

Wissenschaftliche Hausarbeit im Rahmen der ersten
Staatsprüfung für das
Lehramt an Haupt- und Realschulen
im Fach Physik

Thema:

**Vorstellungen von Studierenden bei
der Bearbeitung von
Experimentierstationen zum Thema
Akustik**

vorgelegt von:

Christoph Lotz
Mittelgasse 5
35321 Laubach

1. Gutachter: Professor Claudia von Aufschnaiter

Bearbeitungszeitraum: 22.01.2008 – 15.04.2008

Laubach, den 14.04.2008

Inhaltsverzeichnis

<i>1 Einleitung</i>	4
<i>2 Theoretischer Teil:</i>	7
- 2.1 Didaktischer Hintergrund	8
- 2.1.1 Vorstellungsforschung in den Naturwissenschaften	8
- 2.1.2 Vorstellungen von Schülern zum Themengebiet Akustik	12
- 2.2 Die Unterrichtseinheit / Stationen	14
- 2.2.1 Durchführung der Einheit	14
- 2.2.2 Kurzer Überblick der Stationen	15
- 2.2.3 Angestrebte Vorstellungen	17
<i>3 Empirischer Teil:</i>	25
- 3.1 Fragestellung der Arbeit	26
- 3.1.1 Welche Vorstellungen werden von den Studierenden geäußert	26
- 3.1.2 Erreichen der Lernziele	26
- 3.2 Datengrundlage	27
- 3.3 Methodisches Vorgehen	30
- 3.3.1 Kategoriengeleitete Analyse	30
- 3.3.2 Kategorien im Detail	30
- 3.3.3 Transkriptgestützte Detailanalyse	35
- 3.4 Ergebnisse der Arbeit	36
- 3.4.1 Quantitative Auswertung des Kategoriensystems	36
- 3.4.2 Transkriptgestützte Detailanalyse - Befunde zu den einzelnen Stationen	42

• Vorstellungen aus „Musik aus Flaschen“	42
• Vorstellungen aus „Flaschenposaune und Orgelpfeife“	47
• Vorstellungen aus „Schwingungen übertragen“	54
• Vorstellungen aus „Schwingungen sichtbar gemacht“	60
- 3.4.3 Transkriptgestützte Detailanalyse - Stationsübergreifende Befunde	66
- 3.4.4 Vergleich Klausur → Musik aus Flaschen	71
- 3.5 Zusammenfassung / Fazit	74
- 3.5.1 Zusammenfassung der Befunde	74
- 3.5.2 Vergleich mit der Literatur	76
- 3.5.3 Fazit	78
- 4 Literaturverzeichnis	80
- 5 Anhang	82

1 Einleitung

Ein grundlegendes Ziel in der aktuellen fachdidaktischen Forschung ist, die Planung und Gestaltung von Unterricht zu verbessern und Hinweise darauf zu geben, wie dies zu ermöglichen ist. In internationalen Vergleichsstudien wie PISA 2000 und TIMSS schnitten die deutschen Schüler in den Naturwissenschaften unterdurchschnittlich ab. In PISA 2006 sind die deutschen Schüler im oberen Drittel des Leistungsspektrums und haben sich damit deutlich verbessert. Der Nachteil solcher Studien liegt darin, dass es lediglich Leistungsstudien sind, welche reines Fachwissen abfragen bzw. Defizite aufdecken. Diese Studien geben allerdings keinen Aufschluss über die Ursache der aufgezeigten Leistungsdefizite und wie das Lehr-Lern-Angebot verbessert werden kann.

Die Vorstellungsforschung versucht Einblicke in die Gedankenstrukturen von Lernenden zu erhalten, um durch den Vergleich von Lernervorstellungen und fachwissenschaftlichen Vorstellungen die Ursachen von Verständnisschwierigkeiten zu identifizieren und Lösungsansätze zu liefern. Speziell zum Themengebiet Schall sind bereits viele Untersuchungen mit Schülern der Grundschule bis zur Oberstufe durchgeführt worden. Die Untersuchung der Vorstellungen von Studierenden wurde dagegen in der Vorstellungsforschung bis dato stark vernachlässigt.

Dieser Arbeit liegen als Beobachtungsdaten Videoaufzeichnungen und Laufzettelaufzeichnungen von Sachunterrichtsstudierenden bei der Bearbeitung von Experimentierstationen zum Themengebiet Akustik zugrunde. Die Lerneinheit wurde ursprünglich für den Einsatz im Sachunterricht der Grundschule entwickelt. Ziel dieser Arbeit ist es, Vorstellungen bzw. innere Gedankenkonstrukte von Studierenden des Sachunterrichts aufzuzeigen und mit den bereits dokumentierten Vorstellungen von Schülern zu vergleichen.

Zur Umsetzung der aufgeführten Ziele wird im theoretischen Teil zunächst erläutert, was unter dem Begriff Vorstellung in der Naturwissenschaftsdidaktik typischerweise verstanden wird. Anschließend

werden bereits in früheren Studien erhobene Vorstellungen von Schülern zum Thema Schall dargestellt. Schließlich wird die Lerneinheit und deren Durchführung beschrieben.

Im empirischen Teil wird zu Beginn die Fragestellung der Arbeit erläutert und das methodische Vorgehen beschrieben. Anschließend werden die Befunde dieser Arbeit in 3.4 ausführlich dargestellt. In 3.5 werden die Ergebnisse kurz zusammengefasst und in einen Vergleich mit den Schülervorstellungen aus dem Theoretischen Teil gestellt.

Im Anhang befinden sich die Experimentieranleitungen zu den Stationen.

2 Theoretischer Teil

2.1 Didaktischer Hintergrund

In diesem Abschnitt werden der theoretische Hintergrund der Vorstellungsforschung in den Naturwissenschaften knapp erörtert und für das Themengebiet Schall typische Vorstellungen diskutiert.

2.1.1 Vorstellungsforschung in den Naturwissenschaften

a) Definition von Vorstellungen

Die Vorstellungen von Lernenden zu erfassen erscheint sinnvoll, da diese Vorstellungen den Ausgangspunkt für Lernprozesse darstellen. Je nach „Art“ der Vorstellung kann diese für fachliches Lernen anschlussfähig sein oder sich als eher hinderlich erweisen. Darüber hinaus können Vorstellungen Hinweise darauf liefern, auf welche Phänomene und Gesetze im Unterricht besonders eingegangen werden muss. (s.a. Baalman, Frerichs, Weitzel, Gropengießer & Kattmann; 2004)

Bevor Untersuchungen zu Vorstellungen durchgeführt werden liegt es nahe, festzulegen, was unter dem Begriff „Vorstellungen“ verstanden werden soll. Baalman et al. (2004) gehen davon aus, dass in der gegenwärtigen Forschung das Verständnis davon, was eine Vorstellung ist, sehr unterschiedlich ausfällt. Sie schlagen als Definition vor:

„Als (moderat) konstruktivistisch orientierte Naturwissenschaftsdidaktiker verstehen wir unter Vorstellungen subjektive gedankliche Prozesse, die weder aufgenommen noch weitergegeben werden können, sondern immer von den Personen selbst konstruiert oder erzeugt werden (...).“ (Baalmann et al., 2004, S.8)

Vorstellung wird in dieser Beschreibung also als Oberbegriff genutzt und als *inneres Gedankenkonstrukt* von Probanden zu vorliegenden Phänomenen bzw. Sachverhalten verstanden.

b) Physiklernen aus konstruktivistischer Perspektive

Der konstruktivistische Lernansatz bezieht sich auf drei Grundlegende Aspekte:

- I. Der Lernende muss das Wissen selbst „konstruieren“ und nicht passiv übernehmen. „Wissen lässt sich einem Lernendem nicht wie ein Goldstück übergeben.“ (Duit, 2002, S.9)
- II. „Alles, was wir über (die) Wirklichkeit wissen, (ist) menschliche Konstruktion (...).“ (Duit, 2002, S.10) Ebenso gilt für das naturwissenschaftliche Wissen, dass dies als vorläufige menschliche Konstruktion anzusehen ist. Die Geschichte hat gezeigt, dass wissenschaftliche Vorstellungen oft revidiert und ersetzt werden mussten.
- III. Der dritte Aspekt bezieht sich auf den materialen und sozialen Kontext des Lernenden. Jedes erworbene Wissen ist zunächst eng mit der Lernumgebung verbunden. Dadurch beeinflusst dieser Kontext die eigenen Konstruktionen eines jeden Lernenden.

„Die konstruktivistische Sichtweise betont also (...) den für sein Lernen selbst verantwortlichen Lernenden. Übertragung von Wissen ist, wie bereits aufgeführt, nicht möglich. Die Rolle des Lehrers ist also nicht die des Wissensübermittlers. Er kann gezielte Anstöße und Unterstützungen zum Lernen geben – nicht mehr und nicht weniger.“ (Duit, 2002, S.11)

Berücksichtigt man den konstruktivistischen Lernansatz aufgrund der drei Aspekte, ergibt sich, dass jeder Schüler sich von seinen bereits bestehenden Vorstellungen beeinflussen lässt, wenn es gilt, Beobachtungen bei einem Experiment zu machen. So sehen die Schüler nur das, „was ihnen ihre Vorstellungen gewissermaßen gestatten“ und nicht, „was (...) aus der Sicht der Lehrer so klar zu sehen ist.“ (vgl. Duit, 2002, S.11)

Ebenso lassen sich Schüler durch ein Gegenbeispiel allein nicht überzeugen. Vielmehr wird versucht die bestehende Vorstellung zu retten, indem argumentiert wird, warum genau in diesem einen speziellen Ausnahmefall ein anderes Ergebnis als das Vorhergesagte eintraf. Jedoch selbst wenn die wissenschaftliche Sichtweise von den Lernenden verstanden wird, äußern sie dennoch Zweifel an der Glaubwürdigkeit.

c) Veränderung von Vorstellungen - Konzeptwechsel

Das Lernen der Naturwissenschaften bedeutet für die Lernenden, dass sie ganz neue Sichtweisen erlernen müssen. Sie müssen von dem Konzept ihrer Alltagsvorstellungen zu einem neuen Konzept der physikalischen Sichtweise wechseln. Dabei gelingt es allerdings nicht, die Alltagsvorstellungen einfach zu verwerfen und durch ein neues Konzept zu ersetzen. Daher kann das Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts lediglich sein, die wissenschaftliche Sichtweise als in bestimmten Situationen angemessener und fruchtbarer darzulegen. Duit beschreibt dies als kontextspezifischen Wechsel. (vgl. Duit, 2002, S.13)

Vier Bedingungen müssen laut Duit erfüllt sein, damit ein Konzeptwechsel erfolgen kann:

- 1) Die Lernenden müssen mit den bereits vorhandenen Vorstellungen unzufrieden sein.*
- 2) Die neue Vorstellung muss logisch verständlich sein.*
- 3) Sie muss einleuchtend, also intuitivplausibel, sein.*
- 4) Sie muss fruchtbar, d.h. in neuen Situationen erfolgreich sein.*

(Duit, 2002, S.13)

Für den Konzeptwechsel gibt Duit zwei unterschiedliche Strategien, den kontinuierlichen und den diskontinuierlichen Lernweg, an. Der kontinuierliche Lernweg sieht vor, an den Vorstellungen der Lernenden anzuknüpfen und diese Schritt für Schritt in einem bruchlosen Übergang zu den wissenschaftlichen Vorstellungen überzuleiten. „Die Alltagsvorstellungen, mit denen unsere Schülerinnen und Schüler in den Unterricht hineinkommen, sind in aller Regel nicht schlicht falsch, sondern sie haben sich in vielfältigen Alltagserfahrungen bewährt. Sie müssen in langwierigen Prozessen davon überzeugt werden, dass diese neuen Sichtweisen mindestens so einleuchtend und fruchtbar sind wie die alten.“ (Duit, 2002, S.12) Eine Möglichkeit besteht hier in der Umdeutung bereits existierender Alltagsvorstellungen; z.B. wird die Vorstellung des „Stromverbrauchs“ auf ein „Verbrauchen“ von Energie und nicht von Strom umgedeutet.

Beim diskontinuierlichen Lernweg wird für die Lernenden ein kognitiver Konflikt geschaffen, um sie von der wissenschaftlichen Sichtweise zu überzeugen. Dies kann durch Gegenüberstellung von konträren Alltagsvorstellungen und wissenschaftlichen Vorstellungen geschehen. Eine Alternative dazu ist, die Voraussagen der Lernenden zum Ausgang eines Experimentes mit dem tatsächlichen Ausgang gegenüberzustellen und die Lernenden damit konfrontieren, um so einen kognitiven Konflikt zu schaffen.

Duit steht dem diskontinuierlichen Lernweg skeptisch gegenüber, da es kaum zu gewährleisten ist, dass die Lernenden den kognitiven Konflikt auch so wahrnehmen, wie es beabsichtigt ist. Lernende verteidigen ihre Vorstellungen häufig mit Ad-Hoc-Annahmen, „so dass in vielen Fällen nur der Ausweg bleibt, die Diskussion durch die Expertenmitteilung des Lehrers zu einem vorläufigen Abschluss zu bringen.“(Duit, 2002, S.16)

Für welchen Lernweg (kontinuierlich oder diskontinuierlich) sich der Lehrende auch entscheidet, in beiden Fällen ist es unabdingbar, die Alltagsvorstellungen der Lernenden zu kennen und diese in die Unterrichtsplanung einzubeziehen.

2.1.2 Vorstellungen von Schülern zum Themengebiet Akustik

In der Literatur gibt es nur wenige Untersuchungen zu Vorstellungen von Schülern und noch weniger zu Vorstellungen von Studierenden.

In diesem Abschnitt werden typische Vorstellungen von Grundschulern zum Themengebiet Schall aus früheren Studien aufgezeigt. Vorstellungen von Studierenden sind nur sehr wenige in der Fachliteratur dokumentiert (z.B. Driver, Squires, Rushworth & Wood – Robinsin, 1994). Ebenso finden sich nur wenige Dokumentationen über Ergebnisse der Vorstellungsforschung zu diesem Themengebiet über Schüler der Mittel- und Oberstufe.

Als Grundlagen dienen an dieser Stelle ein Vortrag auf der Tagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDChP) in Berlin (Rudolph, Wiesner; 2000) und ein Artikel von Patrick Wulf und Manfred Euler (2004). In beiden Studien werden die Vorstellungen von Grundschulkindern untersucht, indem den Schülern ausgewählte Phänomene zum Themengebiet Schall in Experimenten gezeigt werden. Anschließend dürfen die Probanden selbst experimentieren und werden zu den beobachteten Phänomenen bzw. Sachverhalten interviewt.

Folgende Vorstellungen werden in beiden Studien beschrieben:

- „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.“ (Rudolph et al., 2000, S.2)
- Primarstufenkinder sehen Luft als ein „Nichts“ an und sehen daher keine Notwendigkeit für das Vorhandensein eines Mediums zur Schallausbreitung.
- Schall wird als ein „Ding“ aufgefasst, welches Teil der Schallquelle ist und sich nach einem Vagabundiermodell* ausbreitet.

*Unter Vagabundiermodell ist zu verstehen, dass die Kinder eine Quelle, eine Übertragungsstrecke und einen Empfänger (Ohr) in ihre Vorstellung einbauen. Bei einem Teil der Kinder durchläuft das Objekt Ton von der Quelle einen zirkulär geschlossenen Weg bis zum Empfänger und wieder zurück zur Quelle. Der Ton ist nur dort, wo er auch zu hören ist und nicht im ganzen Raum vorhanden.

- Abdeckungen sind hinderlich für die Schallausbreitung, da das Objekt Schall die Schallquelle nicht (oder schlecht) verlassen kann. „Löcher verursachen das Phänomen, dass Schall durch Körper hindurch geht.“ (Rudolph et al., S.2)
- Hohe und tiefe Töne werden von den Probanden oft nicht richtig zugeordnet.

Auffällig ist, dass eine Vorstellung gegensätzlich in den Studien dokumentiert ist:

Die untersuchten Kinder sprechen einerseits dem Ohr eine Aktivität zu (siehe Rudolph et al., S.2), welche aus Formulierungen wie „hinhören“ und „lauschen“ von den Studienleitern geschlossen wird.

Auf der anderen Seite dagegen wird dem Ohr eine Passivität zugeschrieben. „Der Hörer steht dabei (...) völlig am Rande und hat keinerlei aktive Funktion.“ (Müller et al., S.43) Dafür wird hier dem Objekt Ton die Aktivität zugesprochen, welcher sich nach dem Vagabundiermodell ausbreitet.

2.2 Die Unterrichtseinheit / Stationen

2.2.1 Durchführung der Einheit

Die Lerneinheit wurde in einer Seminarsitzung von Sachunterrichtsstudenten, welche am Institut für Didaktik der Physik an der Justus-Liebig-Universität Gießen durchgeführt wurde.

Im Rahmen der Lerneinheit wurde den Studierenden eine Vielzahl von Stationen (siehe 2.2.1) angeboten, welche sie in Kleingruppen von 2-3 Personen nach und nach bearbeiten sollten. Die Studierenden sollten möglichst viele Stationen durchlaufen, wobei einige Stationen als Pflichtstationen markiert waren. An jeder Station lagen für die Studierenden eine Stationsbeschreibung (s. Anhang) und Experimentiermaterial bereit. Jeder Studierende hatte zudem einen Laufzettel (s. Anhang), auf welchem die Aufgaben der Station erledigt wurden und in welchem die Ergebnisse eingetragen wurden.

Die Studierenden sollten selbständig an den Stationen experimentieren und versuchen, möglichst autonom zu den Ergebnissen zu gelangen. Die Dozentin war die ganze Zeit über anwesend und stand den Studierenden bei Fragen zur Seite, hielt sich aber ansonsten im Hintergrund auf, um die Studierenden autark arbeiten zu lassen.

Im Folgenden werden die Experimentierstationen kurz beschrieben, die von den im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Studierenden bearbeitet wurden. In 2.2.2 wird ein kurzer Überblick zu den Stationen gegeben. Das Augenmerk liegt anschließend auf 2.2.3, wo die durch diese Lerneinheit angestrebten Vorstellungen dokumentiert sind. In 2.2.1 wurde bereits die Einbettung der Stationen in die gesamte Lerneinheit beschrieben und die vorgeschriebene Vorgehensweise der Studierenden beim Durchlaufen der Stationen verdeutlicht.

2.2.2 Kurze Übersicht der Stationen

Die Studierenden haben folgende Stationen durchlaufen (siehe Tab. 2.1). Die ausführlichen Experimentieranleitungen der Stationen sind dem Anhang beigelegt.

Name der Station	Kurze Beschreibung des Inhaltsbereichs	Verbindung zu einer anderen Station
1a) Musik aus Flaschen	Töne durch Anblasen und Anschlagen von mit Wasser befüllten Flaschen erzeugen.	
1b) Singende Gläser	Töne durch Reiben mit dem Finger über den Rand von mit Wasser befüllten Gläsern erzeugen.	Expliziter Verweis auf 1a)
1c) Gespannte Saite	Töne durch Zupfen einer gespannten Saite erzeugen.	
1d) Trommeln	Töne durch Schlagen einer über eine Schüssel gespannte Folie erzeugen.	1c)
1e) Musikinstrumente aus Metall	Töne an einem Xylophon und einer Stimmgabel erzeugen.	
1f) Spieluhren	Töne durch Drehen einer Spieluhr erzeugen.	1e)
1g) Flaschenposaune und Orgelpfeife	Töne durch Blasen eines zum Teil in Wasser stehendem Rohr (Flaschenposaune) und Blasen von Orgelpfeifen erzeugen.	1a)
2a) Hoppla, was schwingt da?	Tonentstehung anhand schwingender Metallstreifen und Stimmgabel untersuchen.	
2b) Schwingungen	Töne von einer Stimmgabel zu einer	2a)

übertragen	anderen übertragen.	
2c) Schwingungen sichtbar gemacht	Tonentstehung mit einer Schreibstimmgabel untersuchen.	
2d) Wie Indianer horchen	Tonübertragung durch verschiedenste Ausbreitungsmedien (Wand, Tisch...) untersuchen.	
2e) Knochenleitung	Tonübertragung mit einer Stimmgabel am eigenen Körper untersuchen.	2d)

Tabelle 2.1: Stationen der Lerneinheit im Überblick

2.2.3 Angestrebte Vorstellungen

Während den Stationen sollten die Studierenden verschiedenste Aufgaben erledigen. Den jeweiligen Aktivitäten sind bestimmte Vorstellungen zugeordnet (siehe Tabelle 2.2), welche die Studierenden erreichen sollten. Die ausführlichen Experimentieranleitungen der Stationen sind dem Anhang beigelegt.

Station	Aktivität	Angestrebte Vorstellung
1a) Musik aus Flaschen	Unterschiedlich hoch befüllte Flaschen erzeugen beim Anblasen unterschiedlich hohe Töne. Dabei erzeugt die Flasche mit dem meisten Wasser den höchsten Ton.	Beim Pusten wird die Luft zum Schwingen gebracht und erzeugt den Ton. Je mehr Wasser in den Flaschen ist, desto weniger Luft kann schwingen und umso höher wird der Ton.
	Die unterschiedlich hoch befüllten Flaschen werden (vorsichtig) mit einem Schraubendreher angeschlagen und so ein Ton erzeugt. Diesmal erzeugt die Flasche mit dem meisten Wasser den tiefsten Ton.	Durch das Anschlagen werden Flasche und darin enthaltenes Wasser zum Schwingen gebracht und erzeugen den Ton. Je mehr Wasser in der Flasche ist, umso tiefer wird der Ton.
1b) Singende Gläser	Unterschiedlich hoch befüllte Weingläser werden mit einem feuchten Finger auf dem Rand umkreist und so Töne erzeugt.	Da die hoch befüllten Gläser einen tiefen Ton erzeugen, sind es Wasser und Glas, die den Ton durch Schwingen erzeugen. Je voller das Glas, umso tiefer der Ton.

	Es wird versucht, den gleichen Versuch mit trockenen, öligen, mit Lippenstift bemalten Fingern durchzuführen.	Da es nicht immer gelingt, einen Ton zu erzeugen, spielt der Zustand der Finger eine Rolle: Mit trockenen Fingern z.B. kann das Glas nicht in Schwingung versetzt werden.
1c) Gespannte Saite	Die Länge einer gezupften Saite wird variiert.	Der Ton ist abhängig von der Länge der Saite: Je länger die Saite ist, umso tiefer wird der Ton.
	Die Länge der Saite wird gleich gehalten. Dafür wird die Spannung der Saite variiert.	Die Tonhöhe ist abhängig von der Spannung der Saite: Je größer die Spannung der Saite, desto höher der Ton.
1d) Trommeln	Die Spannung einer über eine Schüssel gespannten Tüte wird variiert.	Die Tonhöhe ist abhängig von der Spannung: Je höher die Spannung, desto höher der Ton.
	Die Größe der Schüsseln wird variiert.	Die Tonhöhe ist abhängig von der Schüsselgröße, bzw. von der Größe der bespannten Fläche: Je größer die bespannte Fläche, desto tiefer der Ton.
	Die Folienstärke (Dicke der Tüte) wird variiert.	Die Tonhöhe ist abhängig von der Folienstärke: Je dicker die Folie, desto tiefer der Ton.
1e) Musikinstrumente aus Metall	Die Bleche eines Xylophons werden auf ihre Tonhöhe untersucht.	Die Tonhöhe ist abhängig von der Größe des Bleches: Je größer das Blech, desto tiefer der Ton.
	Zwei unterschiedlich große Stimmgabeln werden auf ihre Tonhöhe hin untersucht.	Die Höhe des Tons ist abhängig von der Größe der Stimmgabel: Je größer die Stimmgabel, desto tiefer der Ton.

	<p>Es soll eine allgemeingültige Regel für die in diesem Versuch genutzten Musikgegenstände aufgestellt werden.</p>	<p>Die Tonhöhe ist immer abhängig von der Größe dessen, was schwingt und den Ton erzeugt: Je größer, desto tiefer der Ton.</p>
<p>1f) Spieluhren</p>	<p>Alleine durch Betrachten der geöffneten Spieluhr (es sind unterschiedlich große Metallstreifen zu sehen) soll bestimmt werden, welche Metallstreifen hohe und welche tiefe Töne erzeugen.</p>	<p>Die im vorherigen Versuch (1c) angestrebte Vorstellung „je..., desto“ soll genutzt werden, um zu erkennen: Die kleinen Streifen machen einen hohen, die großen einen tiefen Ton.</p>
	<p>Die aufgestellte Theorie wird an der Spieluhr in der Praxis überprüft.</p>	<p>Die Vorstellung „großes erzeugt tiefen Ton; kleines erzeugt hohen Ton“ soll bestätigt und gefestigt werden. Evtl. Fehlvorstellungen sollen revidiert werden, da dann hier ein gegensätzliches Ergebnis herauskommt.</p>
<p>1g) Flaschenposaune und Orgelpfeife ----- Flaschenposaune</p>	<p>Die Länge des Rohres oberhalb des Wasserspiegels wird variiert, während man durch Pusten einen Pfeifton erzeugt.</p>	<p>Die Tonhöhe ist abhängig von der Länge oberhalb des Wasserspiegels (bzw. vom Luftvolumen im Rohr): Je höher das Rohr aus dem Wasser ragt, desto tiefer der Ton.</p>

		Der gleiche Versuch wird mit einem dickeren Rohr durchgeführt.	Hier gilt das gleiche Prinzip wie zuvor. Die Töne sind lediglich nach unten verschoben (allgemein tiefer). Die Tonhöhe ist also nicht nur von der Länge des Rohres abhängig, sondern auch von der Dicke. Dadurch kann davon ausgegangen werden, dass es vom Luftvolumen im Rohr abhängig ist: Je größer das Luftvolumen im Rohr, desto tiefer der Ton.
	Orgelpfeife	Unterschiedlich große Orgelpfeifen werden angepustet und bezüglich ihrer Tonhöhe untersucht.	Die Tonhöhe ist abhängig von der Größe der Orgelpfeifen (bzw. von der Größe des Luftvolumens innerhalb der Pfeifen): Je größer die Pfeife (das Luftvolumen), desto tiefer der Ton.
2a) Hoppla, was schwingt da?		Ein Metallstreifen wird zum Schwingen gebracht. Die Länge des freischwingenden Stückes wird variiert.	Die Tonhöhe ist abhängig von der Länge des schwingenden Stückes: Je länger das Stück, desto tiefer der Ton.
		Eine Stimmgabel wird angeschlagen und ihre Zinken genau betrachtet, solange sie einen Ton erzeugt.	Die Zinken schwingen hin und her, solange die Stimmgabel einen Ton erzeugt. Der Ton wird also durch Schwingung erzeugt.

	<p>Die gleiche Stimmgabel wird nun nach dem Anschlagen in Wasser gehalten.</p>	<p>Hier ist nur deutlicher zu sehen, dass die Stimmgabel schwingt. Falls dies zuvor nicht gesehen wurde, kommt hier die Erkenntnis, dass das Schwingen der Gabel den Ton zur Folge hat.</p>
	<p>Es soll überlegt werden, was bei einer Gitarre, Trommel und Flöte schwingt, damit ein Ton entsteht.</p>	<p>Es sind unterschiedliche Dinge, die Schwingen und so einen Ton erzeugen: Gitarre → Saite Trommel → Fell Flöte → Luft</p>
<p>2b) Schwingungen übertragen</p>	<p>Eine Stimmgabel wird angeschlagen und über eine gespannte Folie mit Korkmehl gehalten.</p>	<p>Solange die Stimmgabel schwingt, „tänzelt“ das Korkmehl auf der Folie. Die Schwingung der Stimmgabel versetzt die Luft in Schwingung, welche wiederum die Folie in Schwingung versetzt. Die Schwingung wird per Luft übertragen.</p>
	<p>Ein Topf wird mit Öffnung nach unten über die Folie gehalten und mit einem Kochlöffel angeschlagen.</p>	<p>Das Korkmehl „hüpft“ nur einmal kurz. Die Schwingung ist keine dauerhafte, wie der Stimmgabel, sondern ein kurzer Knall. Die Schwingung wird wie oben per Luft übertragen.</p>
	<p>Der Abstand des Topfes zur Folie wird variiert. Dabei wird versucht, den Topf immer gleich stark anzuschlagen.</p>	<p>Die Intensität des „Hüpfens“ ist abhängig von der Entfernung des Topfes: Je weiter der Topf weg ist, desto geringer „hüpft“ das Korkmehl. Die Intensität des Schalls nimmt mit zunehmender Entfernung ab.</p>

	<p>Zwei gleiche Stimmgabeln stehen sich mit den Öffnungen der Resonanzkörper gegenüber. Gabel A wird angeschlagen und kurz darauf festgehalten. Wo kommt der Ton her?</p>	<p>Der noch zu hörende Ton kommt von Stimmgabel B. Die Schwingung der Stimmgabel A also Stimmgabel B zum Schwingen angeregt. Die Schwingung wurde also per Luft übertragen.</p>
	<p>Es soll überlegt werden, wie der Ton bis zum Ohr gelangt.</p>	<p>Hier soll erkannt werden, dass das, was wir als Ton wahrnehmen, eine Schwingung der Luft ist. Der Ton (=Luftschwingung) gelangt zu unserem Ohr, indem die Luft schwingt.</p>
<p>2c) Schwingungen sichtbar gemacht</p>	<p>Eine Schreibstimmgabel wird angeschlagen und über eine berußte Glasplatte gezogen.</p>	<p>Da ein deutliches Wellenmuster zu sehen ist, muss die Stimmgabel (auch wenn es sonst nicht sichtbar ist) schwingen, wenn sie einen Ton erzeugt.</p>
	<p>Der Versuch wird mit einer zweiten Stimmgabel wiederholt. Dabei sollen beide Gabeln gleichschnell über die Platte gezogen werden.</p>	<p>Da bis auf die Stimmgabel selbst alle anderen Bedingungen gleichgehalten werden, kann das unterschiedliche Wellenmuster nur durch die Stimmgabel bedingt werden. Stimmgabeln mit hohem Ton haben dicht zusammenliegende (gestachelte) Wellenmuster, Stimmgabeln mit tiefem Ton haben weit auseinanderliegende (geschwungene) Wellenmuster.</p>

	<p>Eine Stimmgabel wird unterschiedlich fest angeschlagen und gleichschnell über die Platte gezogen. Die Muster werden untersucht.</p>	<p>Der einzige Unterschied in den Wellenmustern (Höhe der „Wellenberge“, bzw. Größe des Ausschlags) kann nur durch den einzig veränderten Parameter bedingt werden: Der Intensität des Anschlages (und somit auch der Intensität, also Lautstärke des Tons). Je fester angeschlagen wird (oder je lauter; oder je höher Intensität...), desto größer ist der Ausschlag.</p>
<p>2d) Wie Indianer horchen</p>	<p>Eine Stimmgabel wird angeschlagen und mit dem Schaft auf den Tisch gehalten. Mit dem Ohr wird nun auf dem Tisch in etwas Entfernung zur Gabel versucht, den Ton wahrzunehmen.</p>	<p>Der Ton der Gabel ist besser zu hören, wenn man ein Ohr auf den Tisch legt. Die Schwingung der Gabel überträgt sich daher auch über den Tisch bis hin zu unserem Ohr.</p>
	<p>Der gleiche Versuch wird nun auf anderen Unterlagen / Gegenständen durchgeführt. Z.B. Tür, Mauer, Heizung...)</p>	<p>Alle Unterlagen leiten den Ton unterschiedlich gut zu unserem Ohr. Wie gut der Ton (die Schwingung) geleitet wird, ist abhängig vom Material.</p>
	<p>Der gleiche Versuch wird nun auf einer Schaumstoffunterlage durchgeführt.</p>	<p>Da der Ton nun (so gut wie) gar nicht hörbar ist: Je weicher die Unterlage, desto weniger gut leitet sie Schall.</p>

2e) Knochenleitung	<p>Eine Stimmgabel wird angeschlagen und einem Probanden vorsichtig an vier unterschiedliche Stellen des Körpers gehalten.</p>	<p>Wie gut der Ton wahrgenommen werden kann, ist abhängig davon, wo die Gabel gehalten wird. Dabei ist es nicht von Bedeutung, wie nahe man dem Ohr ist.</p>
	<p>Es soll überlegt werden, warum an manchen Stellen der Klang besser wahrgenommen werden kann als an anderen. Dabei wird auf Knochen verwiesen.</p>	<p>An Stellen, wo sich Knochen befinden, lässt sich der Klang gut, an weichen Stellen weniger gut wahrnehmen. Festeres Material leitet Schwingung besser weiter, als weiches Material. (vgl. 2d Wie Indianer horchen.)</p>

Tabelle 2.2: Angestrebte Vorstellungen

3 Empirischer Teil

3.1 Fragestellung der Arbeit

3.1.1 Welche Vorstellungen werden von den Studierenden geäußert?

Der Hauptteil dieser Arbeit bezieht sich auf die Vorstellungen von Studierenden, welche in der Einheit zum Thema Akustik ermittelt werden können. Unter „Vorstellungen“ werden hier vor allem innere Gedankenkonstrukte (vgl. 2.1.1 Baalman → Definition von Vorstellungen) der Studierenden verstanden, die zur Erklärung von beobachteten Phänomenen der Experimentierstationen herangezogen werden. Dazu werden vor allem die Formulierungen von *je-desto-Regeln* und die Begründungen der Studierenden zu den Regeln berücksichtigt. (s.a. Abschnitt 3.3)

Von Interesse sind dabei sowohl physikalisch korrekte Ansichten, aber insbesondere auch sogenannte Fehlvorstellungen, welche von den Studierenden geäußert werden, aber nicht den wissenschaftlichen Vorstellungen genügen.

3.1.2 Erreichen der Lernziele (anhand „Musik aus Flaschen“ im Vergleich mit einer Klausuraufgabe)

Wie in 3.1 bereits angedeutet, wird in der Klausur in einer Aufgabe gezielt auf Erkenntnisse aus der Station „Musik aus Flaschen“ Bezug genommen. Zu dieser Station existieren die umfangreichsten Daten und es lässt sich dort besonders gut überprüfen, ob die Vorstellungen von den Studierenden den wissenschaftlichen Vorstellungen entsprechen. Besonders interessant ist es hier zu überprüfen, wie viele (Fehl-)Vorstellungen aus der Bearbeitung der Stationen bis zum Schreiben der Klausur korrigiert werden können.

3.2 Datengrundlage

In dieser Arbeit wurden die Äußerungen und Handlungen von Studierenden des Sachunterrichts bei der Bearbeitung von Experimentierstationen zum Thema Schall auf Video aufgezeichnet. Das Seminar, in dem dies erfolgte, wurde auf Grund der hohen Teilnehmerzahl (ca.50) dreimal im selben Semester (an unterschiedlichen Wochentagen) angeboten. Dadurch gab es drei gleiche Seminare und auch drei Gruppen von Studierenden, die über den Zeitraum eines Semesters die Lerneinheit durchliefen.

Die Einheit, welche Grundlage dieser Arbeit ist, wurde in einer Woche von den Studierenden zu ihren jeweiligen Seminarszeiten (eine Gruppe am Montag, eine am Dienstag und eine am Mittwoch) in einer 1½ stündigen Sitzung absolviert.

Während der Einheit wurden folgende Daten erhoben:

- Laufzettel zu allen Stationen
- Eine abschließende Klausur
- Videoaufzeichnungen von bestimmten Stationen:
 - o „Musik aus Flaschen“ Mo. 22.10.
 - o „Musik aus Flaschen“ Di. 23.10.
 - o „Flaschenposaune und Orgelpfeife“ Mo. 22.10.
 - o „Flaschenposaune und Orgelpfeife“ Di. 23.10.
 - o „Schwingungen übertragen“ Mo. 22.10.
 - o „Schwingungen übertragen“ Di. 23.10.
 - o „Schwingungen übertragen“ Mi. 24.10.
 - o „Schwingungen sichtbar gemacht“ Mi. 24.10.

Die Gruppen, welche die Stationen bearbeiteten, sind in Tabelle 3 dargestellt. Aus der Tabelle kann entnommen werden, welche Gruppe die Stationen zu welchem Zeitpunkt durchliefen. So hat z.B. Die Gruppe **Mo 1** als erste Gruppe die Station „Musik aus Flaschen“ durchlaufen und die Station „Flaschen posaune und Orgelpfeife“ als vierte Gruppe.

Station & Tag	1. Gruppe	2. Gruppe	3. Gruppe	4. Gruppe	5. Gruppe	6. Gruppe	7. Gruppe	8. Gruppe
„Musik aus Flaschen,, am Montag	Mo 1	Mo 2	Mo 3	Mo 4	Mo 5	Mo 6	Mo 7	-
„Musik aus Flaschen“ am Dienstag	Di 1	Di 2	Di 3	Di 4	Di 5	Di 6	Di 7	-
„Flaschenposaune &Orgelpfeife“ am Montag	Mo 6	Mo 8	Mo 9	Mo 1	Mo 11	Mo 2	Mo 4	-
„Flaschenposaune &Orgelpfeife“ am Dienstag	Di 1	Di 6	Di 8	Di 2	Di 4	Di 9	-	-
„Schwingungen übertragen“ am Montag	Mo 9	Mo 11	Mo 4	Mo 6	Mo 12	Mo 10	Mo 7	Mo 8
„Schwingungen übertragen“ am Dienstag	Di 3	Di 4	Di 9	Di 7	Di 6	Di 1	Di 8	Di 5
„Schwingungen übertragen“ am Mittwoch	Mi 1	Mi 2	Mi 3	Mi 4	Mi 5	Mi 6	-	-
„Schwingungen sichtbar gemacht“ am Mittwoch	Mi 2	Mi 8	Mi 7	Mi 5	Mi 3	Mi 4	-	-

Tab. 3: Gruppenzuordnung

Die Laufzettel der Studierenden sind nicht ganz vollständig vorhanden, da die Abgabe dieser Laufzettel auf freiwilliger Basis erfolgt ist. Auf diesen Laufzetteln wurden die Aufgaben der Stationen bearbeitet. Auf Grund dieser Aufzeichnungen lassen sich nur bedingt Aussagen über die inneren, gedanklichen Konstrukte der Studierenden machen. Lediglich durch die

Formulierung von Regeln und Gesetzmäßigkeiten können Rückschlüsse auf die Gedankenkonstrukte der Studierenden gemacht werden.

Die Klausur, welche am Ende des Seminars geschrieben wurde, bezieht sich inhaltlich auf das gesamte Seminar und nicht nur auf die Einheit, welche Grundlage dieser Arbeit ist. Daher wird von der Klausur lediglich eine Aufgabe mit in die Auswertung mit aufgenommen, die einen Bezug zum Thema Schall aufweist.

Am bedeutendsten für die Analyse sind die Videoaufzeichnungen der Stationen. Die Analyse der Einheit bezüglich der Vorstellung von den Studierenden greift daher nur auf Stationen zurück, welche auch auf Video dokumentiert sind. In den Videoaufzeichnungen lassen sich am besten die Prozesse der Regelbildung und die damit verbundenen Vorstellungen von Studierenden erfassen. Insbesondere sind die Sequenzen von Bedeutung, in denen Studierende ihren Kommilitonen bzw. sich selbst einen physikalischen Sachverhalt zu den Experimenten erklären. Die Audioqualität der Videoaufzeichnungen ist oft an der Grenze des noch Hörbaren bzw. Verstehbaren, da die Hintergrundgeräusche anderer Gruppen die Aussagen der zu videographierten teilweise überdeckten. Einige Aussagen von den Studierenden können in den Videos nicht rekonstruiert werden. Dennoch lassen sich aus den Videos die meisten Äußerungen von Studierenden rekonstruieren.

3.3 Methodisches Vorgehen

3.3.1 Kategoriengeleitete Analyse

Die vorhandenen Videos werden mit dem Programm Videograph kodiert und transkribiert (siehe Abschnitt 3.3.2 und 3.3.3). Von besonderem Interesse sind die Intervalle, welche der Kategorie „Erklären“ zugeordnet werden. In diesen Intervallen werden von den Studierenden oft phänomenübergreifende Regeln aufgestellt, beobachtete Phänomene erklärt und den Kommilitonen physikalische Sachverhalte dargelegt. Daraus lassen sich Rückschlüsse auf die innere Gedankenkonstrukte der Studierenden ziehen. Die dort auftretenden Vorstellungen werden stationsweise quantitativ ausgewertet und (quantitativ) mit den Aufzeichnungen aus den Laufzetteln verglichen.

3.3.2 Kategorien im Detail

1) Experimentieren:

Die Gruppe von Studierenden beschäftigt sich aktiv mit einem Experiment, führt es durch und diskutiert darüber. Auch das Beschreiben der Phänomene wird zum Experimentieren gezählt, insofern es sich qualitativ nur um eine reine Beschreibung handelt (z.B. „Bei dieser Flasche ist der Ton hoch“), qualitativ aber nicht in Richtung Erklären geht. Ausgenommen aus dieser Kategorie sind Phasen, in denen die Studierenden konkrete Erklärungsversuche zu dem Experiment liefern. Das Auf- und Abbauen der Experimente zählt nicht zum Experimentieren dazu.

Beispiel 1:

Video: „Musik aus Flaschen Di. 23.10.“, Gruppe Di 1

Zeitintervall: 0:21:10 – 0:21:20

Studierende1 pustet über eine Flasche, um einen Pfeifton zu erzeugen, während Studierende2 eine Flasche gleichen Wasserstandes mit dem Schraubendreher anschlägt, um ihrerseits einen Ton zu erzeugen.

2) Organisatorisches:

Unter Organisatorisches werden die Phasen zusammengefasst, in denen die Studierenden sich mit organisatorischen Dingen rund um die Experimente beschäftigen, wie z.B. Aufgabenblätter der Stationen lesen, benötigtes Zubehör für die Experimente holen, Auf- und Abbau der Experimente, der Dozentin Fragen zur Durchführung stellen...

Beispiel 2:

Video: „Musik aus Flaschen Di. 23.10.“, Gr. Di 1

Zeitintervall: 0:11:00 – 0:11:20

Studierende2 und Studierende1 lesen beide die Experimentier-Anleitung, bevor sie mit dem Experimentieren beginnen.

3) Erklären:

Ein oder mehrere Studierende versuchen eine Erklärung für das erlebte Phänomen zu liefern. Dabei geht die Erklärung über eine einfache Beschreibung hinaus, denn es wird eine Ursache der erlebten Wirkung zugeschrieben. Dabei ist es nicht von Bedeutung, ob die Erklärung an einen Kommilitonen gerichtet ist, oder die Erklärung nur für sich selbst geäußert wurde. Ebenso ist es nicht von Bedeutung, ob die Erklärung des Phänomens sachlich korrekt ist, um unter dieser Kategorie erfasst zu werden. Beschreibungen, welche qualitativ einer Erklärung sehr nahe kommen und

z.B. phänomenübergreifende Regeln liefern („je mehr, desto...“), werden im Zweifelsfall der Kategorie Erklären mit zugeordnet.

Beispiel 3:

Video: „Musik aus Flaschen Di. 23.10.“, Gr. Di 1

Zeitintervall: 0:21:40 – 0:21:50

Nachdem Studierende2 und 1 festgestellt haben, dass Tonhöhe durch Anpusten entgegengesetzt verläuft, wie beim Anschlagen, sagt 2: „Das hat dann was mit der Luft zu tun, die du da reinbläst...“

[Sie erklärt damit ihrer Kommilitonin, dass die Tonerzeugung und die Tonhöhe beim Anpusten durch die Luft bedingt werden].

4) Schreiben:

Die Studierenden beschäftigen sich mit dem Ausfüllen der Laufzettel zu den Stationen oder schreiben sich Feststellungen, Inhalte der Versuche... auf. Für die Zuordnung dieser Kategorie ist es wichtig, dass das Aufgeschriebene Gegenstand der Unterrichtseinheit ist und sich mit den Stationen, bzw. mit dem Lerninhalt beschäftigt.

Beispiel 4:

Video: „Musik aus Flaschen Di. 23.10.“, Gr. Di 1

Zeitintervall: 0:21:50 – 0:22:10

Nachdem Studierende1 ihr Kommilitonin einen Zusammenhang zwischen Luftvolumen in der Flasche und Tonhöhe erklärt hat, schreiben beide ohne zu sprechen ihre Ergebnisse auf ihre Laufzettel.

5) Off-Task:

Unter „Off-Task“ werden alle Handlungen zusammengefasst, die sich nicht mit dem Unterrichtsgegenstand, den Stationen oder den Experimenten befassen. Dazu zählen z.B. Verabredungen in der Freizeit, private Gespräche, Unterhaltungen über Inhalte anderer Kurse/Seminare....

Beispiel 5:

Video: „Musik aus Flaschen Mo. 22.10.“, Gr. Mo 4

Zeitintervall: 1:00:10 – 1:00:20

Studierende1: "Ne, ich glaub hier nur bis um 2"

Studierende2: "Aber ein Panini..."

Studierende1: "Wir fangen ja um viertel vor 2...ja stimmt ein Panini, ne."

Studierende2: "Ja ich glaube, ich hohl mir ein Panini. -...?...-"

[Beide unterhalten sich über die Öffnungszeiten der örtlichen Cafeteria und was sie zum Mittagessen möchten]

6) Sonstiges:

Alle Handlungen, die nicht den Punkten 1) – 7) zuzuordnen sind. Vor allem, wenn die Station leer steht und sich keine Gruppe bei ihr befindet.

Beispiel 6:

Video: „Musik aus Flaschen Di. 23.10.“

Zeitintervall: 0:00:00 – 0:11:00

Die Station steht leer. Es befinden sich noch keine Studierenden an der Station.

Kodierungsregeln:

Die Videosequenzen werden in 10-Sekunden-Intervalle eingeteilt. Jedem 10-Sekunden-Intervall wird eine der obigen Kategorien zugeordnet.

Innerhalb eines Intervalls kommt es immer wieder zu Parallelhandlungen (mehrere Handlungen werden zeitgleich durchgeführt; z.B. Experimentieren und Schreiben) oder es werden die Handlungen in kurzer Zeit geändert, so dass z.B. im selben Intervall erst experimentiert, dann geschrieben und anschließend die Experimentieranleitung gelesen (=Organisatorisches) wurde. Dadurch lässt sich ein solches Intervall nur schwer kodieren.

In solchen Fällen wird die zuzuschreibende Kategorie mithilfe der folgenden Prioritätsliste ausgewählt (dazu muss die Kategorie, der das 10-Sekunden-Intervall zugeordnet werden soll, mindestens 1 Sekunde dauern):

- 1. Erklären
- 2. Experimentieren
- 3. Organisatorisches und Schreiben
- 4. Off - Task und Sonstiges

Wenn in einem Intervall nur Handlungen der gleichen Priorität auftreten, wie z.B. Schreiben und Organisatorisches, wird dieses Intervall der Kategorie zugeschrieben, welche die meiste Zeit des Intervalls einnimmt.

Erklären gefolgt von Experimentieren besitzen die höchste Priorität, da diese Kategorien zum Aufdecken von Vorstellungen besonders wichtig sind.

Organisatorisches und Schreiben werden der gleichen Priorität zugeordnet, da sie keine Schlüsse auf die Vorstellungen der Studierenden zulassen.

Off – Task und Sonstiges stehen in der Hierarchie ganz unten, da diese Kategorien zum einen keine Rückschlüsse auf Vorstellungen der Studierenden zulassen und zum anderen oft nichts mit dem Experimentiergegenstand zu tun haben.

3.3.3 Transkriptgestützte Detailanalyse

Im zweiten Teil der Auswertung folgt die qualitative Beschreibung der Vorstellungen, basierend auf den Transkripten der Videoanalyse. Beispiele aus den Aufzeichnungen, sowohl Videos als auch Laufzettel, werden zitiert und so die aufgestellten Befunde belegt. Dabei ist zu beachten, dass die Zitate nur kurze, ausgewählte Ausschnitte aus langen Aufzeichnungen darstellen, die formulierten Gedankenkonstrukte allerdings nicht allein aus ihnen, sondern aus den vollständigen Aufzeichnungen hervor gehen.

3.4 Ergebnisse der Arbeit

3.4.1 Quantitative Auswertung des Kategoriensystems

In Tabelle 3.1 ist dargestellt, wie viel Zeit jede Gruppe der Videoaufzeichnungen an den Stationen für welche Handlung aufbrachten.

- Die Zeiten sind in *min:sek* angegeben.
- Die Gesamtzeit, bezieht sich darauf, wie viel Zeit die Gruppe an der Station verbracht hat.
- Unter Sonstiges wird nur die Zeit aufgelistet, welche keiner Kategorie zugeordnet werden konnte, jedoch nicht die Zeiten, in denen die Station leer stand.

Station & Tag	Gruppe Nr.	Experimentieren	Organisatorisches	Erklären	Schreiben	Off-Task	Sonstiges	Gesamt-Zeit	
Musik aus Flaschen	Montag	Mo 1	2:40	14:40	0:30	1:20	0:50	4:40	24:40
		Mo 2	2:00	7:10	0:30	2:20	-	0:10	12:10
		Mo 3	2:40	7:30	0:20	0:40	-	0:10	11:20
		Mo 4	1:50	5:30	0:40	1:10	-	-	9:10
		Mo 5	3:20	5:30	0:30	1:00	0:20	-	10:40
		Mo 6	3:40	10:30	0:40	1:40	1:40	0:20	18:30
		Mo 7	3:00	2:20	0:40	1:10	0:10	-	7:20
	Dienstag	Di 1	3:00	6:00	0:50	1:30	-	0:10	11:30
		Di 2	3:30	6:50	-	1:40	0:20	-	12:20
		Di 3	2:10	6:10	1:30	2:10	-	-	12:00
		Di 4	3:40	4:30	1:50	1:40	0:10	0:20	12:10
		Di 5	1:10	2:10	-	2:50	-	0:20	6:30
		Di 6	1:30	1:40	0:50	1:00	-	1:00	6:00
		Di 7	5:10	2:10	0:50	3:00	0:50	0:50	12:50

Station & Tag	Gruppe Nr.	Experimentieren	Organisatorisches	Erklären	Schreiben	Off-Task	Sonstiges	Gesamt-Zeit	
Flaschenposaune und Orgelpfeife	Montag	1 (Mo 6)	4:40	4:20	0:40	0:50	0:20	-	10:50
		2 (Mo 8)	4:50	3:40	3:20	1:10	1:20	0:10	14:30
		3 (Mo 9)	3:20	4:20	1:00	3:00	-	-	11:40
		4 (Mo 1)	3:30	5:10	0:50	-	-	0:20	9:50
		5 (Mo11)	1:40	2:30	0:40	0:30	0:30	-	5:50
		6 (Mo 2)	1:50	2:30	0:30	2:10	-	-	7:00
		7 (Mo 4)	1:40	1:00	0:20	0:40	-	-	3:40
	Dienstag	1 (Di 1)	2:40	2:30	0:40	1:00	-	-	6:50
		2 (Di 6)	3:00	3:00	0:50	1:10	0:40	0:10	8:50
		3 (Di 8)	5:20	3:20	0:40	2:40	-	-	12:00
		4 (Di 2)	1:50	2:10	0:50	1:20	-	-	6:10
		5 (Di 4)	4:50	1:10	1:00	1:30	-	-	8:30
		6 (Di 9)	3:40	1:10	-	1:00	-	-	5:50
Schwingungen übertragen	Montag	1 (Mo 9)	2:50	6:20	0:10	2:00	0:40	-	12:00
		2(Mo11)	2:00	4:20	1:00	1:30	-	-	8:50
		3 (Mo 4)	2:30	4:40	0:10	1:30	-	-	8:50
		4 (Mo 6)	3:10	4:30	1:10	1:20	-	0:10	10:20
		5(Mo12)	3:30	5:20	0:20	2:30	-	-	11:40
		6(Mo10)	1:50	3:00	0:30	1:20	0:20	-	7:00
		7 (Mo 7)	2:20	3:50	-	1:50	0:10	-	8:10
		8 (Mo 8)	0:10	0:50	-	-	-	-	1:00
	Dienstag	1 (Di 3)	3:20	2:40	0:20	3:20	-	-	9:40
		2 (Di 4)	2:50	1:50	1:10	3:30	-	-	9:20
		3 (Di 9)	2:10	1:50	0:10	2:40	0:20	-	7:10
		4 (Di 7)	3:20	3:00	-	2:10	-	-	8:30
		5 (Di 6)	2:20	2:10	0:10	1:50	-	-	6:30
		6 (Di 1)	2:10	1:20	-	1:10	-	-	4:40
		7 (Di 8)	1:40	1:30	0:20	2:00	0:20	-	5:50
8 (Di 5)		3:00	1:00	0:20	2:30	-	-	6:50	

		Gruppe Nr.	Experi- mentieren	Organisa- torisches	Erklären	Schreiben	Off- Task	Sonsti- ges	Gesamt- Zeit
Schwingungen sichtbar gemacht	Mittwoch	1 (Mi 1)	3:00	2:10	1:40	2:00	-	-	8:50
		2 (Mi 2)	9:00	4:20	0:20	3:40	0:10	-	17:30
		3 (Mi 3)	1:10	1:20	0:30	1:40	-	-	4:40
		4 (Mi 4)	2:20	3:00	0:10	2:30	-	-	8:00
		5 (Mi 5)	2:50	2:50	-	-	-	-	5:00
		6 (Mi 6)	1:00	2:10	0:40	3:50	-	-	7:40
	Mittwoch	1 (Mi 2)	1:40	2:50	1:40	2:20	-	-	8:30
		2 (Mi 8)	1:10	3:20	0:20	2:10	-	-	6:00
		3 (Mi 7)	1:30	1:50	0:40	2:20	-	-	6:20
		4 (Mi 5)	1:50	1:30	-	-	-	0:30	3:50
		5 (Mi 3)	2:00	1:40	-	2:10	-	-	5:50
		6 (Mi 4)	2:30	2:00	-	2:40	-	-	7:10

Tabelle 3.1: Quantitative Auswertung des Kategoriensystems

- **„Erklären“**

Die Auswertung des Kategoriensystems ergibt, dass die untersuchten Gruppen nur sehr wenig Zeit an den Stationen für Erklärungen aufbringen (siehe Tabelle 3.1). Das ist zwar bedauernswert, da diese Kategorie für die qualitative Auswertung die wichtigste ist, entspricht aber den Erwartungen.

- **„Organisatorisches“ und „Experimentieren“**

Die meiste Zeit wird für Organisatorisches und Experimentieren aufgebracht. Dies entspricht den Erwartungen, da die

Experimentierstationen die Studierenden zum Experimentieren anregen sollten (siehe auch „Experimentieranleitung“ im dem Anhang). Damit die Studierenden an den Stationen experimentieren können, müssen sie zunächst die Experimentieranleitungen lesen, was wiederum den hohen Anteil an Organisatorischem zur Folge hat.

- **„Off-Task“ und „Sonstiges“**

Auf dem ersten Blick scheint es bemerkenswert, dass den Kategorien sonstiges und Off-Task nur sehr wenig Zeit zugeschrieben wurde. Dies muss allerdings mit Blick auf die Kodierungsregeln (siehe 3.3.2) relativiert werden. Diese Kategorien unterliegen der niedrigsten Priorität, so dass Zeitintervalle, in denen parallel Handlungen einer höheren Priorität auftauchen, nicht den Kategorien Off-Task oder Sonstiges zugeschrieben wurden.

- **„Schreiben“**

Mit gleicher Vorsicht ist auch die Auswertung der Kategorie schreiben zu betrachten. Obwohl die Studierenden viel Zeit während des Experimentierens für das Aufschreiben der Ergebnisse aufbringen, erhöht sich der Anteil noch beträchtlich, wenn man berücksichtigt, dass auch hier einige Zeitintervalle mit parallelem Auftreten einer Handlung höherer Priorität nicht der Kategorie Schreiben zugeordnet wurde.

Beispiel 7:

Video: „Flaschenposaune und Orgelpfeifen Di. 23.10.“, Gr. Di 1

Zeitintervall: 0:01:50 – 0:02:00

Studierende1 schreibt Ergebnisse auf. Gleichzeitig bläst Studierende2 für ca. 3 Sekunden die „Flaschenposaune“ und beginnt anschließend ihre Ergebnisse aufzuschreiben.

Dieses Intervall wurde aufgrund der Prioritätsliste (s. Abschnitt 3.2.2) nicht der Kategorie „Schreiben“ sondern der Kategorie Experimentieren zugeordnet.

Addiert man die Zeiten aller Gruppen zusammen, so erhält man folgende Verteilung:

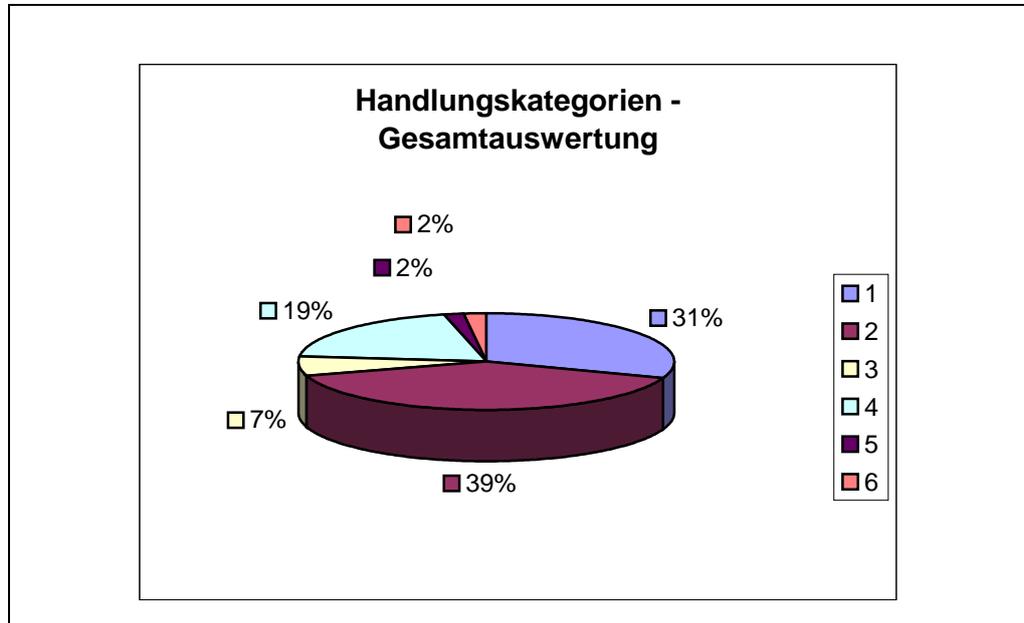


Diagramm 3.1

Legende:

1 → Experimentieren	2:31:20
2 → Organisatorisches	3:16:40
3 → Erklären	0:32:50
4 → Schreiben	1:36:40
5 → Off – Task	0:09:10
6 → Sonstiges	0:09:20

Auch hier ist zu beachten, dass, wie oben beschrieben, die Handlungen Schreiben, Off-Task und Sonstiges durch die Kodierungsregeln bei Parallelhandlungen benachteiligt werden.

Davon ausgehend, dass laut Kodierungsregeln die Handlung „Erklären“ die höchste Priorität besitzt, wird auch insgesamt deutlich, wie gering der Anteil dieser Handlung ausfällt. Wie bereits erwähnt, wird in der Auswertung besonders auf diese Kategorie geachtet. Dabei ergab sich, dass die meisten „Erklärungen“ in der Formulierung einer *je-desto-Regel* bestanden.

Beispiel 8:

Video: „Musik aus Flaschen Mo. 22.10.07“, Gr. Mo 3

Zeitintervall: 0:47:10 – 0:47:20

Studierender1 (nachdem Studierender1 und Studierende2 durch Blasen Pfeiftöne mit mehreren Flaschen erzeugt haben):

"Je weniger Wasser, desto tiefer der Ton."

3.4.2 Transkriptgestützte Detailanalyse - Befunde zu den einzelnen Stationen

Station 1a) „Musik aus Flaschen“

Die auftretenden Vorstellungen dieser Station lassen sich in zwei Bereiche unterteilen:

- a) Vorstellungen zur Tonerzeugung beim Anschlagen einer mit Wasser befüllten Flasche
- b) Vorstellungen zur Tonerzeugung beim Blasen über die Flaschenöffnung einer mit Wasser befüllten Flasche

a) Anschlagen der Flasche:

Alle Gruppen aus den Videoaufzeichnungen äußerten beim Anschlagen der Flaschen *je-desto-Regeln*, welche sich auf den Wasserstand in der Flasche beziehen. Diese Regeln lauten z.B.:

„Je höher das Wasser, desto tiefer der Ton“

„Je weniger Wasser in der Flasche ist, umso höher wird der Ton“

...

Auch in den Laufzetteln wurden die Regeln zu 100% in Bezug auf den Wasserstand formuliert. Neben der Formulierung der Regel geben nur sehr wenige Studierende eine gezielte Begründung an.

Wenn allerdings eine *je-desto-Regel* von den Studierenden weiter ausgeführt wird, sieht dies wie folgt aus:

Beispiel 9:

Video: „Musik aus Flaschen Di. 23.10.07“, Gr. Di 4

Zeitintervall: 1:03:00 – 1:03:20

Nachdem beide Studierende die Regel „Je höher das Wasser, desto tiefer der Ton“ formuliert haben, diskutieren sie gemeinsam über die Entstehung des Tons.

Stud1: "Guck mal hier haben wir`s doch wieder. Guck mal, je kürzer das Metall desto höher der Ton." (Sie bringt als Vergleich das Ergebnis aus einer anderen Station(1e) ein)

[4 Sekunden Pause]

Stud1: "Wenn man`s jetzt aufs Wasser, auf den Wasserstand bezieht"

(Sie erklärt ihrer Kommilitonin, den Zusammenhang zwischen Wasserstand und Tonhöhe, indem sie eine Parallele zur Station 1e) zieht. Hier wird auf das Wasser als Tonerzeuger hingewiesen.

Interpretation:

Durch die explizite Bezugnahme der Studierenden auf den Wasserstand lässt sich schließen, dass die Studierenden das Wasser und zum Teil auch die Flasche als tonerzeugendes Medium ansehen. Auch wenn dies so nicht explizit formuliert wird.

b) Blasen über die Flaschenöffnung:

Aus den Laufzetteln geht hervor, dass 14 von 18 Gruppen der Studierenden die Regeln in Bezug auf den Wasserstand formulieren und nur vier die Luft in Betracht ziehen.

In den Videos sind es zunächst 11 von 13 Gruppen der Studierenden, die die Regel in Abhängigkeit vom Wasserstand formulieren. Drei Gruppen ändern ihre Aussagen im Laufe dieser Station, so dass es nur noch acht sind. Die Anzahl derer, die die Luftmenge in der Flasche für ihre *je-desto-Regel* nutzen steigt dadurch von ursprünglich zwei auf fünf Gruppen an.

Ein typisches Beispiel für die Änderung des Gedankenkonstrukts liefern folgende Mitschnitte:

Beispiel 10:

Video: „Musik aus Flaschen Mo. 22.10.07“, Gr. Mo 3

Zeitintervall: 0:47:10 – 0:47:20

Studierender1 (nachdem Studierender1 und Studierende2 Pfeiftöne mit mehreren Flaschen erzeugt haben):

"Je weniger Wasser, desto tiefer der Ton."

Etwas später an dieser Station werden die Studierenden in der Experimentieranleitung aufgefordert, über Musikinstrumente nachzudenken, die nach dem gleichen Prinzip wie die angeschlagenen und angepusteten Flaschen funktionieren. Besonders bei dem Prinzip der angepusteten Flaschen kommt es immer wieder zur Revision zuvor aufgestellter Regeln:

Beispiel 11:

Video: „Musik aus Flaschen Mo. 22.10.07“, Gr. Mo 3

Zeitintervall: 0:52:40 – 0:52.50

Studierender1 (nachdem er als Instrument, welches wie das Anpusten der Flaschen funktioniert, die Flöte benannt hat):

"Du machst das mit dem Finger und deckst quasi das ab, was das Wasser macht. Das heißt, der Luftraum wird verändert. Vermut` ich jetzt mal."

[Er erklärt die Wirkungsweise der Flaschen mit dem Beispiel einer Flöte. Für die Tonerzeugung und die Tonhöhe ist beim Anpusten der Luftraum in der Flasche verantwortlich. Er ist sich seiner Erklärung zwar nicht vollkommen sicher, hält sie aber für so plausibel, dass er es seiner Kommilitonin so erklärt.]

Interpretation:

Die Tatsache, dass ein Großteil der Gruppen nur die Wassermenge in der Flasche in Betracht zieht, wenn sie hier eine je-desto-Regel aufstellt, lässt den Schluss zu, dass die Tonerzeugung durch in Schwingung versetzte Luft in ihren Vorstellungen nicht präsent ist.

Ebenso lässt sich aus dem Umschwenken der drei Gruppen schließen, dass sie in der Lage sind, ihre bestehenden Vorstellungen anzupassen und zu modifizieren. Bestehende Vorstellungen sind also nicht unumstößlich und fest verankert.

Einige Studierende äußern bereits vor dem Experimentieren eine Prognose über das erwartete Ergebnis. Es zeigt sich also, dass bereits Vorstellungen zu den Phänomenen vorhanden sind:

Beispiel 12:

Video: „Musik aus Flaschen Mo. 22.10.07“, Gr. Mo 7

Zeitintervall: 1:19:40 – 1:20:00

Vor dem Anblasen der Flaschen werden Prognosen aufgestellt:

Studierende1: "Je mehr Volumen, desto tiefer der Ton."

Studierende2 (fragend): „Je mehr Wasser...“

Studierende1 unterbricht: "Je weniger Wasser, desto tiefer der Ton."

Studierende2: "Ach so, genau andersrum wie ich [prognostiziere]"

[Studierende1 stellt eine Regel auf. Dabei bezieht sie sich auch zunächst auf das Luftvolumen und zeigt, dass sie in ihrer Vorstellung wahrscheinlich das Luftvolumen ausschlaggebend für die Tonentstehung und Tonhöhe sieht. Sie formuliert ihre Aussage lediglich um und stellt die Tonhöhe in einen Vergleich zum Wasserstand, weil sie auf Studierende2 eingeht, welche ihre Aussage in Bezug auf den Wasserstand formuliert hat.]

Studierende1: "Oder umgekehrt?" [Sie lässt sich von Studierende2s gegensätzlicher Prognose verunsichern.]

Studierende2: "Ich kann es nicht begründen, ist halt gefühlsmäßig, keine Ahnung."

Station 1g) „Flaschenposaune und Orgelpfeife“

Flaschenposaune:

Der Teil „Flaschenposaune“ lässt sich in zwei Bereiche unterteilen:

- a) Tonerzeugung mit der Flaschenposaune
- b) Vergleich zweier Rohre (Flaschenposaunen) miteinander

a) Tonerzeugung mit der Flaschenposaune

Beim Blasen über die Flaschenposaune formulieren in den Videoaufzeichnungen fünf von elf Gruppen je-desto-Regeln in Bezug auf den Teil des Rohres im Wasser. Auf den Laufzetteln sind es sogar acht von zwölf.

Beispiel 13:

Video: „Flaschenposaune und Orgelpfeife Di, 23.10.“, Gr. Di 6

Zeitintervall: 0:11:40 – 0:11:50

Studierende1: "Je weiter das Glasrohr im Wasser, desto höher ist der Ton."

Bei sechs von elf Gruppen aus den Videos wurden Regeln in Bezug auf den Teil des Rohres über dem Wasserspiegel, bzw. auf die Höhe des gehaltenen Rohres formuliert. Darunter war allerdings nur eine Gruppe, die explizit auf die Luftsäule innerhalb des Rohres einging.

Beispiel 14:

Video: „Flaschenposaune und Orgelpfeife Mo. 22.10“, Gr. Mo 8

Zeitintervall: 0:17:10 – 0:17:40

Studierende1: "Also je niedriger die Luftsäule, desto höher. Also je tiefer das Rohr im Wasser ist, desto niedriger ist ja die Luftsäule. Also wenn ich das Rohr tief drin habe (steckt Rohr tief in`s Wasser), dann ist ja die Luftsäule nur so hoch (zeigt auf kleine Luftsäule im Rohr) und wenn ich`s [das Rohr] so hoch habe (zieht das Rohr etwas aus dem Wasser raus), ist ja die Luftsäule höher."

Studierende2: "Also je tiefer das Rohr im Wasser, desto höher der Ton. Ich fand, das war aber eben andersrum, ne?"

Studierende1: "Ja? Soll ich noch mal machen?" (sie greift zum Rohr)

Studierende2: "Ja."

Studierende1 pustet erneut. Es bestätigt sich die von Studierende1 besagte Tonhöhe.

Alle anderen fünf Gruppen taten dies nicht. In den Laufzetteln beschrieben drei von zwölf Studierenden die Regel in Bezug darauf, wie hoch das Rohr gehalten wird. Ebenfalls nur eine von zwölf Studierenden beschrieb die Regel in Bezug auf die Luftsäule. Ob es sich dabei um die gleiche Gruppe wie aus den Videos handelt, lässt sich allerdings nicht feststellen.

Interpretation:

Dem Anteil an Studierenden, der die Regel in Bezug auf den Rohrteil oberhalb des Wassers formulierte (bzw. wie hoch das Rohr gehalten wird), darf hier nicht zu viel Bedeutung beigemessen werden. Die Experimentieranleitung zu dieser Station verwies ausdrücklich auf den Rohrteil oberhalb des Wassers (s. Experimentieranleitungen im Anhang). Es ist daher nicht davon auszugehen, dass diese Gruppen das Luftvolumen

innerhalb des Rohres ausschlaggebend für die Tonerzeugung ansehen. Vielmehr haben sie lediglich die Regel anleitungskonform formuliert, sehen aber wohl eher einen Zusammenhang zwischen dem Wasseranteil im Rohr und der Tonentstehung.

Eine Gruppe behauptete sogar, dass der Teil des Rohres im Wasser schwingt und so den Ton verursacht:

Beispiel 15:

Video: „Flaschenposaune und Orgelpfeife Di. 23.10.“, Gr. Di 4

Zeitintervall: 0:42:50 – 0:43:10

Studierende1: "Ja ich glaub schon. Weil wenn du das Rohr hier oben hast, wird ja der untere Teil [zeigt auf im Wasser befindlichen Teil des Rohres] zum schwingen gebracht. Und wenn du`s nur...(zieht das Rohr etwas weiter aus dem Wasser hinaus) ...wird bestimmt nicht so viel zum Schwingen gebracht, wie..." [Vollendet Satz nicht. Ihre Gedankengänge beziehen sich vermutlich darauf, dass gerade der Teil des Rohres schwingen soll, der sich im Wasser befindet.]

b) Vergleich zweier Flaschenposaunen

Nahezu alle Studierenden erkannten, dass sich die Tonlage mit der Dicke des Rohres ändert, aber das Prinzip (die zuvor aufgestellte je-desto-Regel) beibehalten wird. In den Videos wurde dies von fünf von sieben Gruppen erwähnt, in den Laufzetteln sind es sogar sieben von acht.

Beispiel 16:

Video: „Flaschenposaune und Orgelpfeife Di. 23.10.“, Gr. Di 4

Zeitintervall: 0:44:20 – 0:44:30

Studierende1 (nach blasen des dicken Rohres): "Das ist eigentlich doch das gleiche Prinzip [wie beim dünnen Rohr]."

Allerdings waren darunter sowohl in den Laufzetteln, als auch in den Videos nur drei Gruppen, welche mit der Zunahme des Rohrdurchmessers einen tieferen Ton wahrnehmen konnten.

Beispiel 17:

Video: „Flaschenposaune und Orgelpfeife Di. 23.10.“, Gr. Di 8

Zeitintervall: 0:20:10 – 0:20:20

Studierende1 nachdem Studierende2 das dickere Rohr in der Flaschenposaune nutzte: "Auch, nur der [Ton] ist da allgemein tiefer." (Sie bezieht sich auf das zuvor aufgestellte Prinzip mit dem dünneren Rohr der Flaschenposaune und bestätigt dieses.)

Jeweils zwei Gruppen beschrieben einen höheren Ton mit zunehmendem Rohrdurchmesser.

Beispiel 18:

Video: „Flaschenposaune und Orgelpfeife Di. 23.10.“, Gr. Di 9

Zeitintervall: 0:51:30 – 0:51:40

Studierende1 nachdem das dicke Rohr geblasen wurde: "Wie hat er[der Ton] sich denn jetzt verändert?"

*Studierende2: "Das weiß ich net, der war jedenfalls höher als der andere."
(bzw. als zuvor beim dünnen Rohr)*

Sowohl aus den Laufzetteln als auch aus den Videos sticht eine Gruppe hervor, welche mit zunehmendem Rohrdurchmesser einen lauterem Ton beschreibt.

Beispiel 19:

Video: „Flaschenposaune und Orgelpfeife Di.23.10.“, Gr. Di 6

Zeitintervall: 0:13:50 – 0:14:00

Studierende1 nachdem bei der Flaschenposaune das dickere Rohr benutzt wurde: "Ist genau das gleiche, nur der Ton ist lauter, find` ich."

Interpretation:

Nahezu allen Gruppen ist es gelungen eine Parallele zwischen dünner und dicker Flaschenposaune zu ziehen. Es wird auf beide das gleiche Prinzip angewandt, nur die Tonlage ist verschoben. Daraus, dass die Studierenden allerdings bei den Meinungen über die Tonlagenveränderung auseinander gehen, wird geschlossen, dass sie die Tonlagen nicht korrekt benennen konnten und nicht, dass tatsächlich so viele dem dickeren Rohr einen höheren Ton zuordnen. Das Problem, die Töne einem Sinneseindruck wie „hoch“ oder „tief“ zuzuordnen, taucht bei vielen Studierenden auf (genauer in 3.4.3).

Orgelpfeife:

Alle zehn von zehn Probanden, welche zu der Station Ergebnisse auf den Laufzetteln notierten, schrieben, dass die Tonhöhe abhängig von den Ausmaßen der Orgelpfeifen ist. In den Videoaufzeichnungen formulierten ebenfalls zehn von zehn Gruppen eine je-desto-Regel in Bezug auf die Größe der Orgelpfeife.

Beispiel 20:

Video: „Flaschenposaune und Orgelpfeife Mo.22.10.“, Gr. Mo 11

Zeitintervall: 1:09:50 – 1:10:00

Studierender1: "Also ich würd` sagen, je länger die Orgelpfeife, desto tiefer der Ton."

Lediglich eine von den 10 Gruppen aus den Videos ging bei der Formulierung zusätzlich auf die Luftsäule ein.

Beispiel 21:

Video: „Flaschenposaune und Orgelpfeife Mo. 22.10.“, Gr. Mo 1

Zeitintervall: 0:22:10 – 0:22:30

Studierende1: "Je kürzer, desto..." (sie vollendet den Satz nicht; sie wird unterbrochen)

Studierende2: "Kann man irgendwie prinzipiell sagen. Also je kleiner die Luftsäule ist und irgendwas, desto höher ist der Ton"

Interpretation:

Hier wird nur der einen Gruppe, welche die Luftsäule benennt, unterstellt, sie habe in ihrer Vorstellung eine physikalisch korrekte Tonentstehung bei diesem Versuch verinnerlicht. Alle anderen neun Gruppen lassen nicht erkennen, dass sie das Luftvolumen innerhalb der Orgelpfeife in Betracht ziehen. Daraus wird geschlossen, dass diese neun Gruppen in ihrer Vorstellung eher zum Metall der Orgelpfeife als tonerzeugendes Medium tendieren als zur Luft.

Station 2b) „Schwingungen übertragen“

Diese Station lässt sich in zwei Teile untergliedern

- a) Intensitätsverlust
- b) Schwingung auf Stimmgabel übertragen

a) Intensitätsverlust

Alle Studierenden, die auf die Intensität eingingen (Video: 12 von 20; Zettel: 13 von 17) und einen Zusammenhang zwischen Entfernung der Schallquelle und Wirkung herstellten, konnten diesen korrekt angeben.

Beispiel 22:

Video: „Schwingungen übertragen Mo.22.10.“, Gr. Mo 9

Zeitintervall: 0:09:40 – 0:09:50

Studierende1 nachdem die Topf-Entfernung variiert wurde: "Also ich glaube, je weiter man [mit dem Topf] weggeht, desto weniger hüpfen`s (das Korkmehl), oder?"

Studierende2: "Ja, glaub ich auch."

Die Übrigen (Video: 8 von 20; Zettel 4 von 17) gaben den Sachverhalt nicht falsch wieder, sie äußerten sich gar nicht dazu.

Interpretation:

Da alle Studierenden, die sich zum Intensitätsverlust äußerten, den Sachverhalt korrekt angeben konnten, wird daraus geschlossen, dass die Abnahme der Intensität mit steigender Entfernung von den Studierenden verinnerlicht wurde und kein Problem darstellt.

Bemerkenswert ist, dass ein Großteil der Studierenden einen Unterschied in der Reaktion des Korkmehls wahrnehmen konnte, wenn die Folie zum einen mit der Stimmgabel angeregt und zum anderen mit dem geschlagenen Topf angeregt wurde. Dies zeigt sich u.a. in den gleichen Begriffen, die die Studierenden immer wieder benutzten. (Video: 15 von 20; Zettel: 9 von 17)
Wird der Versuch mit der Stimmgabel durchgeführt, beschreiben die Probanden die Wirkung z.B. wie folgt:

„Das Mehl bewegt sich“ oder „Das Mehl tanzt“

Wenn das Experiment mit dem Topf durchgeführt wird, Äußern sich die Studierenden wie folgt:

„Das Mehl hüpf einmal“ oder „Es bewegt sich einmal kurz“

Obwohl so viel Gruppen einen Unterschied bewusst feststellten, gaben nur zwei Gruppen einen Erklärungsversuch dazu ab.

Beispiel 23:

Video: „Schwingungen übertragen Mi.24.10.“, Gr. Mi 1

Zeitintervall: 0:23:50 – 0:24:00

Nachdem der Topf genutzt wurde:

Studierende1: "Das springt jetzt nur."

Studierende2: "Weil ja hier auch nur ein Schlag drauf kommt. Die Gabel schwingt ja weiter, die hat ja mehrere Schwingungen. Das hier (sie zeigt auf den Topf) das hört ja dann auf zu schwingen."

Interpretation:

Obwohl nur zwei Gruppen eine Erklärung für das Phänomen liefern, wird davon ausgegangen, dass alle Gruppen, die das Phänomen bewusst äußerten, zumindest intuitiv zwischen einer dauerhaften Schwingung und einem kurzen Schallimpuls (Knall) differenzieren können. Ob alle Gruppen dabei auch auf die Ursache bei der Schallentstehung zurückschließen können, so wie es im Beispiel getan wurde, lässt sich allerdings nicht klären.

b) Schwingungen auf Stimmgabel übertragen

Aus den Videoaufzeichnungen geht hervor, dass 21 von 22 Gruppen feststellen, dass die nichtangeschlagene Stimmgabel ebenfalls einen Ton erzeugt. Allerdings gehen hier die Erklärungen dazu stark auseinander.

- 11 von den 21 Gruppen äußern sich überhaupt nicht dazu
- drei von den 21 Gruppen nutzen eine den Ton als passives Objekt beschreibende Formulierung

Beispiel 24:

Video: „Schwingungen übertragen Di. 23.10“, Gr. Di 3

Zeitintervall: 0:09:20 – 0:09:30

Studierende1 schlägt linke Gabel an und hält sie kurz darauf fest.

Studierende2: "Der Ton kommt von da." sie zeigt auf den Resonanzkörper der rechten Gabel.

Studierende1: "Ja genau. Also das [der Ton] wird dann von hier (zeigt auf linken Resonanzkörper) nach hier (zeigt auf rechten Resonanzkörper) übertragen."

- Ebenfalls drei von den 21 Gruppen beschreiben den Ton als aktiv agierendes Objekt

Beispiel 25:

Video: „Schwingungen übertragen Di. 23.10.“, Gr. Di 5

Zeitintervall: 0:54:00 – 0:54:10

Nachdem festgestellt wurde, dass die zweite Stimmgabel einen Ton erzeugt, wird nach einer Formulierung gesucht.

Studierende1: „Der Ton überträgt sich...“ (Der Satz wird nicht vollendet, sondern mit dem Schreiben begonnen)

- Wiederum drei von 21 Gruppen geben einen zumindest teilweise physikalisch korrekten Erklärungsansatz wieder

Beispiel 26:

Video: „Schwingungen übertragen Mi. 24.10.“, Gr. Mi 3
Zeitintervall: 0:54:30 – 0:54:40

Studierende1: "Schallwellen versetzen eben die Gegenstände in Schwingung."

Studierende2: "Die zweite Gabel wird durch die Schwingung der ersten Gabel angetrieben"

Studierende1: "Ja, ich hab`s jetzt so ganz allgemein[formuliert], weißte."

- Eine der 21 Gruppen äußert eine ganz andere Beobachtung

Beispiel 26:

Video: „Schwingungen übertragen Mo.22.10.“, Gr. Mo 10
Zeitintervall: 1:00:40 – 1:00:50

Nachdem Studierende1 feststellte, dass die zweite Gabel einen Ton erzeugt, wiederholt sie den Versuch noch einmal.

Studierende2: "Ja, aber erst, wenn man die [erste Stimmgabel] festhält."

Interpretation

Es klingt zunächst befremdend, dass die zweite Stimmgabel erst dann einen Ton erzeugen soll, wenn die angeschlagene Stimmgabel angehalten wird. Dies sollte aber nicht zu sehr gewichtet werden, da die Aussage der Probanden insofern nachvollziehbar ist, dass der Ton der zweiten Stimmgabel sehr leise ist und erst nach Anhalten der angeschlagenen Stimmgabel wahrgenommen werden kann.

Die Auswertung der Laufzettel ergibt, dass 14 von 16 Probanden feststellten, dass der Ton von der zweiten nicht angeschlagenen Stimmgabel zu hören ist.

- Fünf Probanden schrieben keine weitere Erläuterung dazu auf.
- Sechs Studierende schilderten eine Übertragung der Schwingung von der einen zur anderen Stimmgabel. Darunter nutzten vier eine aktive Formulierung, wie z.B.: „*Die Schwingung überträgt sich auf die zweite Stimmgabel*“ und zwei nutzten eine passive Formulierung, wie z.B.: „*Die Schwingung wird übertragen.*“ (Allerdings wurde hier nie vom Ton, sondern immer nur von der Schwingung geschrieben)
- Zwei Studierende schrieben, dass die zweite Stimmgabel erst dann einen Ton erzeugt, wenn die erste Stimmgabel angehalten wird.
- Ein weiterer Proband schrieb, dass die zweite Stimmgabel den erzeugten Ton übernimmt.

Die verbleibenden zwei von 16 Probanden beschrieben, den Ton aus dem Holzkasten (Resonanzkasten) der zweiten Gabel wahrzunehmen.

Interpretation:

Da sich nur relativ wenig Studierende über das beobachtete Phänomen äußerten, wird vermutet, dass die übrigen keine fundierte Vorstellung zu diesem Phänomen haben, bzw. die eigene Vorstellung nicht mit dem Phänomen in Einklang zu bringen ist. Ein weiteres Anzeichen dafür ist, dass fast alle Gruppen spontane Äußerungen des Erstaunens machten, z.B.: „*Boah, guck mal!*“ oder „*Wow! Das ist ja toll!*“

Es ist bemerkenswert, dass aus sechs von zehn Äußerungen in den Videos gedeutet werden kann, dass sich die Studierenden den Ton als ein sich bewegendes Objekt vorstellen. Die Hälfte dieser Äußerungen schrieb dem Ton eine passive, die andere Hälfte eine aktive Rolle zu. Jedoch lässt sich nicht klären, ob die Probanden dem sich aktiv bewegenden Ton ebenfalls einen Willen zugestehen, also eine anthropomorphe Vorstellung besitzen.

In den Laufzetteln spiegelt sich ein ähnliches Bild wieder, nur dass dort an Stelle von Ton der Begriff Schwingung genutzt wird. Aber auch dort gehen die Äußerungen über aktive oder passive Übertragung auseinander.

Bemerkenswert ist, dass in den Laufzetteln ein weiterer Proband schreibt:

„Wenn man die eine Stimmgabel anschlägt und danach gleich wieder festhält, dann übernimmt die andere Stimmgabel den erzeugten Ton.“

Station 2c) Schwingungen sichtbar gemacht

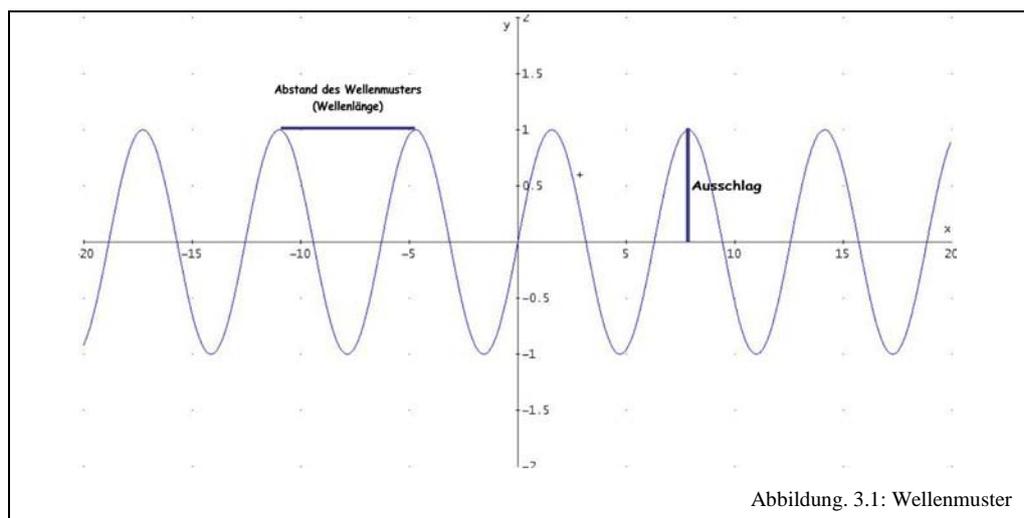
Zur besseren Verständlichkeit dieses Teils werden zu Beginn zwei Begriffe geklärt, die nachstehend oft benutzt werden.

I) Wellenlänge* (oder Abstand des Wellenmusters)

Damit wird der Abstand von einer Welle zur nächsten Welle (z.B. von einem Wellenberg zum nächsten Wellenberg) bezeichnet (s. Abb. 3.1).

II) Ausschlag**

Damit wird bezeichnet, wie groß der Abstand vom „Wellenberg“ bis zur mittleren Achse ist (s. Abb. 3.1).



In Abbildung 3.1 ist ein Wellenmuster zu sehen, wie es die Probanden an dieser Station erzeugen.

* Die Wellenlänge ist charakteristisch für einen Ton (physikalische Bedeutung von Ton). Jeder Ton wird durch genau eine Wellenlänge bestimmt. Jede Stimmgabel ist daher (ohne Modifikationen) nur in der Lage eine Wellenlänge zu erzeugen, egal wie stark sie angeschlagen wird.

Sollte ein und die selbe Stimmgabel bei mehreren Durchführungen zu unterschiedlichen Wellenlängen führen, so liegt das daran, dass die Probanden nicht anleitungskonform agierten und die Stimmgabel unterschiedlich schnell über die beruhte Platte zogen.

** Der Ausschlag gibt wieder, wie stark die Stimmgabel angeschlagen wurde und wie laut der Ton zu hören ist. Die einzige Möglichkeit den Ausschlag zu verändern besteht darin, die Stimmgabel unterschiedlich stark anzuschlagen.

Videoauswertung

Von dieser Station existiert nur eine Videoaufzeichnung, auf der lediglich vier Gruppen die komplette Experimentierstation durchlaufen. Zwei weitere Gruppen brechen diese Station frühzeitig ab oder bearbeiten die Station schweigend, ohne dass analysierbares Material entsteht. Dennoch tauchen bei den vier Gruppen vielfältige Vorstellungen auf. Da es aber nur vier Gruppen sind, wiederholen sich die Vorstellungen quasi nicht bei den anderen Gruppen, sondern sie kommen zu den unterschiedlichsten Befunden:

Vergleich der Wellenmuster zweier Stimmgabeln

- Eine Gruppe beschreibt, dass enger aneinanderstehende Arme einer Stimmgabel ein langsames Schwingen bedingt und dadurch das Wellenmuster enger aneinander liegt (also eine kürzere Wellenlänge bedingt).

Beispiel 27:

Video „Schwingungen sichtbar gemacht Mi. 24.10.“, Gr. Mi 1

Zeitintervall: 0:25:30 – 0:25:50

Studierende1, nachdem mit zwei unterschiedlichen Schreibstimmgabeln Muster auf einer beruhten Platte erzeugt wurden: "Das ist auch anders. Die ist viel enger (zeigt auf das Muster der Rußplatte). Das liegt daran, dass die (zeigt auf Arme der Stimmgabel) so enger aneinander stehen die Dinger. Dann bewegen die sich nicht so schnell. Weißte wie ich mein?"

Diese Gruppe fügt noch an, dass die Dicke der Stimmgabel-Arme Einfluss auf das Wellenmuster habe.

Beispiel 28:

Video: „Schwingungen sichtbar gemacht Mi.24.20.“, Gr. Mi 1

Zeitintervall: 0:28:10 – 0:28:30

Studierende1: „Hier, bist du sicher das liegt daran, dass die enger aneinander sind oder liegt`s daran, dass die ähm dünner sind?“

Studierende2: „Ja, daran auch. Ja, stimmt. Klar! Weil, die schwingen ja viel besser, wenn die dünner sind.“

- Eine Gruppe sieht anscheinend den Unterschied der beiden Stimmgabeln in dem unterschiedlichen Ausschlag der Wellenmuster.

Beispiel 29:

Video: „Schwingungen sichtbar gemacht Mi. 24.10.“, Gr. Mi 2

Zeitintervall: 0:36:40 – 0:36:40

Studierende1, nachdem mit beiden Stimmgabeln Wellenmuster erzeugt wurden: „Mach noch mal mit dem Großen (reicht Studierende2 eine größere Stimmgabel), weil das (zeigt auf das Wellenmuster) ist kleiner, ne?“

Es lässt sich hier nicht mit Sicherheit feststellen, ob mit „das ist kleiner“ der Ausschlag gemeint ist, da durch die Entfernung der Kamera die beruhte Platte nicht detailliert gesehen werden kann. Es wird aber davon ausgegangen, da Beschreibungen wie z.B.: „kleiner“ oft von den Probanden für den Ausschlag und Beschreibungen wie z.B.: „enger“ für die Wellenlänge benutzt wurden.

- Eine Gruppe scheint den Unterschied der Stimmgabeln in einer unterschiedlichen Wellenlänge auszumachen.

Beispiel 30:

Video: „Schwingungen sichtbar gemacht Mi. 24.10.“, Gr. Mi 7

Zeitintervall: 0:50:00 – 0:50:10

Studierende1, nachdem von Studierende2 mit beiden Stimmgabeln Wellenmuster erzeugt wurden: „Ja aber eigentlich sind sie ja auch kürzer von einander entfernt. Darf ich auch mal kurz?“ Sie nimmt nun selbst die Stimmgabel in die Hand.

Auch lässt sich nicht mit Sicherheit feststellen, ob mit „kürzer voneinander entfernt“ der Abstand von Welle zu Welle (also Wellenlänge) gemeint ist, es wird aber, wie oben bereits erwähnt, davon ausgegangen.

- Die Aussagen der vierten Gruppe der Videoaufzeichnung zu dem Unterschied beider Stimmgabeln lässt sich leider nicht rekonstruieren, da die Hintergrundgeräusche an der Stelle zu laut sind und die Gruppe übertönen.

Unterschiedlich starkes Anschlagen einer Stimmgabel

Alle vier Gruppen aus der Videoaufzeichnung stellen beim unterschiedlich festen Anschlagen einer Stimmgabel einen unterschiedlichen Ausschlag im Wellenmuster fest. Je fester angeschlagen wird, umso größer sehen die Gruppen auch den Ausschlag.

Beispiel 31:

Video: „Schwingungen sichtbar gemacht Mi. 24.10.“, Gr. Mi 2

Zeitintervall: 0:26:50 – 0:27:00

Studierende1: "Je fester man sie [die Stimmgabel] anschlägt, desto breiter wird das (sie macht mit der Hand eine links-rechts Bewegung), ne?"

Da das Wellenmuster so vor den Studierenden liegt, dass der Ausschlag des Musters in links-rechts Richtung liegt, wird durch die Handbewegung der Studierenden1 davon ausgegangen, dass sie sich hier auf den Ausschlag bezieht.

Zwei der vier Gruppen äußern allerdings noch eine weitere Feststellung, die sie beim unterschiedlich festen Anschlagen einer Stimmgabel beobachtet haben:

- Neben dem größeren Ausschlag führt festeres Anschlagen der Gabel auch zu kleineren Abständen zwischen den Wellen.

Beispiel 33:

Video: „Schwingungen sichtbar gemacht Mi.24.10.“, Gr. Mi 7

Zeitintervall: 0:51:40 – 0:52:00

Studierende1: „(...) Je fester angeschlagen, desto schneller sind

Schwingungen und desto enger sind die beieinander.“

Hier wird „enger“ wieder als kleinerer Abstand zwischen den Wellen (also kleinere Wellenlänge) gedeutet.

Laufzettelauswertung

Durch die Laufzettel steht mehr Material zur Verfügung und es sind klare Tendenzen der Ergebnisse erkennbar. Insgesamt liegen von 16 Probanden die Laufzettel vor.

- Ein Proband beschreibt keinen Unterschied in den Wellenmustern beider Stimmgabeln, obwohl den erzeugten Tönen die Sinnesqualität hoch und tief zugeordnet wird.
- Sieben Probanden trennen sprachlich zwischen Intensitätsunterschiede
(„*Je fester angeschlagen, umso größer der Ausschlag*“)
und Stimmgabelunterschiede
(„*Die tiefe Gabel erzeugt ein breites Muster, die hohe Gabel ein enges Muster*“)

- Bei acht der Probanden ist keine sprachliche Trennung erkennbar, so dass die Beschreibung des Intensitätsmusters mit der Beschreibung über die Unterschiede beider Gabeln verschwimmt. (*„Die große Stimmgabel erzeugt größere Wellen. Je fester man die Gabel anschlägt, umso größer sind die Wellen“*)

Interpretation:

Durch die geringe Anzahl an Daten in der Videoaufzeichnung sollten die einzelnen Befunde nicht zu stark gewichtet werden. Lediglich beim unterschiedlich festen Anschlagen sind Gemeinsamkeiten erkennbar, so dass davon ausgegangen wird, dass die Probanden die Intensität des Anschlages der Höhe des Ausschlages korrekt zuordnen können.

Bemerkenswert ist allerdings, dass weder in den Videos noch in (fast) allen Laufzetteln ein Zusammenhang zwischen der Intensität des Anschlages und der Lautstärke des Tons expliziert wird. Nur ein Proband beschrieb diesen Zusammenhang in seinem Laufzettel.

Des Weiteren ist auffällig, dass ca. die Hälfte der Studierenden sprachlich nicht zwischen unterschiedlicher Wellenlänge und unterschiedlichem Ausschlag trennen konnte. Diese sprachliche Verschwimmung scheint auf eine Verschwimmung des Gedankenkonstrukts der Probanden zurückführbar zu sein. Es wird also davon ausgegangen, dass ca. die Hälfte der Probanden keine klaren Vorstellungen zu diesem Phänomen besitzen, was auch aus den stark abweichenden Befunden der Videoauswertung dieser Station hervorgeht.

3.4.3 Transkriptgestützte Detailanalyse - Stationsübergreifende Befunde

Bei der Sichtung der Videoaufzeichnungen fallen immer wieder auftretende Sachverhalte auf. Dabei beziehen sich die Auffälligkeiten nicht auf Befunde zu einer Experimentierstation, sondern tauchen stationsübergreifend bei vielen Studierenden auf. Diese Befunde stimmen in den Laufzetteln und den Videoaufzeichnungen überein.

- Es bereitet ca. der Hälfte der Studierenden Schwierigkeiten, durch Blasen über eine Flaschenöffnung (bzw. ein Rohr) Pfeiftöne zu erzeugen.

Beispiel 34:

Video: „Musik aus Flaschen Di.23.10.“, Gr. Di 2

Zeitintervall: 0:30:40 – 0:32:00

Studierende1 bläst über mit Wasser befüllte Flaschen. Sie benötigt über eine Minute, um durch Blasen über die Flaschenöffnung einen Pfeifton zu erzeugen.

- Ebenfalls sind in den Videoaufzeichnungen bei ca. einem Viertel der Probanden Probleme beim Zuordnen der Tonlage erkennbar. Es werden immer wieder die Sinnesqualitäten „hoch“ und „tief“ verwechselt oder kein Unterschied zwischen Tönen erkannt.

Beispiel 35:

Video: „Flaschenposaune und Orgelpfeife Mo.22.10.“, Gr. Mo 7

Zeitintervall: 0:03:20 – 0:04:20

Studierende1 experimentiert mit der Flaschenposaune. Sie sieht Studierende2 fragend an.

Studierender2: "Hm, das ist gar nicht so einfach, vor allem..."

Studierende1: "Ja, wie variiert der Ton, irgendwie, oder?"

Studierender2: "Ja, er variiert definitiv."

Studierende1 experimentiert erneut.

Studierender2: "Also sagen wir mal beim Runtergehen wird er auf jeden Fall deutlicher, aber ob das jetzt die Höhe....ah, das ist schwer, das zu hören!"

Studierende1: "Ich fand jetzt höher, wenn er (das Rohr) runtergeht, aber ich weiß nicht."

Sie experimentiert erneut.

Studierende1: "runter...[bedeutet]...höher, oder?"

Studierender2: "Also bei mir ist das irgendwie so, ich höre das schlecht, weil mein musikalisches Verständnis für Töne einschätzen eher geringfügig ist.

Ähm, auf jeden Fall höre ich, dass es beim Runtergehen deutlicher wird...und ähm das ist ja dann ein bisschen hellhöriger. Das heißt, wenn es (das Rohr) oben ist, ist es eher schwächer oder dumpfer und unten dann vielleicht höher und heller."

Studierende1: "Gut. Dann schreiben wir das erst einmal auf."

Interpretation:

Da es einigen Studierenden Probleme bereitet, die Tonhöhe zu erkennen, ist es nicht verwunderlich, wenn die Studierenden hier und da zu falschen Ergebnissen gelangen. Die Stationen 1a) bis 1g) setzen für die Bearbeitung voraus, dass die Tonlage wahrgenommen werden kann (bzw. eine Unterscheidung wie z.B. Ton A ist höher als Ton B getroffen werden kann). Kann diese Unterscheidung nicht getroffen werden, kann dies dazu führen, dass die Probanden zu widersprüchlichen Ergebnissen gelangen, verwirrt sind oder schlicht Fehlinterpretationen machen und zu Fehlvorstellungen gelangen.

- Obwohl auf den Laufzetteln nur an einer Stelle zur Bildung einer je-desto-Regel aufgefordert wird, stellen alle Probanden von Beginn an je-desto-Regeln zur Beschreibung ihrer Beobachtungen auf. Diese Formulierungen ziehen sich durch die kompletten Laufzettel und finden sich auch in den Videoaufzeichnungen wieder.

Beispiel 36:

Video: „Schwingungen übertragen Mo.22.10.“, Gr. Mo 9

Zeitintervall: 0:09:40 – 0:09:50

Studierende1 nachdem die Topf-Entfernung variiert wurde: "Also ich glaube, je weiter man [mit dem Topf] weggeht, desto weniger hüpf't (das Korkmehl), oder?"

Studierende2: "Ja, glaub ich auch."

Beispiel 37:

Video: „Flaschenposaune und Orgelpfeife Di, 23.10.“, Gr. Di 6

Zeitintervall: 0:11:40 – 0:11:50

Studierende1: "Je weiter das Glasrohr im Wasser, desto höher ist der Ton."

Beispiel 38:

Video: „Musik aus Flaschen Mo. 22.10.07“, Gr. Mo 3

Zeitintervall: 0:47:10 – 0:47:20

Studierende1 (nachdem Studierende1 und Studierende2 Pfeiftöne mit mehreren Flaschen erzeugt haben):

"Je weniger Wasser, desto tiefer der Ton."

Interpretation:

Da wirklich alle Probanden von Anfang an die je-desto-Regel nutzten, wird davon ausgegangen, dass die Experimentieranleitung zur Bildung solcher Regeln anregt, oder dass die Studierenden von sich aus geneigt dazu sind. Dies ist aber kein zufälliges Vorkommnis, sondern die Lerneinheit ist in den einzelnen Aufgabenschritten der Stationen bewusst so aufgebaut, dass die Lernenden an den Stationen regelhafte Zusammenhänge erschließen.

- Bei nahezu allen Gruppen aus den Videoaufzeichnungen lässt sich ein sehr ähnlicher Vorgang zur Regelbildung beobachten. Dabei werden meist mehrere Anläufe zur Bildung einer Gesetzmäßigkeit benötigt und die gefundene Regel anschließend sofort im Experiment überprüft.

Beispiel 39:

Video: „Flaschenposaune und Orgelpfeife Mo.22.10.“, Gr. Mo 4

Zeitintervall: 0:13:50 – 0:16:10

Studierende1 experimentiert mit der Flaschenposaune.

Studierende1: „Je höher es rausragt, desto tiefer ist der Ton, oder?“

Studierende2: „Ja, aber mach noch mal über dem Wasser.“

Studierende1 experimentiert erneut.

Studierende1: „Also, je mehr es (das Rohr) rausragt, desto tiefer ist der Ton.“

Studierende2: Das heißt, je tiefer die Röhre in der Flasche ist, desto...“

Studierende1: "Also je größer das Rohr, das nicht mit Wasser...also das Teil des Rohres das nicht mit Wasser bedeckt ist, ist der Ton...was hatte ich jetzt gesagt? Umso tiefer, ne?"

Sie pustet noch mal zur Überprüfung.

Studierende1: „Ja.“

Beide schreiben ihr Ergebnis auf.

Interpretation:

Dadurch, dass es relativ lange dauert und mehrere Ansätze zur Klärung eines Sachverhaltes benötigt werden, wird geschlossen, dass die Probanden entweder noch keine fundierte Vorstellung oder eine falsche Vorstellung zum untersuchten Sachverhalt haben. Ein weiteres Zeichen dafür wird in der anschließenden Überprüfung des Sachverhaltes im Experiment gesehen.

3.4.4 Vergleich Klausur → Musik aus Flaschen

Wie in Abschnitt 3.2.2 bereits erwähnt, wird in der Klausur in einer Aufgabe gezielt auf Erkenntnisse aus der Station „Musik aus Flaschen“ Bezug genommen. Zu dieser Station existieren die umfangreichsten Daten und es lässt sich dort besonders gut überprüfen, ob die Vorstellungen von den Studierenden den wissenschaftlichen Vorstellungen genügen. Hier wird nun überprüft, wie viele Fehlvorstellungen aus der Bearbeitung der Stationen bis zum Schreiben der Klausur korrigiert werden konnten.

Es stellte sich heraus, dass vermutlich 22 von 33 Probanden (also ca. 67%) bei der Bearbeitung der Experimentierstation „Musik aus Flaschen“ zu Vorstellungen gelangten, die sich nicht auf das Luftvolumen innerhalb der Flasche bezogen. Dies wurde aus der Tatsache geschlossen, dass diese die Tonhöhe beim Blasen über eine Flaschenöffnung im Zusammenhang mit der Wasserfüllhöhe beschrieben und nicht im Zusammenhang mit der Luftmenge in der Flasche. Die Luftmenge in der Flasche ist hier für die Tonhöhe verantwortlich und nicht die Wassermenge.

In der Klausur nahm die Aufgabe 10 Bezug auf diesen Zusammenhang zwischen Luft und Tonhöhe:

Aufgabe 10:

Ordnen Sie die vier Flaschen einer Flaschenflöte so, dass von links nach rechts die Tonhöhe abnimmt, wenn man über die Flaschenöffnung bläst. Begründen Sie ihre Reihenfolge.



The image shows four identical glass bottles arranged in a row. Each bottle contains a different amount of water, represented by a black shaded area at the bottom. From left to right, the water levels are approximately: 30% full, 10% full, 70% full, and 5% full.

Die Klausur wurde mit Blick auf die Frage, wie vielen Studierenden eine akzeptable Erklärung gelungen ist, ausgewertet. Aus den Auswertungen der Bearbeitung der Station wurde bereits geschlossen, dass 67% der Probanden keine akzeptable Erklärung geglückt wäre. Als akzeptable Erklärung wurde in der Klausur schon eine Begründung angesehen, welche eine je-desto-Regel in Bezug auf die Luftmenge angab. Es war hier nicht erforderlich, dass bei der Tonentstehung explizit von schwingender Luft geschrieben wurde, um bei dieser Aufgabe volle Punktzahl zu erreichen.

So wurde z.B. geschrieben:

„In Flasche 1 (so wurde die Flasche mit dem wenigsten Wasser bezeichnet) ist am meisten Luft. Sie erzeugt den tiefsten Ton. Je mehr Luft in der Flasche ist, desto tiefer wird der Ton“

Ergebnis

Richtige Sortierung der Flaschen		Falsche Sortierung der Flaschen	
Begründung korrekt	Begründung falsch	Begründung korrekt	Begründung falsch
42	5	3	1

Tabelle 3.4.4

Wie aus Tabelle 3.4.4 entnommen werden kann, wurde die Klausuraufgabe von 42 Studierenden vollkommen korrekt gelöst. Weitere drei von insgesamt 51 Studierenden gaben zwar eine korrekte Erklärung zur Tonentstehung an, sortierten die Flaschen allerdings in einer falschen (entgegengesetzten) Reihenfolge. Dies wird als unbeabsichtigte Verwechslung gedeutet, so dass davon ausgegangen wird, 45 von 51 Studierenden konnten in der Klausur den Sachverhalt korrekt darlegen. Das bedeutet im Umkehrschluss, dass nur sechs von 51 Probanden immer noch Fehlvorstellungen besitzen. Dies entspricht ca. 12%.

Wird dieser Wert mit den 67% Fehlvorstellungen während der Bearbeitung dieser Station verglichen, so bedeutet dies, dass 53% aller Probanden ihre Fehlvorstellung im Laufe des Seminars bzw. bei der Klausurvorbereitung überarbeiten und korrigieren konnten. Dies wiederum nur auf die Probanden, welche überhaupt Fehlvorstellungen besaßen, bezogen bedeutet, dass ca. vier von fünf Fehlvorstellungen korrigiert wurde. Das ist eine beträchtlich hohe Quote von ca. 80%.

3.5 Zusammenfassung / Fazit

3.5.1 Zusammenfassung der Befunde

- Studierende bringen vielfältige Vorstellungen, die sie bereits besitzen, mit in das Experimentieren ein. (s. Bsp. 12 auf S. 44)
 - Diese Vorstellungen scheinen häufig nicht korrekt zu sein, da die Studierenden oft von den Beobachtungen überrascht sind und ihre neu aufgestellten Thesen immer wieder überprüfen.
- Kein Studierender hat Probleme, die Tonentstehung durch ein schwingendes festes Medium zu erkennen. (s. Bsp. 9 auf S. 42)
- Allerdings haben 25 von 31 Probanden (Auswertung „Musik aus Flaschen“, „Flaschenposaune und Orgelpfeife“) Probleme, selbständig die Luft als schwingendes und tonerzeugendes Medium zu erkennen. (s. Bsp. 15 auf S. 48) Während des weiteren Seminars konnten bei 4 von 5 Probanden diese Probleme behoben werden.
 - Daraus wird geschlossen, dass die Studierenden gut in der Lage sind Fehlvorstellungen zu korrigieren.
- Ungefähr die Hälfte der untersuchten Studierenden können an den Stationen „Musik aus Flaschen“ und „Flaschenposaune und Orgelpfeifen“ die Sinnesqualitäten „hoch“ und „tief“ den Tönen nicht korrekt zuordnen oder können keinen Unterschied zwischen zwei Tönen wahrnehmen. (s. Bsp. 35 auf S. 65)
- Eine Abnahme der Lautstärke (Schallintensität) mit steigender Entfernung wird von allen Probanden problemlos und auf Anhieb erkannt. (s. Bsp. 22 auf S. 53)
- Die Übertragung von Schwingungen beschreiben ca. die Hälfte der Studierenden mit Formulierungen, die einen Ton als bewegtes Objekt

beschreiben (z.B.: „*Der Ton geht da rüber*“ oder „*Der Ton überträgt sich / bzw. wird übertragen*“). Dabei wird wiederum gleich oft dem Objekt Ton eine aktive bzw. eine passive Rolle zugesprochen. Bei den aktiven Formulierungen ist allerdings keine anthropomorphe Vorstellung erkennbar. (s. Bsp. 24 und 25 auf S. 55)

- Lediglich drei aus 21 Probanden gelingt es eine zumindest teilweise physikalisch korrekte Erklärung zur Schallübertragung zu liefern. D.h., dass 18 von 21 Studierenden vermutlich einer Fehlvorstellung unterliegen. Diese 18 Erklärungsversuche sind allerdings stark voneinander abweichend und lassen keine klare Linie erkennen. (s. Bsp. 26 auf S. 56)
- Alle Studierenden können die erzeugten Wellenmuster einem Stimmgabeltypus zuweisen. Die Beschreibungen der Stimmgabeln beschränken sich in den Laufzetteln aber auf „*große Gabel*“ und „*kleine Gabel*“. Eine genauere Analyse des Musters schafft die Hälfte der Studierenden allerdings nicht. Die Tonhöhe kann nicht mit der Wellenlänge und die Lautstärke (Intensität) kann nicht mit dem Ausschlag in Verbindung gebracht werden. Es entstehen hier vielfältige (Fehl-)Vorstellungen, die wiederum stark voneinander abweichen und keine klare Linie erkennen lassen.
- Die Studierenden neigen komplett zur Bildung von je-desto-Regeln, um Sachverhalte und Gesetzmäßigkeiten zu beschreiben, obwohl sie in den Aufgabenstellungen nur einmal explizit dazu aufgefordert werden. Es lässt sich allerdings nicht genau klären, ob die Studierenden diese Regeln aus eigenem Antrieb formulieren oder sie, wie gewünscht, von den Experimentieranleitungen zu regelhaftem Beschreiben von Gesetzmäßigkeiten angeregt werden.

3.5.2 Vergleich mit der Literatur

In der Literatur gibt es, wie in Abschnitt 2.1 beschrieben, größtenteils Studien über Grundschulkinder recherchiert. Einige von den Befunden aus diesen Studien tauchen auch bei den Studierenden auf, andere wiederum nicht. Diese Befunde werden im folgenden Abschnitt verglichen.

Gemeinsamkeiten von Grundschulern und Studierenden

- 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. Die Studierenden bezeichnen Töne zwar immer wieder als Schwingung oder Schallwelle, eine Übertragung des Schalls als schwingende Luft wird allerdings nur sehr selten beschrieben.
- Ein Großteil der Grundschüler betrachtet den Ton als sich bewegendes Objekt. Solche Formulierungen tauchen ebenso bei den Studierenden auf, wenn auch in deutlich geringere Anzahl. Beide Gruppen haben gemeinsam, dass dem Objekt Ton von Einigen eine aktive und von Anderen eine passive Rolle zugesprochen wird.
- In beiden Gruppen tauchen gravierende Probleme beim Zuordnen von hohen und tiefen Tönen auf.
- Sowohl Grundschüler als auch Studierende bringen vielfältige Alltagsvorstellungen mit.

Unterschiedliche Vorstellungen von Grundschülern und Studierenden

- Grundschüler sehen feste Körper (Ausbreitungsmedien) als hinderlich für die Schallausbreitung an. Die Studierenden dagegen stellten bei den Experimenten aus den Stationen 2d) „Wie Indianer horchen“ und 2e) „Knochenleitung“ fest, dass Töne über feste Ausbreitungsmedien besser wahrgenommen werden können.

Nicht überprüfbare Grundschüler-Vorstellungen

Einige Vorstellungen, welche in der Literatur den Grundschülern zugeschrieben werden, konnten an den Experimentierstationen der Studierenden nicht überprüft werden. Es wird dadurch allerdings keinesfalls geschlossen, dass die Studierenden die selben Fehlvorstellungen besitzen.

- Grundschüler sehen Luft als ein „Nichts“ an. Daher wird auch „nichts“ (also kein Medium) für die Schallausbreitung benötigt.
- Die Literatur beschreibt kontrovers, ob Grundschüler das Ohr als aktives Element beschreiben.

3.5.3 Fazit

Bei den Studierenden aus dieser Untersuchung tauchen beim Experimentieren spontan einige Fehlvorstellungen auf. Dabei unterscheiden sich die Vorstellungen von den Studierenden nur teilweise von denen der Grundschüler, wie sie in der Literatur beschrieben werden. So manche Vorstellungen sind vom Grundschüler bis zum Studierenden erhalten geblieben. Allerdings zeigen sich die Studierenden in ihren Vorstellungen anpassungsfähig, so dass es ca. 80% der Studierenden gelänge ihre Fehlvorstellungen im weiteren Verlauf des Seminars zu korrigieren. Daher wird davon ausgegangen, dass die Studierenden sehr gut in der Lage sind, Fehlvorstellungen anzupassen. Dazu scheint wohl den Studierenden bis zu dieser Untersuchung nicht genügend Gelegenheiten bereitet worden zu sein, sonst würden sich die Fehlvorstellungen aus dem Grundschulalter nicht mehr bei den Studierenden zeigen. Alternativ kann an dieser Stelle interpretiert werden, dass die Korrektur der Fehlvorstellungen der Studierenden nur kurzzeitig anhält und sich dann wieder durch eine Fehlvorstellung ersetzt, oder dass die Studierenden ihre Fehlvorstellung nicht korrigierten, sondern in der Prüfungssituation nur ein vom Prüfer verlangte Antwort wiedergaben.

Es wird als sinnvoll erachtet, weitere Untersuchungen zu diesem Themengebiet mit Studierenden durchzuführen. Auch Studierende sind Lernende. Lernen wird maßgeblich von Vorstellungen beeinflusst, bzw. wir können nur das Lernen, was sich mit unseren Vorstellungen deckt. Auch in dieser Untersuchung wurde festgestellt, dass viele Studierende Vorstellungen besitzen, die von den wissenschaftlichen Vorstellungen abweichen. Dadurch gerieten die Studierenden oft in Komplikationen beim Experimentieren und waren nicht selten verwirrt. Ein klares Ergebnis zu beobachten, fiel den Studierenden so sehr schwer.

Es gilt daher die Vorstellungen von Lernenden und damit auch von Studierenden zu erfassen, damit im Lernprozess auf diese Vorstellungen eingegangen und Fehlvorstellungen korrigiert werden können. Dies ist nur

möglich, wenn man weiß, welche Vorstellungen auftauchen und welche Vorstellungen die Lernenden besitzen.

Bereits Diesterweg (1835, zitiert nach Duit, 2002, S.8) hat dies erkannt und so ausgedrückt:

„Ohne die Kenntnis des Standpunktes des Schülers ist keine ordentliche Belehrung desselben möglich“

Wie mit Hilfe der Vorstellungen der Lernenden eine „ordentliche Belehrung“ durchzuführen ist, ist in dieser Arbeit nicht geklärt. Dies kann in einer auf diese Arbeit aufbauenden Untersuchung erforscht werden. Es hat sich in dieser Arbeit gezeigt, dass die bereits existierenden Alltagsvorstellungen von Studierenden nicht derart stabil und unumstößlich sind, dass keine Anpassung der Vorstellungen möglich wäre. Ein nächstes Ziel sehe ich in der Überprüfung, wie stabil diese Vorstellungen sind. Dafür erscheint es sinnvoll, eine kleinere Gruppe von Probanden über einen größeren Zeitraum zu verfolgen, um deren Vorstellungen, insbesondere deren Veränderung, nachvollziehen zu können.

4 Literaturverzeichnis

Baalmann, W., Frerichs, V., Weitzel, H., Gropengießer, H. & Kattmann, U. (2004). Schülervorstellungen zu Prozessen der Anpassung – Ergebnisse einer Interviewstudie im Rahmen der Didaktischen Rekonstruktion. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10,7-28.

Diesterweg, F.A.M. (1835). *Wegweiser zur Bildung für deutsche Lehrer*. Reprint in P. Heilmann (1909), *Quellenbuch der Pädagogik*, Leipzig: Dürsche Buchhandlung

Duit, R. (2002). Alltagsvorstellungen und Physik lernen. In E. Kircher & W. Schneider (Hrsg.), *Physikdidaktik in der Praxis* (S. 1-26). Berlin: Springer

Rudolph & Wiesner (2000). *Können Grundschul Kinder grundlegende Phänomene zum Schall verstehen?* Vortrag auf der Tagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDGP). Im Internet: www.edu.uni-muenchen.de/supra/lernplattform/material/ss_vorst_schall.doc.

Wulf, E. (2004). Ein Ton fliegt durch die Luft – Vorstellungen von Primarstufenkindern zum Phänomenbereich Schall. In R. Müller, R. Wodzinski & M. Hopf (Hrsg.), *Schülervorstellungen in der Physik* (S. 39 – 45). Köln: Aulis Verlag Deubner.

5 Anhang

Experimentieranleitung

T. Mehlfärber & C. v. Aufschnaiter

Von der Schallerzeugung zur Tonwahrnehmung

nach: Claudia von Aufschnaiter & Tanja Riemeier: Lernchancen 49/2006, Friedrich
Verlag

Station 1a

Musik aus Flaschen

leicht

Material:

Glasflaschen,
Schraubendreher o.Ä.,
Messbecher & Trichter zum Einfüllen,
Desinfektionsmittel & Tücher,
Untersetzer



Durchführung:

1. Füllt die sechs gleich großen Flaschen unterschiedlich hoch mit Wasser und stellt jede der Flaschen auf eine Unterlage. Reinigt die Öffnungen der Flaschen mit etwas Desinfektionsmittel, das ihr auf ein Tuch gebt.
2. Versucht, einen Pfeifton mit jeder Flasche zu erzeugen, in dem ihr oben über die Flaschenöffnung bläst.
3. Beschreibt die Unterschiede der Pfeiftöne:
Welche der Flaschen macht einen hohen Ton, welche einen tiefen Ton?
Stellt die Flaschen in eine Reihenfolge der Tonhöhe nach auf!
4. Als Nächstes schlagt vorsichtig jede der Flaschen mit dem Schraubendreher an. Welche Flasche macht jetzt den höchsten Ton? Pustet noch einmal zum Vergleich!
5. Ihr könnt auch zwei Flaschen gleich hoch befüllen und gleichzeitig in eine pusten und die andere anschlagen.
6. Was gefällt euch besser: Pusten oder Schlagen?
Probiert doch mal aus, ob ihr eine Melodie mit den Flaschen spielen könnt!

Überlegt und notiert auf euren Laufzetteln:

Welche Instrumente funktionieren so ähnlich wie die angepusteten Flaschen?

Welche Instrumente funktionieren so ähnlich wie die angeschlagenen Flaschen?

BITTE DAS WASSER WIEDER IN DEN EIMER ZURÜCK GIEßEN!

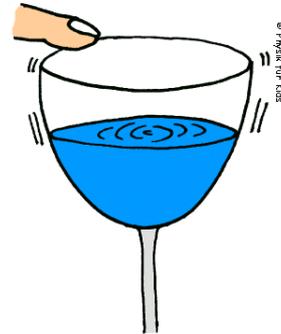
Station 1b

Singende Gläser

mittel

Material:

Weingläser mit Wasser gefüllt,
Öl,
Lippenstift,
Desinfektionsmittel & Tücher



Durchführung:

1. Macht einen Finger mit wenig Wasser nass. Fahrt mit dem Finger mit leichtem Druck über den Glasrand und beschleunigt das Umkreisen etwas bei jeder folgenden Runde. Beobachtet was passiert!
2. Führt den Versuch mit anderen Gläsern durch. Wo liegen die Unterschiede?
3. Könnt ihr auch mit trockenem Finger die Gläser zum Singen bringen? Probiert es aus.
4. Nehmt etwas Öl oder den Lippenstift auf einen Finger und versucht es erneut. Anschließend reinigt bitte die Glasränder mit etwas Alkohol!
5. Füllt nun die Gläser beliebig viel mit Wasser und führt den Versuch erneut mit einem mit Wasser angefeuchteten Finger durch. Was verändert sich?
6. Könnt ihr die Gläser so befüllen, dass ihr eine kleine Melodie spielen könnt?

Für Experten: Fallen euch Ähnlichkeiten zum Versuch mit den Flaschen auf?

BITTE DIE STATION WIEDER IN DEN URSPRÜNGLICHEN ZUSTAND VERSETZEN!

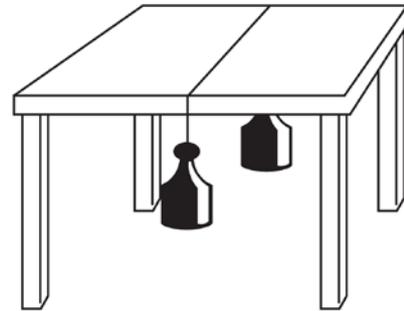
Station 1c

Gespannte Saite

leicht

Material:

zwei Holzstückchen oder Stifte,
Gewichte,
Nylonschnur o.ä.,
„Gitarre“ mit drei Saiten



Durchführung:

1. Baut die Station wie abgebildet auf – Achtung, die Gewichte dürfen nicht fallen gelassen werden! Schiebt an zwei verschiedenen Stellen die beiden Stifte zwischen den Faden und die Tischplatte.
2. Zupft an dem Faden. Wenn ein Ton zu hören ist, ist der Faden wie bei einer Gitarre zu einer Saite geworden.
3. Schiebt nun einen Stift dichter an den anderen Stift heran und zupft zwischen den Stiften wieder an der Saite. Was passiert mit dem Ton?
Was passiert, wenn ihr den Stift weiter weg schiebt?
4. Betrachtet jetzt die Länge der Saite zwischen den Stiften.
Wie klingt der Ton, wenn die Stifte dicht beieinander sind und ihr dazwischen zupft?
Wie klingt der Ton, wenn die Saite lang ist, weil die Stifte weit auseinander sind?
5. Auch bei einer Gitarre kann man die Seite lang oder kurz machen. Beschreibt, wie dies bei der Gitarre funktioniert. Notiert eure Überlegung auf dem Laufzettel.
6. Legt die Stifte wieder relativ weit an den Rand. Jetzt drückt gleichzeitig die Gewichte vorsichtig nach unten (nicht zu fest, damit die Saite nicht reißt). Zupft an der Saite während ihr die Gewichte gedrückt haltet.
Was passiert mit dem Ton, wenn die Saite fester gespannt wird? Ihr könnt vorsichtig die Gewichte etwas stärker oder weniger stark drücken und gleichzeitig zupfen.
7. Auch bei einer Gitarre kann man eine Saite loser oder fester spannen. Beschreibt, wie dies bei der Gitarre gemacht wird. Probiert dies aus und notiert eure Erkenntnis auf dem Laufzettel.

BITTE DIE STATION WIEDER IN DEN URSPRÜNGLICHEN ZUSTAND VERSETZEN!

Station 1d

Trommeln

mittel

Material:

Schüsseln/Töpfe unterschiedlicher Größe,
Müllbeutel/Plastiktüten unterschiedlicher Stärke,
Stift oder Schlegel aus Holz



Durchführung:

1. Nehmt eine Plastiktüte und spannt sie über die große Schüssel wie auf dem Bild. Haltet die Tüte unten fest zu!
2. Schlagt mit dem Schlegel vorsichtig auf die Trommel. Was passiert mit dem Ton, wenn ihr die Tüte ein bisschen fester spannt oder sie etwas lockerer lasst?
3. Baut euch auch eine kleine Trommel. Versucht, die große und die kleine Trommel ungefähr gleich zu spannen. Mit welcher Trommel könnt ihr einen höheren Ton erzeugen? Notiert eure Überlegung auf dem Laufzettel.
4. Prüft, ob sich etwas an dem Ton ändert, wenn ihr eine dünnere oder dickere Folie verwendet. Achtet darauf, dass ihr für den Versuch die gleiche Trommelgröße nehmt und auch die Folie ungefähr gleich fest spannt!
5. Versucht, drei unterschiedliche große Trommeln zu bauen, die ungefähr gleich hoch klingen.

BITTE DIE STATION WIEDER IN DEN URSPRÜNGLICHEN ZUSTAND VERSETZEN!

Station 1e	Musikinstrumente aus Metall	schwer
------------	-----------------------------	--------

Material:

Xylophon,
Stimmgabeln

Durchführung:

1. Schlage die unterschiedlichen Bleche/Rundrohre der Xylophone an. Welche Bleche/Rohre erzeugen einen hohen, welche einen tiefen Ton?
2. Vergleiche auch die Tonhöhen der Stimmgabeln miteinander. Finde heraus, welche Stimmgabel den höchsten Ton erzeugt.
3. Formuliere eine Regel, in der deutlich wird, wovon die Tonhöhe bei den Gegenständen in Aufgabe 1 und 2 abhängt. Notiere die Regel auf dem Laufzettel.

BITTE DIE STATION WIEDER IN DEN URSPRÜNGLICHEN ZUSTAND VERSETZEN!
--

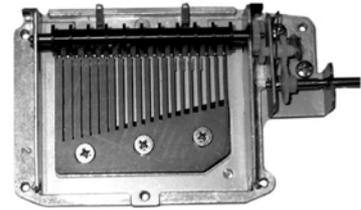
Station 1f

Spieluhren

schwer

Material:

Spieluhren in Dosen
Spieluhr (offen)
Pappstreifen mit Notenlinien
Papierstanze



Durchführung:

1. Schaut euch die Spieluhr im Bild genau an!
Welcher Metallstreifen wird einen hohen, welcher einen tiefen Ton erzeugen? Woran könnt ihr dies erkennen?
2. Überprüft eure Überlegung mit den Spieluhren an dieser Station!
3. Versucht eine Melodie in die vorgefertigten Lochkarten zu stanzen. Die Lösung könnt ihr auf die Rückseite notieren.

BITTE DIE STATION WIEDER IN DEN URSPRÜNGLICHEN ZUSTAND VERSETZEN!

Station 1g

Flaschenposaune und
Orgelpfeife

mittel

Material:

Glasflasche,
Rohrstücke,
Desinfektionsmittel & Tücher,
Orgelpfeifen

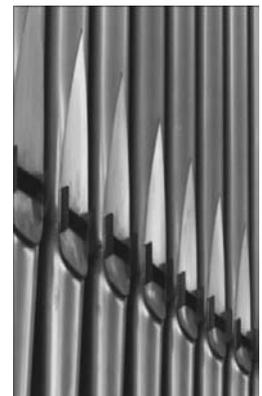
Durchführung:

Flaschenposaune

1. Nehmt das dünnere Rohr und haltet es in die Flasche.
2. Blast über das herausragende Rohrende. Schafft ihr es, einen Ton zu erzeugen?
3. Variiert die Höhe des Rohres (Länge des Rohres oberhalb des Wasserspiegels. Wie verändert sich der Ton?
4. Probiert die Schritte 2. und 3. auch mit dem dickeren Rohr. Reinigt anschließend die Rohre bitte mit Desinfektionsmittel.
5. Welche Vor- und Nachteile seht ihr gegenüber der Flaschenorgel (1a)?

Orgelpfeifen

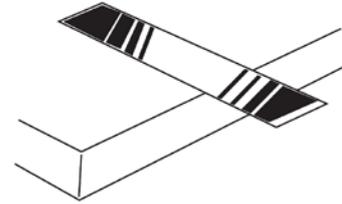
1. Blast eine Orgelpfeife fest an, bis ein Ton erklingt.
2. Wiederholt diesen Versuch mit einer anderen Orgelpfeife. Wie verändert sich der Ton? Beschreibt eure Beobachtungen.
3. Wie könnte man bei gleich bleibender Länge der Orgelpfeife unterschiedliche hohe Töne erreichen? Probiert es auch.
4. Reinigt auch hier bitte die Orgelpfeifen mit Desinfektionsmittel.



BITTE DIE STATION WIEDER IN DEN URSPRÜNGLICHEN ZUSTAND VERSETZEN!

Station 2a**Hoppla, was schwingt da?****mittel**Material:

Metallstreifen,
Stimmgabel,
Schale mit Wasser

Durchführung:

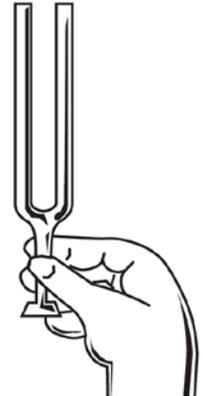
1. Legt den Metallstreifen so über die Tischkante, dass das überstehende Ende ca. 5 bis 7 cm über die Tischkante reicht und beim Auf- und Abschwingen einen gut hörbaren Ton von sich gibt.
Haltet dabei den Metallstreifen mit dem Daumen an der Tischkante fest.
Probiert aus, wie sich der Ton verändert, wenn das Ende etwas weiter oder etwas weniger weit über die Tischkante steht.
2. Schlagt die Stimmgabel an und betrachtet die Zinken genau während ihr den Ton hört. Beschreibt eure Beobachtungen.
3. Haltet nun die Stimmgabel nach dem Anschlagen in die Schale mit dem Wasser. Was könnt ihr beobachten?

Ihr habt sicher bemerkt, dass ihr nur einen Ton hören könnt, wenn sich der Metallstreifen oder die Stimmgabel bewegt (man sagt dazu „schwingt“). Überlegt, was bei einer Gitarre, bei einer Trommel und bei einer Flöte schwingt, damit ein Ton entsteht! Notiert eure Überlegung auf dem Laufzettel.

BITTE DIE STATION WIEDER IN DEN URSPRÜNGLICHEN ZUSTAND VERSETZEN!

Station 2b**Schwingungen übertragen****schwer**Material:

Glasschüssel mit straff gespannter Frischhaltefolie und aufgestreutem Korkmehl, Stimmgabel, Metalltopf, Kochlöffel aus Holz, Resonatoren (s. Abb.), Schlegel

Durchführung:

- Schlagt die Stimmgabel an und haltet sie dicht über das Korkmehl auf der Frischhaltefolie (ihr dürft das Mehl nicht berühren). Was beobachtet ihr?
- Dreht den Topf um und haltet die Öffnung des Topfes schräg über die Schüssel mit dem Korkmehl. Schlagt nun mit dem Kochlöffel auf den Boden des Topfes (nicht zu doll!). Was passiert mit dem Korkmehl?
Geht ein bisschen dichter ran und wiederholt den Versuch. Was passiert, wenn ihr weiter weg geht?
- Baut den Versuch wie in der Abbildung auf. Die Öffnungen der Holzkästen sollten zueinander zeigen. Schlagt eine Stimmgabel mit dem Schlegel an und haltet diese Stimmgabel kurz darauf fest. Hört genau hin, woher der Ton nun kommt!



Anschlagen...



...und festhalten

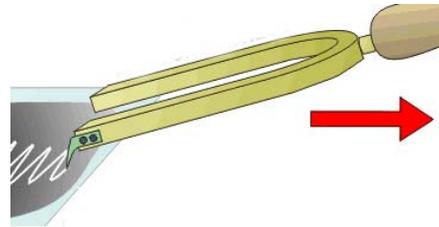
Überlegt gemeinsam, wie der Ton bis zum Ohr kommt. Ihr findet auch Hinweise dazu in den Versuchen aus Station 2a! Notiert eure Überlegung auf dem Laufzettel.

BITTE DIE STATION WIEDER IN DEN URSPRÜNGLICHEN ZUSTAND VERSETZEN!

Station 2c

Schwingungen sichtbar
gemacht

mittel

Material:Schreibstimmgabeln,
Glasplatte,
KerzeDurchführung:

1. Die Schwingungen einer Stimmgabel kann man mit einer so genannten Schreibstimmgabel sichtbar machen. Beruht dazu eine Glasplatte vorsichtig mit einem Teelicht. Schlagen Sie eine Schreibstimmgabel an und ziehen Sie möglichst schnell über die Glasplatte. Was können Sie beobachten?
2. Wiederholen Sie diesen Versuch mit der zweiten Schreibstimmgabel. Achten Sie darauf, dass Sie in etwa gleich schnell über die Platte ziehen. Beschreiben Sie die Unterschiede auf dem Laufzettel.
3. Schlagen Sie eine Stimmgabel unterschiedlich fest an und ziehen Sie anschließend etwa gleich schnell über die Glasplatte. Beschreiben Sie Ihre Beobachtungen wieder auf dem Laufzettel.

BITTE DIE STATION WIEDER IN DEN URSPRÜNGLICHEN ZUSTAND VERSETZEN!

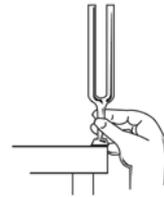
Station 2d

Wie Indianer horchen

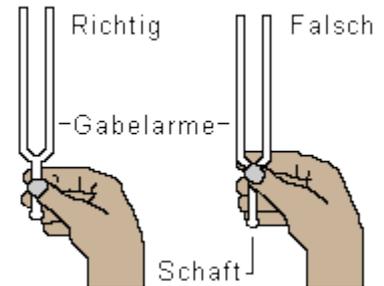
mittel

Material:

Stimmgabel,
dicke Schaumstoffmatte (ca. 0,5 m x 1m)

Durchführung:

1. Schlagen Sie die Stimmgabel an, halten Sie sie neben Ihrem Ohr und hören den Ton. Wiederholen Sie nun das Anschlagen der Stimmgabel, halten Sie den Schaft der Stimmgabel auf eine Tischplatte und legen Sie ein Ohr in etwas Entfernung ebenfalls auf den Tisch (das obere Ohr zuhalten). Wie gut können Sie den Ton hören? Tragen Sie Ihre Beobachtung in die Tabelle auf dem Laufzettel ein.



Es kann auch einer von euch die Stimmgabel anschlagen und der andere hören, dann tauscht ihr.

2. Probieren Sie auch, die Stimmgabel an andere ausgedehnte Gegenstände (Heizungsrohre, Tür, Mauer usw.) zu halten. Gleichzeitig müssen Sie Ihr Ohr in einiger Entfernung auf den Gegenstand legen. Tragen Sie Ihre Beobachtung in die Tabelle auf dem Laufzettel ein.
3. Untersuchen Sie nun, ob man den Ton der Stimmgabel auch hören kann, wenn Sie die Stimmgabel auf Schaumstoff aufsetzt. Dazu müssen Sie wieder das Ohr in einiger Entfernung von der Stimmgabel auf die Schaumstoffmatte legen. Tragen Sie Ihre Beobachtung in die Tabelle auf dem Laufzettel ein.
4. Bei welchen Gegenständen kann man besonders gut hören, bei welchen geht es schlecht? (Achtung! Luft ist auch so etwas wie ein Gegenstand.) Überlegen Sie, warum sich die Indianer zum Horchen auf den Boden gelegt haben.

BITTE DIE STATION WIEDER IN DEN URSPRÜNGLICHEN ZUSTAND VERSETZEN!

Station 2e**Knochenleitung****sehr schwer**Material:

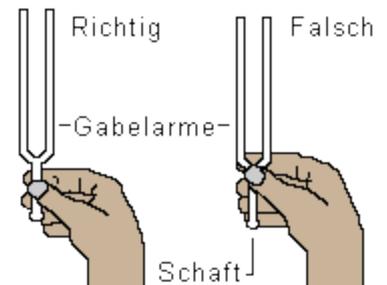
Stimmgabel

Durchführung:

1. Einigt euch, wer von euch an dieser Station zuerst den Versuch durchführt, das ist dann der Versuchsleiter. Derjenige, an dem der Versuch durchgeführt wird, ist die Versuchsperson.

2. Ihr sollt den folgenden Versuch insgesamt vier Mal durchführen. Jedes Mal verschließt die Versuchsperson die Ohren mit den Daumenkuppen. Der Versuchsleiter schlägt die Stimmgabel an und hält sie vorsichtig mit dem Schaft an folgende Positionen:

- a) in die Nähe des Kopfes der Versuchsperson
 b) auf die Kopfmittle der Versuchsperson
 c) seitlich auf den Kopf der Versuchsperson
 d) an die Wange der Versuchsperson (nicht auf den Wangenknochen!)



Tragt in die Tabelle auf dem Laufzettel ein, ob der Klang der Stimmgabel jeweils von der Versuchsperson wahrgenommen werden kann.

Ihr solltet jeden Versuch mit getauschten Rollen wiederholen!

Schaut euch nochmals die vier verschiedenen Positionen der Stimmgabel an. Bei welchen Positionen konnte die Versuchsperson den Ton gut wahrnehmen? Was unterscheidet diese Positionen von denen mit schlechter Tonwahrnehmung? Tipp: Denkt daran, dass unser Kopf aus vielen Knochen besteht!

BITTE DIE STATION WIEDER IN DEN URSPRÜNGLICHEN ZUSTAND VERSETZEN!

Laufzettel zu den Stationen

✓	Name der Station	Wahl/ Pflicht/ <u>Z</u> usatz	Schwierig- keitsgrad	Notizen zur Station
	1a) Musik aus Flaschen	P	leicht	
	1b) Singende Gläser	P	mittel	
	1c) Gespannte Saite	P	leicht	
	1d) Trommeln	W	mittel	
	1e) Musikinstrumente aus Metall	W	schwer	
	1f) Spieluhren	W	schwer	
	1g) Flaschenposaune und Orgelpfeife	Z	mittel	
<p>Ergänzt den folgenden Satz: Je kürzer die Saite, desto _____ der Ton.</p> <p>Formuliert weitere „je...desto...-Sätze“ für die Saite und die Trommelfläche. Wenn ihr wollt, könnt ihr ähnliche Sätze auch für die Zinken der Stimmgabel formulieren.</p>				

2a) Hoppla, was schwingt da?	P	mittel				
2b) Schwingungen übertragen	P	schwer				
2c) Schwingungen sichtbar gemacht	P	mittel				
2d) Wie Indianer horchen	W	mittel	Position der Stimmgabel	Wie gut wird der Klang wahrgenommen?		
				deutlich	schwach	gar nicht
			in der Luft			
			auf der Tischplatte			
			auf _____			
auf _____						
auf dem Schaumstoff						
2e) Knochenleitung	Z	sehr schwer	Position der Stimmgabel	Wie gut wird der Klang wahrgenommen?		
				deutlich	schwach	gar nicht
			in der Nähe des Kopfes			
			an der Kopfmittle			
			seitlich am Kopf			
auf der Wange						
Schaut euch die Versuche noch einmal genau an. Diskutiert, ob weiche oder harte Materialien den Schall besser übertragen.						

Erklärung:

Ich versichere hiermit, dass ich die Arbeit selbständig verfasst,
keine anderen, als die angegebenen Hilfsmittel verwandt und die Stellen,
die anderen Werken im Wortlaut oder dem Sinne nach entnommen sind,
mit Quellenangaben kenntlich gemacht habe.

Datum

Unterschrift