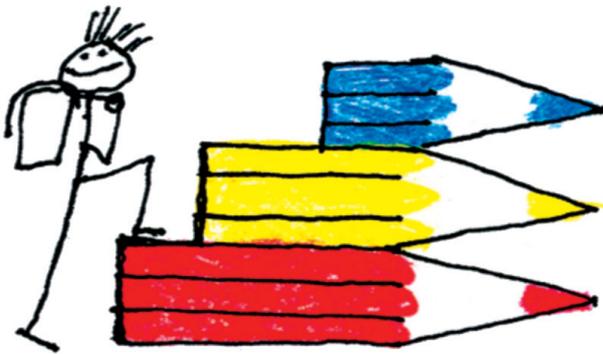


# A Anschlussfähige naturwissenschaftliche Kompetenzen erwerben durch Experimentieren

Silke Mikelskis-Seifert  
Klaus Wiebel

**SINUS**



**an Grundschulen**

Steigerung der Effizienz des  
mathematisch-naturwissenschaftlichen  
Unterrichts

**NaWi**  
Naturwissenschaften

---

## Inhaltsverzeichnis

1 Was wissen wir über den naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht? .....	3
2 Was sollte einen kompetenzorientierten naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht auszeichnen? .....	4
3 Warum sollte im Sachunterricht experimentiert werden? .....	6
4 Wie sollen naturwissenschaftliche Kompetenzen beim Experimentieren entwickelt werden? .....	8
5 Welcher theoretische Rahmen steht hinter unserem Ansatz vom Kompetenzerwerb durch das Experimentieren? .....	10
6 Anschlussfähigkeit naturwissenschaftlicher Kompetenzen im Bereich der Denk- und Arbeitsweisen? .....	12
7 Was ist beim Experimentieren in der Grundschule zu beachten? .....	13
8 Wie kann das Experimentieren in der Grundschule kompetenzorientiert realisiert werden? .....	15
9 Fazit .....	22
Literatur .....	23
Anlagen .....	24

### Impressum

Silke Mikelskis-Seifert, Klaus Wiebel  
Anschlussfähige naturwissenschaftliche  
Kompetenzen erwerben durch Experimentieren

Publikation des Programms *SINUS an Grundschulen*  
Programmträger: Leibniz-Institut für die Pädagogik



**IPN**

der Naturwissenschaften  
und Mathematik (IPN)  
an der Universität Kiel  
Olshausenstraße 62  
24098 Kiel

[www.sinus-an-grundschulen.de](http://www.sinus-an-grundschulen.de)  
© IPN, März 2011

Projektleitung: Prof. Dr. Olaf Köller  
Projektkoordination: Dr. Claudia Fischer  
Redaktion u. Realisation dieser Publikation:  
Dr. Karen Rieck, Tanja Achenbach  
Kontaktadresse: [info@sinus-grundschule.de](mailto:info@sinus-grundschule.de)

ISBN: 978-3-89088-207-9

### Nutzungsbedingungen

Das Kieler Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN) gewährt als Träger der SINUS-Programme ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, vertreiben oder anderweitig nutzen. Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

---

Silke Mikelskis-Seifert, Klaus Wiebel

## **Anschlussfähige naturwissenschaftliche Kompetenzen erwerben durch Experimentieren**

Sokrates zugeeignet  
Es ist schon so: Die Fragen sind es,  
aus denen das, was bleibt entsteht.  
Denkt an die Frage jenes Kindes:  
»Was tut der Wind, wenn er nicht weht?«  
*Erich Kästner*

### **1 Was wissen wir über den naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht?**

Es scheint kein Problem zu sein, Grundschul Kinder für die Beschäftigung mit Naturphänomenen zu begeistern. Dies zeigen die Ergebnisse sowohl älterer als auch aktueller Studien. Beispielsweise wurde in der IGLU-E Studie neben den Leistungen in den Naturwissenschaften untersucht, inwieweit Kinder am Ende ihrer Grundschulzeit interessiert und motiviert sind, sich mit naturwissenschaftlichen Themen zu befassen (siehe Bos et al., 2004). Erfreulicherweise nehmen die Kinder den Sachunterricht sehr positiv wahr und zeigen sich motiviert und begeistert, sich mit derartigen Themen auseinanderzusetzen. Eine Bestätigung erfahren die Ergebnisse in der Studie TIMSS 2007 (Bos et al. 2008). Auch hier wird offenbar, dass bei Grundschulkindern Interesse und Motivation vorhanden sind. Solche Befunde sind insbesondere vor dem Hintergrund bedeutsam, dass Motivation und Selbstkonzept der Kinder eng mit dem Erwerb naturwissenschaftlicher Kompetenzen zusammenhängen.

Im Gegensatz zum Grundschulunterricht kann ein ganz anderes Bild in der Sekundarstufe I festgestellt werden, hier vor allem in den Fächern Physik und Chemie. Für die Sekundarstufe I sind eher die folgenden Fragen kennzeichnend: Warum lassen sich so wenige Schülerinnen und Schüler für die Naturwissenschaften begeistern? Warum ist ein rapider Interessensverlust bei den Lernenden in den »harten« Naturwissenschaften zu beobachten? Wie kann es kommen, dass es bei vielen Schülerinnen und Schülern in der Regel an einem angemessenen Verständnis für grundlegende Begriffe fehlt? So könnte man zu dem Schluss kommen, dass in der Grundschule die Welt in Ordnung zu sein scheint. Dass dies aber nicht unbedingt der Fall ist, zeigen Ergebnisse aus der IGLU-E Studie (siehe Bos et al., 2004). Um mögliche Schwächen der Grundschul Kinder

erkunden zu können, wurde die naturwissenschaftliche Kompetenz am Ende der Primarstufe analysiert. Für die Analyse wurde ein Stufenmodell verwendet (siehe Prenzel et al., 2003):

- Vorschulisches Alltagswissen,
- Stufe I: Einfache Wissensreproduktion,
- Stufe II: Anwenden alltagsnaher Begriffe,
- Stufe III: Anwenden naturwissenschaftsnaher Begriffe,
- Stufe IV: Beginnendes naturwissenschaftliches Verständnis und
- Stufe V: Naturwissenschaftliches Denken und Lösungsstrategien.

Der Anteil der Kinder, die in ihren Leistungen nicht über die Kompetenzstufe I und damit über das Reproduzieren von Wissen hinauskommen, ist relativ groß. Dies gilt für alle Bundesländer, die an IGLU-E teilgenommen haben. In einigen Ländern erreicht das Abschneiden der Schülerinnen und Schüler auf der Kompetenzstufe I eine alarmierende Größenordnung. Im Vergleich zu IGLU-E ist der Anteil der Kinder, die nur über vorschulisches Alltagswissen verfügen, in TIMSS 2007 leicht gestiegen.

Anlass zum Handeln geben auch die Befunde über die unterschiedlichen Verteilungen der Geschlechter auf den Kompetenzstufen. Denn die Mädchen sind auf den unteren Kompetenzstufen überrepräsentiert und auf den oberen Kompetenzstufen unterrepräsentiert. Bei den Jungen ist es genau umgekehrt. Leider hat sich die geschlechtsspezifische Verteilung auf den oberen Kompetenzstufen aus der IGLU-E-Studie in der TIMS-2007-Studie bestätigt, denn es sind hier wieder die Jungen, welche die höheren Kompetenzstufen erreichen.

Alarmierend ist ferner der Befund, dass ähnlich wie bei den PISA-Studien die Leistungsunterschiede unter anderem mit dem sozialen Hintergrund der Kinder zusammenhängen. So sind in IGLU-E die Kinder mit Migrationshintergrund und solche aus unteren Sozialschichten auf den unteren Kompetenzstufen überrepräsentiert.

Diesen Herausforderungen heißt es, sich durch einen kompetenzorientierten Unterricht mit Experimenten anzunehmen. Wichtig hierbei wird es sein, den Bezug zur Lebenswirklichkeit für die Kinder herzustellen und die Interessen sowie die Bedürfnisse der Kinder zu fördern.

## **2 Was sollte einen kompetenzorientierten naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht auszeichnen?**

Was kennzeichnet die Naturwissenschaften? Was ist charakteristisch für den naturwissenschaftlichen Unterricht, egal, in welcher Klassenstufe er stattfindet? Setzt man sich mit diesen Fragen näher auseinander, dann stellt man fest, dass in der Regel zwei Merkmale bedeutend sind. Zum einen sind hier die grundlegenden naturwissenschaftlichen Konzepte zu nennen, die für die Disziplinen wie Physik, Chemie und Biologie gelten. Zum anderen spielen die Methoden, oft auch als Arbeitsweisen bezeichnet, eine wichtige Rolle. Beide Merkmale sind für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht von Relevanz und auch untrennbar miteinander verwoben. In diesem Beitrag soll der Blick stärker auf die Methoden gerichtet werden. Am Beispiel des Experimentierens wird der Erwerb naturwissenschaftlicher Kompetenzen verdeutlicht. Bevor auf das

Experimentieren näher eingegangen wird, soll erörtert werden, wie Grundschulunterricht gestaltet sein soll, um ein motivierendes und verstehendes Lernen in naturwissenschaftlichen Themenfeldern zu ermöglichen.

Um ein verstehendes Lernen erreichen zu können, ist es wichtig, sich mit dem Verständnis der Kinder von naturwissenschaftlichen Phänomenen auseinanderzusetzen. Denn Kinder werden, meist schon lange bevor sie erstmals Unterricht besuchen, in ihrer Umwelt mit naturwissenschaftlichen Phänomenen konfrontiert. Sie bilden aus den erlebten Erfahrungen ein Gefühl für bestimmte Merkmale wie zum Beispiel für Objekteigenschaften (siehe Koerber u. Sodian, 2007). Wegen der frühen Erfahrungen mit naturwissenschaftlichen Phänomenen, bilden Kinder häufig vorunterrichtliche Vorstellungen aus, hier sei exemplarisch die Vorstellung vom Gewicht angeführt. In der Regel stimmen derartige Vorstellungen nicht mit den zu erlernenden Konzepten überein. Hinzukommt, dass sich die vorunterrichtlichen Konzepte als sehr hartnäckig und nur begrenzt belastbar erweisen (siehe Möller et al., 2006). Dementsprechend sollte es das Ziel des Grundschulunterrichts sein, exemplarisch den vorunterrichtlichen Vorstellungen zu begegnen und erste naturwissenschaftliche Konzepte beziehungsweise erste naturwissenschaftliche Denkweisen anzubahnen.

Natürlich stellt sich hier die Frage nach dem methodischen Vorgehen. Es gibt viele verschiedene Verfechter möglichst offener Unterrichtsformen, in denen Kindern wenig Führung und Strukturierung vorgegeben wird, vielmehr ein freier und spielerischer Umgang mit Materialien zum »Experimentieren« propagiert wird. Dabei wird stillschweigend vorausgesetzt, dass Kinder von sich aus eine Zielrichtung für naturwissenschaftliche Fragestellungen, für etwas zu Erforschendes entwickeln. Nicht berücksichtigt wird, dass häufig die vorunterrichtlich falschen Konzepte vertieft werden. Als Argument für einen wenig gelenkten und wenig strukturierten Umgang mit Experimentiermaterialien wird gern die Förderung von Kreativität bei Kindern vorgetragen.

Im Vergleich zum freien, ungebundenen, phantasievollen und kreativen Umgang mit Materialien, die zum Experimentieren geeignet sind und dieses anregen, wird ein Unterricht mit stärker lenkenden und strukturierten Versuchen dann auch als »Laborieren« bezeichnet, das lediglich aus dem Nachmachen fertiger »Kochrezepte« bestehe. Vermutlich liegt auch hier ein guter Weg in der Mitte zwischen einem freien Experimentieren und einem vorgegebenen Laborieren. Jede Anfängerin und jeder Anfänger wird dankbar sein für ein »Kochrezept« beim ersten Versuch, etwas Genießbares zuzubereiten. Die Kreativität kann sich mit der Übung, der Routine und Sicherheit einstellen – wenn sie nicht behindert wird. Dies gilt vermutlich ebenso für Lehrende in der Grundschule wie für Kinder.

Befunde für den Erfolg der gerade angesprochenen Strukturierungshilfen bei der Untersuchung naturwissenschaftlicher Inhalte lassen sich in der Münsteraner Studie der Arbeitsgruppe um Kornelia Möller finden (siehe Möller et al., 2006). In den Münsteraner Untersuchungen sind zwei unterschiedlich stark strukturierte Unterrichtsfolgen zum Thema *Schwimmen und Sinken* entwickelt und diese von den gleichen Lehrerinnen in unterschiedlichen dritten Klassen unterrichtet worden. Dadurch konnte die stets stark beeinflussende Persönlichkeitsvariable weitgehend vernachlässigt werden. Wir wollen das Design hier nicht ausführlich darlegen, die Endergebnisse aber sollen Niederschlag finden.

Beide Unterrichtsfolgen vermittelten die gleichen Inhalte, unterschieden sich aber im Grad der Strukturierung. Den Klassen mit weniger strukturiertem Unterricht standen Unterrichtsmaterialien und Versuche zu allen Teilaspekten des komplexen Themas während der gesamten Unterrichtszeit komplett zur Verfügung, sie konnten sie jederzeit nach freier Wahl benutzen und Teilaspekte in selbstbestimmter Reihenfolge bearbeiten. Problemstellungen und die Methodik des forschenden Lernens waren vorgegeben; die Lehrerinnen griffen allerdings nur bei Nachfrage durch die Kinder strukturierend ein. Die zweite Gruppe »erarbeitete die Ausgangsfrage sequenziert in Teilfragen, die zwar nicht kleinschrittig und losgelöst von dem komplexen Problem erarbeitet werden, aber zu einem schrittweisen Aufbau adäquater Vorstellungen führen sollten. Zu allen Teilaspekten gab es sowohl stark strukturierte und vorgegebene Versuche als auch ein offenes Materialangebot« (Möller et al., 2006, S. 165).

Die empirischen Befunde werden folgendermaßen zusammengefasst: »Die Ergebnisse der Unterrichtsstudien belegen, dass bereits Grundschul Kinder ein anspruchsvolles naturwissenschaftliches Verständnis, das weit über ein reines »Faktenwissen« hinausgeht, aufbauen können. Wie am Beispiel des Themas *Schwimmen und Sinken* gezeigt werden konnte, wird der Erwerb eines solchen konzeptuellen Wissens durch einen kognitiv aktivierenden und die Überprüfung eigener Vorstellungen anregenden Unterricht, der darüber hinaus Strukturierungselemente aufweist, besonders gefördert. Insbesondere Schüler mit schlechteren Lernvoraussetzungen benötigen bei anspruchsvollen naturwissenschaftlichen Themen eine strukturierende Gesprächsführung (scaffolding) und eine Lernumgebung, in der die Komplexität der behandelten Fragestellung durch eine Sequenzierung in überschaubare Teilfragen reduziert ist. Strukturierung bedeutet dabei ausdrücklich nicht, dass den Kindern (Teil-)Lösungen oder Erklärungen vorgegeben werden oder dass die Inhalte kleinschrittig und eng geführt erarbeitet werden. Der in der Münsteraner Schulstudie untersuchte strukturierte Unterricht war dem weniger strukturierten (»Werkstatt«-)Unterricht nicht nur in Bezug auf das erreichte, nachhaltige naturwissenschaftliche Verständnis der Schüler, sondern auch mit Blick auf deren Motivation und Kompetenzerfinden im Unterricht sowie auf die entwickelte Erfolgszuversicht der Schüler überlegen.« (Möller et al., 2006, S. 188).

Diese positiven Befunde für einen erfolgreichen naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht sollen hier aufgegriffen werden. Bevor auf die Entwicklung naturwissenschaftlicher Kompetenzen beim Experimentieren eingegangen wird, soll das Experimentieren als Arbeitsweise im Mittelpunkt der Betrachtungen stehen.

### 3 Warum sollte im Sachunterricht experimentiert werden?

Fasst man die Ergebnisse der Untersuchungen zum Experimentieren zusammen, ist die Schlussfolgerung eindeutig zu ziehen. Ein eigenständiges Experimentieren der Schülerinnen und Schüler sollte über die Schuljahre hinweg kontinuierlich und systematisch erfolgen. Dabei dürfte es vorteilhaft sein, die Eigenständigkeit nicht von Anfang an vorauszusetzen, sondern als Entwicklungsprozess anzustreben. Und dieser Entwicklungsprozess ist durchaus allen am Unterricht Beteiligten zuzugestehen.

Setzt man sich mit dem Experimentieren im Schulalltag auseinander, so findet man oft

die Vorstellung, dass ein guter Unterricht durch viele und vielfältige experimentelle Aktivitäten geprägt sein muss. Jedoch haben fachdidaktische Studien immer wieder aufgezeigt, dass gerade im Bereich des Experimentierens Lernschwierigkeiten und Defizite häufig zu benennen sind.

Eines von vielen Beispielen für die Entwicklung von Fehlkonzepten durch das Experimentieren im Grundschulunterricht:

*Besonders am Thema Schwimmen und Sinken erlebt man reinste Anekdoten: »Schwere Dinge sinken, leichte Dinge schwimmen« war im Sachkundeheft meiner Tochter zu lesen. Wir fanden im heimischen Rheinhafen ein Schiff aus Eisen voll beladen mit Kieselsteinen: Es schwamm! Wir warfen einen der Steine über Bord: Er sank.*

*In einem Lehrbuch fand sich der Versuch, eine Knetmassekugel ins Wasser zu werfen: Sie sinkt. Aus der Masse wird dann eine Schüssel geformt. Sie schwimmt. Anschließend liest man im Buch »Es liegt an der Form«. Doch eine Holzkugel der gleichen Form wie die der Knetmasse schwimmt und ein kleines Loch in der Knetmasseschüssel lässt diese sinken! Und wieso sinkt ein Ei im normalen Wasser und schwimmt in einer Salzlösung? Wer hat hier die Form verändert oder das Gewicht?*

Die vorunterrichtlichen Vorstellungen können auch die Ursache dafür sein, dass Kinder häufig ein Experiment anders interpretieren, als es aus der naturwissenschaftlichen Sicht der Lehrkraft zu erwarten ist. Auch ist die kindliche Beobachtung nicht selten eine ganz andere als die von der Lehrerin oder dem Lehrer geplante. Ein Grund hierfür ist einerseits, dass den Kindern der theoretische Rahmen, in dem das Experiment stattfindet, nicht bewusst beziehungsweise nicht verfügbar ist. Andererseits dominiert ein recht eng auf ein bestimmtes Ziel fixiertes Experimentieren unseren naturwissenschaftlichen Unterricht. Demzufolge bieten sich den Schülerinnen und Schülern im Schulalltag nur wenige Möglichkeiten, eigenständig und vor allem kreativ zu experimentieren und damit verbunden ein solches Vorgehen zu erlernen. Wann und wie oft dürfen und können Kinder eigenständig Problemstellungen formulieren, die sie anschließend mit selbst erdachten Experimenten erforschen und lösen?

Ferner wird den Lernenden mit dem eng geführten Experimentieren zugleich auch ein unangemessenes Bild von den Naturwissenschaften als wissenschaftliche Disziplin vermittelt. Nicht selten trifft man ein induktives Vorgehen an, bei dem aus den Ergebnissen eines einzelnen Experiments weite Schlüsse gezogen werden. Verallgemeinerungen werden oft weit über die Tragweite des einzelnen Experiments hinaus formuliert. Durch einen solchen unbedachten Umgang mit dem Experimentieren im Unterricht werden Kinder dazu verführt, ein naives Bild von den Naturwissenschaften aufzubauen. Dies äußert sich darin, dass Lernende in den weiterführenden Schulen zum Beispiel vom naturwissenschaftlichen Unterricht absolute Wahrheiten erwarten. Mit Hilfe eines Experiments kann man – so aus der Sicht der Schülerinnen und Schüler – die an die Natur gestellten Fragen beantworten.

*Schlussfolgerungen aus den Lernschwierigkeiten:* Traditioneller Unterricht in den Naturwissenschaften kann die Fehlvorstellungen nicht verhindern. Vielmehr verfestigt der Unterricht häufig die Entstehung unangemessener Vorstellungen über naturwissen-

schaftliche Konzepte. Hinzukommt, dass sich die bei Schülerinnen und Schülern einmal erworbenen Denkweisen als relativ stabil erweisen. Das hat beispielsweise zur Folge, dass durch den Unterricht verstärkte naive Sichtweisen der Lernenden nur mit großer Anstrengung in Richtung eines angemessenen Denkens verändert werden können. Deshalb erscheint ein Erlernen der naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen bereits im Sachunterricht der Grundschule notwendig zu sein. Das zentrale Ziel hierbei soll sein, dass bei den Schülerinnen und Schülern angemessene naturwissenschaftliche Denkweisen angebahnt werden, auf die im nachfolgenden Unterricht aufgebaut werden kann. Dabei ist anzumerken, dass die Komplexität und die Vielschichtigkeit des künftigen Experimentierens im naturwissenschaftlichen Unterricht höherer Jahrgangsstufen Grundschulkindern natürlich noch nicht zu vermitteln sind. Es scheint uns jedoch sinnvoll und wichtig, so früh wie möglich erste und erweiterungsfähige Vorstellungen über das naturwissenschaftliche Experimentieren anzubahnen und aufzubauen. Hierbei können am Anfang Strukturierungen beim experimentellen Vorgehen helfen, die mit zunehmender Routine und Übung der Kinder an Bedeutung verlieren.

#### 4 Wie sollen naturwissenschaftliche Kompetenzen beim Experimentieren entwickelt werden?

Um ein angemessenes Verständnis von naturwissenschaftlichen Phänomenen und Problemen entwickeln zu können, bietet es sich an, die Art und den Umfang an Kompetenzen, die durch den Unterricht in der Grundschule entwickelt werden können und sollen, unmittelbar an der Altersstufe sowie dem Vorwissen der Lernenden zu orientieren. Dies gilt jedoch nicht für die Anzahl der betrachteten Methoden und Arbeitsweisen. Die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen können in ihrer gesamten Breite in der Grundschule einen angemessenen Platz finden. Wichtig hierbei ist das Niveau der Behandlung, das der Altersstufe angepasst sein muss.

Erfreulicherweise hat das Experimentieren im Unterricht der Grundschule in den letzten Jahren einen gewissen Aufschwung erfahren. Auch wenn Erklärungen des Begriffs »Experiment« nicht nur ermutigend sind: »1. wissenschaftlicher Versuch, durch den etwas entdeckt, bestätigt oder gezeigt werden soll. 2. [gewagter] Versuch, Wagnis; gewagtes, unsicheres Unternehmen; Unternehmen mit unsicherem Ausgang« schreibt Der Duden Band 5, Fremdwörterbuch, in der 6. Auflage 1997.

Jede Lehrerin und jeder Lehrer hat auch schon die Erfahrung des »Unternehmens mit unsicherem Ausgang« gemacht und alle ehemaligen Schulkinder erinnern sich an das betroffene Gesicht des Physiklehrers, begleitet von der Beteuerung, dass es gestern und in der Parallelklasse noch funktioniert habe, wenn es wieder einmal nicht gelungen ist, das Phänomen im Experiment zu zeigen oder den Zusammenhang zu beweisen.

Diesen mehr oder weniger häufigen Missgeschicken, die im Übrigen in sehr vielen Fällen ganz schlicht auf ungenügende Vorbereitung zurückzuführen sind, stehen aber einige andere positive Erfahrungen gegenüber:

Experimente – der Art, wie wir sie für die Grundschule beschrieben und erprobt haben und dort laufend durchführen – haben sehr viel gemeinsam mit dem Spielen der Kinder, innerhalb und außerhalb der Schule. Sie sind aber mit Sicherheit *nicht zweckfrei* – und kommen gerade dadurch dem *kindlichen* Spielen entgegen. Denn alle Kinder,

mit denen wir über ihr Spiel sprechen, sehen darin irgendeinen Zweck – aus ihrer Sicht. Soll Unterricht vom Kind ausgehen, so findet das Experiment durch diese Beziehung eine erste Rechtfertigung.

Unterricht soll aber auch von der Sache ausgehen und unterliegt damit ganz deutlich der Forderung, Wissen und Kompetenzen zu vermitteln. Die Diskussion, ob und in welchem Maße ausgerechnet das Experimentieren geeignet ist, den Kindern eine Vielzahl an Kompetenzen zu vermitteln, wurde bereits kurz angerissen und soll an dieser Stelle nicht weiter erörtert werden. Didaktische Wissenschaft erreicht wenig Fortschritte, wenn einmal belegte Fakten immer neu diskutiert werden. Fakt ist, dass eine der bis heute größten Evaluationsstudien Deutschlands zum naturwissenschaftlichen Unterricht in der Grundschule gezeigt hat, dass Kinder – unabhängig von Region, Klassengröße und Klassenstruktur – immer dann am meisten gelernt hatten, wenn die Inhalte durch selbst durchgeführte Experimente (Schülerexperimente) vermittelt worden waren. Diese Studie am Lehrgang »Naturwissenschaftlicher Unterricht in der Grundschule« von Kay Spreckelsen hatte vier Jahre lang 100 Grundschulen Westdeutschlands begleitet, getestet und dabei über siebzehntausend Tests ausgewertet (Wiebel, 1982). Die Aussage kann deshalb als gut abgesichert betrachtet werden. Das von Kindern selbst durchgeführte Experiment hat deshalb eindeutig erste Priorität. Dennoch werden am Schluss einige »demonstrable« Experimente dargestellt. Diese sollen bitte *nicht* als Ersatz für Schülerexperimente angesehen werden. Erstens können sie eventuell von geschickten Kindern durchgeführt werden. Zweitens hat die Erfahrung gezeigt, dass die Lehrkraft die Kinder mit einer kleinen Vorführung ebenfalls sehr gut motivieren und ihren Respekt gewinnen kann: Kolleginnen und Kollegen, zeigt ruhig mal, dass ihr auch etwas könnt!

### *Kompetenzen*

Die grundsätzlich beim Experimentieren erreichbaren Kompetenzen werden der Übersichtlichkeit wegen in fünf Stufen aufgeteilt. Von Stufe 1 nach Stufe 4 steigt das Abstraktionsniveau. In einer fünften Stufe wird eine Ergänzung um erwerbbar Kompetenzen versucht, die nicht primär an das Experimentieren gebunden sind, beim differenzierten Arbeiten aber unausweichlich mit »anfallen«. Die beispielhafte Wiedergabe von Experimenten beziehungsweise Anleitungen dazu im achten Kapitel wird jeweils ergänzt durch eine Liste der beim speziellen Experiment vermittelten Kompetenzen. Dabei wird auch deutlich, dass unterschiedliche Experimente unterschiedliche Kompetenzen vermitteln, die sich dann gegenseitig ergänzen können.

1. Stufe: Problementwicklung (läuft eventuell vor dem eigentlichen Experimentierunterricht):
  - Tatsachen erklären, Vorkenntnisse in Wort oder Bild erfassen
  - Ideen festhalten
  - Vermutungen anstellen
  - Geeignete Versuche auswählen oder variieren oder selbst planen
2. Stufe: Erkenntnisse sammeln
  - Beobachten (ganz wichtig, wird selten von Kindern mitgebracht!)
  - Mit Materialien und Werkzeugen sachgerecht umgehen
  - Ausprobieren, testen, messen

- Ergebnisse festhalten und darstellen in Wort oder Skizze
- Ergebnisse verarbeiten (z. B. in Zeichnung oder Rechnung)
- 3. Stufe: Erkenntnisse auswerten
  - Klassifizieren
  - Beispiele und Beziehungen finden
  - Vergleichbares und Unterschiedliches erkennen oder finden
  - Deutungen versuchen
  - Einfache Schlussfolgerungen anstellen
- 4. Stufe: Erkenntnisse übertragen
  - Erkenntnisse auf andere Probleme übertragen
  - Anschlussprobleme erkennen und eventuell lösen
  - Technische Anwendungsmöglichkeiten erfassen
  - Nützlichkeit technischer Anwendungen erkennen und beschreiben (das ist der wissenschaftliche Hintergrund von Technik!)
- 5. Stufe: Übergreifende Kompetenzen
  - Kooperation mit einer Partnerin oder einem Partner
  - Geduld bei der Reihenfolge der Arbeiten
  - Rücksicht gegenüber Nachbarteams mit anderen Aufgaben
  - Sorgfalt im Umgang mit Materialien, damit sie erneut verwendet werden können
  - Erfahrungsaustausch mit anderen Teams anstreben

In der ersten Phase einer systematischen Befassung mit naturwissenschaftlichen Inhalten im Sachunterricht der Grundschule sind Grundlagen in den Arbeitsweisen zu legen. Hier bietet es sich an, durch die zuvor erörterten Strukturierungshilfen den Erwerb naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen zu unterstützen. Darauf aufbauend können im nachfolgenden Unterricht erste Kompetenzen hinsichtlich eines angemessenen Denkens entwickelt werden. Im Sinne eines kumulativen Wissenserwerbs findet dann eine Weiterentwicklung der Kompetenzen statt mit dem Ziel, dass die Kinder diese in vielfältigen Situationen anwenden können.

## 5 Welcher theoretische Rahmen steht hinter unserem Ansatz vom Kompetenzerwerb durch das Experimentieren?

In dem vorgeschlagenen fünfstufigen Modell werden die Kompetenzen in einem sachlogischen Aufbau beschrieben. Was ist jedoch unter einem Experiment als Mittel der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung zu verstehen?

Eine erste Begriffsbestimmung wurde bereits im Abschnitt zuvor gegeben. In den nachfolgenden Betrachtungen heißt es, in aller Kürze einen theoretischen Rahmen für das Experiment als Mittel zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung zu schaffen.

Im Allgemeinen werden mithilfe eines Experiments Ursache-Wirkungs-Beziehungen ermöglicht. Das bedeutet zum Beispiel, dass mit Experimenten naturwissenschaftliche Hypothesen geprüft werden. Dazu werden in einer Versuchsanordnung bewusst festgelegte oder ausgewählte Variablen verändert, kontrolliert und wiederholt beobachtet beziehungsweise gemessen. Die naturwissenschaftlichen Hypothesen (auch Vermu-

tungen genannt) beruhen dabei auf dem Vorwissen der Experimentatoren. Des Weiteren werden die Beobachtungen bei einem Experiment von Theorien oder Modellen mitbestimmt, da nur vor einem theoretischen Hintergrund die Beobachtungsergebnisse sinnvoll interpretiert werden können.

Obwohl es *die* typische Methode zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung nicht gibt, lassen sich die eben genannten Arbeitsweisen aus didaktischen Gründen zu einem Kreislauf systematisieren. Dieser Kreislauf kann grob in drei Teilbereiche untergliedert werden: 1. Hypothesen generieren, 2. passende Experimente aufbauen und durchführen und 3. empirische Befunde interpretieren.

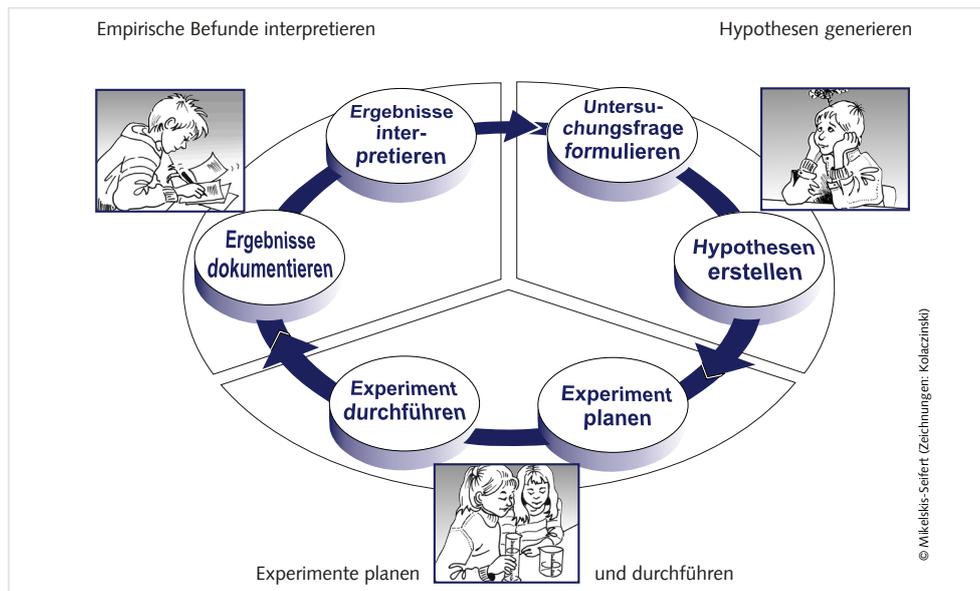


Abb. 1: Kreislauf zum Experimentieren in den Naturwissenschaften

Beim Generieren von Hypothesen wird eine Untersuchungsfrage formuliert. Für diese Untersuchungsfrage werden aus bekannten Theorien, aus Modellen oder aus dem Vorwissen mehrere mögliche Hypothesen abgeleitet. Zunächst wird eine Hypothese ausgewählt, die experimentell überprüft werden soll.

Auf der Grundlage der ausgewählten Hypothese wird die Versuchsanordnung aufgebaut und das Experiment durchgeführt. Dabei muss beachtet werden, dass eine bestimmte Variable (passend für die jeweilige Hypothese) geändert und gemessen wird, während die anderen Variablen konstantgehalten werden. Dies wird als Variablenkontrolle bezeichnet. Eine Hypothese kann dann nur geprüft werden, wenn die jeweils entsprechende Variable und nur die geändert wird.

Um die Daten des Experiments zu interpretieren, werden die Versuchsergebnisse zunächst ausgewertet, mit den theoretischen Vorüberlegungen verglichen und aufgrund der theoretischen Basis interpretiert. Eine Hypothese wird dadurch bestätigt oder auch widerlegt.

Zu bedenken ist, dass es für die Erkenntnisgewinnung nicht genügt, nur »einen Durchgang« entlang eines solchen »naturwissenschaftlichen Kreislaufes« zu realisieren. Oft stehen mehrere Hypothesen als Alternativen bereit und es werden mehrere Experimente durchgeführt – damit mehrere Durchgänge durchlaufen. Wirklich bewiesenes

Wissen erhält man jedoch auch mit mehreren Experimenten nicht. Das in den Experimenten bestätigte Wissen bleibt so lange vorläufig, bis es widerlegt ist.

Vergleicht man die drei Teilbereiche des naturwissenschaftlichen Experimentierens mit dem von uns formulierten Stufenmodell, dann wird offenbar, dass die Stufe »Problemstellung« dem Generieren von Hypothesen, die Stufe »Erkenntnisse sammeln« dem Planen und Durchführen von Experimenten und die Stufe »Erkenntnisse auswerten« dem Interpretieren empirischer Befunde entsprechen. Unsere vierte Stufe »Erkenntnisse übertragen« steht für die Rückbindung der gewonnen empirischen Daten zu den theoretischen Überlegungen, indem Erkenntnisse auf andere Probleme übertragen oder Anschlussprobleme erkannt werden. Zusammenfassend beschreiben die von uns postulierten Stufen das komplexe Gefüge des naturwissenschaftlichen Experimentierens, wie es in einem Grundschulunterricht umsetzbar ist.

## 6 Anschlussfähigkeit naturwissenschaftlicher Kompetenzen im Bereich der Denk- und Arbeitsweisen

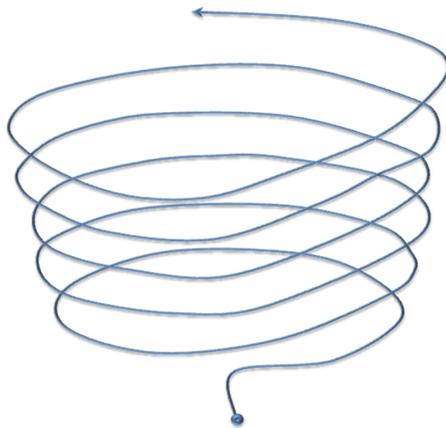
Es kommt beim Übergang in die Sekundarstufe unweigerlich zum Bruch, wenn naturwissenschaftliche Unterrichtsthemen in der Primarstufe vornehmlich geprägt sind durch eine Aneinanderreihung von Faktenwissen, das dann im ungünstigen Falle auch noch gekennzeichnet ist von zum Beispiel zu weit greifenden und nicht belastbaren Verallgemeinerungen oder von sprachlichen Verschwommenheiten.

Am Thema *Schwimmen und Sinken* haben wir bereits aufgezeigt, dass fachlich falsche Argumentationen in Lehrmitteln für den naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht zu finden sind. Weitere Beispiele hierfür, die aus Sachunterrichtsheften stammen, sind:

1. »Je näher der Gegenstand an der Lampe ist, desto größer wird der Schatten.«  
(Man untersuche dies bitte einmal beim Passieren einer Straßenlampe).
2. »Stromspannung der Taschenlampenbatterie«. (Strom oder Spannung?)

Zitieren Kinder dergleichen Weisheiten im späteren Physikunterricht, muss die Aufforderung kommen, erst mal einiges aus der Grundschulzeit zu vergessen. Anschlussfähigkeit wird so von Grund auf unmöglich gemacht. Der Bruch ist programmiert und raubt mit Sicherheit vielen Jugendlichen die Freude an der Befassung mit naturwissenschaftlichen Inhalten, insbesondere der Physik und Chemie, die ihr Wissenschaftsgebäude nicht ohne Exaktheit vermitteln können. Die Fachlehrkraft kommt unvermeidbar in den Ruf der Pedanterie. (Die Erfahrung zeigt übrigens, dass auch in der Grundschule der Begriff »Strom« nicht unbedingt als Synonym für »elektrische Energie« verwendet werden muss. Den später ausdifferenzierbaren Begriff »Elektrizität« können selbst Schulanfängerinnen und -anfänger aussprechen.)

Hat dagegen der Erwerb von Kompetenzen, wie sie im oben angeführten Stufenmodell dargestellt wurden, erste Priorität und wird dabei gleichzeitig eine permanent kritische Einstellung zu allen Versuchsergebnissen geübt, so kann die Sekundarstufe auf Ergebnisse eines Primarstufenunterrichts aufbauen, die über viele Jahre nützlich und verwertbar sind. Insofern mag man fast zur Einstellung neigen, die konkreten Themen kognitiven Wissens, die in der Primarstufe erarbeitet werden, seien beliebig und austauschbar. Aus der Sicht des reinen Kompetenzerwerbs trifft das weitgehend zu. Umso mehr erlaubt es der Kompetenzerwerb an beliebigen für die Grundschule geeignete



Themen aber auch, die konkreten Themen an der je spezifischen Erlebnis- und Erfahrungswelt der Kinder, an konkreten Anlässen oder eventuell auch an der sachlichen Kompetenz der Lehrkraft zu orientieren.

Abb. 2: Kompetenzerwerb im Sinne einer spiralförmigen Entwicklung

Kompetenzen lassen sich beim Experimentieren im Rahmen aller Themen erarbeiten und erwerben. Wichtig für uns ist es vielmehr, die Fähigkeiten beim Experimentieren zu entwickeln, die dann die Basis für den naturwissenschaftlichen Unterricht in der Sekundarstufe bilden. Das heißt, dass am Anfang das strukturierte Experimentieren steht, bei dem die Kinder grundlegendes Wissen zu den Arbeitsweisen, wie beispielweise zum akribischen Beobachten, zum sorgfältigen Messen etc., erwerben. Dabei gewinnen sie an Routine, so dass ein nächster Schritt mit mehr Offenheit und größerer Komplexität in den Aufgabenstellungen gegangen werden kann. Dementsprechend entwickeln und vertiefen die Schülerinnen und Schüler experimentelle Fähigkeiten im Sinne unseres Stufenmodells auf der Basis des naturwissenschaftlichen Kreislaufes zur Erkenntnisgewinnung (siehe Abb. 1). Wir bezeichnen dies als spiralförmigen Kompetenzerwerb.

## 7 Was ist beim Experimentieren in der Grundschule zu beachten?

Nachdem der Erwerb naturwissenschaftlicher Kompetenzen beim Experimentieren von verschiedenen Seiten her beleuchtet wurde, sollen einige Praxiserfahrungen weitergegeben werden. Denn die Erkenntnis der Sinnhaftigkeit ist eine Voraussetzung, doch noch keine praktische Hilfe zur Durchführung.

Es lässt sich nicht behaupten, dass dies alles ohne ein bisschen Mühe und Engagement zu machen ist – aber welcher Unterricht ohne diese Faktoren ist ein guter Unterricht? Deshalb ein paar allgemeine Tipps zur praktischen Umsetzung:

### 1. Eigene Kompetenz

*Ein bisschen Übung und ein bisschen Sachkenntnis schaden nicht!*

Experimente als Selbstzweck und nur zur lustigen Beschäftigung laufen rasch ins Leere. Deshalb steht am Anfang die Überlegung »Was will ich mit diesem Experiment oder dieser Folge von Experimenten erreichen?«. Danach erfolgt eine Auswahl an Experimenten, die von der Lehrkraft grundsätzlich selbst auszuprobieren sind, um eventuelle technische Schwierigkeiten herauszufinden und um die grundsätzliche Entscheidung fällen zu können, ob dieses Experiment erklärungsmächtig ist für das Phänomen, das verdeutlicht werden soll. Dazu muss die Lehrkraft die Zusammenhänge der Beobachtungen verstehen sowie erklären können – auf einem der Zielgruppe angemessenen Niveau.

## 2. Materielle Ausstattung

Je nach materieller Situation der Schule sollte man sich entscheiden für eine mehr oder weniger *vorgefertigte Sammlung* an Anleitungen und Experimentiermaterialien. Diese haben den Vorteil, dass sie mitunter kochbuchähnliche Anleitungen und die zur Versuchsdurchführung notwendigen Geräte und Stoffe zusammengestellt enthalten. Der Nachteil ist häufig der hohe Beschaffungspreis und mitunter auch die Bruchempfindlichkeit der Geräte.



Abb. 3: Schülerinnen experimentieren mit Alltagsmaterialien

Die Alternative ist der Einsatz von *Alltagsmaterialien*, die auf jeden Fall billiger zu kaufen sind oder sogar kostenlos sind (z. B. Verpackungsmaterial). Dazu gehört aber auch eine Literatur mit Anleitungen zu Versuchen, die darauf abgestimmt sind. Vorteilhaft ist hier der Preis und die Robustheit bzw. leichte Ersatzbeschaffung; eindeutiger Nachteil ist eine notwendige Sammelleidenschaft und ein bisschen Stauraum für die erforderlichen Materialien – verbunden mit einer Portion Ordnungssinn zwecks Verfügbarkeit der Dinge.

## 3. Differenziertes Arbeiten

Differenziertes Arbeiten ist nicht nur eine wichtige Vorgehensweise angesichts heterogener Schulklassen. Es ist auch eine fast unausweichliche Folge des Einsatzes von Alltagsmaterialien. Alltagsmaterialien lassen sich selten in einer ausreichenden Zahl zusammentragen, damit sich eine ganze Schulklassen gleichzeitig mit dem gleichen Experiment auseinandersetzen kann. Ob es aus anderen Gründen sinnvoll ist, die Kinder alle gleichzeitig an einem Experiment arbeiten zu lassen, wird aus Erfahrung bezweifelt: Die Kompetenz des gegenseitigen Erfahrungsaustausches zwischen den Kindern würde dabei jedenfalls nur mäßig gefördert. Auch individuelles Lerntempo in den oft sehr heterogenen Grundschulklassen ist mit differenziertem Arbeiten ein-



deutig besser zu gewähren. Sollen alle Kinder einer Klasse zur gleichen Zeit die gleichen Experimentierschritte machen, so hat das vielleicht den Vorteil, dass nicht jedes Kind eine schriftliche und eventuell grafisch aufbereitete Anleitung braucht, und man kann jeden Schritt vorexerzieren. Es hat aber den klaren Nachteil, dass der Aufwand für Disziplinierungsmaßnahmen exponentiell steigt.

Jahrelange eigene Erfahrungen mit differenzierter Arbeitsweise haben gezeigt, dass die Organisation von »Lerntheken« oder »Lernbuffets« hier viele Vorteile bringt: Mehrere verschiedene selbst gefertigte oder aus Kinderbüchern oder entsprechender Literatur (siehe Anhang) entnommene (und selbst erprobte!) Versuchsanleitungen werden in je einer Kiste zusammen mit den erforderlichen Materialien auf einer »Theke« bereitgestellt. Alle Experimente erkunden aus unterschiedlichen Perspektiven einen gemeinsamen Themenkreis.

Je zwei Kinder<sup>1</sup> wählen ein Experiment aus, führen es durch, diskutieren es unter sich und notieren wichtige Beobachtungen oder Schlussfolgerungen. Nach Beendigung bringen sie das »Set« zurück zur Theke, füllen verbrauchtes Material auf und wählen – je nach Zeit – ein nächstes aus. So führen langsamere Kinder weniger Experimente durch und sind nicht überfordert; schnellere Kinder absolvieren mehrere Experimente und sind nicht unterfordert. Am Ende der Sequenz setzen sich alle zusammen, diskutieren das Thema, bringen ihre unterschiedlichen Erfahrungen ein und sind im Glücksfalle sogar daran interessiert, von anderen Kindern das zu erfahren, was sie nicht selbst gemacht haben.

In unseren praktischen Beispielen haben wir den Themenkreis »Akustische Phänomene« gewählt, weil er sich beispielsweise hervorragend eignet, in Kooperation mit Musik fachübergreifenden Unterricht zu praktizieren.

## **8 Wie kann das Experimentieren in der Grundschule kompetenzorientiert realisiert werden?**

Es folgen auf den nächsten Seiten eine Reihe von Experimenten, die mit Kindern zwischen Klasse 2 und 4 in realen Klassensituationen erprobt wurden. Jedes Beispiel wird durch eine kindgerechte Experimentieranleitung und ein Informationsblatt für Lehrkräfte dokumentiert. Sie entstammen der Experimentiersammlung »Natur be-greifen« von Klaus Wiebel.

Inhaltlich zielen diese Experimente darauf ab, Erfahrungen zu akustischen Phänomenen zu sammeln; der Schwerpunkt liegt auf der Entdeckung gemeinsamer Bedingungen zur Erzeugung, Verstärkung und Abstrahlung von Tönen und Geräuschen. Die Auswahl des inhaltlichen Themenbereiches ist relativ beliebig. Im Rahmen der Experimentiersammlung »Natur be-greifen« wurden 200 Versuche entwickelt und beschrieben, die alle geeignet sind, eine Auswahl der oben zitierten Kompetenzen zu vermitteln.

Neben den vielfältigen Schülerversuchen werden darüber hinaus einige Demonstrationsexperimente vorgeschlagen, die zur Einführung, zur Motivation oder zum Abschluss einer Unterrichtssequenz geeignet sind. Diese sind als Anlage unter dem Titel »Physik mit Kick« beigelegt.

<sup>1</sup> Mehr als vier Hände sind bei den meisten Experimenten überflüssig und müssen sich folglich anders (und nicht immer im Sinne des Unterrichts) beschäftigen!



*Beispiel 1: Rauschen ist fast überall*

Mit dem ersten Beispiel sind drei Ziele verbunden:

1. Rauschen als akustisches Phänomen wahrnehmen.
2. Die Möglichkeit der Verstärkung durch mitschwingende Systeme erkennen.
3. Das Rauschen in einer Muschel oder einem anderen Hohlraum vor dem Ohr erklären können.

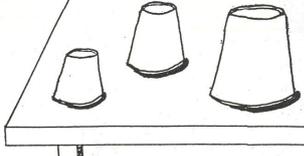
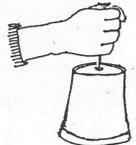
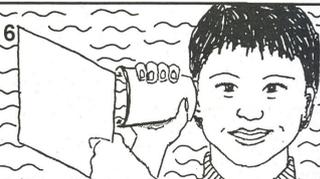
© 2000: Dr. Klaus Hartmut Wiebel, 79206 Breisach

<h2 style="margin: 0;">Klingen und Schwingen</h2> <p style="margin: 0;">Rauschen ist fast überall</p>	<b>1</b> <small>Ak.1</small>				
					
<p><b>Du brauchst :</b></p> <p>Große Muschel oder Meeresschneckenhaus Mehrere verschieden große Plastikbecher (Joghurtbecher oder ähnliche) 1 dünne Pappe etwa 20 cm x 20 cm 1 langen dicken Nagel (etwa 5 mm dick)</p>					
<p>Du wirst Geräusche hören wo es zunächst ganz still war.</p>	<table border="1" style="border-collapse: collapse;"><tr><td style="width: 10px; height: 10px; text-align: center;">V</td><td style="width: 10px; height: 10px; text-align: center;">V</td></tr><tr><td style="width: 10px; height: 10px; text-align: center;">V</td><td style="width: 10px; height: 10px; text-align: center;">V</td></tr></table>	V	V	V	V
V	V				
V	V				
<p style="font-size: small;">Vorsicht beim Umgang mit dem spitzen Nagel!</p>					

Die bei der Durchführung angestrebten Kompetenzen sind (auf den drei Stufen »Problementwicklung«, »Erkenntnisse sammeln« und »Erkenntnisse auswerten«):

- Vorkenntnisse erfassen, Texte und Bilder verstehen;
- Geeignete Versuche planen;
- Ideen festhalten;
- Beobachten;
- Mit Materialien und Werkzeugen umgehen;
- Klassifizieren;
- Beziehungen finden;
- Vergleichbares und Unterschiedliches finden;
- Schlussfolgerungen anstellen;
- Erkenntnisse übertragen

© 2000, Dr. Klaus Hartmut Wiebel, 79206 Breisach

<b>Rauschen ist fast überall</b>		<b>Ak.1</b>
<p style="text-align: center; font-weight: bold; font-size: 24px;">1</p>  <p style="font-size: small;">Hast du schon einmal versucht, in einer großen Muschel oder dem Haus einer Wasserschnecke das „Rauschen des Meeres“ zu hören? Horche hinein, lausche und überlege, woher das Rauschen kommen könnte.</p>	<p style="text-align: center; font-weight: bold; font-size: 24px;">2</p>  <p style="font-size: small;">Aus einigen nicht zu kleinen Plastikbechern kannst du dir selber ein Gerät bauen, mit dem du das Rauschen aufspüren kannst.</p>	
<p style="text-align: center; font-weight: bold; font-size: 24px;">3</p>  <p style="font-size: small;">Stich mit dem Nagel Löcher in die Mitte der Becherböden. Sei vorsichtig: Stelle die Becher mit der Öffnung nach unten auf den Tisch und stich kurz und kräftig ein. Mach' zunächst kleine Löcher und probiere später aus, was passiert, wenn du die Löcher größer machst.</p>	<p style="text-align: center; font-weight: bold; font-size: 24px;">4</p>  <p style="font-size: small;">Geh' in einen ganz stillen Raum. Halte das Loch im Becherboden dicht an dein Ohr. Lausche genau. Hörst du etwas? Halte die Pappe ungefähr 1 cm vor die Öffnung des Bechers. Ändere den Abstand der Pappe vom Becherrand.</p>	
<p style="text-align: center; font-weight: bold; font-size: 24px;">5</p>  <p style="font-size: small;">Hast du mehrere verschiedene Becher vorbereitet? Probiere das Experiment mit allen Bechern. Hörst du immer das Gleiche? In welchem Becher rauscht es am stärksten? In welchem nur ganz schwach?</p>	<p style="text-align: center; font-weight: bold; font-size: 24px;">6</p>  <p style="font-size: small;">Auch wenn du meinst, es sei ganz still, so gibt es doch ganz schwache Geräusche. Überlege, wie sie entstehen könnten. Erkunde mit anderen Versuchen, wie Geräusche entstehen und wodurch sie verstärkt werden können.</p>	
<p style="font-weight: bold; font-size: 18px;">Arbeite weiter:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Teste mit 2 gleichen Bechern, ob deine beiden Ohren gleich gut hören.</li> <li>2. Vielleicht kannst du einen billigen kleinen Plastikbeimer bekommen, mit dem du den Versuch wiederholst. Zeichne und schreibe dazu, welche Erfahrung du damit machst.</li> <li>3. Bewege die Pappe vor den Bechern hin und her, weiter weg vom Becher und näher heran. Kannst du Veränderungen bei den Geräuschen hören? Kannst du erklären, wie es dazu kommt?</li> </ol>		
<p>Mehr zur Verstärkung von Tönen und Geräuschen erfährst du bei Versuch Ak.2.</p>		

*Anmerkungen zum Versuch*

- a) Auch in einem als ruhig wahrgenommenen Raum treten in der Luft durch Bewegungen Wirbel und Strömungen auf, die Schallwellen erzeugen. Diese werden von der Luft übertragen, liegen jedoch normalerweise unterhalb unserer Hörschwelle.
- b) In unserem Versuch regt dieser geringe Schall die Luftsäule zwischen Kartonblatt und Becherboden zu Schwingungen an. Folglich schwingt auch der Becher mit und wirkt verstärkend als »Resonator«, also als ein mitschwingender Körper – wie der Korpus eines Saiteninstruments. Weil die Luftsäule nicht geschlossen ist, können sehr viele verschiedene Frequenzen die Luft zwischen Karton und Becherboden zum Mitschwingen anregen. Diese Überlagerung vieler Frequenzen nehmen wir nicht als bestimmten Ton wahr, sondern als Rauschen.
- c) Man könnte »Rauschen« auch als »akustischen Staub« in der Umwelt bezeichnen.
- d) Das Gleiche geschieht in der Luft im Gehäuse einer Meeresschnecke – das angebliche Meeresrauschen ist schlichter Unsinn.

**Beispiel 2: Schall braucht seine Zeit**

Mit dem zweiten Beispiel sind ebenfalls drei Ziele verbunden:

1. Erkennen, dass man ein Ereignis sofort sieht, aber nicht unbedingt sofort hört.
2. Aus der Zeitverzögerung zwischen dem Sehen und dem Hören eines Ereignisses schließen, dass Schall länger braucht, um eine Strecke zurückzulegen, als Licht.
3. Dem Begriff »Schallgeschwindigkeit« eine Bedeutung geben können.

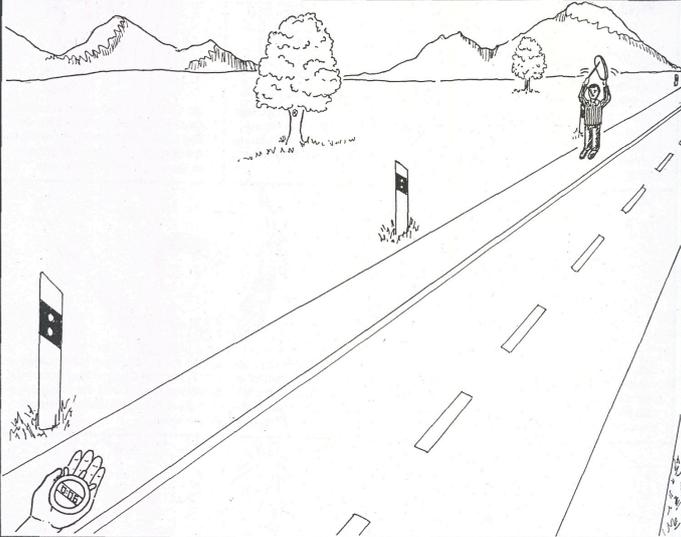
© 2000: Dr. Klaus Hartmut Wiebel, 79206 Breisach

## Klingen und Schwingen

Schall braucht seine Zeit

8

Ak. 8



**Du brauchst :**

1 großen „Gong“ (altes Backblech, Blechschüssel oder Blechdeckel)  
 1 Holzstock, etwa 50 cm lang, etwa 2 cm dick  
 1 Uhr mit Sekundenzeiger oder Stoppuhr  
 geraden Weg, 100 oder besser 350 Meter lang  
 eine Freundin oder einen Freund

Du kannst erfahren, wie rasch ein Knall  
durch die Luft voran kommt.

Vorsicht an öffentlichen Straßen: Links gehen, auf Fahrzeuge achten!

V	V
V	V

Die bei der Durchführung angestrebten Kompetenzen sind (auf den vier Stufen »Problementwicklung«, »Erkenntnisse sammeln«, »Erkenntnisse auswerten« und »Erkenntnisse übertragen«):

- Vorkenntnisse erfassen;
- Den Sinn von Texten und Bildern erfassen;
- Vermutungen anstellen (Hypothesen bilden);
- Beobachten;
- Mit Geräten umgehen;
- Messen;
- Ergebnisse auswerten;
- Beziehungen finden;
- Deutungen versuchen;
- Erkenntnisse auf andere Probleme übertragen

© 2000: Dr. Klaus Hartmut Wiebel, 79206 Breisach

<b>Der Schall braucht seine Zeit</b>		<b>Ak.8</b>
<p style="text-align: center; font-weight: bold;">1</p>  <p>Beim Gewitter siehst du zuerst einen Blitz. Am Blitz dehnt sich die Luft wie bei einer explodierenden Papiertüte schlagartig aus. Das gibt einen riesigen Knall: den Donner. Den hörst du aber erst einige Zeit später. Wieso?</p>	<p style="text-align: center; font-weight: bold;">2</p>  <p>Licht ist unheimlich schnell: Es legt in 1 Sekunde fast 300 000 km zurück, das sind 1080 Millionen km/h! Deshalb sieht man den Blitz sofort wenn er entsteht.</p>	<p style="text-align: center; font-weight: bold;">3</p>  <p>Das Geräusch, das dabei entsteht, braucht dagegen mehr Zeit für den Weg zu dir. Mit diesem Experiment kannst du abschätzen, wie schnell ein Geräusch bei dir sein kann.</p>
<p style="text-align: center; font-weight: bold;">4</p>  <p>Bitte einen Freund oder eine Freundin, sich 100 Meter von dir entfernt aufzustellen. Er oder sie soll den Stock und den „Gong“ mitnehmen. Am Sportplatzrand sind 100 Meter meist angezeichnet; an Straßen ist es die Entfernung von einem weißen Pfahl zum übernächsten.</p>	<p style="text-align: center; font-weight: bold;">5</p>  <p>Der Freund soll nun die Arme über dem Kopf auseinanderhalten: In einer Hand den Gong, in der anderen den Stock. Mit gestreckten Armen wird der Gong angeschlagen und die Arme wieder auseinander gestreckt - wie beim Hampelmann spielen.</p>	
<p style="text-align: center; font-weight: bold;">6</p>  <p>Achte sehr genau darauf, wann du den Stock an den Gong schlagen siehst - und wann du es hörst. Schlage mehrfach im Takt auf den Gong und zähl mit: 1- und 2- und - 3- und! Kannst du abschätzen, wieviel Zeit zwischen dem „Schlag-Sehen“ und dem „Schlag-Hören“ vergeht?</p>	<p style="text-align: center; font-weight: bold;">7</p>  <p>Wenn ihr eine gerade Strecke von ungefähr 330 Metern findet, solltet ihr den Versuch dort mit einem sehr lauten Gong wiederholen. Der Unterschied zwischen Sehen und Hören des Schalles wird dann sehr deutlich. Wieviel Zeit liegt dazwischen? Könnt ihr es mit einem Sekundenzeiger vergleichen?</p>	
<p><b>Arbeite weiter:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Wenn du herausgefunden hast, wie weit der Schall in 1 Sekunde kommt, dann kannst du künftig abschätzen, wie weit ein Gewitter von dir weg ist: Zähle die Sekunden vom Blitz bis zum Hören des Donners. Alle 3 Sekunden hat der Donner einen Kilometer geschafft!</li> <li>2. Schlage in einem Lexikon nach bei den Wörtern „Lichtgeschwindigkeit“ und „Schallgeschwindigkeit“.</li> </ol>		
<p><b>INFO:</b> 1 Lichtjahr ist keine Zeitangabe, sondern die Strecke, die ein Lichtblitz in einem Jahr zurücklegt!</p>		

### Anmerkungen zum Versuch

- a) Das Versuchsergebnis muss nicht den exakten Wert für die Schallgeschwindigkeit in Luft von 331 m/s (bei 0°C und Normaldruck von 1011h Pa) ergeben. Angestrebt wird der Eindruck, dass Schall im Vergleich zu Licht relativ langsam ist und dass man schon bei relativ geringen Entfernungen ein Ereignis früher sehen als hören kann.
- b) Ab 100 Meter wird der Zeitunterschied zwischen Sehen und Hören eines Schalles mit 1/3 Sekunde bereits deutlich. Gelingt es, eine ca. 300 bis 350 m freie Strecke zu überschauen und einen entsprechend lauten Gongschlag zu erzeugen, so können mitzählende Kinder den Zeitunterschied von einer Sekunde abschätzen. Dazu sollte es allerdings einigermaßen windstill sein, sonst treten starke Verfälschungen auf.
- c) Die enorme Lichtgeschwindigkeit wurde zum Vergleich angegeben, weil Kinder oft Freude an großen Zahlen entwickeln. Im Gespräch wird man eventuell erarbeiten müssen, dass das Sehen eines Ereignisses mit dem Empfang von Licht von diesem Ereignis zu tun hat.

### Beispiel 3: Die Wasserflöte

Mit dem dritten Beispiel sind ebenfalls drei Ziele verbunden:

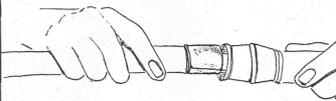
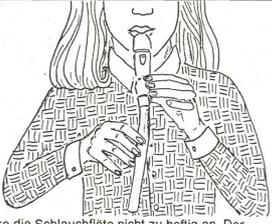
1. Die Ursache für unterschiedliche Töne in einer Blockflöte erkennen.
2. Erkennen, wovon die Tonhöhe einer schwingenden Luftsäule abhängt
3. Begreifen, dass man die Variation der Töne auf unterschiedliche Weise erzwingen kann.

© 2000: Dr. Klaus Hartmut Wiebel, 79206 Breisach

<h2>Klingen und Schwingen</h2>	<b>4</b>				
Die Wasserflöte	Ak.4				
					
<b>Du brauchst :</b>					
1 Blockflöte 1 Schlauchstück (½ Zoll) etwa 25 cm lang Textil - Klebeband und eine Schere 1 Konservenglas (hohe Form) Wasser Handtuch					
Du wirst erkennen, wie die unterschiedlichen Töne der Blockflöte entstehen.	<table border="1"><tr><td>V</td><td>V</td></tr><tr><td>V</td><td></td></tr></table>	V	V	V	
V	V				
V					
Vermeide Unfälle auf nassem Boden: Lege ein Handtuch unter das Wasserglas!					

Die bei der Durchführung angestrebten Kompetenzen sind (auf den drei Stufen »Problementwicklung«, »Erkenntnisse sammeln« und »Erkenntnisse auswerten«):

- Vorkenntnisse erfassen;
- Vermutungen anstellen;
- Beobachten;
- Mit Materialien umgehen;
- Beziehungen finden;
- Deutungen versuchen;
- Einfache Schlussfolgerungen anstellen;

Die Wasserflöte		Ak.4
<b>1</b>		
<p>Beim Spiel auf der Blockflöte musst du stets einen Teil der Löcher mit den Fingern abdecken - oder sogar alle Löcher. Wieso verändert dies die Töne? Untersuche es mit der Wasserflöte.</p>		
<b>2</b>		
<p>Trenne das Mundstück der Flöte von dem gelochten Flötenrohr ab.</p>		
<b>3</b>		
<p>Wickle 2 bis 3 Lagen Klebeband um das Ende des Schlauchstücks. Stecke das unwickelte Ende des Schlauches in das Mundstück der Flöte. Der Schlauch ersetzt jetzt das Flötenrohr mit den Löchern.</p>		
<b>4</b>		
<p>Blase die Schlauchflöte nicht zu heftig an. Der Schlauch ist unten offen: Es erklingt ein tiefer Ton.</p>		
<b>5</b>		
<p>Tauche das untere Schlauchende ganz wenig in das mit Wasser gefüllte Glas ein. Blase die Flöte sanft an. Ändert sich der Ton? Was könnte die Ursache sein?</p>		
<b>6</b>		
<p>Tauche den Schlauch langsam tiefer und tiefer ins Wasser ein und blase dabei das Mundstück an. Wie verändert sich der Ton? Tauche mehrfach mit dem Schlauchende hinunter und herauf. ☒ Was geschieht mit dem Ton? ☒ Was geschieht mit der Luftsäule im Schlauch? ☒ Wie veränderst du die Töne bei der richtigen Flöte?</p>		
<p><b>Arbeite weiter:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Besorge dir ein Rundholz mit etwa 1 cm Durchmesser. Stecke das Rundholz in das offene Schlauchende deiner Flöte. Schiebe es langsam hinein und heraus, während du die Flöte bläst. Vergleiche das Ergebnis mit der Wasserflöte. Auch der Stiel eines Kochlöffels ist gut geeignet.</li> <li>Lass' dir eine Posaune zeigen und versuche herauszubekommen, wie darin die Töne verändert werden.</li> </ol> <p>Mehr zur Veränderung von Tönen erfährst du mit Versuch Nr. 5.</p>		

### Anmerkungen zum Versuch

- Bei allen Versuchen mit Wasser ist eine saugfähige Unterlage dringend zu empfehlen!
- Beim Flötenspiel hängt die Höhe des Tones von der Länge der im Flötenrohr schwingenden Luftsäule ab. Diese Länge wird normalerweise durch Schließen und Öffnen der Löcher variiert. Dass dies die Luftsäule verändert, wird jedoch nicht unmittelbar sichtbar.
- Bläst man die Schlauchflöte sanft an, hört man den Grundton der offenen Pfeife. Taucht man sie ins Wasser ein, so wird die Pfeife (Röhre) geschlossen, es handelt sich dann um eine »gedackte Pfeife«. Ihr Grundton hat die halbe Frequenz der offenen Pfeife, das entspricht einer Oktave Unterschied.
- Wird nun das Rohr tiefer ins Wasser getaucht, so dringt Wasser von unten ein und die schwingende Luftsäule darüber wird kürzer. Das erhöht die Frequenz des entstehenden Tons stetig; als Folge wird der Ton immer höher.

---

## 9 Fazit

Es gibt eine ganze Reihe guter und einleuchtender Argumente, auch schon im sachbezogenen Unterricht in der Primarstufe für Kinder bedeutsame Kompetenzen auf dem Wege des Experimentierens zu erarbeiten. Ebenfalls gibt es gute Erfahrungen mit einem experimentell ausgerichteten naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht. Die Ergebnisse empirischer Untersuchungen geben Aufschluss, wie ein solcher Unterricht erfolversprechend strukturiert und gestaltet werden kann.

Sollte es dennoch in der praktischen Schularbeit Hemmschwellen geben, mit Grundschulkindern experimentierend Naturwissenschaftliches zu erkunden, um weittragende Kompetenzen zu vermitteln, so mag das an einem vergleichsweise hohen Aufwand bei der Vorbereitung und Durchführung liegen. Wir möchten dennoch die Lehrerinnen und Lehrer mit unseren im Anhang befindlichen Experimentiervorschlägen motivieren, die Kinder schon in der Primarstufe angemessen experimentieren zu lassen und erste naturwissenschaftliche Denkweisen zu entwickeln.



---

## Literatur

- Bos, W., Lankes, E.-M., Prenzel, M., Schwippert, K., Valtin, R., Walther, G. (Hrsg.) (2004). IGLU. Einige Länder der Bundesrepublik Deutschland im nationalen und internationalen Vergleich. Münster: Waxmann.
- Bos, W., Bensen, M., Baumert, J., Prenzel, M., Selter, C., Walther, G. (Hrsg.) (2008). TIMSS 2007. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich. Münster: Waxmann.
- Koerber, S., Sodian, B. (2007). Kognitive Entwicklung und Anfangsunterricht. In E. Gläser (Hrsg.): Sachunterricht im Anfangsunterricht. Lernen im Anschluss an den Kindergarten. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Mikelskis-Seifert, S. u. Gromadecki, U. (2006). Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen im Unterricht – Eine Unterrichtskonzeption zur Einführung in die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen im Anfangsunterricht Physik. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, Heft 93, Juni 2006, 17. Jahrgang, S. 31-37.
- Möller, K., Hardy, I., Jonen, A., Kleickmann, T., Blumberg, E. (2006). Naturwissenschaften in der Primarstufe. Zur Förderung konzeptuellen Verständnisses durch Unterricht und zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildungen. In M. Prenzel u. L. Allolio-Näcke (Hrsg.): *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbereich des DFG-Schwerpunktprogramms BiQua* (S. 161-193). Münster: Waxmann.
- Prenzel, M., Geiser, H., Langeheine, R., u. Lobemeier, K. (2003). Das naturwissenschaftliche Verständnis am Ende der Grundschule. In W. Bos, E.-M. Lankes, M. Prenzel, K. Schwippert, G. Walther u. R. Valtin (Hrsg.): *Erste Ergebnisse aus IGLU. Schülerleistungen am Ende der vierten Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich* (S. 143-187). Münster: Waxmann.
- Wiebel, K. H. (1982). *Über den Zusammenhang zwischen unterrichtsmethodischen Aktivitäten und der Homogenisierung von Schulklassen*. Dissertation. Kassel : Gesamthochschule Kassel, FB 18.

---

# Anlagen

- 1 Ausgewählte Experimentieranleitungen für Kinder**
- 2 Demonstrationsexperimente für Motivations-, Einführungs- oder Abschlussphasen**

## Anlage 1:

# Ausgewählte Experimentieranleitungen für Kinder.

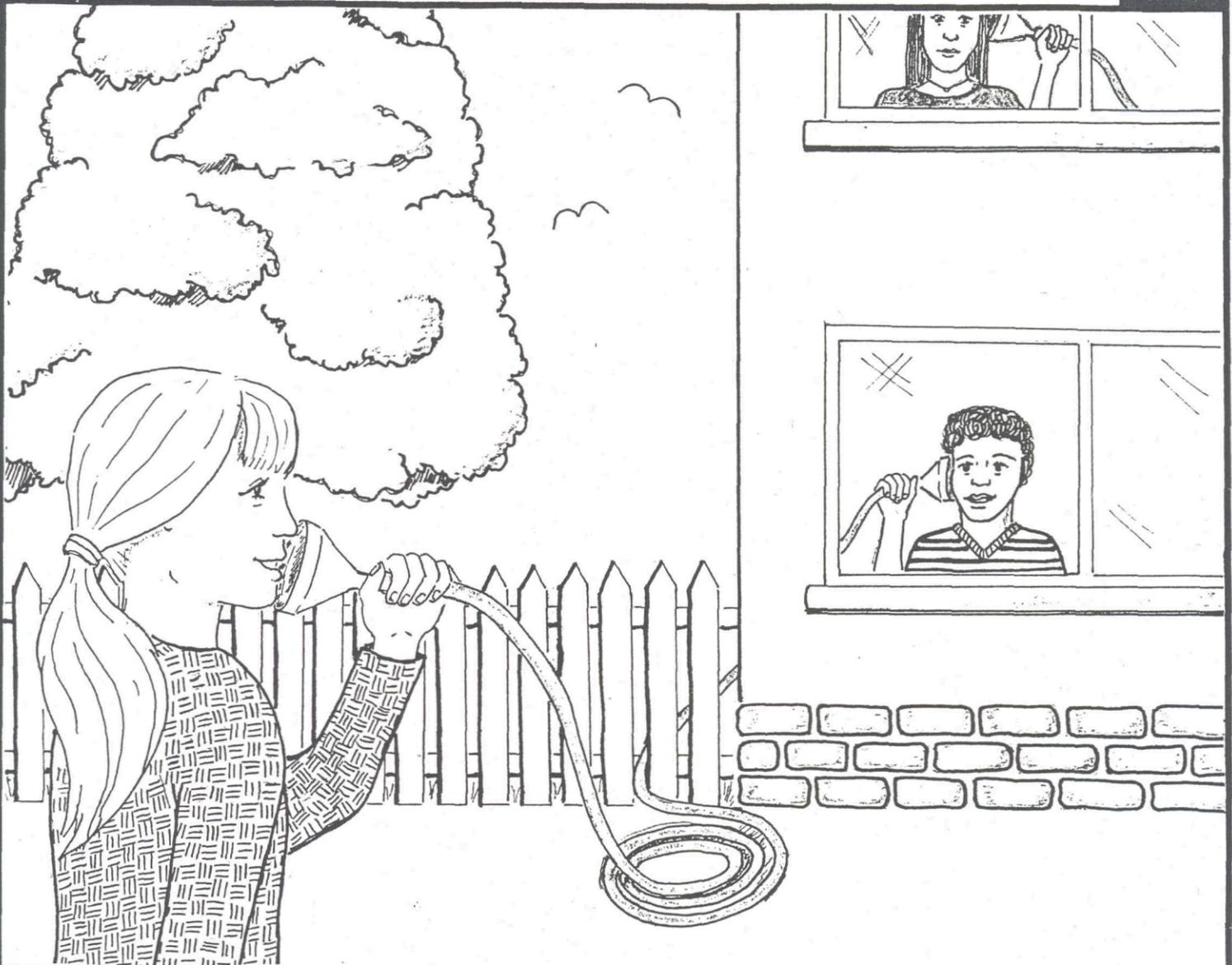


# Klingen und Schwingen

3

## Das Schlauchtelefon

Ak.3



### Du brauchst :

- Gartenschlauch (  $\frac{1}{2}$  Zoll): 1 Stück, etwa 10 Meter lang  
2 Stücke, etwa 5 Meter lang
- 3 Plastiktrichter, Rohrdurchmesser am Auslauf etwa 12 mm
- 1 Verbindungsstück für Schlauchverbindungen\*
- 1 Ypsilon-Stück für Schlauchverbindungen\*.

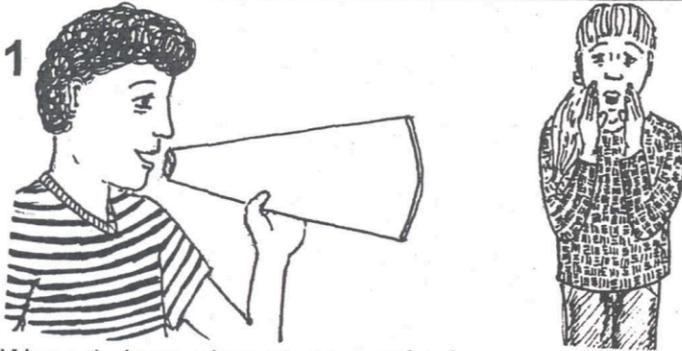
Du wirst feststellen, dass man Töne und Sprache sehr viel besser weiterleiten kann als frei durch die Luft.

V	V
V	V

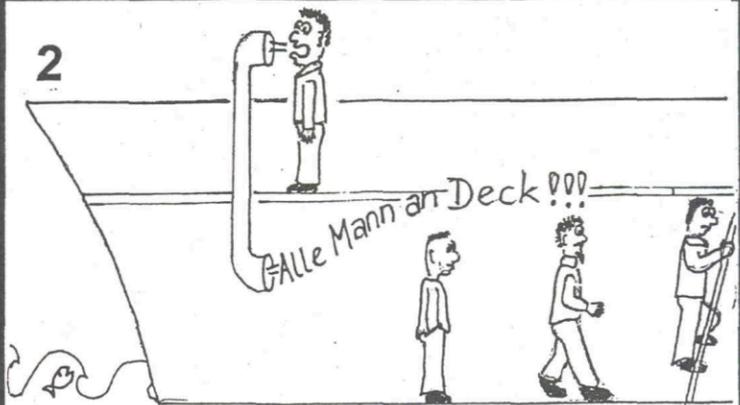
\* Gibt's in der Gartenabteilung des Heimwerkermarktes z.B. von Gardena®.

# Das Schlauchtelefon

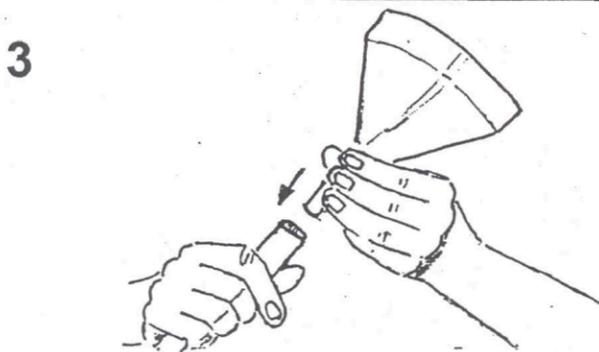
Ak.3



1 Wenn du jemandem etwas zurufst, kann es sein, dass man dich nicht versteht. Weil sich der Schall nach allen Seiten ausbreitet, kommt beim Partner nicht viel an. Besser geht es, wenn du mit deinen Händen einen Trichter formst oder eine „Flüstertüte“ benützt. Probiere es aus.



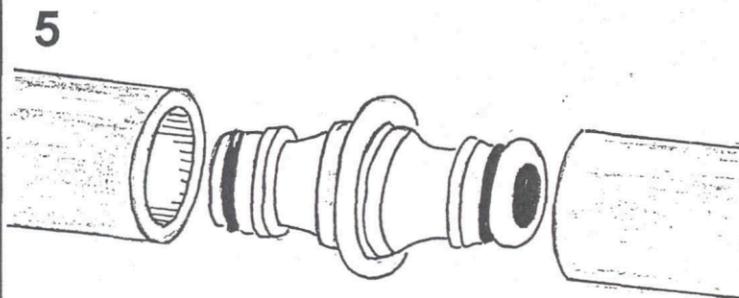
2 Um mehrere Ecken herum oder gar über mehrere Stockwerke in einem Haus hilft das aber auch nicht weiter. Für die Kommandos auf Schiffen hat man deshalb früher das Sprachrohr erfunden.



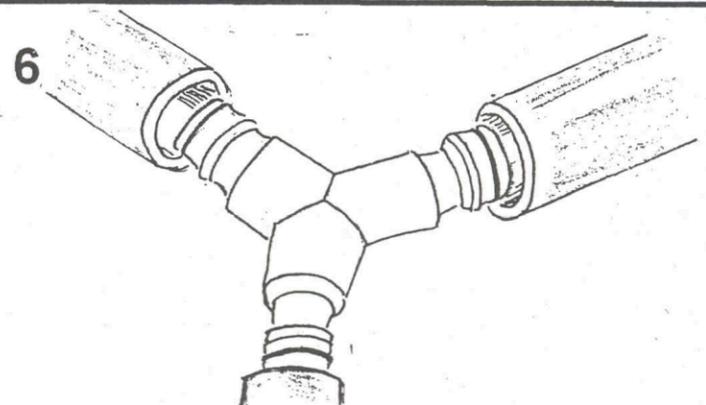
3 Stecke in beide Enden des langen Schlauches je einen Trichter. Es geht leichter, wenn du den Schlauch in heißem Wasser anwärmst. Flüstere in einen Trichter, während eine Freundin den anderen Trichter dicht vor ihr Ohr hält. Wechselt ab und unterhaltet euch leise.



4 Sprecht von einem Zimmer zum anderen oder über mehrere Stockwerke im Haus. Probiert aus, ob sich etwas ändert, wenn der Schlauch wenige Kurven, viele Kurven oder einen Knick hat.



5 Verlängert eure Schallleitung indem ihr den langen Schlauch mit einem kurzen Schlauch verbindet. Ändert sich etwas an der Verständigung? Überlegt, was den Schall behindern könnte.



6 Baut ein „Netzwerk“, indem ihr 2 kurze und einen langen Schlauch mit dem Y-Stück verbindet. Sprecht abwechseln zueinander und notiert, wen ihr besser versteht. Denkt nach über Schlauchlänge und Lautstärke.

## Arbeite weiter:

1. Wurdest du schon mal beim Arzt „abgehört“? Lass' dir von der Ärztin oder vom Arzt erklären, wie das **Stethoskop** funktioniert, das sie dabei verwenden.
2. Bau' dir selbst ein Stethoskop. Du brauchst dazu 3 Trichter, das Y-Stück und 3 Schlauchstücke. Wenn du einen dünneren Schlauch und kleinere Trichter verwenden möchtest, kannst du die Schläuche auch in das Y-Stück hineinstecken.

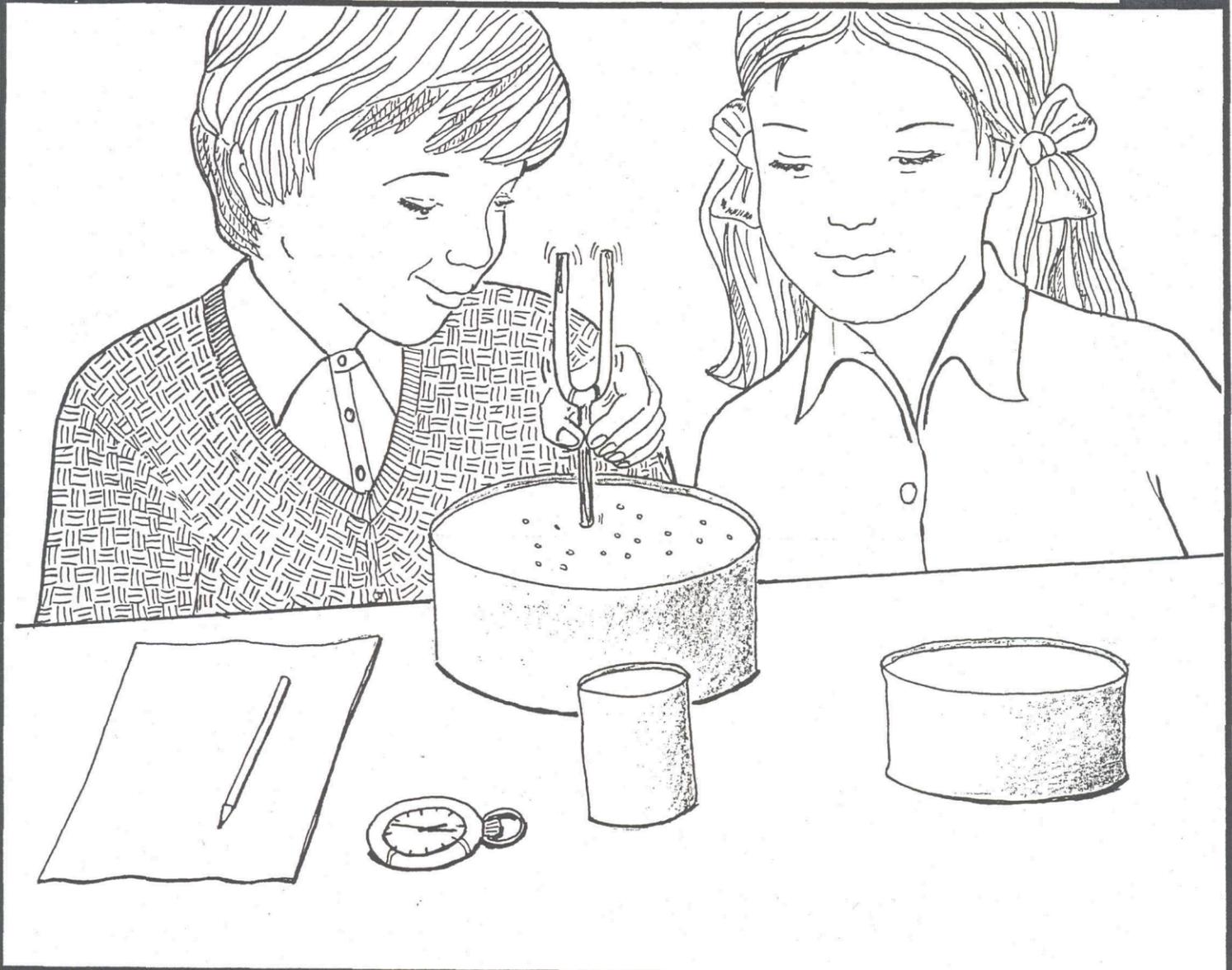
Mehr zur Übertragung von Schall erfährst du in Versuch Nr. 2.

# Klingen und Schwingen

2

## Was macht ein Resonator?

Ak.2



### Du brauchst :

Stimmgabel Ton A (440 Hz)\* - je größer, desto besser

Mehrere verschieden große Blechdosen

(400 ml - Dose; 850 ml - Dose; große Keksdose oder ähnliche)

Tischplatte

Stoppuhr

Wenn möglich: Gitarre

Einige Grießkörner

Du wirst erfahren, was ein Resonator ist und wie wichtig er für Musikinstrumente ist.

V	V
V	V

\*Kleine Stimmgabeln gibt es für weniger als 5 euro im Musikgeschäft.

# Was macht ein Resonator?

Ak.2

1



Wenn du sprichst, rufst oder singst werden die Töne von deinem Stimmapparat rund um den Kehlkopf gebildet. Obgleich diese Körperteile im Hals recht klein sind, kannst du doch ganz schön laut rufen. Wieso?

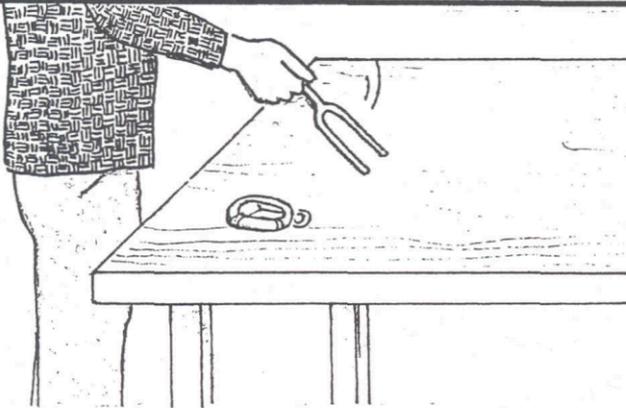
2

Mmmh



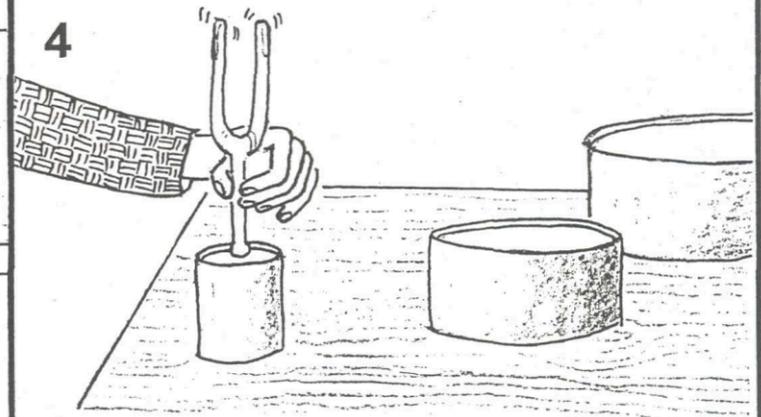
Schließe Zähne und Lippen ganz leicht und summe verschiedene leise und laute, hohe und tiefe Töne. Spürst du etwas? Achte auf alles am Kopf, auf die Brust und lege ganz sanft einen Finger auf die Lippen.

3



Schlage jetzt die Stimmgabel an einem harten Gegenstand an. Halte sie in die Luft. Achte darauf, wie laut der Ton ist. Schlage nochmals an und notiere, wie lange du den Ton hören kannst.

4



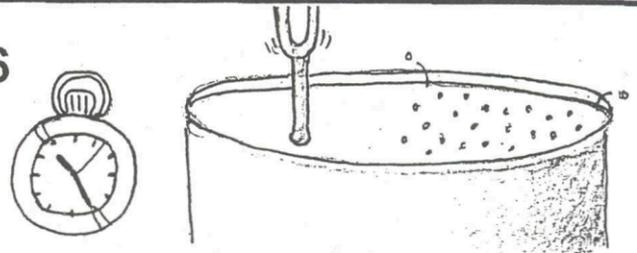
Setze jetzt die Stimmgabel nach dem Anschlagen auf die Bodenmitte der kleinsten Dose. Ändert sich etwas am Klang?

5

Lautstärke	Hörzeit
kleine Dose	Sekunden
mittlere Dose	Sekunden
Keksdose	Sekunden
Tischplatte	Sekunden

Probiere nacheinander alle Dosen durch. Achte dabei jedesmal auf die Lautstärke und die Zeit, während der du den Ton noch hören kannst. Fertige eine Tabelle wie hier im Bild an. Trage Lautstärke und Zeit ein. Setze die Stimmgabel auch auf die Tischplatte.

6



Streue ein paar Grießkörnchen auf die Dosenböden oder auf die Tischplatte nahe der Stimmgabel. Setze erneut die Stimmgabel auf. Was verraten die Körner?

- Was macht die Stimmgabel mit der Dose?
  - Warum verstummt der Ton rascher als bei der freischwingenden Stimmgabel?
- Dose oder Tischplatte wirken als „Resonator“. Wo sind die Resonatoren deiner Stimme?

## Arbeite weiter:

1. Führe die gleichen Versuche auch mit dem hölzernen Klangkörper einer Gitarre durch.
2. Wie würden die Gitarrensaiten klingen, wenn sie nur über ein Brett gespannt wären?
3. Schlage die Stimmgabel an und drücke sie mit dem unteren Ende an deine Stirn. Versuche das gleiche - ganz vorsichtig - an den Zähnen. Als was funktioniert jetzt dein Kopf?

Mehr zur Verstärkung von Geräuschen erfährst du mit Versuch Ak.1.

# Klingen und Schwingen

Glasmusik

5

Ak.5



## Du brauchst :

Einige dünnwandige, bauchige Trinkgläser mit Stiel (z.B. Cognacschwenker)  
davon 2 gleiche Gläser

☞ die Gläser dürfen keinen geschliffenen Rand haben

1 sehr dünnes Drahtstück

Wasser

1 Handtuch

Mit etwas Fingerspitzengefühl bringst du Gläser  
zum Schwingen und Singen.

V	V
V	

Vermeide Unfälle auf nassem Boden: Lege ein Handtuch unter das Wasserglas!

# Glasmusik

**Ak.5**
**1**

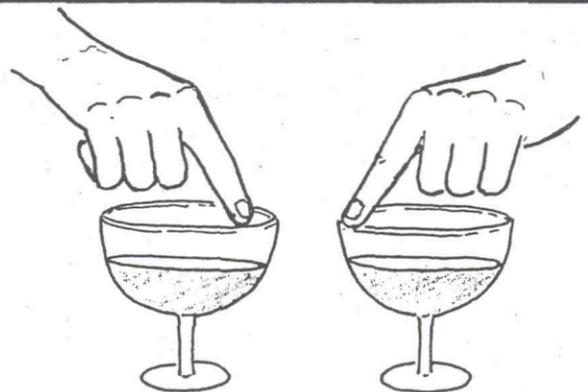

Fülle ein wenig Wasser in eines der Trinkgläser. Tauche die Fingerspitze ins Wasser. Reibe mit der feuchten Fingerspitze über den Rand des Glases. Du musst den Finger sanft andrücken. Nach etwas Übung hörst du deutlich einen Ton.

**2**


Fülle nach und nach immer etwas mehr Wasser in das gleiche Glas und wiederhole jedes Mal das Reiben. Vergleiche die Töne, die dabei entstehen: Kannst du erklären, wie sie sich ändern - und warum?

**3**


Fülle das Glas bis etwa 5 Millimeter unter dem Rand mit Wasser und reibe wieder. Beobachte die Wasseroberfläche. Kannst du jetzt erklären, wie die Töne beim Reiben entstehen?

**4**


Versuche mit 2 gleichen Gläsern genau den gleichen Ton zu erzeugen. Du musst vielleicht in die beiden Gläser etwas unterschiedlich hoch Wasser einfüllen, weil die Gläser sonst nicht ganz gleich klingen.

**5**


Stelle die gleich klingenden Gläser dicht nebeneinander. Sie dürfen sich nicht berühren. Lege ein dünnes Drahtstück auf eines der Gläser und reibe das andere. Beobachte genau den Draht. Was geschieht mit ihm?

- Woher könnte das kommen?
- Vergleiche mit der Beobachtung bei Bild 3.

**6**


Von Bild 2 weißt du, wie du die Töne verändern kannst. Stelle alle deine Gläser in eine Reihe und versuche, eine Tonleiter durch unterschiedliches Füllen der Gläser möglichst zu machen. Kannst du eine kleine Melodie spielen?

## Arbeite weiter:

1. Schlage eine Stimmgabel an und berühre mit den Zinken ganz flach die Wasseroberfläche eines gefüllten Glases. Vergleiche deine Beobachtung mit dem Ergebnis von Bild 3.
2. Überlege, ob du mit zwei gleich klingenden Stimmgabeln etwas ähnliches erfahren könntest wie mit den gleich klingenden Gläsern in Bild 5.

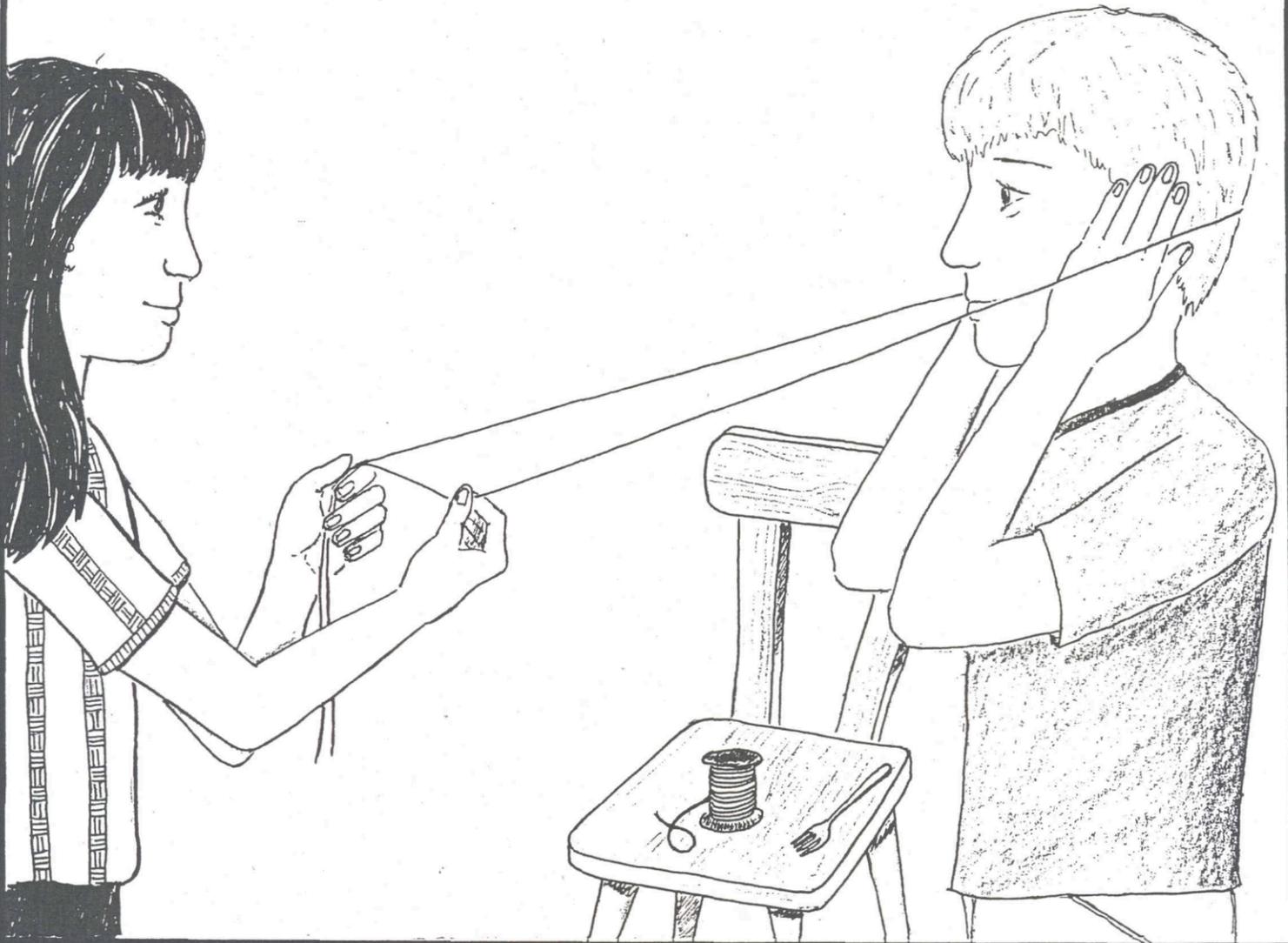
**Mehr** zu Schwingen und Mitschwingen erfährst du in Versuch Nr.2 (Was macht ein Resonator?)

# Klingen und Schwingen

## Donnergroll und Glockenklang

7

Ak.7



### Du brauchst :

- 2 Meter dünne, feste Paketschnur
- 1 längeres Stück Paketschnur (etwa 8 Meter oder mehr)
- Schere für die Schnur
- 1 Gabel
- Deine beiden Hände
- Eine Partnerin oder einen Partner

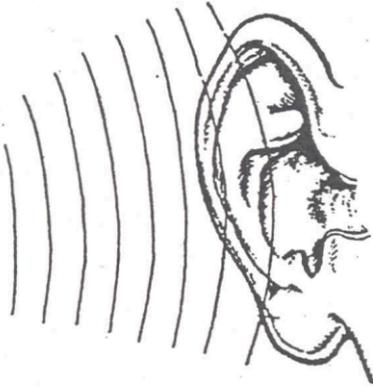
Du wirst erkennen, wie unterschiedlich Schall weitergeleitet werden kann.

V	V
V	V

# Donnergroll und Glockenklang

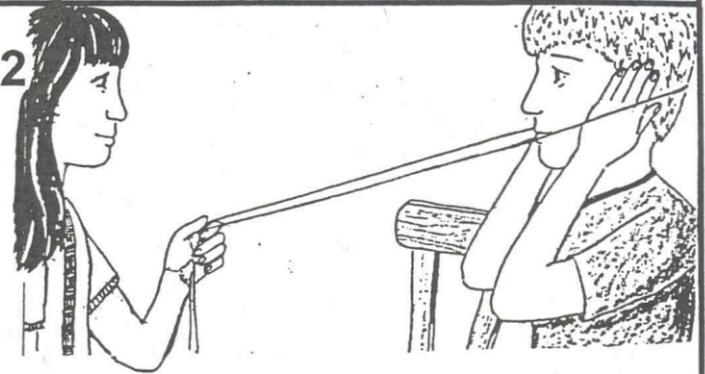
Ak.7

1



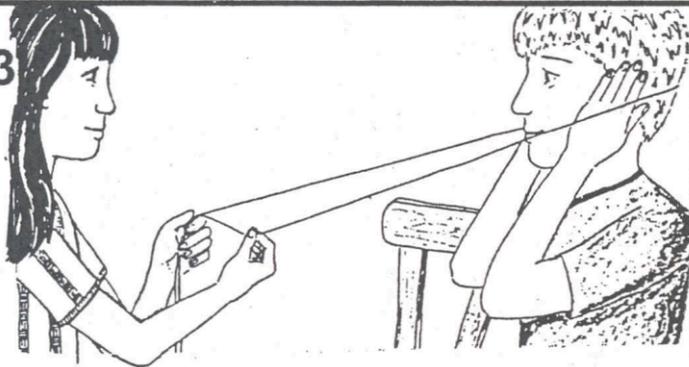
Die meisten Geräusche kommen durch die Luft an unsere Ohren. Das ist gut so, denn darauf sind unsere Ohren eingestellt. Wie es anders sein könnte, zeigt dir dieser Versuch.

2



Lege die Handflächen flach auf deine Ohren. Lass' dir von einer Freundin/einem Freund die Paketschnur um den Hinterkopf herum über die Hände legen. Haltet die Schnur straff. Die beiden Schnur-Enden sollen mit einer Hand zusammengehalten werden.

3



Mit den Fingern und Fingernägeln der anderen Hand soll dein Freund oder deine Freundin jetzt an der Schnur entlang kratzen. Wie hört sich das an? - Lass' die Schnur auch anzupfen wie einer Gitarrensaite. Spannt sie unterschiedlich stark.

4



Halte etwas Abstand zwischen deinen Handflächen und den Ohren und lasse das Kratzen und das Zupfen wiederholen. Hörst du Unterschiede? Probiert es auch mit einer viel längeren Schnur.

5



Befestige in der Mitte der 2-Meter-Schnur eine Gabel. Wickle die Enden der Schnur ein paar Mal um je einen Zeigefinger. Stecke in jedes Ohr einen Zeigefinger.

6



Beuge dich vornüber, so dass die Gabel frei schwingen kann. Stoße die Gabel an einen harten Gegenstand an oder lass' mit dem Bleistift dagegen schlagen. Was glaubst du jetzt zu hören? Wiederholt das Anschlagen der Gabel und nimm dabei abwechselnd einen Finger ein wenig aus dem Ohr heraus.

## Arbeite weiter:

1. Warum hat Winnetou sein Ohr auf den Boden gedrückt, wenn er vorsichtig war?
2. Warum spricht man von einem „Lauscher an der Wand“?
3. Lege dein Ohr an das Ende einer Tischplatte. Lass' jemand am anderen Ende Klopfzeichen geben.
4. Wenn du in der Badewanne untertauchst, erfährst du viel mehr von dem, was sich im ganzen Haus ereignet. Warum wohl? Kannst du tauchen? Dann achte auf die Geräusche unter Wasser.

Mehr zur Leitung von Schall erfährst du mit Versuch Nr. 3 oder mit einem „Schnurtelefon“.

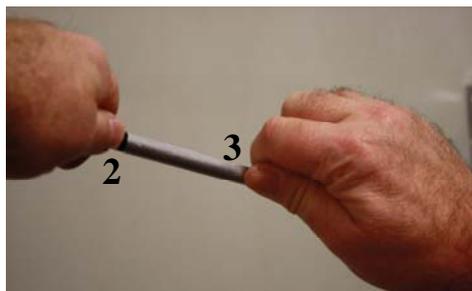
## Anlage 2: Demonstrationsexperimente für Motivations-, Einführungs- oder Abschlussphasen.



# Singender Rohrstock

## Material:

Alu-Stab oder Rohr (z.B. 12 x 1 mm); verschiedene Längen ab 60 cm,  
Kolophonium-Pulver (Musikgeschäft) oder leicht angefeuchtetes Fensterleder.



## Was tun und beobachten?

1. Balanciere den Stock auf 2 Fingern so aus, dass du die Mitte findest. Markiere dir die Mitte (1). Halte den Stock einhändig in der Mitte fest (2).
2. Verreibe zwischen Daumen und Zeigefinger der anderen Hand ein wenig Kolophonium-Pulver.
3. Klemme den Stock zwischen Daumen- und Zeigefingerspitze (3) und ziehe diesen Klemmgriff von der Mitte nach außen entlang des Stabes. Probiere aus, wie stark du dabei drücken musst und wie schnell du ziehst.
4. Irgendwann - nach etwas Übung - hörst du ein leichtes Piepen im Stock: Jetzt stimmen Druck und Geschwindigkeit und du kannst zügig reiben. Bis der Stock richtig „singt“.
5. Später kannst du ausprobieren, wie der Stock singt, wenn du ihn bei  $\frac{1}{4}$  der Länge hältst.

6. Statt mit dem Pulver kannst du den Stock auch mit einem ganz leicht angefeuchteten Fensterleder zwischen den Fingern anstreichen.

7.

## Verstehst du?

Im Prinzip funktioniert der singende Stock wie die tönende Saite einer Geige.

Anfangs ist es wichtig, den Stock genau in der Mitte zu halten – sonst dämpft man mit der haltenden Hand die Schwingungen wieder weg.

Wichtig ist das Kolophonium zwischen Daumen und Zeigefinger. Es macht die Finger weniger gleitfähig. Reibst du mit den beiden Fingern entlang des Stocks, so wechseln Haftreibung und Gleitreibung am Stock ständig und rasch einander ab. Es entsteht ein „Hopeln“ oder eine Vibration. Diese versetzt den Stock in Schwingungen, die wir als Ton wahrnehmen.

Je kräftiger du reibst, umso mehr Energie führst du dem Stock zu und umso lauter wird der singende Ton.

Hältst du den Stock in der Mitte, so schwingt der Stock in einer Tonlage, deren Wellenlänge gleich der doppelten Länge des Stocks ist; in der Mitte ist dann ein Schwingungsknoten.

Hältst du den Stock bei  $\frac{1}{4}$  der Länge fest, so bildet sich eine Schwingung aus, deren Wellenlänge der Stocklänge entspricht. Der Ton liegt 2 Oktaven höher.

[Abgestimmte Längen z. B.: 61 cm, 76 cm und 91 cm]

# Wasserklangschale



## Material:

Wasserklangschale, Wasser,  
Handdesinfektionsmittel, Handtuch.

## Was tun und beobachten?

1. Reibe die beiden Griffe der Schüssel mit feuchten Handflächen.
2. Reibe mit unterschiedlichem Druck, reibe die Griffe längs oder quer.
3. Wenn du den richtigen Druck und die richtige Geschwindigkeit gefunden hast, hörst du einen Ton aus der Schüssel.
4. Reibst du auf diese Art weiter, kräuselt sich die Wasseroberfläche zunächst leicht, dann heftiger und immer stärker.  
Schließlich spritzt das Wasser aus der Oberfläche heftig in die Höhe. Könner schaffen Fontainen bis zu fast einem halben Meter Höhe!

## Verstehst du?

Beim Reiben mit den Handflächen werden die Griffe in Schwingungen versetzt.

Das geschieht, weil die feuchten Hände abwechselnd rutschen und haften bleiben: Gleitreibung und Haftreibung wechseln ständig ab.

Die Schwingungen der Griffe werden auf die ganze Schüssel übertragen und regen auch die Oberfläche des Wassers zu Schwingungen an.

Triffst du mit diesen Schwingungen genau die Eigenschwingungszahl („Resonanzfrequenz“) der Schüssel, so bilden sich auf der Wasseroberfläche zunächst „stehende Wellen“. Diese werden durch immer neue Anregung immer höher.

Durch weiteres Reiben wird die Energie der Schwingung schließlich so groß, dass Wassertröpfchen in die Höhe geschleudert werden.

Diese Art Bronze-Schüsseln wurde vor rund 2500 Jahren in China erfunden und heute noch dort gefertigt. Glaubt man dem Hersteller in China, so soll „das Spiel mit der Schüssel der Gesundheit dienen, das Leben verlängern, den Blutkreislauf anregen und Muskeln und Gelenke entspannen“. Doch das kann die Physik nicht erklären!

# „Flatuba“\*“

\* flatus (*lat.*), Wind, Blähung  
tuba (*lat.*), Rohr, Röhre



## Material:

graues HTB-Rohr:  
(A) 50 mm x ca. 85 mm mit Muffe, seitlich 5 mm angebohrt  
(B) 40 mm x ca. 300 mm mit Muffe,  
(C) dazu Verlängerungsstücke 40 mm, evtl. abgewinkelt.  
Textilklebeband,  
Luftballon,  
Bohrer 4 mm.

## Was tun?

1. Bohre ein 4mm-Loch in den verdickten Teil von Rohr (A).
2. Klebe etwa 7 cm vom muffenlosen Ende des Rohres (B) entfernt so viele Lagen Textilklebeband um das Rohr, bis Rohr (A) ganz straff darüber geschoben werden kann.

3. Halbiere einen Luftballon quer und ziehe die Hälfte ohne Mundstück sehr straff über das Muffenende von Rohr (A). Jetzt schiebst du (A) so weit über die Klebebandwicklung, dass (B) straff gegen die Gummihaut drückt.

4. Puste kräftig in die Bohrung von Rohr (A).

## Was beobachten?

Du wirst einen kräftig dröhnenden Ton hören. Wenn nicht, so ist die Gummihaut nicht straff genug gespannt. Verändere die Spannung der Gummihaut; verändere die Länge von (C) mit den Verlängerungsstücken. Vergleiche die jeweils entstehenden Töne.

## Verstehst du?

Die Luft, die du in Teil (A) bläst, kann nirgendwo anders entweichen als unter der Gummihaut hindurch über die Kante in Teil (B).

Dabei hebt sie die Gummihaut zunächst an. Strömt nun die Luft sehr rasch unter der Gummihaut hindurch, so sinkt durch die Luftströmung der Druck von innen auf die Gummihaut; der Außendruck ist vergleichsweise höher (Bernoulli-Effekt). Dadurch wird die Gummihaut wieder auf die Kante von Rohr (B) angedrückt und dichtet dort ab. Sofort hebt die eingblasene Luft die Gummihaut wieder an und der Vorgang wiederholt sich. Daraus ergibt sich eine flatternde Schwingung der Gummihaut. Diese Schwingung regt die Luftsäule in Teil (B) zum Mitschwingen an; das ergibt den Ton.

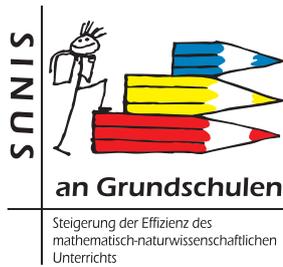
Eine starke Spannung des Gummis ergibt eine schnelle Schwingung, eine hohe Schwingungszahl (= Frequenz) und damit einen hohen Ton. Schwache Spannung erzeugt entsprechend eine niedrigere Frequenz und einen tieferen Ton –manchmal auch nur ein Blubbern.

Lange Luftsäulen in verlängerten Röhren können Schwingungen mit langen Wellenlängen und niedriger Frequenz, also tiefe Töne erzeugen; kurze Röhren erzeugen entsprechend höhere Töne.

Zu kräftiges Blasen nennt man „Überblasen“: Die Wellenlänge bildet sich zweimal im Rohr aus und deshalb ist der Ton eine Oktave höher.



Programmträger: IPN, Kiel  
Projektleitung: Prof. Dr. Olaf Köller  
[www.ipn.uni-kiel.de](http://www.ipn.uni-kiel.de)



SINUS an Grundschulen  
Projektkoordination am IPN: Dr. Claudia Fischer  
Tel. +49(0)431/880-3136  
[cfischer@ipn.uni-kiel.de](mailto:cfischer@ipn.uni-kiel.de)  
[www.sinus-an-grundschulen.de](http://www.sinus-an-grundschulen.de)

Ministerium  
für Bildung und Kultur  
des Landes Schleswig-Holstein



Programmkoordination für die Länder durch das  
Ministerium für Bildung und Kultur  
des Landes Schleswig-Holstein (MBK)  
Dr. Kai Niemann  
[www.schleswig-holstein.de/MBK/DE/MBK\\_node.html](http://www.schleswig-holstein.de/MBK/DE/MBK_node.html)



Serverbetreuung: Deutsches Institut für Internationale  
Pädagogische Forschung (DIPF)  
[www.dipf.de](http://www.dipf.de)

ISBN für diese Handreichung  
978-3-89088-207-9