im Trommelfell hört man das; also, dass der das dann merkt. Ich weiß nicht, wie ich das sagen soll. Nein, {es gibt keinen Ort, wo man nichts hört.} Weil auf der Welt überall Menschen sind, die zum Beispiel Instrumente spielen. Deshalb glaube ich das dann nicht.

#### Schallausbreitung

- (27, 31-45, 53-59, 73-79) Und dann kommt der Klang einfach so in dein Ohr. {Wie breitet sich ein Ton aus?} Schnell und laut. Einen leisen Ton hört man nicht so genau, wenn man zum Beispiel dahinten steht. {S. geht in

eine andere Ecke} Oh ich höre es doch. Das ist zum Beispiel ein Ton der überall im Raum klingt. Also, dass man das in jeder Ecke hören kann. {Gliederungspunkt 4} Wenn du die Stimmgabel auf den Tisch stellst, vibriert der Tisch. Sie haben mit dem Schläger da drauf gehauen und wegen dem Metall hat es dann vibriert (oder) es sich vielleicht bewegt.

#### Verstärkung / Abschwächung

- (80-95) Das Holz hält das fest. Das ist dann halt lauter und länger. Wenn man das auf den Tisch stellt, dann ist es nicht so stabil. Und wenn es auf dem Holz ist, dann wird es vielleicht lauter, weil es auf irgendetwas steht. {Was passiert mit dem Holz?} Es bleibt stehen; es macht nichts.

#### Gefahren von Schall (Lärm und Lärmschutz)

- (98-110) Lärm ist etwas lautes und man findet es nicht so schön. Ja, {Lärm kann unsere Ohren gefährden}. {Weißt du auch inwieweit?} Nein. Das Trommelfell kann gefährdet werden, wenn etwas zu laut ist. Ein Ton, zum Beispiel oder wenn Kinder schreien. {Weißt du auch wie das Trommelfell platzen kann?} Nein.

### **Kind 11: Samira, weiblich, 3.Klasse, 8,6 Jahre**

- 1 I: Und zwar habe ich dir eine kleine Gitarre mitgebracht, eine Ukulele.  
2 Und wenn ich die Saite jetzt anschlage, was kannst du da beobachten?  
3 [Klang der Ukulele]  
4 S: - Dass du so machst [ahmt Bewegung an Ukulele nach].  
5 I: Genau. Und was passiert mit dieser Saite?  
6 S: - Es macht so: Ding. - Ich weiß nicht, wie das heißt.  
7 I: Und was nimmst du wahr?  
8 S: [überlegt] (8s)  
9 I: Also was kannst du hören?  
10 S: Töne.  
11 I: Töne. Genau. Und wodurch hören wir diese Töne? Warum hören wir  
12 die? Mit was?  
13 S: [überlegt] (6s) Mit der Gitarre, wenn man so macht.  
14 I: Genau. Und mit was hören wir Menschen?  
15 S: Mit den Ohren.  
16 I: Genau. Und wie kann das sein, dass du diesen Ton hörst? Wie kommt  
17 dieser Ton zu deinem Ohr?  
18 S: - - Ich weiß es nicht.  
19 I: Überleg mal. Einfach mal nachdenken. Wie kann das sein, dass  
20 ich - oder ich nehme mal die Trommel - soweit weg von dir sitze,  
21 [Klang der Trommel] aber du es hörst? Obwohl ich...  
22 S: Wenn du laut - Wenn du hart - so klopfst -  
23 I: Ja. Aber du hörst ja auch die Gitarre. [...] Ich sitze ein Stück weg von  
24 dir. Und, wenn ich die Saite anschlage [Klang der Ukulele], hörst du es.  
25 Wie kann das sein? - Wie kommen diese Töne zu dir?  
26 S: [überlegt] (4s)  
27 I: Du kannst es auch gerne aufmalen, wenn es dir dann leichter fällt.  
28 S: [überlegt] (9s) Äh - ich weiß es nicht.  
29 I: [flüsternd] Probiere es mal aufzumalen. Einfach mal die Überlegung.  
30 Du hast ein Ohr - dein Ohr - und du hast einen Ton. Wie kommt dieser  
31 Ton zu deinem Ohr?

32 S: Wenn das - Wenn das - Wenn der Ton hart ist, dann kommt es ein  
33 bisschen zu mir.

34 I: Und wenn ich einen ganz leisen Ton habe?

35 S: Dann höre ich es ein bisschen.

36 [...]

37 I: Irgendwie muss ja dieser Ton vom - wo ich ihn erzeuge - ...

38 S: Ich habe ein Trommelfell da drin [zeigt auf ihr Ohr]

39 I: Genau. Und was passiert mit dem Trommelfell?

40 S: [überlegt] (5s)

41 I: Oder wo befindet sich für dich dieser Ton?

42 S: - - In meinem Ohr.

43 I: Hmhm. Und der muss irgendwie vorher zu deinem Ohr kommen,  
44 richtig?

45 S: Ja.

46 I: Wie? Einfach mal überlegen. Es gibt nichts falsches, was du mir sagen  
47 kannst.

48 S: [überlegt] (13s) Weiß ich nicht.

49 [...]

50 I: Ok denkst du, wenn jetzt jemand hinter mir steht...

51 S: Ja.

52 I: Kann diese Person diesen Ton auch hören?

53 S: Ja natürlich.

54 I: Und warum?

55 S: Weil es hinter dir ist. Und das kann man hören.

56 I: Und wie kann das sein? Weil ich erzeuge ja hier den Ton und der  
57 kommt ja zu dir. Wie kann das sein, dass er auch zu jemandem hinter ...

58 S: Es gibt überall.

59 I: Und wie?

60 S: - Die Noten gehen überall hin. Und dann kann man hören.

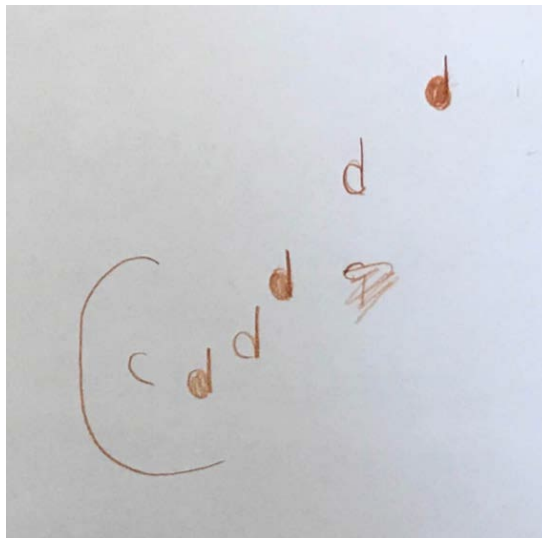
61 I: Ok. Und was passiert mit den Noten hier in der Luft?

62 S: Die fliegen.

63 I: Die fliegen. Das kannst du ruhig aufmalen. Einfach alles, was du  
64 denkst.

- 65 S: [nimmt sich das Blatt]  
 66 I: Genau das, was du mir gerade gesagt hast. Einfach mal versuchen  
 67 aufzumalen.  
 68 S: [fängt an zu malen]  
 69 [...]  
 70 I: Dann - - Möchtest du noch irgendetwas sagen? Haben wir noch  
 71 irgendetwas vergessen - zu dem Thema? - Oder hast du schon einmal  
 72 etwas vom Thema Schall gehört?  
 73 S: [schüttelt den Kopf]  
 74 I: Ne. Ok. Fällt dir sonst noch etwas ein, - was du sagen möchtest?  
 75 S: [schüttelt den Kopf]  
 76 I: Ne. Perfekt. Dann bedanke ich mich. Danke, dass du so toll mitgemacht  
 77 hast.  
 78 [...]

**Zeichnung:**



**Redigierte Aussagen:**

- 4 - 10: Die Saite macht ‚Ding‘. Ich weiß nicht wie das heißt. Ich höre Töne.  
 16 - 35: Ich weiß nicht, wie der Ton zu meinem Ohr kommt. {Klang der Trommel} Wenn du laut, hart klopfst, dann kommt der Ton ein bisschen zu mir. {Bei einem leisem Ton (Ukulele)?} Dann höre ich es ein bisschen.

- 37 - 42: Ich habe ein Trommelfell im Ohr und der Ton befindet sich in meinem Ohr.
- 50 - 62: {Kann eine Person hinter mir auch den Ton hören?} Ja natürlich, weil es hinter dir ist und man das überall hören kann. Die Noten gehen überall hin; die fliegen. Und dann kann man das hören.
- 71 - 73: {S. schüttelt ihren Kopf, bei der Frage, ob sie schon einmal etwas von Schall gehört hat.}

### **Geordnete Aussagen:**

#### Beobachtung

- (4-10) Die Saite macht ‚Ding‘. Ich weiß nicht wie das heißt. Ich höre Töne.

#### Schallwahrnehmung

- (16-35, 37-42) Ich weiß nicht, wie der Ton zu meinem Ohr kommt. {Klang der Trommel} Wenn du laut, hart klopfst, dann kommt der Ton ein bisschen zu mir. {Bei einem leisem Ton (Ukulele)?} Dann höre ich es ein bisschen. Ich habe ein Trommelfell im Ohr und der Ton befindet sich in meinem Ohr.

#### Schallausbreitung

- (50-62, 71-73) {Kann eine Person hinter mir auch den Ton hören?} Ja natürlich, weil es hinter dir ist und man das überall hören kann. Die Noten gehen überall hin; die fliegen. Und dann kann man das hören. {S. schüttelt ihren Kopf, bei der Frage, ob sie schon einmal etwas von Schall gehört hat.}

### **Kind 12: Rafael, männlich, 3.Klasse, 9,0 Jahre**

- 1 I: Und zwar, habe ich dir eine Gitarre, eine Ukulele, mitgebracht. Und  
2 wenn du dir diese Saite jetzt mal genau anschaust.  
3 Was kannst du beobachten? [Klang der Ukulele]
- 4 S: Dass die schwingt.
- 5 I: Ja. Und was nimmst du wahr?
- 6 S: Dass sie einen lauten Ton von sich gibt.
- 7 I: Genau. Und wodurch hören wir diesen Ton? Womit?
- 8 S: Durch die - mit den Ohren.
- 9 I: Genau. Und wie kommt dieser Ton zu deinen Ohren?
- 10 S: Durch den - Ton - also, der Ton geht in unser Trommelfell rein.
- 11 I: Hmhm.
- 12 S: Und dann geht das ans Gehirn weiter und dann wissen wir - ah, das ist  
13 eine Gitarre.
- 14 I: Ok. Perfekt. Und, wenn ich jetzt die Trommel nehme und ich sitze ja  
15 ein ganzes Stück weit weg von dir.
- 16 S: Hmhm
- 17 I: Und ich produziere den Ton hier. [Klang der Trommel]
- 18 S: Hmhm.
- 19 I: Wie kann das sein, dass du das hörst, obwohl ich soweit weg sitze von  
20 dir? Also wie kommt dieser Ton zu dir?
- 21 S: Weil er so laut ist. Und dann - weil er so laut ist, fliegt. Also, - weil  
22 dieser Schall geht dann so - [zeigt mit dem Finger Kreisbewegung zum  
23 Ohr] in mein Ohr rein. Also, weil er so - so ähnlich wie fliegen. Oder  
24 der Ton - der ist - der Schall geht in die Ohren.
- 25 I: Perfekt. Kannst du genau das, was du mir gerade erklärt hast, versuchen  
26 aufzumalen.
- 27 S: Ok. [fängt an zu malen] (20s)  
28 Das - ja das hier soll eine Trommel sein. Ich kann nicht so gut  
29 Trommeln malen [flüsternd].
- 30 I: Es muss nicht perfekt aussehen.
- 31 S: Ja so. Sagen wir, das ist eine Trommel.
- 32 I: Hmhm.

33 S: Und dann geht der Schall [malt] - in mein Ohr. [malt weiter] (sec.)  
34 Ja. Dann geht der Schall in meine Ohren.  
35 I: Ok. Du hast gesagt, dass es fliegt. Wie meinst du das?  
36 S: Also, dass der Schall - durch die Luft in dein Ohr reingeht.  
37 I: Ok. Und was ist für dich Schall? Was bedeutet Schall?  
38 S: Einen Ton.  
39 I: Ok.  
40 S: Also Schall ist ja - ist so, dass du etwas hörst und - dann - dieser Schall  
41 - also, wenn zum Beispiel ein Glas herunterfällt, - du hörst dann ,oh da  
42 ist etwas heruntergefallen‘ und die Information geht an dein Gehirn  
43 und dann weißt du, oh, ich muss schnell einen Besen holen, um die - um  
44 die - oder eine - Schaufel zu holen, um das Glas dann aufzukehren.‘  
45 Oder so - eine Wahrnehmung.  
46 I: Ja. Und breitet sich dieser Ton aus; im Raum?  
47 S: Durch die Luft.  
48 I: Hmhm.  
49 S: Und wenn eine Wand da ist, dann schallt der auch zurück. Oder ein - in  
50 so einer - Höhle, schallt der auch so (oft) zurück.  
51 I: Ok. Perfekt. Ich zeige dir noch einmal ein anderes ( ). [Klang der  
52 Stimmgabel; verstärkt]  
53 S: Ok.  
54 I: Was kannst du beobachten?  
55 S: Dass, du mit dem Dings - Also, dass du mit dem Hammer oder so  
56 einem kleinen Stäbchen da drauf gehauen hast und dann hat man ein  
57 Geräusch gehört und dann hast du es hier drauf gestellt [zeigt auf den  
58 Tisch] und dann hat es sich verändert. Weil irgendwie, dass da unten -  
59 das Ende ist hier drauf gegangen [zeigt auf den Tisch] und dann ist es in  
60 Schwingungen.  
61 I: In Schwingungen.  
62 S: In Schwingungen - dagegen.  
63 I: Genau. Was genau war denn der Unterschied zw...von in der Luft  
64 [Klang der Stimmgabel] und ...  
65 S: Also, dass war viel leichter

66 I: Hmhm.

67 S: Und da unten war es chrrrr [ahmt Ton nach]

68 I: Ok. Genau, diese Schwingungen. Wie kannst du das jetzt erklären?

69 [Klang Stimmgabel auf Holzelement]

70 S: Also - das hört sich so ein bisschen an, wie der Schulgong [lachend].

71 Also es ist so, dass - wenn es auf dem Tisch hier ist, dass vielleicht die

72 Schwingung hier - drauf - so langsam ausklingt. Und weil hier in der

73 Luft nichts ist, was unten den - Dings stoppen kann oder so, den Stab.

74 Also ( ) in der Luft kann das nicht so richtig stoppen - und deswegen

75 ist es so leise -

76 I: Hmhm.

77 S: Und wenn er hier ist [zeigt auf den Tisch] dann ist es so chrrrr [ahmt

78 Ton nach]

79 I: Also ist es für dich lauter?

80 S: Hmhm.

81 I: Und - ...

82 S: Oder tiefer.

83 I: Warum wird es lauter, wenn ich die Stimmgabel auf den Tisch stelle?

84 S: - Weil - oder tiefer, weil - vielleicht hier der Schall zurück geht. Also

85 abdämpft. Weil das hier auch so - den Schall vielleicht zurückgibt.

86 I: Ok. Also denkst du - also wie meinst du zurückgeben?

87 S: Also, dass - Wenn der hier drauf steht.

88 I: Ja.

89 S: Dass dann hier oben in der Luft vibriert der ja so.

90 I: Ja.

91 S Und dann hier unten es dann so chrrrr [ahmt Ton nach]; so langsam

92 aufhört.

93 I: Also wird die Vibration schwächer, denkst du?

94 S: Hmhm. Ja.

95 I Ok. Perfekt. Und (5s) Denkst - oder wie ist es. Weil du hast ja gesagt,

96 der Schall breitet sich jetzt zu dir aus, wenn ich den Ton erzeuge.

97 S: Ja.

98 I: Wenn jemand hinter mir steht; - wie kann das sein, dass die Person es  
99 auch hört?

100 S: Also, das ist so wie ein Kreis. Weil es geht in dem ganzen Raum rum.

101 I: Ok. Kannst du genau das auch noch einmal aufmalen? Vielleicht auf die  
102 Rückseite?

103 S: Ok.

104 I: Also wie sieht für dich - Man kann Schall ja nicht sehen.

105 S: Hmhm.

106 I: Aber - wie ist es in der Vorstellung?

107 S: [fängt an zu malen] Jetzt hier ist die Stimmgabel. (16s)  
108 So. Und dann geht der Schall [wechselt die Farbe] und dann geht der  
109 Schall so - - in den ganzen Raum herum. Und wenn die Tür auf ist, geht  
110 der auch raus. So [beendet das Bild]. Also, wenn du dann hier stehst  
111 [zeigt auf das Bild] oder so, dann hörst du auch den Schall. Und wenn  
112 du hier stehst [zeigt auf eine andere Stelle des Bildes] auch, weil der  
113 ganze Schall rum geht. Weil das wäre ja - also, wenn dann hier jemand  
114 steht und da jemand steht [zeigt auf das Bild] und eine Mauer oder so  
115 dazwischen ist. Aber nicht oben, also so eine kleine Mauer, dann  
116 würde es auch drüber gehen. Weil der Schall auch hoch ist oder so.

117 I: Ok. Und was passiert hinter der Mauer?

118 S: Hinter der Mauer. - Also hinter der Mauer kommt der Schall dann auch.  
119 [...]

120 I: Du hast ganz am Anfang mal gesagt, dass wenn ein Schall oder ein Ton  
121 gegen die Wand geht, dann - Was passiert dann?

122 S: Der prallt dann zurück.

123 I: Dann prallt der zurück. Genau. Perfekt. Und wie?

124 S: - - Also er prallt zurück. Also - die Fledermäuse machen das auch  
125 manchmal. Die machen so ganz leise Schreie und dann ihre - zum  
126 Beispiel ein Schmetterling zu sehen. Und - das ist also ähnlich mit  
127 Schall. Weil - dann kommt das auch zurück und man hört das. Also  
128 prallt von der Wand so ähnlich ab und dann hörst du es

129 I: Hmhm. Perfekt. Du hast mir schon ziemlich viel geholfen. Noch - eine  
130 Frage habe ich noch. Oder zwei. - Kennst du Lärm?

131 S: Ja, wenn etwas sehr - [lacht] - wenn etwas sehr laut ist. Wenn jemand  
132 herumschreit.

133 I: Genau. Und denkst du Lärm kann auch unsere [...] Ohren gefährden?

134 S: Ja, wenn wir zum Beispiel viel zu laute Musik hören oder so. Dann  
135 kann unser Trommelfell platzen.

136 I: Genau. Wie platzt das?

137 S: - Also - ich habe jetzt noch nie ein Trommelfell platzen sehen. Aber ich  
138 stelle es mir so vor, dass - dass man - dass das platzt und du taub bist.  
139 [...]

140 I: Und denkst du es gibt einen Ort, in dem man gar nichts hören kann?

141 S: - Nein, weil du hast ja immer deine Stimme dabei und dann kannst du  
142 die ja immer hören. Ob du jetzt in einem geschlossenen Raum bist oder  
143 draußen. Weil du hörst ja immer - etwas. Weil - es kann ja auch still  
144 sein, aber - du kannst dann immer mit deiner eigenen Stimme oder mit -  
145 Klatschen, kann man selber auch - Ton erzeugen.

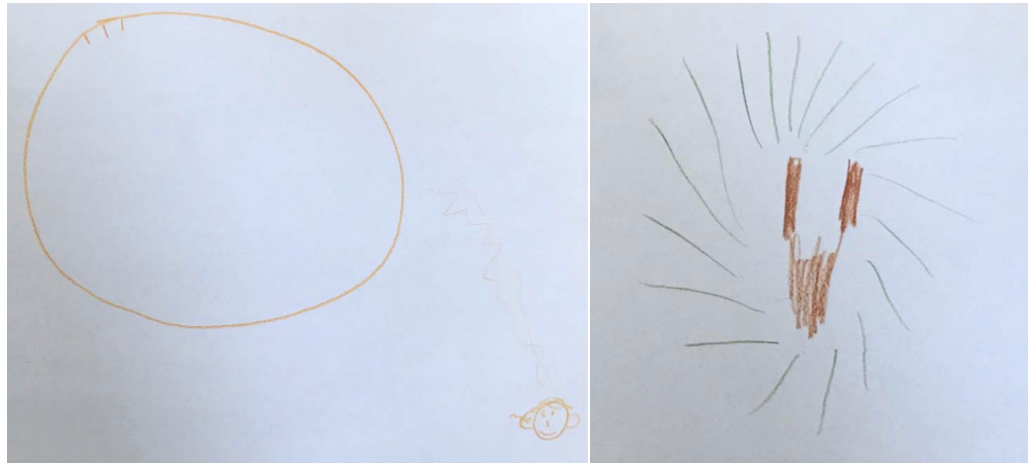
146 I: Ja. Und wenn du jetzt aber gar kein Ton erzeugst, sondern nur ganz  
147 leise stehst. Denkst du dann gibt es einen Raum, wo man gar nichts  
148 hört.

149 S: Ja, wenn man - wenn du jetzt alleine bist - also in einem Raum, wo -  
150 ganz weit weg, gar nichts ist. Keine Uhr, nichts, was gar nicht tickt.  
151 Kannst du ja ganz leise sein [verstummt kurz] und dann hörst du gar  
152 nichts.

153 I: Ok. Perfekt. Sehr gut. Du hast mir wirklich sehr viel geholfen.  
154 Möchtest du noch irgendwas sagen, was dir noch wichtig ist? Was dir  
155 noch einfällt?

156 S: - Eigentlich nicht.  
157 [...]

### Zeichnung:



### Redigierte Aussagen:

- 4 - 6: Die Saite schwingt und gibt einen lauten Ton von sich.
- 9 - 13: Der Ton geht in unser Trommelfell rein und das geht dann an das Gehirn weiter. Dann wissen wir, dass das eine Gitarre ist.
- 19 - 36: {Wie kommt der Ton zu dir?} Weil er so laut ist und fliegt. Der Schall geht dann so in mein Ohr rein (zeigt mit dem Finger Kreisbewegungen zum Ohr). Also so ähnlich wie fliegen.  
{Zeichnung 1} Der Schall fliegt durch die Luft in mein Ohr rein.
- 37 - 50: {Was bedeutet Schall?} Einen Ton - Also Schall ist so, dass du etwas hörst - eine Wahrnehmung. Wenn zum Beispiel ein Glas herunterfällt, dann hörst du das, die Information geht dann an dein Gehirn und dann weißt du, dass du die Scherben aufkehren musst. Es breitet sich durch die Luft aus und wenn da eine Wand ist, dann schallt das auch zurück.
- 54 - 94: {Gliederungspunkt 4} Du hast mit einem Hammer da drauf gehauen und dann hat man ein Geräusch gehört. Dann hast du es auf den Tisch gestellt und dann hat es sich verändert. Das Ende ist auf den Tisch gegangen und dann ist es in Schwingungen dagegen. {Unterschied?} In der Luft ist es leichter und auf dem Tisch macht es chrrrr. Auf dem Tisch klingt vielleicht die

Schwingung langsam aus. Und weil in der Luft nichts ist, was das Ding stoppen kann, ist es leiser. Auf dem Tisch ist es lauer, aber tiefer. Vielleicht wird der Schall abgedämpft, weil der Tisch den Schall vielleicht zurückgibt. In der Luft vibriert es und auf dem Tisch wird die Vibration schwächer.

- 98 - 128: {Wenn jemand hinter mir steht, wie kann es sein, dass die Person es auch hört?} Also das ist so wie ein Kreis. Es geht im gesamten Raum herum. {Zeichnung 2} Hier ist die Stimmgabel und dann geht der Schall im ganzen Raum herum. Und wenn die Tür offen ist, dann geht der auch raus. Egal wo du stehst, hörst du den Schall. Auch wenn da eine ‚kleine‘ Mauer dazwischen steht, geht der Schall darüber. Weil der Schall auch hoch ist, oder so (?). Hinter der Mauer kommt der Schall auch, weil er an Wänden zurück prallt. Zum Beispiel machen das auch manchmal Fledermäuse. Die machen so ganz leise Schreie, um zum Beispiel einen Schmetterling zu sehen. Und das ist ähnlich wie Schall. Das kommt dann auch zurück und dann hört man das. Also es prallt von der Wand oder so ähnlich ab und dann hört man das.
- 131 - 138: Lärm ist etwas sehr lautes. Wenn jemand zum Beispiel herum schreit. Bei zu lauter Musik kann auch unser Trommelfell platzen. Das platzt dann und man ist taub.
- 140 - 152: Nein, {es gibt keinen Ort, wo man nichts hört}, weil du deine Stimme immer dabei hast und die kannst du immer hören. Egal, ob du in einem geschlossenen Raum bist oder draußen. Du hörst immer etwas. Es kann auch still sein, aber mit deiner eigenen Stimme oder mit Klatschen kannst du immer selbst einen Ton erzeugen. {Und wenn du selbst ganz leise bist?} Wenn du ganz alleine und leise bist, in einem Raum wo weit und breit nichts ist, keine Uhr tickt oder irgendetwas, dann hörst du gar nichts.

## **Geordnete Aussagen:**

### Beobachtung

- (4-6, 54-62) Die Saite schwingt und gibt einen lauten Ton von sich. {Gliederungspunkt 4} Du hast mit einem Hammer da drauf gehauen und dann hat man ein Geräusch gehört. Dann hast du es auf den Tisch gestellt und dann hat es sich verändert. Das Ende ist auf den Tisch gegangen und dann ist es in Schwingungen dagegen.

### Scheinerklärung des Phänomens

- (37-50) {Was bedeutet Schall?} Einen Ton - Also Schall ist so, dass du etwas hörst - eine Wahrnehmung. Wenn zum Beispiel ein Glas herunterfällt, dann hörst du das, die Information geht dann an dein Gehirn und dann weißt du, dass du die Scherben aufkehren musst. Es breitet sich durch die Luft aus und wenn da eine Wand ist, dann schallt das auch zurück.

### Visuelle Vorstellung

- (31-36) {Zeichnung 1} Der Schall fliegt durch die Luft in mein Ohr rein.

### Schallwahrnehmung

- (9-13, 140-152) Der Ton geht in unser Trommelfell rein und das geht dann an das Gehirn weiter. Dann wissen wir, dass das eine Gitarre ist. Nein, {es gibt keinen Ort, wo man nichts hört}, weil du deine Stimme immer dabei hast und die kannst du immer hören. Egal, ob du in einem geschlossenen Raum bist oder draußen. Du hörst immer etwas. Es kann auch still sein, aber mit deiner eigenen Stimme oder mit Klatschen kannst du immer selbst einen Ton erzeugen. {Und wenn du selbst ganz leise bist?} Wenn du ganz alleine und leise bist, in einem Raum wo weit und breit nichts ist, keine Uhr tickt oder irgendetwas, dann hörst du gar nichts.

### Schallausbreitung

- (19-36, 46-50, 98-128) {Wie kommt der Ton zu dir?} Weil er so laut ist und fliegt. Der Schall geht dann so in mein Ohr rein (zeigt mit dem Finger Kreisbewegungen zum Ohr). Also so ähnlich wie fliegen. {Zeichnung 1} Der Schall fliegt durch die Luft in mein Ohr rein. Es breitet sich durch die Luft aus und wenn da eine Wand ist, dann schallt das auch zurück. {Wenn jemand hinter mir steht, wie kann es sein, dass die Person es auch hört?} Also das ist so wie ein Kreis. Es geht im gesamten Raum herum. {Zeich-

nung 2} Hier ist die Stimmgabel und dann geht der Schall im ganzen Raum herum. Und wenn die Tür offen ist, dann geht der auch raus. Egal wo du stehst, hörst du den Schall. Auch wenn da eine ‚kleine‘ Mauer dazwischen steht, geht der Schall darüber. Weil der Schall auch hoch ist, oder so (?). Hinter der Mauer kommt der Schall auch, weil er an Wänden zurück prallt. Zum Beispiel machen das auch manchmal Fledermäuse. Die machen so ganz leise Schreie, um zum Beispiel einen Schmetterling zu sehen. Und das ist ähnlich wie Schall. Das kommt dann auch zurück und dann hört man das. Also es prallt von der Wand oder so ähnlich ab und dann hört man das.

#### Verstärkung / Abschwächung

- (63-94) {Unterschied?} In der Luft ist es leichter und auf dem Tisch macht es „chrrrr“. Auf dem Tisch klingt vielleicht die Schwingung langsam aus. Und weil in der Luft nichts ist, was das Ding stoppen kann, ist es leiser. Auf dem Tisch ist es lauer, aber tiefer. Vielleicht wird der Schall abgedämpft, weil der Tisch den Schall vielleicht zurückgibt. In der Luft vibriert es und auf dem Tisch wird die Vibration schwächer.

#### Gefahren von Schall (Lärm und Lärmschutz)

- (131-138) Lärm ist etwas sehr lautes. Wenn jemand zum Beispiel herum schreit. Bei zu lauter Musik kann auch unser Trommelfell platzen. Das platzt dann und man ist taub.

### **III. Schriftliche Versicherung der selbstständigen Anfertigung**

Hiermit versichere ich, dass ich die Arbeit selbstständig verfasst, keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel verwendet und sämtliche Stellen, die anderen Druckwerken oder digitalisierten Werken im Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, in jedem einzelnen Fall unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht habe. Die Versicherung gilt auch für verwendete Zeichnungen, Skizzen, Notenbeispiele sowie bildliche und sonstige Darstellungen.

Ort, Datum

Unterschrift