

Naturwissenschaftliche und technische Bildung in der Grundschule und im Übergang

1 Naturwissenschaftliche und technische Bildung in der Grundschule und im Übergang

Kornelia Möller, Universität Münster

Zunächst sei eine kurze Vorbemerkung erlaubt: Den Veranstaltern der Tagung sei gedankt, dass Sie sich im Titel der Veranstaltung von der Bindestrich Version des naturwissenschaftlich-technischen Lernbereichs verabschiedet haben. Allzu leicht gehen in einer solchen Betrachtungsweise die jeweiligen Spezifika des naturwissenschaftlichen und technischen Lernens verloren. Das naturwissenschaftliche und das technische Lernen stehen zwar in einem engen Zusammenhang und können und müssen sich gegenseitig befürchten – jeder Bereich erfordert aber separate Überlegungen zu Zielen, Inhalten, Denk-, Arbeits- und Verfahrensweisen und zur Gestaltung des Unterrichts. Den Veranstaltern sei auch dafür gedankt, dass der Fokus der Veranstaltung auf einen bisher kaum thematisierten Bereich gerichtet ist, auf den Übergang zwischen der Grundschule und den weiterführenden Schulen. Beide Bereiche, das naturwissenschaftliche wie auch das technische Lernen müssen in beiden Schulformen Berücksichtigung finden – beide Bereiche müssen sich aufeinander abstimmen und in beiden Bereichen müssen wir einen kontinuierlichen Aufbau von Kompetenzen verfolgen.

1.1 Naturwissenschaftliches und technisches Lernen in den Schulstufen

Zwar sind heute in allen Bundesländern – gemäß den konzeptuellen Vorgaben des Perspektivrahmens der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts, GDSU, (2002) – technische sowie naturwissenschaftliche Inhalte und Arbeits-/bzw. Denkweisen in den Lehrplänen der Grundschule vertreten. Allerdings sind die Vorgaben in den einzelnen Bundesländern sehr heterogen – auch lassen die Angaben zur technischen und naturwissenschaftlichen Perspektive ein breites Feld für Auslegungen zu, so dass die Sekundarschulen keine verlässlichen Ansatzpunkte für eine Weiterführung von in der Primarstufe begonnenen Bildungsprozessen haben. Eine Folge dieser Abstimmungs-

probleme sind häufige Wiederholungen von Inhalten und Verfahren auf dem gleichen Niveau, was angesichts der Klagen zur Inhaltsfülle der Lehrpläne ein ernstes Problem darstellt. Auch in der Lehramtsausbildung wird die Aufgabe einer kontinuierlichen Förderung der Entwicklung von Kompetenzen noch nicht hinreichend berücksichtigt. Obwohl genauere Untersuchungen hierzu noch ausstehen, scheint beim Wechsel vom Primar- in den Sekundarbereich zudem ein Bruch in der Lernkultur stattzufinden. Während in der Grundschule zunehmend ein forschend-entdeckender, problemorientierter Unterricht an Akzeptanz gewinnt und die Eigentätigkeit der Lernenden als Ziel herausgestellt wird, überwiegt in den weiterführenden Schulen noch vielfach ein auf die Weitergabe von Wissen ausgerichteter Unterrichtsansatz, wie erste Ergebnisse einer Studie zum Übergang zwischen Grund- und Hauptschule/Gymnasium zeigen:

Im Rahmen der sog. PLUS-Übergangsstudie der Universitäten Münster und Essen (Möller, Fischer) fragten wir u. a. danach, wie Schülerinnen und Schüler der vierten bzw. sechsten Klasse die Verständnisorientierung des physikbezogenen Sachunterrichts bzw. Sekundarunterrichts wahrnehmen (Ewerhardy 2009). Dabei verglichen wir mit Hilfe eines Fragebogens die wahrgenommene Verständnisorientierung von Schülerinnen und Schülern der Schulformen Grundschule und Gymnasium miteinander. Vorläufige Ergebnisse mit 60 bis 80 Schülerinnen/Schülern je Schulstufe ergeben als signifikante Unterschiede zwischen Grundschülern und Gymnasialschülern eine höhere wahrgenommene Unterstützung durch die Lernenden, von den Lernenden stärker wahrgenommene Anregungen zum Verändern und Aufbauen von Vorstellungen und ein stärker wahrgenommenes gemeinsames Finden von Lösungen bei Lernenden in der Grundschule gegenüber Lernenden im Gymnasium. Demgegenüber nehmen Gymnasialschüler stärker als Grundschüler das Lernen als Vermitteln von Wissen durch die Lehrperson wahr. Diese Befunde sind wegen der kleinen Stichprobe noch als vorläufig zu betrachten – die Ergebnisse der Hauptuntersuchung, in der auch die Hauptschule einbezogen war, werden weitere Aufschlüsse bringen. Gleichwohl deuten die Ergebnisse auf eine Veränderung des Unterrichtsstiles im Übergang von der Grundschule zur Sekundarschule hin. Wie Lernende eine solche Veränderung verarbeiten, d. h. wie sich diese auf ihre Motivation, ihr Interesse wie auch auf ihre Selbsteinschätzungen auswirkt, ist Gegenstand einer zur Zeit laufenden Längsschnittstudie (PLUS II,

Kleickmann, Möller, Fischer). Ausgehend von der derzeitigen Situation stellt sich folgende zentrale Frage: Wie kann eine kontinuierliche Kompetenzentwicklung in den Bereichen Natur und Technik in der Grundschule und in den ersten Jahrgängen der Sekundarstufe möglichst bruchlos gefördert werden?

1.2 Zu den Zielsetzungen des Grundschulunterrichts

Um eine möglichst bruchlose Förderung der Entwicklung naturwissenschaftlicher und technischer Kompetenzen über die Schulstufen hinweg realisieren zu können, muss zunächst die Frage beantwortet werden, an welche Kompetenzen der Sekundarschulunterricht anknüpfen kann bzw. sollte. Damit verbunden ist die Frage, mit welchen Kompetenzen Grundschulkinder in die weiterführenden Schulen eintreten – einen guten Unterricht mit gut ausgebildeten Lehrpersonen vorausgesetzt.

Ein guter, dem heutigen didaktischen Konsens entsprechenden Sachunterricht sollte Kompetenzen in allen fünf Perspektivbereichen des Sachunterrichts fördern – also auch in der naturwissenschaftlichen und der technischen Perspektive. Zusätzlich sind fach- oder fächerübergreifende bzw. – verbindende Perspektivbereiche zu berücksichtigen. Im Sinne einer scientific literacy sollten neben dem Erwerb inhaltlicher Kompetenzen auch die Entwicklung von naturwissenschaftlichen und technischen Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen sowie von motivationalen Orientierungen im Hinblick auf Naturwissenschaften und Technik gefördert werden.

Was bedeuten diese Forderungen für das naturwissenschaftliche und technische Lernen im Sachunterricht? Themen wie zum Beispiel „Maschinen zum Heben und Transportieren von Lasten“ bieten die Möglichkeit, sowohl technischen Inhalten (wie Konstruktionsprinzipien des Kranes), physikalischen Grundlagen (Hebelgesetz) wie auch technischen bzw. physikalischen Denk- und Arbeitsweisen (Konstruieren, Experimentieren) nachzugehen und dabei auch fächerübergreifende Aspekte wie die geschichtliche Entwicklung von Hebezeugen, die Bedeutung von Erfindungen/ Arbeitserleichterungen für den Menschen usw. zu thematisieren.

Naturwissenschaftliche und technische Bildung in der Grundschule und im Übergang

Dimen- sion: Denk-, Arbeits- u. Hand- lungs- weisen	Bereich: Perspektivenübergreifende Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen im SU					
	Interesse und Neu- gierde entwickeln	Sach- gerechtes Erschlie- ßen	Evalu- ieren / Reflek- tieren	Umsetzen/ Handeln	Eigen- ständig arbeiten	Mit anderen zusammen arbeiten
Bereich Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen in den jeweiligen Perspektivbereichen	Perspektive Soziales – Wirtschaft	Perspektive Zeit – Geschichte	Perspektive Raum – Geographie	Perspektive Belebte und unbelebte Natur	Perspektive Technik	Bereich Auf die Perspektiven ausgerichtete Themenbereiche
	Bereich Mehrperspektivische thematische Kontexte					

Bild 1: Vorschlag für ein Modell zum Aufbau von Kompetenzen im Sachunterricht der Grundschulen (Adamina und Möller)

Naturwissenschaftliche und technische Bildung in der Grundschule und im Übergang

Zugleich sollte die Bearbeitung so angelegt werden, dass Lernende sich kompetent erleben können und positive Bedingungen für die Entwicklung von Interesse geschaffen werden.

Bild 1 zeigt einen von Marco Adamina und Kornelia Möller entworfenen Vorschlag eines Modells für im Sachunterricht zu erwerbende Kompetenzen, das diese vielperspektivische Sichtweise zugrunde legt, ohne dabei die jeweiligen fachlichen Perspektiven auf Inhalte bzw. auf Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen zu vernachlässigen.

Das Modell zeigt auch, dass weitgehender Konsens darin besteht, Unterrichtsarbeit in der Grundschule multikriterial anzulegen: Einerseits zielt naturwissenschaftlicher und technischer Unterricht darauf ab, Gelegenheit zu geben, Interessen zu entwickeln und Selbstvertrauen bei den Lernenden aufzubauen, also die Erfahrung zu vermitteln, dass naturwissenschaftliche und technische Fragestellungen und Aufgaben verstehbar und bewältigbar sind. Dieses ist wichtig, um bei Mädchen und Jungen Lernfreude und Motivation zu wecken bzw. zu erhalten und damit günstige Voraussetzungen für spätere Lernprozesse zu schaffen. Ein weiterer Zielbereich ist die Entwicklung naturwissenschaftlichen und technischen Verständnisses und naturwissenschaftlichen und technischen Handelns. Hierunter fällt der Erwerb inhaltlicher Basiskonzepte wie auch der Erwerb von naturwissenschaftlichen und technischen Denk- und Arbeitsweisen. Zudem sollten die Lernenden die Möglichkeit haben, Kompetenzen im Miteinander-Arbeiten sowie das kritische Reflektieren und Bewerten zu üben.

Aus vielen Untersuchungen, z.B. aus Ergebnissen der Münchener Grundschulstudie von Weinert und Helmke (1997), wissen wir, wie schwierig eine Vereinbarung solch unterschiedlicher Zielbereiche ist. Die zentrale Frage muss deshalb lauten: Wie sollten Lernumgebungen gestaltet werden, damit Kinder einerseits Interessen und Selbstvertrauen entwickeln und andererseits naturwissenschaftliches und technisches Verständnis erwerben und entsprechende Arbeitsweisen erlernen können?

Die unterschiedlichen Zielbereiche stehen dabei in einer engen Wechselwirkung. Auf der einen Seite bilden Interesse und Selbstvertrauen eine Grundvoraussetzung für nachhaltige Lernprozesse, die über kurzfristiges Memorieren hinausgehen. Auf der anderen Seite gilt: Ohne gründliches Verstehen und kognitives Durchdringen des Gelernten kann kein Erleben von Kompetenz, also auch kein Selbstvertrauen aufgebaut

werden; auch eine nachhaltige Förderung von Interesse ist auf Verstehen und Kompetenzerleben angewiesen.

1.3 Welche Anforderungen ergeben sich an Lernumgebungen im naturwissenschaftlichen und technischen Sachunterricht?

Naturwissenschaftliche und technische Phänomene und Aufgaben regen Kinder oft spontan zur Bildung von Erklärungen oder Lösungen an; viele dieser Vorstellungen und Ideen sind aber inadäquat oder unvollständig. Ziel ist es, Kindern im Unterricht Möglichkeiten zur Konstruktion adäquaterer Erklärungen bzw. Lösungen zu bieten. Wissen muss aktiv von den Lernenden konstruiert werden – das ist die wesentliche Grundlage der zugrunde liegenden Theorien zum Erlernen naturwissenschaftlichen und technischen Wissens. Unter Wissen wird dabei nicht allein die Akkumulation von Fakten, sondern vielmehr der Erwerb theoriegeleiteter Begriffe und Konzepte verstanden (Carey 1985). Das Erlernen solcher Konzepte wird auch als „Conceptual Change“ beschrieben, da der Aufbau wissenschaftlicher Konzepte den schon vorhandenen Vorstellungen häufig entgegen steht und Veränderungen von sog. Prä- oder Alltagskonzepten erfordert. Deshalb sind aktive Umstrukturierungsprozesse notwendig, um die erforderlichen Konzeptveränderungen herbei zu führen (Vosniadou/Ioannides/Dimitrakopoulou 2001, Treagust und Duit 2008, Vosniadou 2008).

Lerntheoretisch liegen diesen Ansätzen die Annahmen zugrunde,

- dass der Lernende im Lernprozess aktiv involviert sein muss,
- dass Wissen vom Lernenden konstruiert werden muss und nicht „vermittelt“ werden kann,
- dass Wissensaufbau durch soziale Interaktion gefördert wird und
- dass problemhafte Lernsituationen die Anwendbarkeit des erworbenen Wissens fördern. (Gerstenmaier und Mandl 1995)

Das hohe Maß an Selbststeuerung und Komplexität, das sich hieraus bei anwendungs- und problemorientierten Fragestellungen ergibt, birgt insbesondere für jüngere, leis-

tungsschwächere Schüler und bei anspruchsvollen Inhalten allerdings die Gefahr der Überforderung. Es ist deshalb wichtig, Unterricht in der „Zone der nächsten Entwicklung“ der Lernenden zu gestalten (Vygotsky 1978), und eine angemessene Unterstützung zur Verfügung zu stellen. In den 70er Jahren sprach man in der angelsächsischen Literatur von „guided discovery“ heute sprechen wir von kognitiver Strukturierung bzw. scaffolding in einem konstruktivistisch orientierten Unterricht (Wood et al. 1976, Hoogan und Presley 1997, Möller et al. 2002, Mayer 2004, Reiser 2004). Im Einzelnen geht es dabei um eine sinnvolle Sequenzierung der anwendungsbezogenen und komplexen Inhalte, um eine strukturierende Gesprächsführung sowie um den gezielten Einsatz von Lernhilfen, Materialien und Impulsen. Ziel ist es, durch solche Strukturierungsmaßnahmen die Lernenden kognitiv und motivational zu aktivieren und ihnen eine adaptive Unterstützung zukommen zu lassen. Strukturierende Maßnahmen dienen dabei nicht dem Vermitteln von Erklärungen, sondern der Unterstützung beim Umstrukturieren des Vor-Wissens bzw. beim Aufbau adäquaten Wissens und beim Finden von Lösungen. Lernumgebungen, die auf dieser Basis entwickelt werden, sollen trügerisches Wissen vermeiden, Verstehen fördern, das Einbringen von Interessen ermöglichen und Möglichkeiten zum Erleben von Kompetenz bieten. Sie folgen dem Prinzip „So viel Unterstützung wie notwendig, so wenig Unterstützung wie möglich“, um die Eigenaktivität der Lernenden zu fördern und sie bei Schwierigkeiten nicht allein zu lassen (Reiser 2004).

Aus diesen Überlegungen heraus lassen sich einige Forderungen an die Unterrichtsgestaltung ableiten:

- die Lernenden motivational und kognitiv aktivieren
- die Vorerfahrungen und Problemlöseideen der Kinder erfragen, berücksichtigen und ggf. aufgreifen
- das Selber- bzw. Mitdenken der Lernenden ermöglichen
- interessante, lebensweltbezogene Fragen zum Gegenstand von Unterricht machen
- Lernwege gemeinsam reflektieren
- ein förderliches Lernklima schaffen, zu dem auch eine positive Fehlerkultur gehört

- zum Begründen und Argumentieren auffordern und den Diskurs unter den Lernenden fördern
- durch Impulse und Lernhilfen das Lernen unterstützen, aber Freiraum für eigene Denkwege gewähren und
- die Unterrichtsinhalte durch eine geeignete Sequenzierung so aufbauen, dass die Lernenden sich verstehend mit dem Inhalt auseinandersetzen können.

Unter den vielen, in der fachdidaktischen Literatur verwendeten Bezeichnungen für einen derartigen Unterricht greifen wir den Begriff des konstruktiv-genetischen Unterrichts auf, da dieser Begriff – in Anlehnung an Martin Wagenschein und an neuere konstruktivistisch orientierte Ansätze - die Notwendigkeit der eigenen konstruktiven Tätigkeit, die Bedeutung der Berücksichtigung von Vorerfahrungen und Ideen der Lernenden sowie die Bedeutung einer genetischen Entwicklung von Denkprozessen betont. Konzeptionen des sog. forschend-entdeckenden, problemorientierten, kognitiv-konstruktiven, kognitiv-aktivierenden, handlungsintensiven oder adaptiven Unterrichts weisen zu diesem Begriff starke Überschneidungen auf, auch wenn sie andere historische bzw. disziplinäre Ursprünge haben (Möller 2002, 2006).

1.4 Unterricht in der Grundschule an zwei Beispielen

Im Folgenden soll an je einem Beispiel aus dem naturwissenschaftlich und aus dem technisch akzentuierten Unterricht gezeigt werden, wie diese grundsätzlichen Überlegungen zur Kompetenzförderung in den beiden Inhaltsbereichen Natur und Technik umgesetzt werden können. Dabei geht es um eine Förderung von Kompetenzen in fachlichen und in überfachlichen Perspektiven wie auch um eine Förderung von inhaltlichen und prozessbezogenen Kompetenzen. Beide Beispiele wurden auf der Grundlage fachdidaktischer Forschungen entwickelt, mehrfach in der Praxis erprobt und als sog. Klassenkisten veröffentlicht (Möller 2008, Möller 2009).

Naturwissenschaftliche und technische Bildung in der Grundschule und im Übergang

Perspektiven / Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen	Natur unbelebt und belebt Bsp.: Schall	Technik Bsp.: Brücken
Perspektiven- bezogene Themenbereiche	<p>Schall als Schwingung von Luft verstehen</p> <p>Den Vorgang des Hörens erschließen</p>	<p>Brücken und Türme bauen und verwendete Konstruktionsprinzipien verstehen (Zug-, Schub- und Druckbelastung, Widerlager, Standfestigkeit, stabiles Dreieck)</p>
Perspektiven- bezogene Denk-, Arbeits- und Handlungs- weisen	<p>Phänomene miteinander vergleichen und auf zugrunde liegende Ursachen schließen</p> <p>Analogien bilden</p> <p>Ein Experiment entwickeln und durchführen</p>	<p>Technische Problemlösungen (z. B. eine Überbrückung, einen Turm) entwickeln, realisieren und bewerten</p> <p>Technische Prinzipien in der gestalteten Umwelt erkennen und Funktionsweisen verstehen</p>
Perspektiven- übergreifende Themenbereiche	<p>An technischen Gebilden naturwissenschaftliche Zusammenhänge analysieren können (z. B. das Hebelgesetz an der einfache Balkenwaage, am Kran);</p> <p>Lärmschutzmaßnahmen begründen können, Funktionsweise von Musikinstrumenten verstehen</p> <p>Geschichte des Brückenbaus an Beispielen erschließen</p>	
Perspektiven- übergreifende Denk-, Arbeits- und Handlungs- weisen	<p>Interesse an Naturwissenschaft und Technik entwickeln, Beobachten, Informationen erschließen, Begründen und argumentieren, Zusammenarbeiten, Lernwege reflektieren</p>	

Tabelle 1: In den Unterrichtsbeispielen angestrebte Kompetenzen: Inhaltliche Vorstellungen und Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen – sowohl perspektivenbezogen als auch perspektivenübergreifend

Tabelle 1 zeigt, welche perspektivenbezogenen bzw. perspektivenübergreifenden Themenbereiche und welche Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen - auf der Basis des oben dargestellten Kompetenzmodells - im Unterricht gefördert werden sollen.

1.4.1 Das Thema Schall - ein Beispiel aus der naturwissenschaftlichen Perspektive des Sachunterrichts

Das naturwissenschaftliche Thema Schall, das in den meisten Lehrplänen der Bundesländer zu finden ist, konzentriert sich auf die Fragen, wie Geräusche entstehen und wie wir hören. Ausgangspunkt für die Unterrichtsplanung waren die Präkonzepte der Kinder, mit denen sie in den Unterricht eintreten. Hierzu einige Beispiele:

Wie entsteht ein Geräusch?	Und wie hören wir es?
Durch einen Schall vielleicht.	Der Schall bringt das ans Ohr
Wenn jemand kreischt...	Ich glaub' irgendwie wegen der Ohren können wir das hören.
Also, entweder man fängt an zu reden oder man schlägt irgendwo drauf oder/ ja, wenn man läuft, dann ist es ja auch noch ein Geräusch.	Die Ohren machen das irgendwie. Der Schall fliegt durch die Luft. Dann leitet das das weiter zum Gehirn.

Tabelle 2: Ausgewählte Präkonzepte von Drittklässlern

Kinder führen vielfach das Entstehen von Geräuschen auf Aktivitäten vornehmlich des Menschen zurück. Dass etwas mit den Gegenständen passieren muss, damit diese ein Geräusch erzeugen, ist ihnen häufig fremd. Das Transportieren des Schalls durch ein Medium wird zudem oft linear interpretiert – der Schall fliegt zu uns wie ein Vogel

Naturwissenschaftliche und technische Bildung in der Grundschule und im Übergang

durch die Luft. Nahezu alle Kinder wissen zwar, dass zum Hören irgendwie die Ohren notwendig sind, nicht aber, was im Ohr weiter passiert und was das mit der Weiterleitung von Schall zu tun hat. Die Begriffe Schall und Schallwellen werden von vielen Kindern zwar benutzt, die wenigsten verbinden aber damit adäquate Vorstellungen. Ziel des Unterrichts ist es, eine erste Vorstellung von Schallerzeugung und Schalltransport zu vermitteln und dieses Wissen zu nutzen, um den Vorgang des Hörens transparent zu machen. Mit diesem Wissen lassen sich auch Folgerungen zur Gefährdung durch Lärm ziehen, woraus auch mögliche Lärmschutzmaßnahmen, die für Kinder unmittelbar einsichtig und bedeutsam sind, abgeleitet werden können.

Der Unterricht geht dazu folgendermaßen vor:

1. Sequenz: Sensibilisierung für Geräusche und das Hören

Zunächst werden die Kinder durch Hörübungen für das Phänomen Schall sensibilisiert. Hierzu eignen sich Schallrätsel, Hörübungen, Geräusche-Memorys, selbst erstellte Klanggeschichten u. ä.

2. Sequenz: Geräusche erzeugen

In einem nächsten Schritt steht die Schallerzeugung im Mittelpunkt. Die Kinder sollen feststellen, dass Schall entsteht, wenn ein Gegenstand vibriert, d.h. sehr schnell hin und her schwingt. Um Geräusche her zu stellen, nutzen sie zunächst verschiedene Gegenstände wie ein Lineal, Gummiband, Backpapier, eine Stimmgabel und eine Triangel. Das gezielte Beobachten der Gegenstände während des Geräusche-Machens und das Vergleichen der verschiedenen Gegenstände führen zu dem Ergebnis, dass immer etwas hin- und her zittert, wackelt oder vibriert, wenn ein Geräusch zu hören ist. Stoppt man das Wackeln, erlischt auch das Geräusch. Der Begriff der Schallquelle kann nun eingeführt werden. Durch Ausprobieren stellen die Kinder zudem fest: „umso größer der Ausschlag des Lineals (der Trommel, der Gitarrenseite) ist, desto lauter wird das Geräusch“ und „umso schneller der Gegenstand hin und her schwingt, desto höher wird das Geräusch“.

3. Sequenz: Kann das Wackeln wandern?

Ausgehend von der Frage: „Was passiert, wenn die Trommel oder die Triangel wackelt?“ wird ein Versuch mit aufgeblasenen Luftballons durchgeführt, bei dem die Kinder erfahren können, dass das Wackeln/Vibrieren eines Lautsprechers - das an der

Schallquelle zu spüren ist - auch in größerer Entfernung von der Schallquelle durch das Zittern des Luftballons wahrgenommen werden kann. Anschließend können die Kinder an verschiedenen Stationen erfahren, dass die Schwingung eines Gegenstandes auf einen anderen Gegenstand übertragen werden kann. Dazu werden verschiedene Versuche durchgeführt: Sandkörner, die auf einer Trommel ins Hüpfen geraten, wenn man dicht an der Trommel ein lautes Geräusch erzeugt; das Spüren von Kribbeln im Bauch, wenn eine Trommel dicht vor dem Körper fest angeschlagen wird; die tanzende Kerzenflamme, die dicht vor einem Basslautsprecher aufgestellt ist und die Bewegung einer Wollkugel vor einer sog. Schallkanone. Durch Vergleichen der Versuche finden die Kinder heraus: Das Wackeln wandert von einem Gegenstand über eine Entfernung zu einem anderen Gegenstand und versetzt diesen ebenfalls in heftiges Zittern – ohne dass sich die Gegenstände berühren. Das Wackeln kann also von einem Ort zum anderen übertragen werden.

4. Sequenz: Ist die Luft wichtig?

In der vierten Sequenz wird die Frage aufgeworfen, wie dieses Wackeln übertragen wird und ob die Luft dafür wichtig ist. Dass die Luft daran beteiligt sein könnte, vermuten die Kinder aufgrund eines erstaunlichen Versuchs, den die Lehrperson vorführt: Die durch Reiben des Glasrandes mit dem Finger entstehende Schwingung führt dazu, dass auch das zweite Glas zu zittern beginnt (was man am Zittern des Wasserspiegels gut beobachten kann), wodurch die aufgelegte Nadel ins Glas rutscht, ohne dass man sie berührt.

Ein achtjähriges Kind vermutet und zeichnet dazu (Bild 2): „Wenn wir einen Ton hören, wackelt das Glas hin und her. Die Luft neben dem Glas wird angestoßen vom wackelnden Glas, die Luft wackelt dann genauso hin und her wie das zitternde Glas, vielleicht stößt diese Luft die nächste Luft an, diese wackelt dann auch usw., bis die wackelnde Luft das andere Glas anstößt. Das andere Glas wackelt dann auch, dadurch fällt die Nadel herunter.“

Diese Vermutung wird nun mit einem gemeinsam entwickelten Experiment überprüft; dabei hilft ein im Haushalt gebräuchliches Vakuumglas, aus dem man mit einer Pumpe die Luft herauspumpen kann. Ein im Glas befindlicher Wecker wird deutlich leiser,

Naturwissenschaftliche und technische Bildung in der Grundschule und im Übergang

wenn man die Luft herauspumpt, bis man nahezu nichts mehr hören kann. Luft ist also wichtig – ohne Luft wird das Wackeln nicht transportiert!

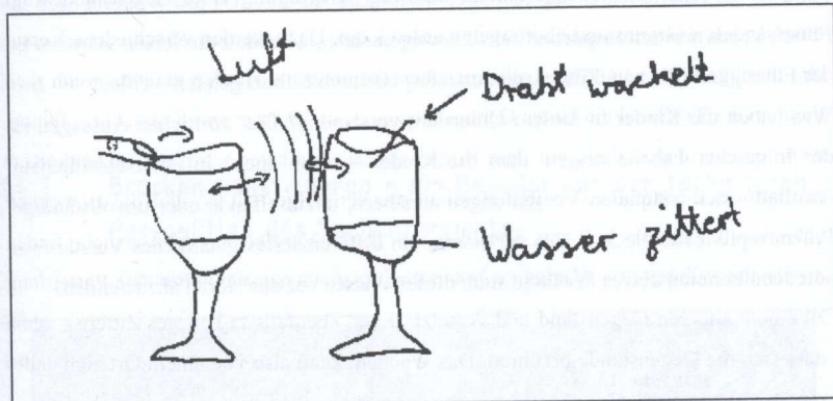


Bild 2

5. Sequenz: Kann das Wackeln auch in anderen Stoffen wandern?

An mehreren Stationen erforschen die Kinder die Übertragung in festen Medien, indem sie auf Treppengeländer, Tische usw. schlagen und ein anderes Kind das Ohr darauf legt, ein Schnurtelefon ausprobieren und eine Stimmgabel an den Ellbogen halten und dabei einen Finger zum Weiterleiten des Schalls vorsichtig in ihr Ohr stecken. Anschließend entwickeln die Kinder selbst Versuche, um zu prüfen, ob Schwingungen auch in Wasser übertragen werden. Durch Vergleich der Versuche stellen sie fest, dass der Schall sehr gut auch in festen Dingen wie Holz, Knochen usw. weitergeleitet wird und dass der Schall sogar durch Wasser gut zu hören ist.

6. Sequenz: Wie funktioniert unser Ohr?

Zunächst wird der Aufbau des Ohres mit seinen Teilen erarbeitet. Die Kinder wenden nun ihr erarbeitetes Wissen an, um durch Bilden von Analogien zwischen den Teilen des Ohres und den durchgeföhrten Versuchen die Funktionsweise der einzelnen Teile des Ohres zu erschließen: Die Ohrmuschel fängt die wackelnde Luft auf und leitet sie durch den äußeren Gehörgang zum Trommelfell, dieses wird von der wackelnden Luft

Naturwissenschaftliche und technische Bildung in der Grundschule und im Übergang

angestoßen, bewegt sich selbst schnell hin und her, stößt das daran befestigte Ohrknöchelchen, den Hammer an, dieser dann den Amboss und den Steigbügel, bis das Wackeln an die Flüssigkeit in der Schnecke weitergegeben wird. Da das Wackeln auch in Flüssigkeiten weitertransportiert wird, bewegen sich schließlich die feinen Härchen in der Flüssigkeit (die sog. Zilien), wodurch Signale zum Gehirn geleitet werden.

Was haben die Kinder in diesem Unterricht verstanden? Die wörtlichen Aussagen in der folgenden Tabelle zeigen, dass die Kinder – wenn auch in unterschiedlichem Ausmaß – sich adäquaten Vorstellungen annähern, unzutreffende oder unvollständige Präkonzepte (Tabelle 3, S. 23) verändern, ein differenziertes inhaltliches Verständnis aufbauen konnten und in der Lage sind, dieses Wissen auf das Hören anzuwenden.

Wie entsteht ein Geräusch?	Und wie hören wir es?
Wenn man etwas bewegt, also wenn man irgendwo dran zupft, daran schlägt.	Wenn ich was hören will, dann muss immer etwas wackeln oder so vibrieren.
Ein Geräusch entsteht, wenn etwas ganz doll wackelt.	Die Trommel schwingt und dann wackelt die Luft darum und dann wackelt das Trommelfell im Ohr und dann wackelt die Flüssigkeit in der Schnecke und dann diese Härchen und dann höre ich was.
Durch heftiges Hin- und Herzittern von Gegenständen, also zum Beispiel, wenn ich jetzt mit 'ner Stimmagabel oder so anschlage, dann zittert das ganz heftig.	Wenn ich die Trommel schlage, dann wackelt das Trommelfell und dann wackelt die Luft und dann wackelt mein Trommelfell und dann wackelt der Hammer und dann wackelt der Amboss und dann wackelt der Steigbügel und dann wackelt die Flüssigkeit in der Schnecke und dann wackeln die Härchen in der Schnecke, und dann wird das ins Gehirn geleitet, und dann weiß das Gehirn, jetzt hör ich die Trommel.

Tabelle 3: Postkonzepte nach dem Unterricht zum Thema Schall

In Verbindung mit dem Erforschen der inhaltlichen Zusammenhänge konnten die Kinder zudem eine Reihe von Arbeits-, Handlungs- und komplexeren Denkweisen erlernen, wie z. B. das Fragen, Vermuten, Beobachten, Ausprobieren, Versuche durchfüh-

ren, Entwickeln von Experimenten zur Überprüfung von Vermutungen, Vergleichen von Erfahrungen, Suchen nach gemeinsamen Ursachen und das Schlussfolgern. Darüber hinaus lassen sich Verknüpfungen zu technischen Aspekten, wie z. B. zur Funktionsweise von Musikinstrumenten, und zu gesundheitlichen Aspekten, wie der Gefährdung durch Lärm und entsprechenden Lärmschutzmaßnahmen, ziehen.

1.4.2 Brücken konstruieren – ein Beispiel aus der technischen Perspektive des Sachunterrichts

Sind junge Grundschulkinder auch in Bezug auf technische Fragestellungen schon fähig, anspruchsvolle Kompetenzen zu erwerben? Ein kleiner Ausschnitt aus einem Unterricht über Brücken und Türme soll zeigen, dass Kinder auch schon in der Grund-

schule konstruktiv und eigenständig nach technischen Problemlösungen suchen, inhaltliche Vorstellungen aufbauen und daraus wichtige Erkenntnisse über techni-

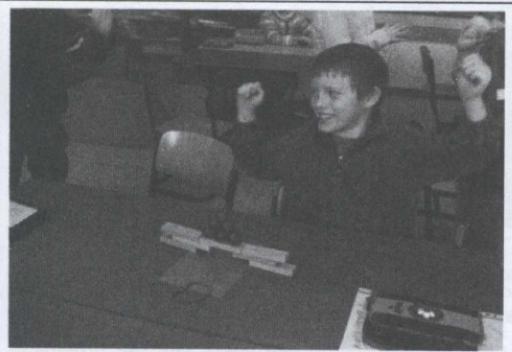


Bild 3: Die Kragbogenbrücke hält der Belastung stand, die zusätzlichen Steine werden als Gegengewicht genutzt.

sche Funktionsprinzipien und Denk- bzw. Arbeitsweisen gewinnen können.

Der Unterricht beginnt mit der – noch spielerisch orientierten Aufgabe– mit Hilfe einer vorgegebenen Anzahl von Bausteinen einen Fluss zu überbrücken. Schwieriger wird es, wenn diese Brücke keine Stütze haben darf: Unter dieser Bedingung müssen die vorhandenen Bausteine überkragend eingesetzt werden. Benutzt man zusätzliche Steine oder andere Gegenstände als Gegengewichte für die auskragenden Steine, wird die Brücke stabiler und kann größere Lasten tragen (was die Kinder mit Hilfe von Gewichtssteinen erproben können). Dabei entdecken die Kinder auch, dass ein Gegengewicht umso wirksamer ist, je weiter hinten es angebracht wird (Bilder 3 und 4).

Das zugrundeliegende Hebelgesetz wird in der anschließenden Sequenz noch einmal thematisiert: Ein verschlossener Karton, der deutlich über seinen Drehpunkt hinaus frei über eine Tischkante geschoben wird, gibt Anlass zum Rätseln: Wieso ist der Karton in dieser Lage stabil? Die Kinder stellen Vermutungen an, versuchen, selber einen solchen Zauberkarton herzustellen, und finden heraus, dass der Karton umso weiter über die Kante hinaus geschoben werden kann, je schwerer das im Karton verborgene Gegengewicht ist. Mit diesem Wissen können sie nun selbstständig erklären, welche Funktion z. B. die Gegengewichte bei einem Kran haben.



Bild 4: Bei dieser Brücke sind die Gegengewichte vergrößert worden, um die Stabilität zu verbessern.

In einer folgenden Sequenz beschäftigen sich die Kinder mit den Konstruktionsprinzipien von Bogenbrücken. Sie finden durch eigenes Tun heraus, dass man eine Lehre benötigt, auf der ein

sog. Keilsteinbogen errichtet wird und dass dieser nach Einfügen des Schlusssteines auch ohne das sog. Lehrgerüst stabil steht – vorausgesetzt, die zu den Seiten und nach unten wirkenden Kräfte werden durch ein Fundament und durch seitliche Widerlager abgefangen (Bild 5).

Wie stabil eine solche Bogenbrücke ist, erfahren die Kinder durch Belastungsversuche. Unter die Bogenenden gelegte Wachsstücke und von außen angebrachte Widerlager zeigen, dass die Kraft nach außen und senkrecht nach unten wirkt. Schub- und Druckkräfte sowie die Funktion eines Widerlagers zum Auffangen von Schubkräften werden so für die Kinder wahrnehmbar und nachvollziehbar. Als Höhepunkt bauen die Kinder nach einem Vorschlag von Leonardo da Vinci die sog. Leonardobrücke, eine Bogenbrücke, die aufgrund eines Steckprinzips in sich stabil ist (Bild 6).



Bild 5: Die Lehre der Bogenbrücke wird abgebaut, der Bogen bleibt stabil stehen (links).

In weiteren Sequenzen erarbeiten die Kinder durch eigene Experimente die Bedeutung von Profilen bei Balkenbrücken, die Funktion des stabilen Dreiecks bei Fachwerkbrücken sowie das Abfangen der entstehenden Zugkräfte bei Hängebrücken. Offene Unterrichtsphasen geben Gelegenheit, Informationen über berühmte Brücken und Brückenbauer aus Lese-Texten und aus dem Internet selbstständig zu erschließen und das erworbene Wissen bei einem Brückenbau-Erfinderwettbewerb anzuwenden.

Welche Kompetenzen haben die Kinder in diesem technisch orientierten Unterricht erworben? Sie haben technische Problemlösungen unter vorgegebenen Bedingungen selbst und in Gruppen entwickelt, erprobt und optimiert und dadurch technische Prinzipien und naturwissenschaftliche Regelhaftigkeiten verstanden. Dabei haben sie gelernt zu zeichnen und zu dokumentieren, Informationen aus Texten und Abbildungen zu erschließen, ihr Wissen auf Bauwerke und technische Gegenstände zu übertragen und dadurch deren Funktionsweisen zu erschließen. Sie haben auch gelernt, dass

Technik von Menschen geschaffen, veränderbar und durchschaubar ist - und dass technische Erfindungen unser Leben maßgeblich beeinflussen. Vor allem haben sie sich selbst als kompetent Handelnde erleben können, wodurch günstige Bedingungen für das Entstehen von längerfristigem Interesse geschaffen wurden.

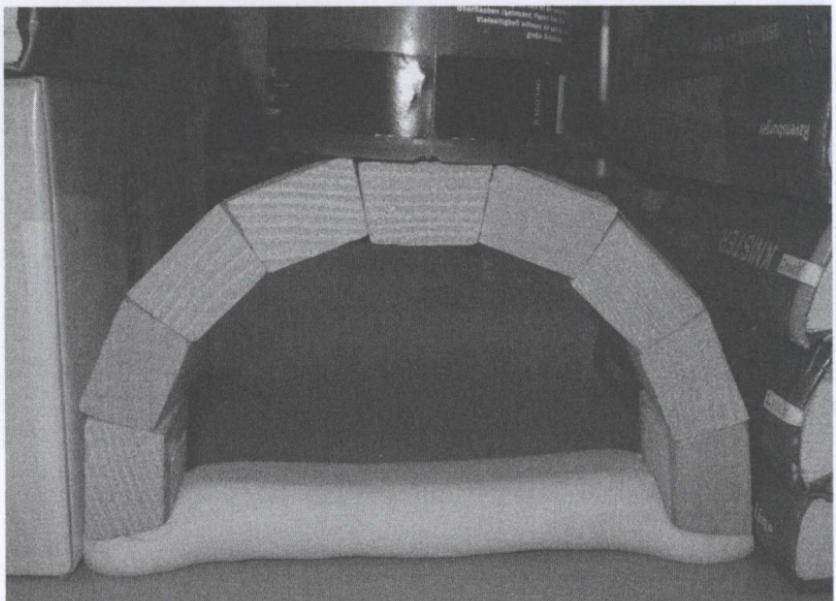


Bild 6: Die Stabilität der Bogenbrücke wird mit Belastungsversuchen getestet. Bücher dienen als seitliche Widerlager (rechts).

1.5 Welche Voraussetzungen benötigt ein derartiger Unterricht?

An die Lehrpersonen stellt ein solcher Unterricht erhebliche Anforderungen: Pädagogisches, fachliches und fachdidaktisches Wissen sind erforderlich, um Präkonzepte zu erfassen, Lernschwierigkeiten zu analysieren, individuelle Lernprozesse zu unterstützen, geeignete Versuche und Materialien auszuwählen und den Unterricht so zu sequenzieren, dass konstruktiv-genetisches Lernen ermöglicht wird. Diagnostische

Kompetenzen sind erforderlich, um Lernstände zu erheben und Lernumgebungen entsprechend zu gestalten. Da in der Lehramtsausbildung bisher nur unzureichend auf diese erforderlichen Lehrerkompetenzen hingearbeitet wird, kommt Fortbildungen eine große Bedeutung zu. Zu berücksichtigen ist dabei, dass viele Lehrpersonen zu naturwissenschaftlichen und technischen Themenbereichen eine erhebliche Distanz haben und Fortbildungen deshalb so konstruiert werden müssen, dass Lehrpersonen erforderliche Kompetenzen erwerben können und ihre Berührungsängste zum naturwissenschaftlich-technischen Bereich abbauen können.

Eine weitere wichtige Voraussetzung sind erforderliche Materialien und Zeit für die Durchführung von Versuchen und Konstruktionen. Nur bei ausreichendem und geeignetem Materialangebot und zur Verfügung stehender Lernzeit können die Lernenden Vermutungen und Entwürfe durch Erfahrungen überprüfen und auf dieser Basis Wissen und Vorstellungen durch eigene Denktätigkeit erwerben.

Und zuletzt: Weniger ist mehr! Nur intensive Lernprozesse führen zu einem nachhaltigen Kompetenzerwerb – nur ein vertieftes Eintauchen in Themen kann wirkliches Verstehen sowie Motivation und Neugier erzeugen.

1.6 Folgerungen für den Übergang in die weiterführenden Schulen

Die weiterführenden Schulen müssten zunächst Einblicke in den naturwissenschaftlichen und technischen Sachunterricht der Grundschule und dort erreichte Kompetenzen erhalten, um an bereits Erreichtem anzuknüpfen und dieses auf anspruchsvollerem Niveau weiterführen zu können. Nur so lassen sich unproduktive Wiederholungen und Unter- bzw. Überforderung vermeiden.

Zudem wäre zu wünschen, dass auch im Sekundarbereich ein konstruktiv-genetisches Lernverständnis zugrunde gelegt und anwendungs- und verstehensorientiert unterrichtet würde. Statt einer direkten Wissensvermittlung wären Formen der Erarbeitung zu stärken, in denen das eigene Denken auf der Basis von eigenen und gemeinsamen Versuchen und Konstruktionen gefördert wird.

Insgesamt sollte der Übergang „weicher“ gestaltet werden, um einem plötzlichen Abbruch von gerade entwickeltem Interesse entgegen zu wirken. Gemeinsame Module in der Aus- und Fortbildung für den Grundschulbereich und den Anfangsunterricht im Sekundarbereich könnten hierzu einen Beitrag leisten. Zudem müsste es selbstverständlich werden, in allen Überlegungen zur Entwicklung von Grundschul- und Sekundarcurricula Schulstufengrenzen zu überwinden und dabei das Ziel zu verfolgen, die Entwicklung kontinuierlicher Bildungsprozesse zu ermöglichen.

Literatur

- Ewerhardy, A. (2009). Primary and Secondary School Students' Perceptions of Teaching for Understanding. ESERA- Conference, Istanbul, Turkey.
- Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. Zeitschrift für Pädagogik, 41, 867-887.
- Hogan, K. & Pressley, M. (1997). Scaffolding scientific competencies within classroom communities of inquiry. In K. Hogan & M. Pressley (Eds.), Scaffolding student learning: Instructional approaches and issues (pp. 74-107). Louiseville, Quebec: Brookline Books.
- Mayer, R. (2004). Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? The case for guided methods of instruction. American Psychologist, 59(1), 14-19.
- Möller, K. (2002). Anspruchsvolles Lernen in der Grundschule – am Beispiel naturwissenschaftlich-technischer Inhalte. Pädagogische Rundschau, 56 (2002) 4, 411-435.
- Möller, Kornelia; Jonen, Angela; Hardy, Ilonca; Stern, Elsbeth: Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis bei Grundschulkindern durch Strukturierung der Lernumgebung. In: Prenzel, Manfred; Doll, Jörg (Hrsg.): Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen. Weinheim, Basel: Beltz 2002 (= Zeitschrift für Pädagogik. 45. Beiheft), S. 176-191.
- Möller, Kornelia: Naturwissenschaftliches Lernen in der Grundschule: Eine (neue) Herausforderung für die Grundschule? In: Hanke, Petra (Hrsg.): Grundschule in

Entwicklung. Herausforderungen und Perspektiven für die Grundschule heute. Müns-
ter: Waxmann Verlag 2006, S. 107-127

Möller, Kornelia (Hrsg.): Die KiNT-Boxen – Kinder lernen Naturwissenschaft und Technik. Klassenkisten für den Sachunterricht. Jonen, Angela; Nachtigäller, Ingrid; Baumann, Stefanie; Möller, Kornelia: Paket 3: Schall – was ist das? Essen: Spectra-Verlag 2008.

Möller, Kornelia (Hrsg.): Die KiNT-Boxen – Kinder lernen Naturwissenschaft und Technik. Klassenkisten für den Sachunterricht. Lemmen, Klaus; Möller, Kornelia; Zolg, Monika: Paket 4: Brücken – und was sie stabil macht. Essen: Spectra-Verlag 2009.

Reiser, B. (2004). Scaffolding complex learning: The mechanisms of structuring and problematizing student work. *The Journal of the Learning Sciences*, 13 (3), 273-304.

Treagust, D. & Duit, R. (2008): Conceptual change: a discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education. In: *Cultural Studies of Science Education*, 3, 297-328.

Vosniadou, S., Ioannides, C., Dimitrakopoulou, A. & Papademetriou, E. (2001). Designing learning environments to promote conceptual change in science. *Learning and Instruction*, 15, 317-419.

Vosniadou, S. (Eds.) (2008): International Handbook of Research on Conceptual Change. New York, NY.

Vygotsky, L. (1978): Mind and society: The development of higher psychological processes. Cambridge.

Weinert, F. E. & Helmke, A. (Hrsg.). (1997). Entwicklung im Grundschulalter. Weinheim: Beltz.

Wood, D., Bruner, J., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 17, 89-100.