

Inhalt:

- 1 Schülervorstellungen
- 2 Zusammenfassende Darstellung bisheriger Forschungsergebnisse
- 3 Darstellung der vorliegenden Untersuchung
- 4 Schema der Akzeptanzbefragung
- 5 Ergebnisse der Akzeptanzbefragung
- 6 Schlussbemerkung

1 Schülervorstellungen

Können Grundschul Kinder grundlegende Phänomene zum Schall verstehen?

Im neuen bayerischen Lehrplan für Grundschulen (2000) wurde der Anteil des naturwissenschaftlich-technischen Sachunterrichts erheblich vergrößert. Neu aufgenommen wurde auch das Thema Schall. Dies haben wir zum Anlass genommen eine Untersuchung zu der Frage durchzuführen, ob Primarstufenkindern angemessene physikalische Vorstellungen über die verschiedenen Aspekte des Schalls vermittelt werden können.

2 Zusammenfassende Darstellung bisheriger Forschungsergebnisse

Über spontan geäußerte Erklärungen von Schallphänomenen gibt es bisher vergleichsweise wenige Untersuchungen. Zudem wurden die wenigen, bisher vorliegenden vorwiegend mit Schülerinnen und Schülern der Mittelstufe durchgeführt. 1994 haben Wulf und Euler und Engel und Kircher Untersuchungen an deutschen Primarstufenkindern durchgeführt. Den Schülerinnen und Schülern dieser Untersuchung wurden in klinischen Interviews verschiedene Phänomene vorgeführt. Weiterhin konnten die Kinder teilweise selbst mit den Materialien hantieren und diese ausprobieren. Daraufhin wurden die Kinder um spontane Erklärungen zu den beschriebenen bzw. beobachteten Situationen gebeten.

Wir geben an dieser Stelle einleitend eine kurze Zusammenfassung der Ergebnisse von Wulf, Euler, Engel und Kirchner und der relativ umfangreichen Zusammenstellung der Ergebnisse zu den untersuchten Schülerinnen und Schüler der Mittelstufe in den bekannten Materialien von Driver u.a. in „Making sense of secondary science“. Wir folgen dabei weitgehend der Gliederung in Driver u.a.

Spontan geäußertes Wissen bzw. Erklärungen zum Thema Schall

Die Darstellung der Antworten der untersuchten Schülerinnen und Schüler erfolgt zugeordnet zu verschiedenen Aspekten des Schallphänomens, wie Schallerzeugung, Schallausbreitung, Schallempfang, Wechselwirkungen von Schall mit Oberflächen und Kennzeichen von Schall. So äußerten die Schülerinnen und Schüler spontan folgende isolierbare und benennbare Einzelaspekte zu den verschiedenen Kategorien:

Schallerzeugung

- Der Zusammenhang von den Schwingungen der Körper mit der Entstehung von Tönen und das Übertragen dieser Schwingungen auf die umgebende Luft wird sehr selten erwähnt
- Schall als Teil der Schallquelle wird ebenfalls kaum erwähnt

- Drei Haupterklärungen für Schallentstehung werden von den Kindern angeboten:
 - a) physikalische Eigenschaften des Gegenstandes (Spannung des Paukenfells)
 - b) Verknüpfung mit der Aktion bei der Schallerzeugung (Schlagen der Trommel)
 - c) Bezug auf Schwingungen (Das Lineal schwingt hin und her)

Schallausbreitung

- Schall breitet sich nicht aus
- Schall ist ein Ding, das sich ähnlich wie ein Ball fortbewegt und in der Schallquelle vorhanden ist (Ton ist weg; Ton ist wieder im Klangkörper; Ton kommt nicht mehr heraus/ist in Kiste gefangen; Ton fliegt von der Schallquelle zum Hörer und kommt etwas leiser zurück; Ton kommt aus dem Klangkörper heraus)
- Im Ausbreitungsweg darf sich kein Gegenstand befinden
- Schall breitet sich instantan aus
- Schall braucht zur Ausbreitung Zeit
- Ein Medium für die Schallausbreitung ist nicht erforderlich
- Luft ist nicht erforderlich als Ausbreitungsmedium (Luft als schwingender Körper scheint schwer vorstellbar)
- Luft – wie auch andere Medien - dämpft den Schall

Schallempfang

- das Ohr ist notwendig für das Hören
- das Ohr ist aktiv („Hinhören“, „Lauschen“)
- der Schall muss das Ohr nicht erreichen

Wechselwirkung von Schall mit Oberflächen

- Abdeckungen dämpfen den Schall
- Löcher verursachen das Phänomen, dass Schall durch Körper hindurch geht

Kennzeichen von Schall

- Hohe und tiefe Töne werden nicht richtig zugeordnet (Lagebezeichnung)
- zwischen Schwingungsamplitude und Lautstärke wird kein Zusammenhang hergestellt, eher zwischen Amplitude und Schwingungsdauer (große Amplitude entspricht kleiner Schwingungsdauer)

Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Die angeführten Untersuchungsergebnisse sprechen dafür, dass insbesondere zum Ausbreitungsmechanismus des Schalls in der Luft entweder keinerlei Vorstellungen oder Fehlvorstellungen anzutreffen sind. Das Verständnis des Ausbreitungsmechanismus des Schalls in der Luft scheint somit im Grundschulalter nur unzureichend gegeben. Die angeführten Ergebnisse geben einen guten Überblick darüber, mit welchem Wissen und welchen selbständig formulierten Erklärungsansätzen man im Unterricht der Grundschule rechnen kann. Die Ergebnisse sagen allerdings wenig darüber aus, inwieweit Grundschulkinder - durch geschickte didaktische Arrangements, durch die Schaffung geeigneter Lernumgebungen und durch eine sach- und kindgemäße angemessene Unterrichtsführung - ein akzeptables Verständnis und aktiv nutzbares Wissen im Bereich Schall erlangen können.

Zur Annäherung an diese Frage haben wir sog. Akzeptanzbefragungen durchgeführt. Akzeptanzbefragungen haben ihre Nützlichkeit sowohl für die Untersuchung von Lernschwierigkeiten, als auch für die Aufdeckung von Lernprozessen erwiesen. Bei der

Anwendung dieser Methode wird den Kindern zunächst altersgemäß und sprachlich angemessen die physikalische Erklärung des Phänomens angeboten. Daraufhin wird zu erfassen versucht, inwieweit die gegebenen Erklärungen bei den Kindern entweder zu Verständnis und Wissenserwerb führen oder an welchen Stellen und in welcher Weise Verständnisschwierigkeiten oder Widerstände auftreten. Zudem soll erfasst werden, mit Hilfe welcher Zusatzinformationen und Experimente die erwünschter Akzeptanz bzw. ein angemessenes Verständnis erreicht werden kann.

Ausgehend von den Ergebnissen der Akzeptanzbefragungen können daraufhin Unterrichtskonzepte entwickelt werden, die einen größeren Lernerfolg erwarten lassen.

Im Folgenden berichten wir über eine Akzeptanzbefragung zum Thema Schall.

3 Darstellung der vorliegenden Untersuchung

Insgesamt 15 Kinder (10 Jungen und 5 Mädchen) einer – nach Aussagen der Hortbetreuerin – eher leistungsschwächeren Gruppe aus dritten Klassen wurden an zwei Nachmittagen während ihres Hortaufenthalts mit Hilfe des folgenden Schemas befragt

4 Schema der Akzeptanzbefragung

Einführung

„Heute geht es um alles, was Du hören kannst - Töne, Geräusche, Klänge. Ich möchte Dir jetzt erklären, wie es kommt, dass wir etwas hören können.“

Erklärung

„Manche Gegenstände können sich schnell hin und her bewegen, wie dieses Lineal oder das Gummiband. Wenn sich das Lineal nach oben bewegt, dann drückt es die Luft, die darüber liegt, etwas zusammen. Die zusammengedrückte Luft dehnt sich aus und die Luft, die darüber liegt, wird dann zusammengedrückt. Diese dehnt sich wieder aus und drückt die Luft zusammen, die darüber liegt und das geht immer weg vom Lineal.

Wenn das Lineal sich nach unten bewegt, wird die Luft darüber nicht zusammengedrückt, sondern nach unten gezogen. Dadurch zieht es die Luft, die vorher weggedrückt wurde, wieder an. Schlägt das Lineal dann wieder nach oben, wird die Luft wieder nach oben weggedrückt, genauso wie vorher.

Dieses schnelle Zusammendrücken und das Auseinanderziehen der Luft breitet sich in kurzer Zeit durch den ganzen Raum aus und gelangt so zu unseren Ohren. In unserem Ohr trifft dieses Hin und Her der Luft auf eine dünne Haut, das Trommelfell. Das Trommelfell wird von dem Hin und Her bewegt. Darum hören wir den Ton oder das Geräusch, das das Lineal erzeugt.“

Frage nach der Bewertung

„Wie hört sich das für Dich an? Ist das für Dich einleuchtend oder klingt es seltsam?“

Bitte um Paraphrasierung

„Kannst Du mir jetzt noch einmal mit Deinen eigenen Worten erklären, wie Töne, Geräusche oder Klänge entstehen?“

Schallentstehung, Schallausbreitung

Erläuterung

- a) „Du hast gehört, dass sich die Luft schnell hin und her bewegt, wenn ich das Lineal anzupfe. Dann kannst Du einen Ton oder ein Geräusch hören. Dass sich das Lineal oder das Gummiband schnell hin- und herbewegt, das siehst Du, oder?“
- b) „Glaubst Du, dass man Luft zusammendrücken kann“ (Ausprobieren lassen mit Luftpumpe/Spritze)

Anbieten eine Analogie

„An dem folgenden Modell zeige ich Dir, wie Du Dir das mit der Luft vorstellen kannst.

Wenn ich die erste Kugel anschubse, wie die Luft am Lineal, dann rollt sie zur zweiten Kugel und drückt sie weg. Die zweite Kugel wird dadurch bewegt und rollt zur dritten Kugel, die von der zweiten Kugel weggedrückt wird usw. Das funktioniert genauso wie bei der Luft.

Die vom Lineal zusammengedrückte Luft drückt die Luft daneben weg und das Wegdrücken wandert vom Lineal aus auch immer weiter weg.“

Frage nach der Bewertung

„Hast Du das verstanden? Ist das schwer oder leicht zu verstehen?“

Bitte um Paraphrasierung

„Bitte sag mir jetzt noch einmal mit Deinen eigenen Worten, wie man Töne oder Geräusche erzeugen kann und wie diese sich ausbreiten.“

Überprüfung

„Ich habe hier eine Butterbrotpapiertrommel an der ein kleines Blatt hängt. Diese stelle ich auf den Tisch. Hinter die offene Seite halte ich den Dosendeckel. Schlage ich jetzt kräftig auf den Dosendeckel, kannst Du etwas beobachten, wenn Du auf das Blättchen achtest.

(Demonstration)

Kannst Du mir erklären, wieso sich das Blatt bewegt?“

Schallwahrnehmung (Schnittzeichnung vom Ohr wird vorgelegt)

Erläuterung

„Die Luft, die sich so schnell hin und her bewegt, wird von unserem Ohr aufgefangen. Die Luftbewegung wird nach innen geleitet. Dort trifft sie auf das Trommelfell, das ganz dünn und fein ist, so wie das Butterbrotpapier. Das Trommelfell beginnt sich schnell hin und her zu bewegen und überträgt diese Bewegungen auf das Innenohr. Von dort geht der Hörnerv weg, der die Bewegungen ans Gehirn leitet, wo wir sie als Töne oder Geräusche wahrnehmen.“

Frage nach einer Bewertung

„Ist das für Dich zu verstehen oder ist das schwierig?“

Bitte um Paraphrasierung

„Wiederhole bitte mit Deinen eigenen Worten, was im Ohr mit der Luft passiert.“

Abfragen einer Transferleistung

„Erkläre mir jetzt, was bei der Stricknadel passiert, wenn ich einen Ton erzeuge.“

Schallausbreitung in flüssigen und festen Körpern

- a) Wasser
- b) Wahrnehmen des Tickens eines Weckers über die Tischplatte
- c) „Glockenklänge“

5 Ergebnisse der Akzeptanzbefragung

Zur Bewertung der Erklärung

Etwa die Hälfte der Kinder äußert, dass die Erklärung Ungewöhnliches, Merkwürdiges o.ä. enthält:

S: „Hm, ... die Luft bewegt sich. Das ist schon komisch.“

S: „Das ist kompliziert, wenn man das erzählt.“

Als besonders bemerkenswert und ungewöhnlich werden das Komprimieren und Expandieren der Luft angesehen und dass man dies nicht sehen kann.

S: „Das sich das da so ausdehnt.“

I: „Was hältst du davon?“

S: „Voll kompliziert.“

I: „Ja? Findest du das schwierig?“

S: „Aber kann man das nicht mit irgendeinem Gerät sehen?“

I: „Nein, leider nicht so einfach. Das ist ja gerade das Schwierige daran.“

S: „Wie beim Wind, das ist auch Luft ...“

Wiedergabe der Erklärung mit eigenen Worten

Die Paraphrasierung gibt wichtige Hinweise auf die Verarbeitung der Information, was weggelassen, anders interpretiert wird, hinzugefügt u.ä.

Gut die Hälfte der Kinder kann die mitgeteilte Erklärung weitgehend vollständig und korrekt wiedergeben, drei weitere können dies auf Nachfrage hin.

S: „Wenn's Lineal hochgeht, dann wird die Luft nach oben gedrückt. Und wenn's nach unten geht, geht die Luft auch nach unten. Und dann entstehen Schwingungen, die breiten sich dann aus“ (führt mit dem Zeigefinger eine wellenförmige Bewegung bis zu seinem Ohr aus).

Anmerkung: Zwei Kinder haben von sich aus Schwingungen in einer physikalisch sinnvollen Bedeutung in das Gespräch eingebracht.

I: „Versuch mal mit deinen Worten meine Erklärung wiederzugeben.“

S: „Das Lineal geht hoch und runter. Halt erst runter, dann hoch. Es drückt die Luft zusammen und dann dehnt es sich wieder aus und dann drückt es sich wieder zusammen, dann dehnt es sich wieder aus usw. (Zeigt Ausbreitung mit der Hand an). Da war noch was. Die Luft geht so hin und her, da geht das Trommelfell auch hin und her.“

I: „Dann sag mir doch noch einmal, mit deinen eigenen Worten, wie das so vor sich geht.“

S: „Also, wie das reingeht. Da fängt das Ohr die Luft auf, das geht dann durch das Trommelfell und das Trommelfell leitet das dann weiter zum Gehirn.“

I: „Und was passiert vorher? Wie ist das beim Lineal?“

S: „Wenn's Lineal hochgeht, dann wird die Luft nach oben gedrückt, und wenn's nach unten geht, geht die Luft auch nach unten. Und dann entstehen Schwingungen, die breiten sich dann aus.“

Drei Kinder geben fehlerhafte oder sehr lückenhafte Darstellungen. Zwei Kinder äußern schon hier deutliche Bedenken hinsichtlich des Zusammenpressens von Luft und der Hin- und Herbewegung der Luft:

S: „Hm, die Luft bewegt sich. Ist schon komisch.“

Einzelaspekte der Schallerzeugung und -ausbreitung

Volumenänderung bei der Luft

Auf die Frage, ob man Luft zusammendrücken kann, antwortet die Hälfte der Schüler spontan mit ja, die andere Hälfte war sich nicht sicher oder äußerte Bedenken. Die Erfahrungen mit der Luftpumpe oder der Spritze war aber für diese zweite Gruppe völlig überzeugend.

Magnetrollenmodell für die Ausbreitung einer Longitudinalwelle in Luft

Das Schienenmodell erwies sich für die Kinder als besonders interessant und für die Akzeptanz als sehr hilfreich. Viele Kinder verwiesen am Ende des Gesprächs auf die Frage, was ihnen am besten gefallen hätte, auf das Magnetrollenmodell.

Anwendungsaufgabe 1

Die Bedeutung des Modells für das Verständnis und die Akzeptanz der Schallausbreitung in Luft zeigt sich darin, dass bis auf zwei Kindern allen ein Transfer auf das hüpfende Blatt an der Papiertrommel gelingt:

I: „Hier habe ich eine kleine Trommel, die mit Butterbrotpapier bezogen ist. Vorne hängt etwas dran. Schau mal, was passiert, wenn ich auf diesen Deckel schlage.“

S: „Da (Blechdeckel) wird vorne die Luft eingedrückt und dann geht das so (durch die Pappröhre) und dahin (Papier) und dann fliegt das (angehängtes Blatt) hoch.“

Anwendungsaufgabe 2

Mit der Schallerzeugung und –wahrnehmung bei einer schwingenden Stricknadel wurde nochmals das Verständnis überprüft. Bis auf zwei Kinder gelingt dies allen. Bei drei Kindern taucht kurz die Idee auf, dass der Ton durch „Klopfen“ der Stricknadel auf den Tisch entstehen würde. Die konnte sofort durch Probieren ausgeräumt werden.

I: „Jetzt habe ich noch eine Frage an dich. Mit der Stricknadel kann ich auch einen Ton erzeugen.“ (demonstriert)

S: „Also, wenn man das hier so macht (führt durch), dann wird die Luft nach oben gedrückt und wenn sie (Stricknadel) nach unten geht, dann geht die (Luft) da mit. Dann schwingt die Luft und breitet sich weiter aus.“

I: „Und wie breitet sich die Luft aus?“

S: „Dann schwingt die und die breitet sich immer weiter aus. Und die fängt dann das Ohr auf und geht durch den Gehörgang zum Trommelfell und das bewegt sich dann. Und dann gehen die Schwingungen zu der Schnecke und dann gehen sie zum Gehirn.“

I (demonstriert): „Du kannst etwas hören. Wie kannst du dir erklären, dass man bei der Stricknadel etwas hören kann.“

S: „Hm. Das ist wie das Lineal. Das biegt sich und die Luft ist außen rum und wird dann hier so, so, so (wackelt mit der Hand von der Stricknadel zum Ohr) bis zum Ohr. Das ist wie beim Lineal.“

Schallausbreitung in Wasser und festen Körpern

Mit fünf Kindern wurde noch die Schallausbreitung in Wasser und festen Körpern behandelt, und zwar eher als Überprüfung ob ein Transfer gelingt. Bei ihren Erklärungsversuchen greifen die Kinder auf Luft oder Oberflächenwellen beim Wasser zurück. Dieser Teil hätte sehr viel genauer geplant und konsequent durchgeführt werden müssen, um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten.

6 Schlussbemerkung

Unsere Untersuchung zeigt, dass Grundschul Kinder aus dritten Klassen eine physikalische Erklärung der Schallentstehung, -ausbreitung und -wahrnehmung verstehen, akzeptieren und anwenden können. Von besonderer Bedeutung ist dabei ein Modell für die sukzessive Ausbreitung von Luftverdichtungen und -verdünnungen.

Das Magnetrollenmodell für den Physikunterricht in der Mittelstufe steht in der Grundschule sicherlich nicht zur Verfügung. Ein Nachbau dieses Modells ist mit vertretbarem Aufwand nicht möglich. Als geeignete und kostengünstige Alternative wird die Verwendung einer langen, weichen Feder, wie z.B. eines Slinky (siehe auch: SUPRA- Materialbörse) empfohlen.

Wenn den Lehrkräften in den Grundschulen kein geeignetes didaktisches Material angeboten wird, könnte der physikalische Aspekt der Schallerzeugung und -ausbreitung im Sachunterricht trotz der erfolgten Änderung des bayer. Lehrplans auch weiterhin eine untergeordnete Rolle spielen. Da er jedoch auch für das Verständnis des Hörens von großer Bedeutung ist, sollte die umfangreiche Bearbeitung des Themas in der Grundschule keinesfalls fehlen.

Wir bieten den Grundschullehrkräften in der SUPRA-Materialbörse sowohl fachdidaktisch reflektierte Unterrichtsvorschläge, als auch in der Praxis erprobtes, direkt im Unterricht einsetzbares Lehr- und Lernmaterial zum Thema „Schall“.