

Naturkundliche und naturwissenschaftliche Bildung von der frühen Kindheit bis ins Erwachsenenalter als Ganzes betrachtet

Prof. Dieter Plappert

dieter@plappert-freiburg.de

(01.10.2013)

Staatliches Seminar für Didaktik und Lehrerbildung (Gymnasien) Freiburg

Inhalt

0. Ausgangslage	1
1. Der Kerzenversuch im Kindergarten	2
2. Der Kerzenversuch mit Referendaren	3
3. Zum physikalischen Hintergrund des Kerzenversuchs.....	3
4. Eine erste Zwischenbilanz.....	4
5. Naturwissenschaftlicher Unterricht heißt zwei Welten miteinander verbinden.....	5
6. Greifen kommt vor dem Begriff	6
7. Wann haben Kinder die zum Verständnis der Naturwissenschaft notwendige kognitive Reife?.....	6
8. Kinder haben das ganze Potenzial.....	8
9. Sprachbildung im naturwissenschaftlichen Unterricht.....	9
10. Die drei Stufen eines „wurzelschlagenden Unterrichts“	9
11. Ästhetische Bildung – ein Element der 1. Stufe	10
12. Die 3. Stufe bedarf bestimmter kognitiver Voraussetzungen!.....	10
13. Geometrisch-bildliches Denken als Brücke zum Formalen.....	11
14. Vom Oberflächenwissen zum tiefen persönlichen Verstehen nach John Hattie.....	12
15. Lebendige Begriffe statt leerer Worthülsen – der n-Prozess als impulsierendes Unterrichtsprinzip	13
16. Der Unterricht in der Kursstufe sollte alle drei Stufen umfassen.....	13
17. Leitlinien eines impulsierenden naturwissenschaftlichen Unterrichts.....	14
18. Konsequenzen für die Bildungsplanerstellung.....	15
19. Freiburger Forschungsräume: „Auf die Haltung kommt es an!“.....	16
20. Abschließende Gedanken.....	20
Literatur:.....	21

0. Ausgangslage

Physik und Chemie gehören im Gegensatz zu Biologie weltweit zu den unbeliebtesten Fächern. Vom Unterricht in diesen Fächern bleibt oft die schmerzvoll erlebte Erinnerung des Nichtkönnens, des Nichtverstehens. Diese wirkt wie eine Barriere für lebenslanges Lernen. Die Ursachen scheinen vielschichtig, wie etwa Gottfried Merzyn in seiner Studie „Naturwissenschaften, Mathematik und Technik – immer unbeliebter“ [1] analysiert. Statt die dort beschriebenen Ursachen konsequent anzugehen, drängt „naturwissenschaftliche“ Bildung nach tradierten Unterrichtskonzepten in die „Kinderstuben“. Die Begründung ist verblüffend simpel – ökonomisch statt pädagogisch – und immer ähnlich: „Deutschland braucht Ingenieure“ [2] oder „Naturwissenschaften spielen in unserer Gesellschaft eine bedeutende Rolle. Denn der Wohlstand des Landes beruht zunehmend auf dem Rohstoff Bildung, das Wissen avanciert zum Fließband des 21. Jahrhunderts. Immer stärker unterstützen Wirtschaft und Politik deshalb die naturwissenschaftliche Frühförderung mit Fokus auf Bildung im Vorschulalter. Bereits zu einem mög-

lichst frühen Zeitpunkt möchte man das Interesse der Kleinen wecken...“[3]. Industrie und Verbände überschwemmen Kindertageseinrichtungen mit Forschern und Experimentieranleitungen. Vertraute Schülerexperimente werden einfach um einige Jahre vorverlegt und mutieren zu modernen *Kindergartenexperimenten* [4]. So kann es sein, dass eng angeleitete Experimente ohne Zusammenhang zur Welt der Kinder mit pseudowissenschaftlichen, manchmal aus dem 19. Jahrhundert stammenden, teilweise falschen Erklärungsmustern gedeutet werden (Abb.1). Diese Art der *naturwissenschaftlichen Frühförderung* berücksichtigt nicht die Entwicklung des Kin-

Luft – lebensnotwendiger Stoff

Experiment 7b:

Materialien:

- Teller, Backblech oder Glasschale
- Teelicht oder Schwimmkerze
- Wasserglas
- Wasser
- Tinte zum Färben des Wassers

Durchführung:

Teelicht anzünden und in das gewählte Gefäß stellen. Mit Tinte gefärbtes Wasser eingießen. Teelicht sollte nicht schwimmen. Glas über Teelicht stülpen. Beobachten!

Tipp:

Mithilfe des sich im Glas befindlichen Stickstoffes kann man nun eine weitere Kerzenflamme erstickern: Feuerlöschprinzip!

Beobachtung:

Je mehr Luft zur Verfügung steht, desto länger brennt die Kerze. Nach kurzer Zeit erlischt die Flamme und Wasser dringt teilweise ein.

Die Kerze „verbraucht“ einen Teil der Luft, den Sauerstoff. Im Glas ist nun Platz für einen anderen Stoff – das Wasser kann eindringen. Es steht aber nur so viel Platz zur Verfügung, wie freigegeben wird. Der Sauerstoffanteil in der Luft ist ungefähr ein Fünftel.

Zusammensetzung der Luft – hier: Veranschaulichung der Anteile

1 Kind – Sauerstoff
4 Kinder – Stickstoff

5 Kinder stehen in einer Kiste – eines davon ist das Sauerstoffkind O₂, das Wasserkind wartet außerhalb der Kiste ...

Abb. 1: Der Kerzenversuch ist beliebt in naturwissenschaftlichen Anleitungen für Kindergarten und Grundschule [4].

des, berücksichtigt nicht, was ein Kind im jeweiligen Alter, in der heutigen Zeit wirklich braucht. Sie erscheint als Stückwerk. So kann es sein, dass ein Kind den „Kerzenversuch“ (Abb. 1) bis zu fünfmal in seiner Schulzeit erlebt: im Kindergarten, in der Grundschule, in *Naturphänomene* in Klasse 5, im Fachunterricht von Physik und Chemie. In diesem Artikel soll anhand dieses Kerzenversuchs zunächst gezeigt werden, wie problematisch eine *naturwissenschaftliche Frühförderung* sein kann. Danach soll schrittweise der *n-Prozess als Unterrichtsprinzip* entwickelt werden, woraus dann *Leitlinien für einen impulsierenden, naturkundlichen und naturwissenschaftlichen Unterricht* aufgestellt werden können, durch die der gesamte individuelle Bildungsprozess, von der frühen Kindheit bis ins Erwachsenenalter, in den Blick genommen werden kann. Daraus werden dann Konsequenzen für die *Erstellung von Bildungsplänen* gezogen. Abschließend wird dann anhand des Projekts „*Freiburger Forschungsräume*“ gezeigt, wie eine konkrete Umsetzung dieser Leitlinien realisiert werden kann.

1. Der Kerzenversuch im Kindergarten

In der mit Mikroskop, Lupen, Magneten, elektrischem Bastelmaterial, Waagen etc. ausgestatteten Forscher-ecke eines Kindergartens mit offenem Konzept, fragt die Erzieherin die 5-jährige Maria, ob sie das „Feuertreppenexperiment“ zeigen möchte. Sie ist begeistert, holt selbständig einen Teller, blaues Krepppapier, eine Knetkugel, kurze und lange Streichhölzer und ein Trinkglas. Mit dem Krepppapier färbt sie das Wasser blau. In die Knetkugel steckt sie Streichhölzer so nebeneinander, dass sich ihre Köpfe fast berühren (Abb. 2). Während dieser Vorbereitungen kommen immer mehr interessierte Kinder an den Tisch, bis etwa 15 Paare weit geöffneter Kinderaugen mit Hochspannung dem Geschehen folgen. Maria entzündet mit ei-

nem langen Streichholz eines der in die Knete gestreckten Streichhölzer. Die Streichhölzer entzünden sich nacheinander und eine Feuertreppe entsteht. Wenn nach kurzer Zeit alle Streichhölzer mit heller Flamme brennen, stülpt Maria das Trinkglas über das Feuer. Nach kurzer Zeit erlischt das Feuer, woraufhin das Wasser im Glas in die Höhe steigt. Es herrscht weiterhin Hochspannung – bis die Erzieherin fragt, warum eigentlich das Wasser in die Höhe gestiegen sei. In Windeseile sind nun plötzlich fast alle Kinder verschwunden. Ich erkundige mich, warum denn diese Frage gestellt wurde. Weil es sich doch um früh-



kindliche Naturwissenschaft handelt und nun die Erklärung kommen muss: „Die Flamme frisst den Sauerstoff der Luft auf und deshalb steigt das Wasser in dem *Hohlraum* hoch.“ Im Handbuch der naturwissenschaftlichen Bildung – Theorie und Praxis für die Arbeit in Kindertageseinrichtungen [3] finden wir dazu: „Didaktisch reduziert kann man auch folgende Deutung anbieten: „Das Experiment zeigt, dass die Kerzenflamme nicht die gesamte Luft zum Brennen benötigt, sondern nur einen Anteil der Luft, der rund ein Viertel ausmacht – eben den Sauerstoffanteil. Und wenn der zu einem großen Teil, verbraucht ist, dann wird dieser Anteil durch Wasser aufgefüllt, denn ein Vakuum gibt es in der Natur nicht.“

Eine Woche später möchte ich den Versuchsablauf filmen. Wieder beginnt ein Kind den Versuch vorzubereiten. Wieder kommen viele interessierte Kinder hinzu. Aus irgendeinem Grund ging die Feuertreppe nach dem Entzünden des ersten Streichholzes nicht los. Die Kinder rufen Vorschläge herein, was zu tun sei. Es wurden lange Streichhölzer zusätzlich in die Knetmasse gesteckt. Diese brannten und bogen sich zu unerwarteten Gestalten, das Interesse wurde immer größer. Könnte man nicht Stecknadeln zwischen die Streichhölzer stecken, um die Feuerwirkung zu verstärken, oder Magnete usw. Alles wurde ausprobiert. Die Erzieherin beobachtete, sorgte dafür, dass die *Forschungsarbeiten* in einem sicheren Rahmen erfolgen konnten. Als nach einer Stunde intensiven Forschens die Konzentration einiger Kinder nachließ, leitete die Erzieherin das Ende ein. Die Kinder räumten alles auf und gingen an andere Stationen des Kindergartens. Einige gingen in die Bauecke, um mit Bauklötzen „Lagerfeuer“ zu machen, um das *Erlebte* zu verarbeiten. War das nun weniger Naturwissenschaft, weil Erklärungen fehlten? Die Kinder hatten ganz vergessen, dass sie eigentlich ein Glas über die Flamme stülpen wollten oder sollten.

2. Der Kerzenversuch mit Referendaren

Gerne lasse ich den Kerzenversuch in der Einführung zur Fachdidaktik Physik von Referendaren durchführen. Die meisten, z.T. promovierte Physiker und Chemiker, kennen ihn. Eine Referendarin hatte diesen Versuch schon in Kindergartengruppen angeleitet. Sie meinte, dass sie den Versuch kenne und wisse worauf es ankomme. Ich bat alle den Versuch durchzuführen, da er u. a. zeigen soll, mit wie wenig Aufwand Schülerexperimente im Unterricht möglich sind und wie wichtig es ist, Beobachtung und Interpretation zu unterscheiden. Die Zweiergruppen hatten die Versuche schnell durchgeführt. Die Beschreibung der Durchführung und der Beobachtungen war knapp und präzise. Über die Erklärung war schnell Einigkeit gefunden: „Sauerstoff verschwindet beim Verbrennen, es entsteht ein Unterdruck, Wasser steigt hoch.“ Nach einer kurzen Pause meldet sich „schüchtern“ ein junger Physiker: „Könnte es nicht auch daran liegen, dass die Abkühlung der Luft durch das Verlöschen der Kerzenflamme die Ursache der Wasserhebung ist?“ Nach kurzer, kontroverser Diskussion wurde klar, dass der Zeitpunkt des Steiges des Wasserspiegels einen Hinweis geben kann, ob die Ursache der „verschwindende Sauerstoff“ oder die „Abkühlung der Luft“ ist. Im ersten Fall, müsste das Steigen besonders während des hellen Brennens der Flamme erfolgen (da gerade dann viel Sauerstoff pro Zeiteinheit verbraucht wird). Im zweiten Fall müsste das Steigen erst bei kleiner werdender Flamme erfolgen, besonders nach dem Verlöschen der Flamme. Auf solche Feinheit hatte niemand geachtet. Der Versuch wurde nun mit „Hochspannung“ wiederholt, die eigentliche *Forschungsarbeit* begann. Erstaunlich war, wie lange manche Forschergruppen brauchten, das Beobachtete wirklich anzuerkennen und sich dabei von ihrem Vorwissen zu lösen. Die Leser sollten diesen Versuch am besten selbst durchführen. Unter www.plappert-freiburg.de kann er als Video betrachtet werden.



Abb. 3: Referendare beim Kerzenversuch

3. Zum physikalischen Hintergrund des Kerzenversuchs

Wie komplex allein schon eine reproduzierbare Sicherung des Versuchsablaufes ist, zeigt die bei „Jugend Forscht 2013“ ausgezeichnete Arbeit zum Kerzenlift. Dort wird wie an anderer Stelle [6] auch beschrieben, dass zwar Sauerstoff bei der Verbrennung verbraucht wird, dass gleichzeitig jedoch viel „größere Mengen“ an Kohlendioxid und Wasserdampf als Reaktionsprodukte entstehen. So könnte sogar ein Überdruck erwartet werden. Es zeigt sich, dass der physikalisch-chemische Hintergrund dieses Versuchs ausgesprochen komplex ist. Eine zentrale Ursache des Wasserhebens ist die Druckdifferenz, die durch die Abnahme der Temperatur der Luft beim Erlöschen der Kerze entsteht. Hierbei spielt die Tatsache, dass Wasserdampf kondensiert, sicher eine entscheidende Rolle. Wasserdampf hat vor dem Kondensieren ein etwa 2000 mal größeres Volumen. Ein Teil des farblosen Wasserdampfgases, das sich neben dem Kohlendioxid im Glas befindet, kondensiert beim Erlöschen der Kerzenflamme durch die Abnahme der Temperatur. In den unter www.plappert-freiburg.de zu findenden Videos fällt beim genauen Beobachten ein Beschlag des Glases zum Zeitpunkt des Steigens des Wassers auf. Durch [Video II](#) wird die Erklärung plausibel, dass

Der Kerzenlift

Physikalisch - chemische Untersuchung eines klassischen Experiments

jugend forscht 2013

Leonard Bauersfeld und Marcel Neidinger



4 Versuchsaufbau

Die folgende Abbildung zeigt den Versuchsaufbau:

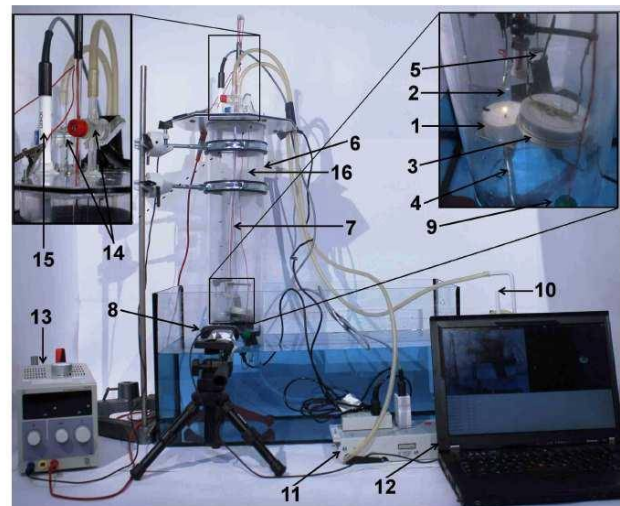


Abb. 4: Der Kerzenversuch bei „Jugend Forscht“

der bei der Verbrennung verschwundene Sauerstoff nicht der wesentliche Effekt sein kann: Das Glas wird so lange über die brennende Kerzenflamme gehalten, bis sich so viel Kohlendioxid im Glas gesammelt hat, dass die Verbrennung beim Senken des Glases deutlich „behindert“ wird. Sobald das kohlendioxidhaltige Glas auf die Wasseroberfläche gedrückt wird, erlischt die Kerzenflamme sofort. Der Wasserspiegel steigt sogleich im Inneren des Glases, obwohl dabei kein Sauerstoff verbraucht wurde.

4. Eine erste Zwischenbilanz

Beeindruckend war, wie bei den Kindern und den Referendaren dieselbe innere „Forschungshaltung“, Spannung, Freude, Tatendrang zu spüren war. Ihr Antrieb ist der gleiche: Neugier, eigene Fragen. Dasselbe ist bei wissenschaftlich arbeitenden Erwachsenen wie etwa im europäischen Kernforschungszentrum CERN in Genf zu spüren (Abb. 5). In vielen Schriften zur sog. „frühkindlichen naturwissenschaftlichen Bildung“ heißt es: „Zieht man neue entwicklungspsychologische Untersuchungen heran, belegen diese, dass Kinder bereits über die kognitiven Voraussetzungen verfügen, die Welt zu erkunden und Theorien über diese zu bilden: Kindern wird die Fähigkeit zugeschrieben, sich Phänomenen



Abb. 5: Derselbe Forschergeist beim Kerzenversuch und bei CERN

der belebten und unbelebten Natur oder aus dem Bereich der Technik mit wissenschaftlichen Methoden zu nähern. Dabei sind Kinder bereits zu Erkenntnisprozessen in der Lage, bei denen Annahmen über verschiedene Phänomene aufgestellt, geprüft und gegebenenfalls verändert werden.“ [7] Dennoch sollte die Grundhal-

tung von Kindern nicht mit der eines Naturwissenschaftlers verwechselt werden. Zutreffend ist zwar, dass Kinder sehr wohl in der Lage sind, selbst gestellte Hypothesen zu prüfen. So bei der „Feuertreppe“ die Frage, welche Rolle etwa Stecknadeln oder Magnete bei der Verbrennung spielen. Sie haben aber kein Interesse an „wissenschaftlichen Erklärungen“, wie sie oft in Anleitungen zu finden sind. Zudem entbehren die sog. „wissenschaftlichen Erklärungen“ oft jeder fachwissenschaftlichen Grundlage. Meist wird die *Erfahrungsebene* verlassen und eine wissenschaftlich klingende *Teilchenebene* betreten, die zwar plausibel klingt, jedoch keinerlei wissenschaftliche Relevanz hat. Dabei schiebt sich *verdunkelndes Wissen* (M. Wagenschein [8]) zwischen das Kind, den Jugendlichen, den Erwachsenen und die Erscheinungen ihrer Erfahrungswelt. Ein solches „Wissen“ wirkt, wie die heute üblichen *schnellen Erklärungen*, wie ein Hindernis für eigenständiges Fragen und Lernen.

Kinder trippeln mit ihren Fingern ganz schnell über das eigentlich flüssige Gemisch von Maisstärkemehl und Wasser. Die Oberfläche fühlt sich ganz hart an und die Finger sinken nicht ein. Die Erzieherin des „Hauses der kleinen Forscher“ erläutert: „Das ist Maismehlstärke und Wasser“. Soweit so gut. Nun folgt aber: „Mais besteht wie alle anderen Dinge aus *vielen kleinen Teilchen* und die sind eckig. Wenn man Druck auf sie ausübt, verhaken sie sich ineinander und deshalb fühlt es sich an wie Beton“. Warum diese „Erklärung“? Erklärt das etwas? Wäre nicht „weil halt“ besser gewesen oder „weil Maisstärke und Wasser sich so sehr mögen, dass sie zusammen bleiben wollen!“ Das klingt dann zwar nicht so wissenschaftlich, aber es wäre altersgemäßer. Aus dem Blickwinkel der heutigen Physik entbehrt die zitierte „wissenschaftliche Erklärung“ der Erzieherin jeder Grundlage. Vielmehr wird eine mechanistische Weltanschauung des 19. Jahrhunderts suggeriert, in der man davon überzeugt war, dass durch die Kenntnis der Bewegung der submikroskopischen Teilchen das Verhalten der beobachtbaren Welt vorausgesagt werden kann. Dieses Denken ist seit fast 100 Jahren überholt.

Kasten 1: Zur Kritik der „wissenschaftlichen Erklärungen“: ein Märchen, das als solches nicht erkennbar ist

Im Weiteren soll nun den folgenden Fragen nachgegangen werden:

- Welche Anforderungen sind an eine naturwissenschaftliche Bildung zu stellen, die den Bildungsprozess eines Kindes, eines Heranwachsenden als Ganzes im Blick hat und wie könnte ein solcher gefördert werden?
- Welche innere Haltung soll den Lehrenden vorgelebt werden?

5. Naturwissenschaftlicher Unterricht heißt zwei Welten miteinander verbinden

Durch einen naturwissenschaftlichen Unterricht werden zwei unterschiedliche Welten miteinander in Kontakt gebracht: die „*Naturwissenschaft*“ mit dem „*Lernenden*“. Die *Naturwissenschaft* ist ein von Menschen in vielen Entwicklungsschritten geschaffenes Kulturgut und unterliegt einem stetigen Wandel. Sie ist ein spezieller Zugang zur Welt. Andere Zugänge sind möglich. Ein Kind *erlebt* von Anfang an die Wirksamkeit der *Naturgesetze*, die die Ausformung, das Wachstum seines Körpers mit beeinflussen. Die *Kultur*, die das Kind umgibt, kommt als bildender Faktor hinzu. Schrittweise bildet sich der Leib, das Gehirn, die Bewegungsmöglichkeiten, die Sprache und die kognitiven Strukturen. Primäre sinnliche Erfahrungen sind zentrale Ausgangspunkte für die individuelle Entwicklung [9]. Die *Naturwissenschaft*, d. h. die begriffliche Beschreibung der Natur, spielt hierbei zunächst keinerlei Rolle. Erst mit einsetzendem naturwissenschaftlichem Unterricht kommt das *Individuum* mit diesem Kulturgut in Berührung.

In dem naturwissenschaftlichen Unterricht geht es nun darum, die zwei „Welten“, die durch Vorerfahrungen gebildete Erfahrungs- und Begriffswelt des Individuums mit der Welt der Begriffe und Konzepte der zeitgenössischen Naturwissenschaft miteinander zu verbinden. Die Naturwissenschaft kann nicht einfach sprachlich übermittelt werden, bzw. „den Kindern eingetrichtert“ werden. Es ist auch wenig sinnvoll sie nur äußerlich am Lernenden anzuheften, z. B. für eine Klassenarbeit. Es geht darum, zu ermöglichen, dass die naturwissenschaftlichen Methoden und Begriffe im Lernenden „Wurzeln schlagen“. Es geht darum, dass sie in die persönliche Denk- und Erfahrungswelt der Kinder *hineinwachsen* können. Am Beispiel der *Mondsichel* führte Martin Wagenschein [8] vor fast 50 Jahren aus, dass 80% befragter Abiturienten die Mondsichel durch den Schatten der Erde verursacht denken: „Nicht die Unkenntnis als solche ist es, die hier bestürzt. Anständige Unkenntnisse gehören zur Bildung. Aber hier ist die Wahrheit leicht zu sehen. Und noch leichter wäre zu bemerken, dass es der Erdschatten unmöglich sein kann, der den Mond aushöhlt. Denn der Sichelmond steht am Himmel niemals weit ab von der Sonne und nie ihr gegenüber (wie es ja sein müsste, wenn unser Schatten auf ihn fallen sollte.)“ (Abb. 7). Der moderne Mensch hat hier also oft gerade das verlernt, was die Naturwissenschaft ihm hätte lehren können - einer Sache gewahr werden, beobachten. Bedenklicher noch: Statt zu wissen, was er sehen könnte, wenn er gelernt hätte, hinzusehen, hat er leere Sätze bereit und hier nun gar von einem anderen viel selteneren, meist nicht persönlich angeschauten und also auch nicht verstandenen Ergebnis her, der Mondfinsternis. Er hat es durch sogenanntes Lernen verlernt.“ Wagenschein zitiert Simon Weil: „Jene Sonne, von der im Unterricht die Rede ist, hat für den Schüler nichts gemeinsam mit der Sonne, die er sieht. Man reißt ihn aus dem Allgesamt seiner Umweltbeziehungen heraus [...].“ Wagenschein schreibt: „Herausgerissen, der Wurzeln beraubt zu werden und dafür ein Gerede angeboten zu bekommen, das ist ein nichtswürdiger Tausch [...]. Leere Worte, die uns schmeicheln, Wissen zu sein und uns taub machen für die Wirklichkeit.“ Die verfrühte Erklärung des Kerzenversuchs, kann, wie wir gesehen haben, nicht nur zu leeren, sondern auch falschen Worten führen und das Tragische ist, dass es nicht bemerkt wird und viele begeistert sind von dieser kindgerechten naturwissenschaftlichen Förderung. Was Not tut ist eigenes hingebungsvolles, genaues Beobachten und redliches Erklären. Donata Elschenbroich fordert eine „Frage-Schule“ statt einer „Antwort-Schule“ [10]. Im Folgenden sollen nun einzelne Gesichtspunkte erörtert werden, die dies fördern können.



Abb. 6: Individuum und Naturwissenschaft – zwei zunächst unanhängige Welten



Abb. 7: Die Sonne steht seitlich, der Erdschatten kann die Mondphase nicht verursachen!

6. Greifen kommt vor dem Begriff

Ausgangspunkt jeder persönlicher Entwicklung sind persönliche Erfahrungen in der individuellen Lebenswelt beim Beobachten, beim Nachahmen, beim Selbsttun. Diese Erfahrungen sind das „Saatbeet“, in dem beim Lernenden später die naturwissenschaftlichen Konzepte Wurzel schlagen können. Schon vor 230 Jahren schien für J.H. Pestalozzi ein „Erziehungsproblem“ vorzuliegen: „Die Kunst und Schul bringt dem Menschen das Urteil in den Kopf, ehe er die Sache sieht und kennt, daher die Schulmenschen, so gemeiniglich weder die Sache selber, von der sie reden, noch die Menschen, mit denen sie handeln und wandeln, kennen. Es ist also ein vorzügliches Bedürfnis der guten Auferziehung, dass dieser Klippe ausgewichen werde und das Kind um aller Liebe willen nicht allzu früh akademisch erzogen werde: lieber im Stall, in der Küche, im Garten, in der Wohnstube, als maßleidend beim Buch und mit nassen Augen abstrahierend.“ [28]

Im Umgang mit der Welt ergibt es sich für den Heranwachsenden auf ganz natürliche Weise, dass nebenbei zentrale naturwissenschaftliche und technische Methoden erprobt und eingeübt werden, wie

- Beobachten,
- nonverbales oder verbales Beschreiben und Symbolisieren,
- Sortieren, Strukturieren, Allgemeines erkennen,
- Erproben, d.h. Hypothesen bilden und in einfachen selbst erfundenen Experimenten überprüfen,
- Planen, Konstruieren, Bauen, Optimieren.

Diese Fähigkeiten können implizit geübt werden, wenn die Kinder „ungestört“ bleiben. Sie können mit großer Konzentration und Hingabe selbstständig forschend tätig werden. Wenn sich der durch das naturwissenschaftliche Vorwissen oft eingeengte Blick der Lernbegleiter wieder öffnet, können auch sie wieder zu forschen beginnen. Sie können versuchen das oft überraschende Denken der Kinder und Jugendlichen explizit zu begreifen. Werden Kinderfragen ernst genommen, so können erstaunliche Erfahrungen gemacht werden. Ist dies eine sinnvolle Frage: „Du Papa, warum werden Streichhölzer durch Feuer magnetisch?“? Michael Worbs hat seinen 7 jährigen Sohn ernst genommen, die Frage erforscht und Erstaunliches zu Tage gefördert [11].

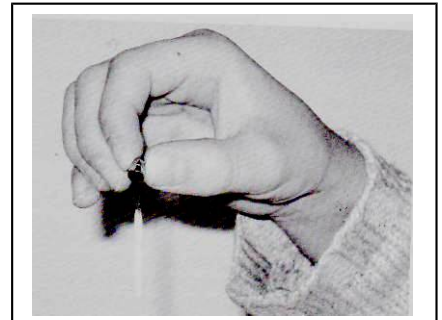


Abb. 8: Durch das Abbrennen kann ein Streichholz magnetisch werden.

„Forscherkisten“ aller Art werden für alle Altersstufen und Schularten angeboten. Zweifellos kann mit solchen naturwissenschaftlich-technisches Wissen vermittelt werden. Das sei hier nicht in Abrede gestellt. Allerdings sind auch deren Begrenztheiten zu sehen. Die Aufmerksamkeit auf diesen Fokus zu lenken ist Sinn dieser „Ketzerschrift“.

Um der „Forscherkiste“ auf den Grund zu kommen, stellen wir uns mal ganz dumm und fragen: Was ist eine „Forscherkiste“?

Eine „Forscherkiste“ ist, wenn jemand sich ausdenkt, was Kinder (oder Jugendliche) erkennen sollen. Dann überlegt er (oder sie) sich, welche Materialien und Geräte dafür benötigt werden. Diese Utensilien werden dann zusammen gestellt und - zumeist mit einer Anleitung wie vorzugehen ist, damit das Vorgedachte auch wirklich eintritt - in eine Kiste verpackt. Das Forschen findet mit selektiven Materialien und Geräten sowie nach „Kochrezept“ (meist nach einer kleinschrittigen Anleitung) statt.

Eine „Forscherkiste“ ist also, wenn jemand sich etwas ausgedacht hat, was andere entdecken sollen, und die für diese Vorstellungen notwendige Utensilien in eine Kiste verpackt.

Zu Fragen bleibt, ob Forscherinnen und Forscher sich nicht gerade dadurch auszeichnen, dass sie den Weg ins Unbekannte, ins Nicht-Vorgedachte wagen? Zeichnen sich neue Forschungsergebnisse nicht gerade dadurch aus, dass sie Neuland oder eine neue Sichtweise auf Bekanntes erschließen? Wenn dem aber so ist, dann müssen Forscherinnen und Forscher von Morgen (zumindest auch) andere, nicht vorgefertigte Zugangsmöglichkeiten zur Forschungstätigkeit erhalten.

Kasten 2: Ketzersche Anmerkungen zu „Forscherkisten“ Edgar Bohn in [18]

7. Wann haben Kinder die zum Verständnis der Naturwissenschaft notwendige kognitive Reife?

Das Verständnis der naturwissenschaftlichen Konzepte und Begriffe setzt beim Lernenden eine bestimmte kognitive Reife voraus. Wann sind die kognitiven Möglichkeiten eines Heranwachsenden so weit entwickelt, dass er für naturwissenschaftliche Begriffe und Konzepte „bereit“ ist?

„Auch hinsichtlich der Fähigkeit, kausal zu denken, besagen neue wissenschaftliche Erkenntnisse (vgl. Sodian, 2005), dass Kindergartenkinder bereits nach den gleichen Prinzipien wie Erwachsene kausale Schlussfolgerungen ziehen. Mit kausalem Denken ist das Herstellen einer Beziehung zwischen Ursache und Wirkung gemeint. Kindergartenkinder gehen bereits davon aus, dass ein Ereignis eine Ursache hat. Dabei werden als mögliche Ursachen Ereignisse in Betracht gezogen, die zeitlich vor dem beobachteten Effekt stattge-

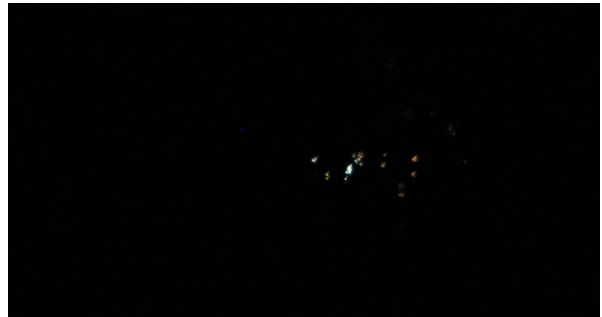
funden haben. Kindergartenkinder stellen sich Fragen zu möglichen Ursachen für einen bestimmten beobachteten Effekt, sie begeben sich auf die Suche nach kausalen Mechanismen (Erklärungen). Zwischen dem kausalen Denken von Kindern im Vorschulalter und dem von Erwachsenen besteht also bereits in einigen Aspekten eine strukturelle Ähnlichkeit. Die Unterschiede im Denken sind vor allem durch die unterschiedliche Verfügbarkeit von themenspezifischem begrifflichem Wissen zu erklären.“ [5]

Das folgende Zitat scheint hierzu in Konflikt zu stehen: „Zwischen dem dritten und fünften Lebensjahr beeinflusst die sogenannte magische Phase das kindliche Denken und Handeln: Alles, was das Kind sich wünscht und denkt – *Schönes* wie auch *Schreckliches* – könnte in seiner Vorstellung tatsächlich eintreten. Was es selbst denkt und tut, sieht es als wichtige Ursache für vieles, was passiert. Gleichzeitig ahnt oder befürchtet das Kind, dass andere Kinder und Erwachsene, aber auch Hexen, Feen und Monster auf die gleiche Weise etwas geschehen lassen könnten. In Teilbereichen kann sich diese Phase bis zum sechsten Lebensjahr und darüber hinaus hinziehen. Während der magischen Phase ist in der kindlichen Vorstellung alles möglich. Fachleute sprechen von einer in sich stimmigen *magischen Logik*: Dinge und Geschehnisse werden von dem Kind weitgehend magisch erlebt und durch *magische Theorien* zu deuten und zu erklären versucht. Viele alterstypische Ängste und Befürchtungen, aber auch freudige Überraschungen und Erwartungen haben hier ihren Ursprung: Wolken regnen, weil sie traurig sind, der Ball liegt unter der Kommode, weil er schlafen will. Hexen, Monster und Geister, aber auch Weihnachtsmann, Christkind und Osterhasen gibt es in der kindlichen Vorstellung wirklich. Und wenn das Kind in der Badewanne sitzt, könnte der Sog des abfließenden Wasser es in seiner *magischen Vorstellung* wirklich mit durch den Abfluss reißen.“ [12]

Der Konflikt zwischen den beiden beschriebenen Ansichten hebt sich auf, wenn wir anerkennen, dass „sowohl als auch“ möglich ist. Es erstaunt nicht, dass Kinder die Fähigkeit des kausalen und des magischen Denkens *zugleich* haben. Auch beim Erwachsenen ist beides zugleich möglich. So kann es sein, dass ein Computerspezialist seinen PC anbrüllt und mit dem Fuß tritt, „weil er nicht tut, was er will“. Erkennen wir dies als Tatsache an, müssen wir „die Kinder fragen“, welche *Denkform* sie gestärkt haben „wollen“. Die „Feuertreppe“ kann darauf eine Antwort geben: die Frage nach der kausalen Begründung hat alle Kinder vertrieben.

Hierzu schreibt der Neurologe Gerald Hüther:

„Jeder Versuch, diese Entdeckerfreude und Gestaltungslust in eine bestimmte, in den Augen der Erwachsenen bedeutsame Richtung zu lenken, beraubt Kinder zwangsläufig der Möglichkeit, für sie relevante Bedeutsamkeiten selbst zu entdecken. Der Versuch, ihnen etwas in den Augen ihrer Bezugspersonen Wichtiges zu zeigen, zu erklären oder „beizubringen“, das gerade nicht in ihrem Fokus steht, beraubt sie der Möglichkeit, es aus eigenem Interesse selbst zu entdecken. Kinder, die durch solche „Förderungsmaßnahmen“ daran gehindert werden, aus eigenem Antrieb für sie Bedeutsames zu entdecken und mit ihren eigenen Möglichkeiten zu erkunden, verlieren aufgrund dieser Erfahrungen ihr Interesse am eigenen aktiven Entdecken, am Erkunden und Gestalten ihrer Lebenswelt. Sie werden abhängig von den „Anregungen“, die von Außen an sie herangetragen werden. Sie machen die Erfahrung, dass es auf das, was sie im Inneren bewegt, auf ihre eigenen Intentionen und Ideen, auf ihre eigene Neugier und Gestaltungslust nicht ankommt. Sie können sich nicht mehr über sich selbst begeistern, sondern bestenfalls noch über das, was von Außen an sie herangetragen wird. Solche Kinder machen die Erfahrung und verankern diese in ihrem Gehirn, dass sie nicht so gemocht werden und sein können, wie sie sind, sondern dass ihnen von ihren Bezugspersonen etwas gezeigt, erklärt und vorgeführt wird, was sie nur noch entweder annehmen oder ablehnen können. Je nachdem, wofür sie sich entscheiden, machen sie eine weitere schmerzhaft Erfahrung, die ebenfalls in ihrem Gehirn verankert wird: dass sie nun selbst, entweder angenommen oder abgelehnt werden. Jede gezielte Frühförderungsmaßnahme, die nicht Eröffnung von Erfahrungsräumen, sondern Vermittlung vorverdauter Informationen ist, bringt ein Kind also in ein Dilemma: entweder es unterdrückt sein angeborenes Bedürfnis nach eigenem



Wissenschaftliche Erklärungen können Zauberwelten zerstören. Bei unseren eigenen Kindern habe ich dies eindrücklich erlebt: Eines Winterabends blickten unsere zwei Söhne im Dunkeln aufgeregt in das nicht erleuchtete Kellerfenster. Sie machten mich auf das „Zauberlicht“ aufmerksam, das geheimnisvoll im Fenster schimmerte. Mir war sofort klar, dass der Hinweis auf die reflektierende gegenüberliegende Straßenlaterne alles zerstört hätte. Ich beschränkte mich auf wertschätzende Aufmerksamkeit. Heute studieren beide begeistert Ingenieurwissenschaften. Jetzt, als Erwachsene, haben sie begonnen ihren großen Erfahrungsschatz zu durchforsten. Vor kurzem fragte ich, ob sie sich noch an das *Zauberlicht* erinnern. Sie sprudelten begeistert los und erzählten, wie sie wochenlang dieses Phänomen gemeinsam untersuchten hatten. Wenn ich in meine eigene Kindheit zurück schaue, wird mir das verständlich: ich konnte vielfältigste eigene Erfahrungen in der Natur, im Haushalt, im Garten, im Wald, am Fluss usw. sammeln, beim Spaziergehen, beim Blumenpflücken, beim Bächle bauen, beim Spielen auf der Gasse, beim Hüttenbau im Wald, beim Schiffbau, beim heimlichen Erproben, was alles brennt - mit dem Höhepunkt, dass wir Feuerzeuggas in einen Schneehaufen leiteten und ihn damit zum Brennen brachten. Später kamen *Kosmoskästen* hinzu, zuerst *Elektromann*, dann *Radiomann*. Nie war das Erwerben von Wissen meine Treibfeder, die Erklärungen im Anleitungsbuch übersprang ich einfach. Treibfeder war das zielgerichtete, sinnvolle Handeln, das zum Funktionieren bringen. Die dabei gesammelten Erfahrungen versuchte ich in meinem weiteren Leben – bis heute - immer tiefer „wissenschaftlich“ zu verstehen.

Kasten 3: Das Zauberlicht

Wachstum und selbstgesteuerter Potenzialentfaltung oder es unterdrückt sein Bedürfnis nach Verbundenheit und Zugehörigkeit. Gleichgültig, wofür es sich entscheidet, es macht in beiden Fällen die gleichermaßen schmerzhaft Erfahrung, dass es beides, sein Bedürfnis nach Nähe und Verbundenheit und sein Bedürfnis nach Wachstum, Potenzialentfaltung und Autonomie nicht gleichzeitig stillen kann [...]. So ernüchternd es aus dieser neurowissenschaftlichen Perspektive klingt: Wer Kinder zu passiven Konsumenten und folgsamen Mitläufern erziehen will, sollte sie so früh wie möglich zum Objekt seiner Frühförderungskonzepte machen. [...] Ob es uns nun gefällt oder nicht: Wir werden uns entscheiden müssen, ob wir das oder lieber etwas anderes wollen.“ [13]

Natürlich hätte die Erzieherin die Kinder, in der bei der „Feuertreppe“ beschriebenen Situation, auffordern können zu bleiben, um ihrer „kausalen“ Erklärung zu folgen – aber die unterlassene Erklärung in der zweiten Version des Versuchs führte die Kinder weiter, obwohl die Kinder nicht an dem vorgedachten Ziel des Versuchs angekommen waren.

Noch ein Weiteres: Die magische Welt der Kinder steht dem Denken der modernen Physik viel näher als das kausal-rationale Denken. Hans Peter Dürr, Mitarbeiter und Nachfolger Werner Heisenbergs, einer der Wegbereiter der heutigen Quantenphysik, schreibt: „Leider ist unser Gehirn nicht darauf trainiert, die Quantenphysik zu verstehen. Mein Gehirn soll mir im Wesentlichen helfen, den Apfel vom Baum zu pflücken, den ich für meine Ernährung und letztlich für mein Überleben brauche. Unsere Umgangssprache ist eine Apfelpflücksprache mit ja oder nein. Das ist die zweiwertige Logik. Aber diese zweiwertige Ja-oder-Nein-Logik ist eben nicht die Logik der Natur. Die Quantenphysik beschreibt die Natur viel besser, denn in der Quantenwelt herrscht die mehrwertige Logik, ein Dazwischen, das Unentschiedene. Daran müssen wir uns gewöhnen. Wenn mir etwas schwammig vorkommt, komme ich der Wirklichkeit am nächsten. Denn Aussagen über sie sind unendlich vieldeutig. Auf emotionaler Ebene haben wir damit weniger Schwierigkeiten. Unsere Gefühle sind ja in diesem Sinne alle ein bisschen schwammig, ohne dabei unverständlich zu sein. Sie sind Bewegung, ihre Grenzen fließen.“ [14]

8. Kinder haben das ganze Potenzial

Kinder haben also schon sehr früh die Fähigkeit kausal zu denken – ihre Stärke liegt aber auf einem anderen Feld. Ihr großer Schatz sind die Phantasiekräfte, die sich, noch wenig vom Verstand kontrolliert, frei entfalten können. Ziel jeder Bildung muss sein, die polaren Denkstiele (Kasten 4), die früher den beiden verschiedenen Hälften des Gehirns zugeschrieben wurden [21], zu stärken und zwar zu dem in der kindlichen Entwicklung richtigen Zeitpunkt. Interessant ist in diesem Zusammenhang Martin Wagenscheins Bild: „Die Entwicklung darf nicht stockwerkhaf gedacht werden (Abb. 9 links), so, als ob in einem gewissen Alter die eine Phase endete und eine neue begänne. Spätere Phasen setzen sich nicht als Stufen obenauf, sondern als Schichten außen an (Abb. 9 rechts). Die magische Schicht bricht nicht ab, sie zieht sich nur zurück und lebt „innen“ weiter.“ [8]

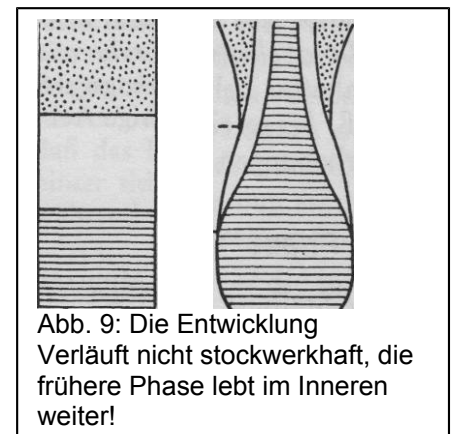
Sollte nicht im Sinne einer zielgerichteten Frühförderung die vorwissenschaftlichen Stufen möglichst übersprungen werden? Hierzu soll noch einmal M. Wagenschein zu Wort kommen: „Wahrscheinlich wird niemand auf den Gedanken kommen, die magische Phase einzusparen. Denn selbst, wenn wir es könnten, dürften wir es nicht wollen: Der eigentümliche Reichtum der Frühstufen darf nicht völlig verlorengelassen, gerade deshalb, weil in ihnen etwas für die reife Stufe Unentbehrliches sich ausbildet, das als Fundament erhalten bleiben muss; andernfalls verkümmern Kräfte, deren auch die reife Kultur noch bedarf. Dies ist der Standpunkt des ‚Verwandelt-Bewahrens‘.

Oder als Prinzip ausgedrückt: Es ist für eine gesunde Entwicklung des Menschen notwendig, dass er jede von der Natur gewollte Altersstruktur mit voller Intensität durchlebt, weil jede ihren eigentümlichen Sinn für die Gesamtentwicklung in sich trägt und durch ihn Notwendiges für das spätere Leben beiträgt.“ [8] Diese innere Schicht, das *innere Kind*, ist die Quelle der Begeisterung, der Kreativität, der Selbststärke. Sie gilt es in der frühen Kindheit zu fördern und zu stärken um dann später, wenn die kognitiven Fähigkeiten entsprechend herangereift sind, das Kulturgut „Naturwissenschaft“ so anzubieten, dass es vom Lernenden mit seinem inneren Kern verwurzelt werden kann.

Anmerkung: In wie weit sich die Förderung des „rationalen Denkstils“ in der frühen Kindheit auf den später einsetzenden naturwissenschaftlichen Unterricht, auf das naturwissenschaftliche Verstehen des Erwachsenen auswirkt, bleibt zu erforschen. Es könnte ja sein, dass die in der frühkindlichen Lebensphase vorherrschende Entwicklung des „intuitiven Denkstil“ behindert wird. Es könnte ja sein, dass sich zwischen das

rationales Denken	intuitives Denken
logisch analytisch	ganzheitlich/synthetisch
verbal	nichtverbal/visuell-räumlich
sequentiell/zeitlich digital	gleichzeitig/räumlich analog
gehingebunden	körpergebunden
Verstand	Weisheit
entweder - oder	sowohl als auch
Konkurrenz	Kooperation
westliches Denken	östliches Denken

Kasten 4: polare Denkstiele



Kind und die Welt verstärkt eine Schicht des *Scheinwissens* schiebt, bevor das Kind selbst körperlich und seelisch mit dieser Welt in Verbindung gekommen ist. Es könnte ja sein, dass auf diese Weise eine Unsicherheit mit sich selbst und im Umgang mit der Welt entsteht, die das spätere selbständige Tätigwerden als Erwachsener erschwert, also ihr *Empowerment* behindert.

9. Sprachbildung im naturwissenschaftlichen Unterricht

Wie zuvor beschrieben, besteht die Gefahr, dass sich sprachliche Vorstellungen als „verdunkelndes Wissen“ zwischen uns und unsere Erfahrungswelt schieben. Um dies zu verhindern, schlägt Martin Wagenschein in seinem Aufsatz „Physik und Sprache“ [15] den in Kasten 5 zusammengefassten, altersgestuften Umgang mit Sprache vor.

Stufe 1 (bis ins Grundschulalter): Die Kinder versuchen das, was sie sinnlich selbst erlebt haben mit eigenen Worten zu fassen. Dabei sprechen die Kinder im Wechsel, zögernd, tastend, suchend. Ihre Worte dienen nicht dem genauen Beschreiben, sie unterstützen vielmehr ihre suchende Bewegung. Auch das Schweigen findet dabei seinen Platz. In diesen Prozess des Denkens darf der Erwachsene nicht mit Erklärungen oder gar Belehrungen eingreifen, dies würde den Denkprozess stören. „Nichts tötet die Sprache so sehr wie das in-flagranti-Korrigieren eines Kindes, das, weil es denkt, in den ehrwürdigen Stand des Stammelns eingetreten ist. Der Lehrer, sofern er in dieser Phase überhaupt etwas sagt, auch er rede nicht in „wohlgebauten“ Sätzen und nicht entfernt in der Fachsprache, er rede überhaupt nicht als ein Berichtiger, sondern als ein Mitdenkender: natürlich, anthropomorph, bildhaft; keineswegs kindisch, sondern so wie er mit sich selber redet, wenn er allein ist.“

Auf dieser Stufe geht es somit nicht um das exakte, korrekte Ausformulieren. Wenn Kinder von einer Sache gefangen sind, bringt das Denken darüber die richtigen Worte hervor - ggfs. im gemeinsamen Ringen darum. „Will man aber die Sprache polieren, so lang sie noch fließt, so spaltet man die Aufmerksamkeit von der Sache ab und züchtet leere Worte.“ (= **persönliches Verbinden mit dem Phänomen**)

Stufe 2 (Sekundarstufe 1): nach Wagenschein ist der Formulierende nun in einer anderen Lage. Er hat verstanden, was ist und kann nun überlegen, wie das, was ist, so formuliert werden kann, dass es für ihn selbst aber auch für andere verständlich ist und bleibt. Dabei geht es um die genaue und überzeugende Unterrichtssprache, noch nicht um die Fachsprache. (= **sachliches Beschreiben des Phänomens**)

Stufe 3 (Sekundarstufe 2): erst jetzt wird die Fachsprache eingeführt. „In ihr erstarrt die lebendige Sprache, wird steril, aber bezeichnet präzise (kulturell) Vereinbartes.“ (= **naturwissenschaftliches Beschreiben des Phänomens**)

Kasten 5: Stufenfolge im Umgang mit der Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht nach Martin Wagenschein [15]

Martin Wagenschein ist besonders wichtig, dass es im naturwissenschaftlichen Unterricht eine unabdingbare Voraussetzung für Stufe 3 ist, dass zuvor die ersten beiden Stufen durchlaufen werden. Zusammenfassend betont er: „Erst erfahre es, dann sage es beteiligt, schließlich fasse es nüchtern!“

Anmerkung:

Die Altersangaben sind nur grobe Hinweise, die individuelle Entwicklung des Kindes kann ganz unterschiedlich verlaufen. Jedoch wird mir durch Jahrzehnte lange Beobachtung und Reflexion von Physikunterricht immer klarer, dass eine wirkliche Verwurzelung der physikalischen Begriffe und Konzepte eine gewisse kognitive Reife benötigen. Eine Verfrühung, wie sie häufig durch Traditionen, durch Bildungspläne entsteht, zu „leeren Worthülsen“ führt, die brav in Klassenarbeiten „apportiert“ werden. Im Unterricht wird dann unverhältnismäßig viel Zeit aufgewendet, ohne dass der Lernende eine wirklich stabile Begriffsbildung erreicht. Oft hätte diese – ein oder zwei Jahre später – in kürzester Zeit erreicht werden können. So gesehen, führt die „formale“ Verfrühung zu verllorener Lernzeit, die sinnvoller genutzt werden könnte, um z. B. die vielfältigen Gesetzmäßigkeiten in Natur und Technik selbst erleben zu können.

10. Die drei Stufen eines „wurzelschlagenden Unterrichts“

Die drei „sprachlichen Stufen“ sind Möglichkeiten, die dem Heranwachsenden erst nacheinander zur Verfügung stehen. Auch wenn die 3. Stufe, die Stufe des „naturwissenschaftlichen Begreifens“, für den Jugendlichen bzw. Erwachsenen möglich ist, müssen immer zuvor die beiden anderen durchlaufen worden sein, um eine „Verwurzelung“ zu erreichen. In der Schulpraxis werden die ersten beiden Stufen oft übersprungen, weil sie nur Zeit kosten bzw. weil die Lernenden zu alt erscheinen. Im Unterricht kann jedoch deutlich erlebt werden, wie durch die 1. Stufe „des persönlichen Verinnerlichens“ *das Neue der äußeren Welt* sich beim Lernenden mit dem *Inneren* emotional verbindet, körperlich festzuwachsen scheint. Diese Stufe ist besonders wirkungsvoll, wenn Sinnvolles getan wird, wenn „Hand“ und „Herz“ sich miteinander verbinden, bevor das Erlebte immer klarer und objektiver beschrieben (Stufe 2) und anschließend mit dem „naturwissenschaftlichen Denken“ durchleuchtet (Stufe 3) wird. Durch dieses „wurzelschlagende Lernen“ stehen die von Außen aufgenommenen naturwissenschaftlichen Inhalte einem lebenslangen Lernen nicht im Weg.

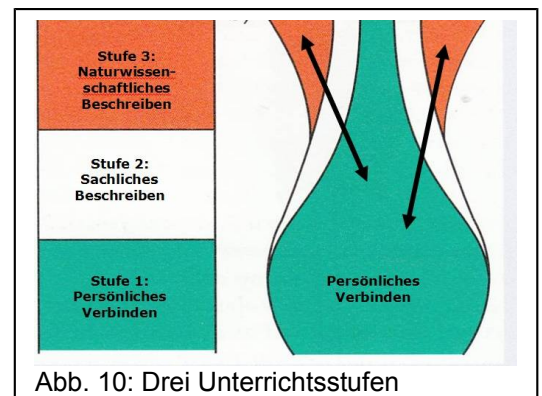


Abb. 10: Drei Unterrichtsstufen

In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass „Handlungswissen“, das meist intuitiv erlernt und implizit angewendet wird ohne dass es explizit gedanklich durchdrungen ist, in gewissem Sinn immer auf der 1. Stufe verbleibt, wie etwa traditionelles kulturelles Wissen. Solches Wissen ist oft viel umfangreicher und tiefgründiger als das naturwissenschaftliche explizite Wissen, welches sich mit dem rational Verstehbaren begnügen muss. Andererseits gibt es natürlich auch traditionelle Erfahrungsbereiche anderer Kulturen, die auf einer höheren Stufe mit für uns nur schwer nachvollziehbaren nichtnaturwissenschaftlichen Konzepten begrifflich gefasst werden, wie etwa die traditionelle chinesische Medizin.

11. Ästhetische Bildung – ein Element der 1. Stufe

Das Wort Ästhetik geht auf den altgriechischen Begriff "aisthētikos" d. h. "sinnlich-wahrnehmend" zurück. Ästhetik als Aisthesis richtet die Aufmerksamkeit auf die Bildung des Wahrnehmungsvermögens, der Schulung der Eindrucks- und Ausdrucksfähigkeit sowie der Gefühls- und Urteilsbildung. Aspekte des Körpers/Leibs, der Gefühle und Empfindungen, der Sinnlichkeit spielen eine tragende Rolle (Stufe 1). Ästhetische Bildung versteht Bildung nicht in erster Linie als Wissensaneignung (wie Stufe 3), bei der das Denken der Wahrnehmung übergeordnet ist. Besonders beim offenen Einlassen, beim hingebungsvollen Wahrnehmen der Phänomene, kann der Beobachter in einen „ästhetischen Zustand“ kommen. Das Phänomen erfüllt dann sein ganzes Bewusstsein. Das Fließen der Zeit scheint zum Stillstand gekommen zu sein. Es geht nicht mehr darum, etwas zu erreichen. Es geht nur um das Erleben selbst. Ein Zustand, den wir vom Spiel der Kinder her kennen [22]. Ein Zustand, den Goethes Faust ersehnt: „Werd ich zum Augenblicke sagen: Verweile doch! du bist so schön! Dann magst du mich in Fesseln schlagen, dann will ich gern zugrunde gehn! Die Uhr mag stehn, der Zeiger fallen, es sei die Zeit für mich vorbei!“ (Faust I)

12. Die 3. Stufe bedarf bestimmter kognitiver Voraussetzungen!

Wie wir an früherer Stelle gesehen haben, verfügen Kinder über denselben Forschergeist wie erwachsene Forscher. Bei den kognitiven Möglichkeiten zeigt die Unterrichtspraxis Anderes. Die in Abbildung 11 dargestellten Untersuchungsergebnisse scheinen bestätigt. Gottfried Merzyn hat verschiedene nationale und internationale Untersuchungen zu den „Piagetschen Kategorien“ zusammen gestellt [1]. Kaum ein Schüler einer 8. Klasse hat die „formal-operationale Phase“ erreicht. Auch in einer 12. Klasse haben nur Wenige die formal-operationale Stufe erreicht. Erst bei dieser Stufe kann sich das Denken vom konkret Erlebten lösen. Diese Stufe ist Voraussetzung zum selbständigen Umgang mit naturwissenschaftlichen Konzepten und Gesetzmäßigkeiten. Sie ist Voraussetzung zur 3. Unterrichtsstufe. Mit diesen Ergebnissen beginnt man zu verstehen, warum trotz des vielfachen Übens formaler Inhalte im Unterricht, bei vielen Schülern keinerlei Spuren zurück bleiben. Trotz didaktisch aufwendig und geschickt angelegten Interventionen scheinen viele Schüler „blind“ für das Formale im Konkreten zu sein - sie erkennen im Konkreten immer nur das Konkrete, auch wenn es im geschickt didaktisch aufgebauten Unterricht nur „Sinnbild“ des Formalen sein sollte.

Hat der Lernende die formal-operationale Stufe nicht erreicht, ergeben die wissenschaftlichen Begriffe und Konzepte für ihn keinen Sinn. Er kann sie ohne tieferes Verständnis nur „blind“ anwenden. Nach Merzyn [1] erreichen nur Wenige in ihrer Schulzeit diese Stufe.

Der Übergang zu dieser Stufe lässt sich erfahrungsgemäß nur sehr eingeschränkt durch äußere Maßnahmen beschleunigen. Er scheint vielmehr primär durch einen Reifungsprozess verursacht zu sein. Ich selbst konnte einen solchen Prozess „an meinem eigenen Leib“ erfahren: In meiner Schulzeit hätte ich vermutlich als „Legastheniker“ eingestuft werden können. Dies war jedoch vor 50 Jahren nicht üblich. Die Nachhilfe in Rechtschreibung hatte bei mir nicht den gewünschten Erfolg. Ich lernte zwar, dass nach der damals gültigen Regel das Wort „Sauerstoffflasche“ im Gegensatz zum Wort „Schiffahrt“ mit drei f geschrieben wurde. Das half mir jedoch im Alltag wenig, da der Regel entsprechende Wörter selten vorkamen. Mein Rechtschreibproblem war auch in den Fremdsprachen eine große, notenrelevante Belastung. Ohne mein Zutun war dieser „Defekt“ jedoch im Alter von etwa 28 Jahren plötzlich spurlos verschwunden. Auch das Vorlesen war dann kein Problem mehr. Meine neue Fähigkeit schien mit erheblicher Verzögerung unmerklich gereift. Plötzlich konnte ich auch die Tiefe der Inhalte verstehen, die Themen meines Deutschunterrichts gewesen waren – ich war „sehend“ geworden.

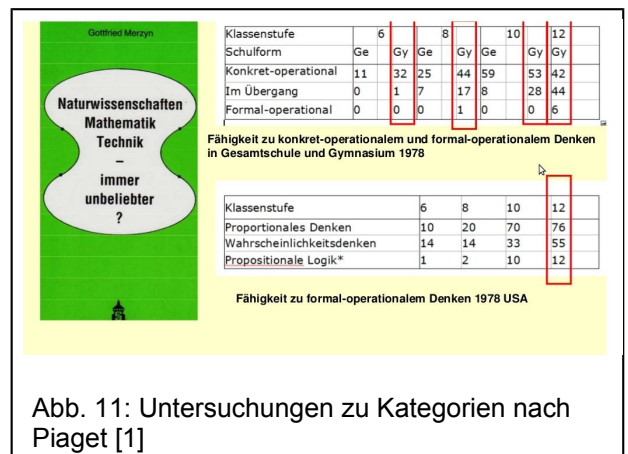


Abb. 11: Untersuchungen zu Kategorien nach Piaget [1]

Bei vielen Lernenden sind in ihrer Schulzeit die mentalen Möglichkeiten noch nicht ausgereift, um das Formale einer Wissenschaft erkennen zu können. Kann dann eine sinnvolle *naturwissenschaftliche* Bildung überhaupt stattfinden?

Findet ein Unterricht ausschließlich auf der dritten Stufe des *naturwissenschaftlichen Beschreibens* statt, so kann, wenn überhaupt, nur ein kleiner Teil der Schüler Sinnvolles aufnehmen. Die meisten haben, wie in der Einleitung beschrieben, Misserfolgserlebnisse – bauen emotionale Lernbarrieren auf. Erfolgt der Unterricht jedoch in allen drei zuvor beschriebenen Stufen, so werden die Lernenden ihrer kognitiven Möglichkeit entsprechend, entweder sich nur mit den Erscheinungen verbinden, oder zusätzlich deren sachliche Beschreibung kennen und anwenden oder die dargebotene naturwissenschaftliche Beschreibung in unterschiedlicher Tiefe begreifen und anwenden lernen. Ein solcher Unterricht wirkt von sich heraus binnendifferenzierend - *individualisierend*.

Lernende, die während der ganzen Schulzeit auf Stufe 2 verbleiben, lernen im technisch-naturwissenschaftlichen Unterricht vielfältigere Phänomenbereiche und Gesetzmäßigkeiten kennen. Außerdem werden sie Elemente der Fachsprache (3. Stufe) benutzen. Die Schärfe der Begriffe werden sie nur näherungsweise erkennen können. Für sie wird die *Wissenschaft* selbst nicht erlebbar. Für sie ist der naturwissenschaftliche Unterricht eine Art Wissenschafts-„kunde“, in der sie zentrale allgemeinbildende Grundlagen für ein selbstbestimmtes Leben in der heutigen Gesellschaft erlernen können.

Anmerkung: Die objektive Beschreibung der Phänomene auf Stufe 2 könnte mit zunehmenden Möglichkeiten der Lernenden zunehmend quantifiziert werden, indem Größen wie Ort, Zeit, Geschwindigkeit, Temperatur usw. zur Beschreibung genutzt werden. So könnten auch Zusammenhänge wie die Längenänderung und Temperaturänderung phänomenologisch mathematisch gefasst werden. Erfahrungsgemäß fällt den Lernenden die frühe Mathematisierung der physikalischen Phänomene schwer. Deshalb soll hier auf die Möglichkeit hingewiesen werden, mit physikalischen Größen qualitativ umzugehen. Dies gelingt, wenn die „Idee der physikalischen Größe“ entsprechend formuliert worden ist. Die „Idee“ der physikalischen Größe sollte im Unterricht stets vor ihrer quantitativen Fassung eingeführt werden. Näheres ist in [25] dargestellt. Physikalische Größen dagegen wie Kraft, Energie, Impuls, elektrische Stromstärke und Inhalte wie das „Wasserstrommodell“, „Atommodell“ usw. sind Elemente der 3. Stufe. Sie erfordern beim Lernenden trotz anschaulicher Konkretisierung formaloperationale kognitive Strukturen, damit sie im Inneren des Lernenden Wurzeln schlagen können.

13. Geometrisch-bildliches Denken als Brücke zum Formalen

Erfahrungen zeigen, dass mit Hilfe geometrischer Konstruktionen die Lernenden schon früher formal operieren können als mit algebraischen Methoden. Mit großer Genauigkeit und großem Verständnis führen etwa 7.-Klässler die in Abbildung 12 gezeigten Schattenkonstruktionen durch. Ohne Schwierigkeit kann hier thematisiert werden, dass die geometrischen Linien „Idealisierungen“ der Wirklichkeit sind. Bei Schülerexperimenten mit wirklichen Kerzen sind die Schattengrenzen deutlich erkennbar unscharf. Wird die Lage der Kerze durch einen geometrischen Punkt symbolisiert, findet eine weitere Idealisierung statt. Lange bevor im Unterricht die Vektorrechnung mit Spaltenvektoren erfolgt, können Vektoraufgaben durch Dreiecks-Konstruktionsaufgaben quantifiziert werden.

Dass Lernende im räumlich-geometrischen Bereich früher über formal-operationale Möglichkeiten verfügen, könnte mit der Reifung der Gehirnstrukturen zusammenhängen. In einem kürzlich erschienen Artikel [16] zur „Biologie der Mathematik“ untersuchen die Autoren durch bildgebende Verfahren, welche Bereiche des Gehirns bei der Bewältigung formal-operationaler Aufgaben angeregt werden. Ein Ergebnis ist, dass die Bereiche, die in der frühen Kindheit bei „räumlichen Aufgaben“ aktiv sind mit zunehmendem Alter die dann neu hinzukommenden formal-operationalen Möglichkeiten übernehmen. Prägnant formuliert: „Für die formal-operationale Funktion des Rechnens werden die Gehirnareale des räumlichen Vorstellungsvermögens ausgeliehen.“

Konstruiere die „Licht-Schatten-Grenzen“ und schwärze die Schatten entsprechend!

- Je weniger Lichtquellen von einer Stelle aus zu sehen sind, desto dunkler erscheint die Fläche.
- Je mehr Lichtquellen von einer Stelle aus zu sehen sind, desto heller erscheint die Fläche.

Abb. 12: Beim Konstruieren scheint das formale Operationen früher möglich

Mentale Rotation	Zahlenvergleich

Abb. 13: Bei formalen Operationen werden dieselben Areale des Gehirns angeregt wie bei Räumlichen.

Ein Weiteres ist, dass „räumliche Sinnbilder“ erfahrungsgemäß wie Brückenpfeiler in der zweiten Stufe des *sachlichen Beschreibens* angelegt werden können, so dass auf sie später aufgebaut werden kann, sobald der Lernende die formal-operationale Stufe erreicht hat. Ich selbst konnte das mit der in Abbildung 14 dargestellten Wasseranalogie zur Funktionsweise eines Transistors erleben. Obwohl ich mir als Heranwachsender die eigentliche Funktionsweise nicht klar machen wollte und in der Anleitung die Erklärung einfach übersprang, kam mir die darin enthaltene Abbildung als Student später zu Bewusstsein und half mir dann die angebotene physikalische Erklärung tiefgehend zu verstehen. Die Zeichnung wurde so rückblickend ein „Sinnbild des Formalen“.

Ein weiteres „räumliches Sinnbild“ ist der in Abbildung 15 dargestellte „Energieträgerstromkreis“. Durch den *äußeren* Aufbau des Wasserstromkreises und des elektrischen Stromkreises soll eine *innerliche* physikalische Strukturgleichheit *verbildlicht* werden. Dies soll den Schülern zum einen helfen, die Begriffe „Energie“ und „Energieträger“ klarer zu differenzieren. In der Alltagssprache wird „in einem Dynamo Strom erzeugt“, „in einer Glühlampe Strom verbraucht“, bzw. „in Licht umgewandelt“. Durch den Aufbau wird deutlich, dass Energie von der Pumpe zum Propeller fließt und dass Wasser und Elektrizität (bzw. elektrische Ladung) einen anderen Weg nehmen: sie fließen im Kreis. Zum andern kann durch den Aufbau erlebbar gemacht werden, dass Stromkreise als Ganzheit reagieren. So kann systemisches Denken geübt werden: jede lokale Veränderung an irgendeiner Stelle des Stromkreises führt dazu, dass der Stromkreis als Ganzes reagiert. Wasserströme werden im Unterricht oft zur Veranschaulichung der entsprechenden elektrischen Größen herangezogen, ohne dass die Schüler eigene Erfahrungen von geschlossenen Wasserstromkreisen haben, in denen die *Inkompressibilität* des Wassers die entscheidende Rolle spielt. Der *Energieträger-Stromkreis* ermöglicht, dass Begriffe wie *Energie*, *Energieträger*, *Wasserstrom*, *elektrischer Strom*, *Stromstärke*, *Potenzialdifferenz*, *elektrische Spannung*, *Strom-Antrieb-Widerstand* usw. anschaulich und gleichzeitig so präzise eingeführt werden können, dass im späteren Unterricht auf sie zurückgegriffen werden kann. Dies gelingt in dieser Tiefe nur bei den Schülern mit formal-operationalen Möglichkeiten. Alle anderen tragen das *Energie-Träger-Stromkreis-Bild* als *Sinnbild* mit sich, auf das sie gegebenenfalls später aufbauen können, wenn ihre formalen Fähigkeiten zugenommen haben und die entsprechenden Sachverhalte thematisiert werden.

14. Vom Oberflächenwissen zum tiefen persönlichen Verstehen nach John Hattie

In seinem Buch „Lernen sichtbar machen“ beschreibt John Hattie [27] nicht nur die Ergebnisse von 800 Meta-Analysen, die auf über 50.000 Studien mit über 250 Millionen Lernenden zurückgreifen, sondern er beschreibt auch ein Modell des Lernens mit drei „Ebenen der Lernleistung“, die die zuvor beschriebenen drei Unterrichtsstufen ergänzen. Hattie unterscheidet drei Ebenen, auf der das im Unterricht dargestellte Wissen vom Lernenden verinnerlicht werden kann:

- Die Ebene des **Oberflächenwissens** beinhaltet das Wissen und Verstehen von aufgenommenen Vorstellungen und Fakten.
- Auf der Ebene des **tiefen Verstehens** wurden die reproduzierbaren aufgenommenen Inhalte vom Lernenden selbst durchgeführte kognitive Verarbeitungsprozesse neu strukturiert, so dass er sie über den ursprünglich gelernten Anwendungsbereich hinaus gebrauchen kann.
- Auf der Ebene des **persönlichen Verstehens** versucht der Lernende, das neu erworbene Wissen und Können in sein persönliches Wissen, in seine individuellen Begriffssysteme und in sein persönliches Können zu integrieren. Dazu muss es in der Regel entsprechend neu konstruiert werden.

Bei Hattie umfasst die dritte Ebene auch eine Art Metaebene, durch die der Lernende immer deutlicher zu verstehen beginnt, wie er seine persönlichen Lernprozesse organisieren kann. Er schreibt dazu: „Wenn sie [die Lernenden] diese Reise selbst steuern und beobachten können, dann sind sie Lehrende für ihr eigenes Lernen. Steuerung oder Meta-Kognition ist das Wissen um die eigenen kognitiven Prozesse (das Wissen) und um die Beobachtung dieser Prozesse (die Befähigung). Das Ziel vieler Lernaufgaben ist die Entwicklung dieser Befähigung, sodass Lernende ein Gefühl der Selbststeuerung erwerben.“

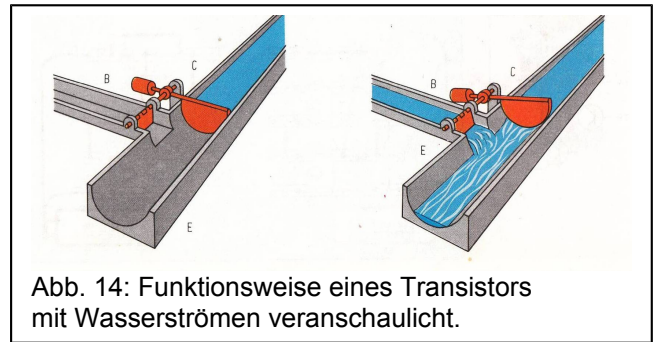


Abb. 14: Funktionsweise eines Transistors mit Wasserströmen veranschaulicht.

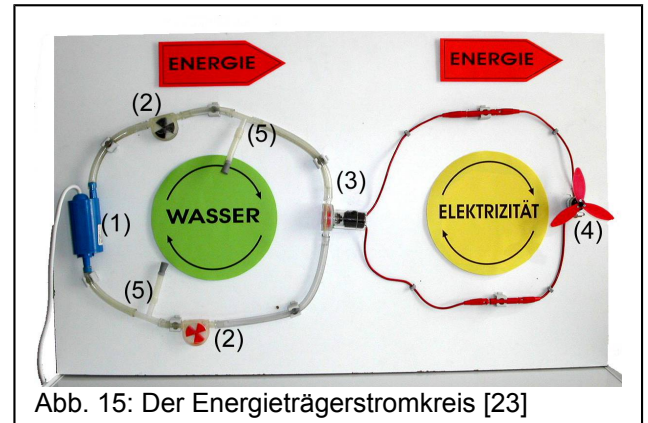


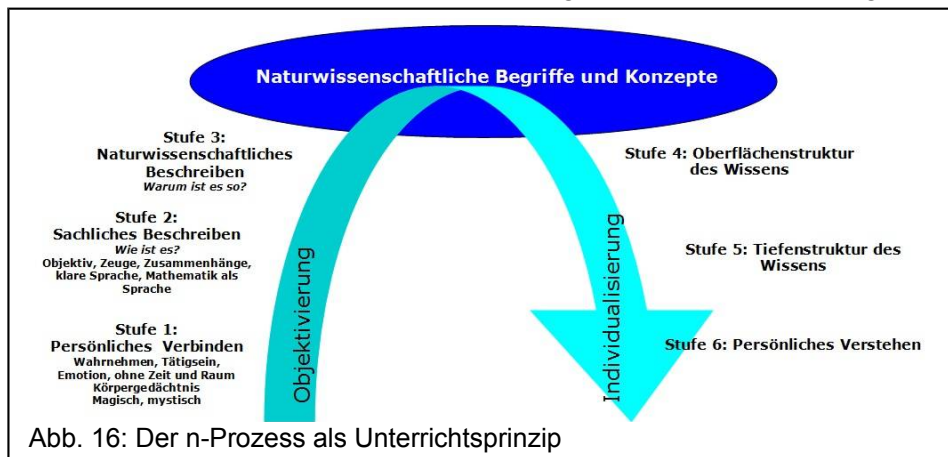
Abb. 15: Der Energieträgerstromkreis [23]

Zusammenfassend schreibt er weiter: „Wir benötigen einen grundlegenden Wechsel, weg von der übermäßigen Abhängigkeit von Oberflächen-Informationen (der ersten Welt) und der falschen Annahme, dass das Bildungsziel das tiefe Verstehen oder die Entwicklung von Denkfähigkeiten (die zweite Welt) ist, hin zu einem Gleichgewicht aus Oberflächen- und tiefem Lernen, das die Lernenden erfolgreicher dazu führt, haltbare Theorien über die Erkenntnis und die Wirklichkeit (die dritte Welt) zu konstruieren. Aus dem Oberflächen-, dem tiefen Wissen und dem Verstehen können Lernende Konzepte und Ideen konstruieren, die dann die Art und Weise bestimmen, wie sie Oberflächen-, und tiefergehende Lernprozesse angehen (die dritte Welt des konstruierenden Verstehens).“

In seinem Buch beschreibt Hattie dann sehr ausführlich, welche Schlüsse er für die Gestaltung und Unterricht zieht, insbesondere um dem Lernenden die drei Ebenen des Wissens und Verstehens zu ermöglichen.

15. Lebendige Begriffe statt leerer Worthülsen – der n-Prozess als impulsierendes Unterrichtsprinzip

Ergänzen wir die zuvor beschriebenen *Unterrichtsstufen* mit den *Ebenen des Verstehens*, erhalten wir den in Abbildung 16 dargestellten sechsstufigen n-Prozess, der ein Unterrichtsprinzip darstellt, das eine naturwissenschaftliche Bildung ermöglicht, durch die die behandelten Begriffe und Konzepte nicht starr und tot, wie verdunkelndes Wissen an der Oberfläche verharren, den Blick in die Natur verzerren und ein tieferes Verstehen erschwerenden. Die Lernende werden durch den n-Prozess so geführt, dass die behandelten Begriffe und Konzepte sie innerlich impulsieren und in ihrem Inneren Wurzeln schlagen und ihnen dann wie begriffliche Gliedmaßen zum eigenen tiefen Verstehen der Welt zur Verfügung stehen können. Die 6 Stufen des n-Prozesses führen dazu, dass sich der Lernende zunächst innerlich für die Phänomene der Welt öffnen kann, um sich mit ihnen auf persönliche Weise zu verbinden. Stufenweise wird er dann seinen persönlichen kognitiven Möglichkeiten entsprechend, zu naturwissenschaftlichen Begriffen und Konzepten geführt, die er dann schrittweise immer tiefer verinnerlichen kann, um sie in seinem persönlichen Begriffsnetz einzubetten, oder anschaulich ausgedrückt, bis die naturwissenschaftlichen Begriffe und Konzepte in dem in der ersten Stufe durch eigene Erfahrungen vorbereitetem „Saatbeet“ schließlich „Wurzeln“ schlagen können.

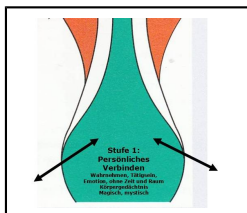


16. Der Unterricht in der Kursstufe sollte alle drei Stufen umfassen

Der Physikunterricht in höheren Klassen sollte immer alle drei Stufen als „*Unterrichtsstufen*“ umfassen. Dass das sinnvoll ist, soll an einer Stunde zur Einführung von mechanischen Schwingungen in der Kursstufe dargestellt werden. Die Schüler der besuchten Stunde waren im Alter von 16 – 17 Jahren, in einem 2-stündigen „Grundkurs“. Sie wurden als wenig interessiert bezeichnet. Auffällig war, wie engagiert in dieser Stunde alle Schüler mitarbeiteten hatten. Vermutlich weil jeder auf „seiner Stufe“ angesprochen werden konnte.

Aufgabenstellung: Die abgebildete Uhr wird gezeigt. Sie läuft in 24 h zwei Stunden zu schnell. Wie kann das Problem behoben werden.

1. Stufe des persönlichen Verbindens:



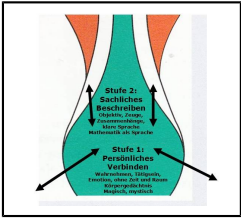
Mithilfe der abgebildeten Arbeitsanweisung 1 (Abb. 18) wurde zunächst über die Funktionsweise der Uhr „gestammelt“ und durch die Gespräche der Schüler untereinander immer objektiver.



Abb. 17: Pendeluhr

2. Stufe des sachlichen Beschreibens:

Die Funktionsweise der Uhr konnte in alltagssprachlicher Formulierung immer sachkundiger beschrieben werden. Dabei wurde klar, dass die „Schwingungsdauer“ des Pendels verkleinert werden muss. Erste Hypothesen und Lösungsmöglichkeiten wurden diskutiert.



3. Stufe des wissenschaftlichen Beschreibens:

Durch die im zweiten Blatt abgebildete Anweisung konnten die Schüler selbständig erforschen, wie die Schwingungsdauer T mit der Masse m , der Amplitude A , der Länge l des Pendels zusammenhängt und Vorschläge erarbeiten, wie das Pendel der vorgegebenen Pendeluhr verändert werden muss. Alle Schülergruppen arbeiteten hoch motiviert, fanden heraus, dass nur die Pendellänge der entscheidende Faktor sein kann. Schnelle Gruppen untersuchten die angenommene Proportionalität.

Im folgendem Klassengespräch wurde der Mittelwert der von den Schülergruppen mit dem vom Lehrer theoretisch berechneten Wert verglichen und die mathematische Beziehung zwischen der

Schwingungsdauer T , der Masse m , der Länge l und dem Ortsfaktor g durch $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ gezeigt. Mit dieser

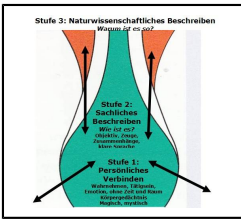
konnte dann geklärt werden, warum keine Proportionalität beobachtet werden konnte. Im Klassengespräch wurde ansatzweise die 3. Stufe des naturwissenschaftlichen Verstehens erreicht. Den Lernenden wurde deutlich, dass viele sich bei z. B. Energiebetrachtungen noch auf der 1. Stufe oder auf der 2. Stufe befinden und dass erst

durch weiteren Unterricht versucht werden kann, die 3. Stufe zu erreichen. Erstaunlich war, wie gelassen die Lehrkraft den einstündigen Unterricht auf der 1. Stufe begann und schrittweise in sehr kurzer Zeit die forschenden, engagiert mitarbeitenden Lernenden in die 3. Stufe führen konnte.

17. Leitlinien eines impulsierenden naturwissenschaftlichen Unterrichts

Im Folgenden soll das bisher Ausgeführte zu „Leitlinien eines impulsierende naturwissenschaftlichen Unterrichts“ zusammengefasst werden:

- Naturwissenschaftlicher Unterricht heißt, ein Individuum mit dem Kulturgut „Naturwissenschaft“ in Verbindung zu bringen.
- Der die Wissenschaft antreibende Forschergeist scheint bei Kindern wie bei forschenden Erwachsenen ähnlicher Natur zu sein.
- Die Konzepte und Begriffe der Naturwissenschaft sind in einer langen geschichtlichen Entwicklung entstanden. Sie setzen zum individuellen Verständnis hohe kognitive Fähigkeiten voraus. Sie können dem Lernenden immer nur „von Außen“ angeboten werden.
- Nur wenige Lernende erreichen während ihrer Schulzeit die dazu notwendige formal-operationale Stufe.
- Naturwissenschaftlicher Unterricht im eigentlichen Sinn ist erst möglich, wenn der Lernende die notwendige kognitive Reife (*Stufe des naturwissenschaftlichen Verstehens*) erlangt hat. Naturwissenschaft kann so gesehen nicht in der frühen Kindheit betrieben werden.
- *Wurzelschlagender* naturwissenschaftlicher Unterricht erfolgt in den drei Stufen: *persönliches Verinnerlichen* (1. Stufe), *sachliches Beschreiben* (2. Stufe) und *naturwissenschaftliches Verstehen* (3. Stufe).
- Mit zunehmender Entwicklung kann der Lernende Zugang zu einer neuen Stufe bekommen. Individuelle Reifungsprozesse scheinen hierbei die zentrale Rolle zu spielen. Die folgende Zeitangaben können grobe Anhaltspunkte bieten: Kinder in *Kindertageseinrichtungen* Stufe 1, in *Grundschulen* Stufe 2 und Jugendliche in der Sekundarschule bis zum Ende der Schulzeit zunehmend Stufe 3.
- Natur- und Technikbegegnung bilden in der frühen Kindheit durch unmittelbare persönliche Erfahrung (*Stufe des persönlichen Verinnerlichens*) die Grundlage, in die Natur- und Sachkunde, Natur- und Technikwissenschaft einwurzeln können.



DHG Freiburg	Die Pendeluhr	KS1 Physik Arbeitsblatt												
<p>Aufgabe 1 Betrachte die Pendeluhr und finde heraus, welche Aufgaben die folgenden Komponenten haben:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Komponente</th> <th>Aufgabe</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gewicht</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kette</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pendel</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Anker</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Zahnräder</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Komponente	Aufgabe	Gewicht		Kette		Pendel		Anker		Zahnräder	
Komponente	Aufgabe													
Gewicht														
Kette														
Pendel														
Anker														
Zahnräder														
<p>Aufgabe 2 Erkläre stichpunktartig die Funktionsweise der Pendeluhr.</p>														

Hintergrund
Damit die Uhr richtig geht, muss die Welle, die die beiden Zeiger antreibt, in einer Stunde eine halbe Umdrehung machen. Mit einer Übersetzung von 48 auf 24 Zähne legt der Minutenzeiger dann eine volle Umdrehung zurück. Der Stundenzeiger muss in der gleichen Zeit 1/12 einer Umdrehung zurücklegen, also 1/6 der Umdrehung der Zeigerwelle, was durch die Übersetzung von 10 auf 60 Zähne erreicht wird.
Die Zeigerwelle ist über zwei hintereinander geschaltete Übersetzungen (18 auf 7 Zähne; 72 auf 7 Zähne) mit dem Ankerrad gekoppelt, das vor dem Pendel periodisch hin und her geht. Damit muss das Ankerrad (42 Zähne) 0,955 Umdrehungen in der Minute zurück legen. Das bedeutet, dass sich das Ankerrad in der Minute um 40 Zähne weiter bewegen muss.

Aufgabe 1
Welche Zahnreihe muss das Pendel durch seine Schwingung vorgeben, wenn die Uhr korrekt gehen soll?
Ergänze:

Aufgabe 2
Euch stehen zur Verfügung: Stab mit Nadeln, Seil, Seilnuss, Massestück, Maßband, Stoppuhr.
Untersuche, wie die Schwingungsdauer eines Fadenpendels von den von uns identifizierten Größen abhängt und ermittle, wie ihr das Pendel der Uhr einstellen müsst, damit es den richtigen Zeitlauf vorgibt. Protokolliert euer Vorgehen stichpunktartig auf einem separaten Blatt.
Ergänze:

Abb. 18: Arbeitsanweisung 1 und Arbeitsanweisung 2 [26]

- Jeder Unterricht der Sekundarstufe sollte alle möglichen Stufen umfassen. Die Möglichkeiten des Lernenden bestimmt, welche Eindringtiefe er persönlich erreichen kann. Ein solcher Unterricht wirkt immer individualisierend. In [24] ist ein Beispiel aus dem Unterricht der Kursstufe dargestellt.
- Projektunterricht umfasst in der Regel alle drei Stufen.
- In Stufe 1 sind eigene Erfahrungen der Kinder in der Natur, mit Technik von entscheidender Bedeutung. Das Nachahmen sinnvoll tätiger Vorbilder spielt eine wichtige Rolle. Ästhetische Elemente bewirken eine starke *emotionale Verbindung* des Lernenden mit den erlebten Phänomenen.
- Für Lernende auf der 2. Stufe des *sachlichen Beschreibens* erscheint Naturwissenschaft wie eine *Naturwissenschafts-„Kunde“*, auch bei zunehmender mathematischer Behandlung.
- Mit Hilfe von geometrisch-räumlichen Beschreibungsweisen scheinen Lernende in früherem Alter formal operieren zu können als mit algebraischen Methoden.
- *Räumliche Sinnbilder* können für Lernende der 2. Stufe Brücken zu einem später erfolgendem formalen Lernen bilden.
- Mit Ende der Schulzeit können die Lernenden zunehmend formal operieren. Es scheint deshalb sinnvoll, wenn die eigentliche naturwissenschaftliche mit zunehmender mathematischer Beschreibungsweise erst ab Klasse 9 bzw. 10 einsetzt. In [17] wird am Beispiel des „Gummibandversuchs“ gezeigt, wie physikalische Erklärungen gestuft erfolgen können, wenn die Möglichkeit der Lernenden berücksichtigt werden.

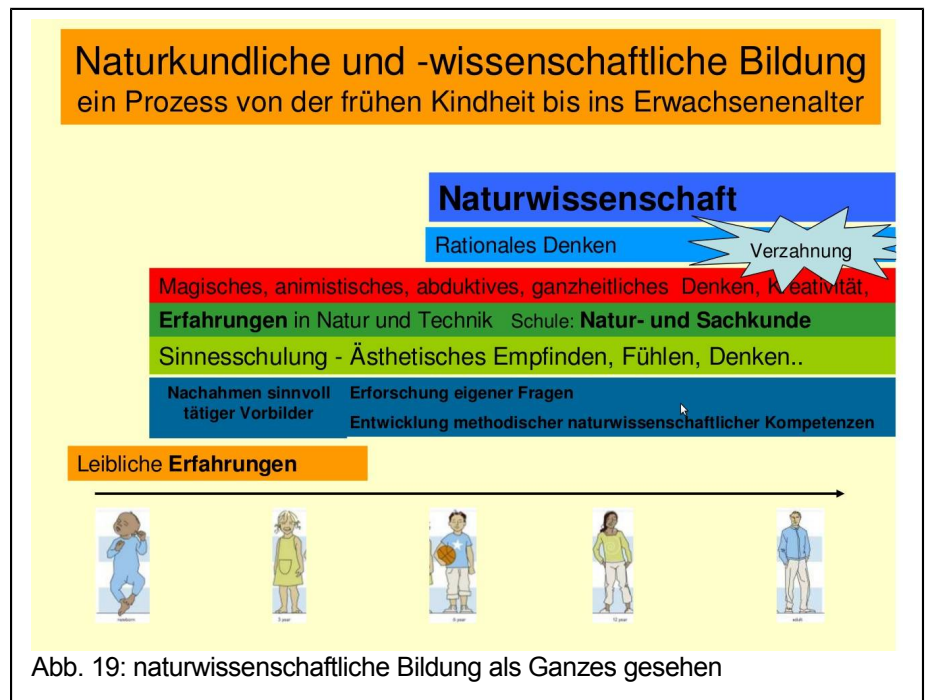


Abb. 19: naturwissenschaftliche Bildung als Ganzes gesehen

Abbildung 19 soll das bisher Angeführte zusammenfassen. Das heranwachsende Kind steht in vielfältigem Kontakt mit der Außenwelt. Dieser Kontakt formt den Aufbau des Körpers, der Sinne, des Gehirns usw. Durch Nachahmung und eigenes Tun sammelt das Kind Erfahrungen, die in einer Natur- und Sachkunde sachlich beschrieben werden können. Der von Anfang an vorhandene Forschungsimpuls führt mit zunehmendem Alter zu den methodischen naturwissenschaftlichen Kompetenzen. Die kindlichen Denkfähigkeiten, wie etwa das magische Denken, stehen uns lebenslang zur Verfügung und sind auch für den Erwachsenen die Quelle innerer Berührtheit und nicht-naturwissenschaftlicher Weltzugänge. Mit den heranreifenden kognitiven Fähigkeiten kann die naturwissenschaftliche Weltansicht schrittweise an den Heranwachsenden herangetragen werden, so dass die naturwissenschaftlichen Begriffe und Konzepte im Idealfall mit den persönlichen Erfahrungen und Begriffen des Lernenden zusammen wachsen.

18. Konsequenzen für die Bildungsplanerstellung

Durch die folgende Zusammenschau, sollen einige Konsequenzen des zuvor Beschriebenen als Anregung für die Erstellung von naturwissenschaftlichen Bildungsplänen zusammengestellt werden.

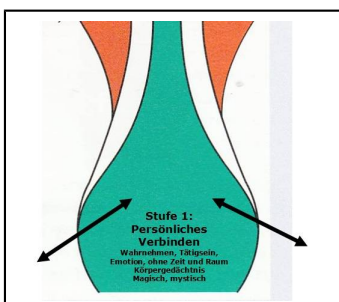
Frühe Kindheit

1. Stufe des persönlichen Verbindens:

(„Naturerleben“)

assoziatives Fragen

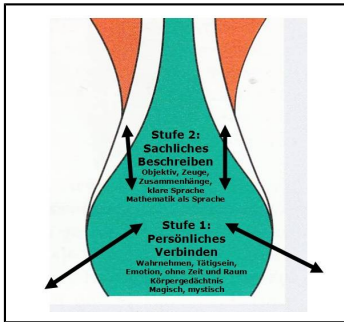
Die Kinder sollen die Natur- und Technik erleben, tätig sein, sinnvolle Tätigkeiten innerlich oder äußerlich nachahmen, beteiligt sein, spielen, ziellos hingegen sein, ohne Zeit- und Raumerlebnis, ästhetisch empfinden, fühlen, emotional angeregt sein, in der eigenen Sprache „stammeln“. Sie können nichtrational, magisch, anthropomorph, ganzheitlich denken und eigene Hypothesen und Theorien formulieren. Sie bilden sich unbewusst Elemente ihres späteren „inneren Kindes“.



Grundschulzeit und die ersten Jahre danach:

2. Stufe des sachlichen Beschreibens:

(„Naturkunde“)



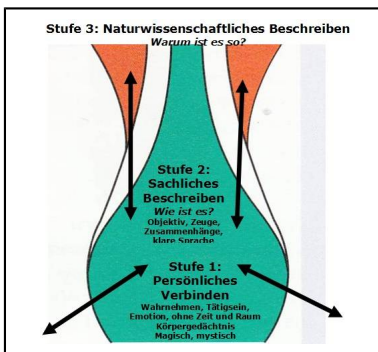
Leitfrage: wie ist es?

Die Lernenden sollen sachlich, unpersönlich, objektiv, phänomenologisch, mit zunehmender Qualität, zunehmend quantitativ beschreiben und in ihrer eigenen Sprache Hypothesen und Theorien aufstellen. Dabei erwerben sie Kenntnisse in Natur-, Technik-, und Sachkunde, die sie selbständig im Umgang mit Natur und Technik anwenden können.

Bis zum Schulabschluss:

3. Stufe des wissenschaftlichen Beschreibens

(„Naturwissenschaft“)



Leitfrage: warum ist es so?

Zusätzlich zu den zuvor beschriebenen Kompetenzen, sollen die Lernenden zentrale physikalischer Größen wie Energie, Kraft, Impuls, Entropie, elektrische Stromstärke, elektrische Spannung usw. kennen und in zunehmend komplexen Situationen anwenden können. Sie sollen wichtige naturwissenschaftliche Modelle kennen und anwenden lernen, wie etwa das „Stromkreismodell“, das „Lichtströmungsmodell in der Optik“, „zeitgemäße Atommodelle“ usw. Dabei wird die Mathematik zunehmend als Sprache der Physik erlebbar. Exemplarisch können sie erkenntnistheoretische Fragen wie „Möglichkeiten und Grenzen“ naturwissenschaftlicher Erkenntnis auch im Vergleich zu anderen Zugängen zur Natur benennen.

Anmerkung: Methodisch-didaktisch zu raten ist der n-Prozess als Unterrichtsprinzip, durch den Lernenden eine Haltung vorgelebt wird, die auch ein Modell für sie sein kann, wie sie neuen Phänomenen begegnen, in der die eigenen Wahrnehmungen und Erlebnisse Ausgangspunkt und Endpunkt der Beschreibung und Reflexion sind.

19. Freiburger Forschungsräume: „Auf die Haltung kommt es an!“

Abschließend soll nun ein konkretes Umsetzungsbeispiel der zuvor behandelten „Leitlinien eines impulsierenden naturwissenschaftlichen Unterrichts“ dargestellt werden. In Freiburg hat sich im Frühling 2011 eine Arbeitsgruppe von etwa 25 Erziehern, Grundschul- und Gymnasiallehrern sowie Mitarbeitern außerschulischer Lernorte im „Forschungsraum“- Projekt der Stadt Freiburg zusammen gefunden. Mit Unterstützung eines Steuerkreises wurde von den in der Praxis stehenden ein *Qualifizierungskonzept* [18] für einen ganzheitlichen Zugang zu den Naturwissenschaften erarbeitet, das vom heranwachsenden Kind her gedacht ist. Seit 2012 wird dieses Konzept von der Stadt Freiburg für die Fortbildung von Erziehenden und Lehrenden genutzt. Seit 2013 werden zusätzlich „WaldWochen“ konzipiert und erprobt. Modell steht die Naturwerkstatt von Gerhard Schäfer et al. [19]. In einer WaldWoche können Kinder einer Kindertageseinrichtung bzw. Schule ganztägig eigene Erfahrungen sammeln, die dann später in den Ursprungseinrichtung aufgearbeitet werden können. Wie wichtig dieses Anliegen der Stadt Freiburg ist, sieht man u.a. an der Tatsache, dass sie in den kommenden zwei Jahren 20 solcher „WaldWochen“ komplett finanzieren wird. Diese WaldWochen sind im außerschulischen Lernort Waldhaus verortet.

In der Erarbeitungsphase des Konzepts hat sich immer deutlicher gezeigt, dass es in erster Linie auf die *Haltung* der Erziehenden mit Blick auf die Kindern und auf den Umgang mit Natur oder Technik ankommt: die Erziehenden sollen selbst *Forscher* werden, die mit den Kindern zusammen *wirkliche* Fragen haben, statt geniale Kinderfragen mit halbverstandenen, pseudowissenschaftlichen oder falschen Erklärungen zu ersticken. Bei der Entwicklung des *Qualifizierungskonzepts* war es wichtig, dass es selbst in einem offenen Forschungsprozess, also wie in einer *Lernwerkstatt*, von den Teilnehmenden selbst entwickelt wurde. Das Konzept wird sich in den nächsten Jahren durch hinzukommende Erfahrungen weiter modifizieren. Parallel konnten die zuvor dargestellten *Leitlinien eines wurzelschlagenden naturwissenschaftlichen Unterrichts* entwickelt werden. Das Freiburger Konzept *Freiburger Forschungsräume* ist unter [18] zu finden. Im Folgenden seien einige zentrale Eckpunkte genannt:

Eine Naturwissenschaftlich-technische Bildung, die diese forschende Haltung ermöglichen und auch erreichen will, muss folgenden Prämissen folgen:

- Grundlage jeder forschenden Haltung sind die lebenslange Neugier und das Interesse jedes Menschen an der Welt, die ihn umgibt und in welcher er handeln und sich zurechtfinden muss.

- Ausgangspunkt sind die persönlichen konkret-sinnlichen Erfahrungen im Umgang mit dieser Welt. Das Individuum will (und muss) die Welt um sich herum für sich selbst erschließen, deuten und schließlich Zusammenhänge verstehen, um darin handlungsfähig zu werden bzw. zu bleiben.
- Diese Welterschließung wiederum erfolgt – aufgrund der unterschiedlichen Vorerfahrungen der Kinder – notwendigerweise in unterschiedlichen Deutungsmustern. Diese unterscheiden sich zum einen - je nach Entwicklungsstand der Kinder und Jugendlichen – individuell und weichen darüber hinaus zunächst erheblich von der heute üblichen naturwissenschaftlichen Sichtweise ab. Dies kann nicht verwundern, sind diese doch in einem langen Prozess über viele Jahrhunderte hinweg entstanden.
- Ausgangspunkt der naturwissenschaftlich-technischen Welterschließung können von den Kindern selbst gestellte Fragestellungen sein, die sich aus ihren eigenen konkret-sinnlichen Erfahrungen ergeben. Diese können für die Kinder sinnvoll und bedeutsam sein, auch wenn sich dieser Sinn oder die Bedeutsamkeit Erwachsenen oft nicht erschließt. (Bsp: Brennen Magnete? Zieht ein Magnet Feuer an? Warum ist Schnee weiß?). Wesentlich dabei ist, dass sich diese Fragestellungen aus den Weltdeutungen der Kinder ergeben und damit wiederum einen Rückschluss gerade darauf ermöglichen.
- Aus solchen Fragestellungen können sich selbst gestellte „Forschungsaufgaben“ ergeben. Diese werden einzeln bzw. in Gruppen bearbeitet.
- Die so gefundenen Ergebnisse können von Jungen und Mädchen zunehmend dem kritischen Diskurs unterzogen werden, wenn sie dafür einen Rahmen vorfinden, der das eigene Denken und Fragen herausfordert und unterstützt. Dabei geht es um Plausibilität und nicht um Richtigkeit in Bezug auf gegenwärtige naturwissenschaftliche Deutungsmuster.

Daraus lässt sich die Forderung ableiten, dass auch die Erwachsenen, die die Kinder in diesem Prozess begleiten, selbst eine forschende Haltung einnehmen. Mit Neugier und Interesse begegnen sie der Welt um sich herum und als Verantwortliche für Lernprozesse gerade auch der Art und Weise, wie die Kinder versuchen, die Welt zu verstehen:

- Die Erwachsenen müssen bereit dazu sein, sich mit den Kindern und Jugendlichen auf einen suchenden Weg zu begeben. Dazu gehören Mut und eine veränderte Rolle der Erwachsenen: Sie gehen zusammen mit den Kindern und Jugendlichen eine Lerngemeinschaft ein. Der gemeinsam beschrittene Lernweg ist dabei – weder in Bezug auf die Ergebnisse noch in Bezug auf die einzuschlagenden Wege – durch die Erwachsenen zu planen und zu steuern oder gar vorweg zu nehmen. Er muss sich vielmehr aus der suchenden Lösungsbewegung ergeben.
- Aufgabe der Erwachsenen dabei ist, diesen Weg interessiert, teilnehmend, dialogbereit, wertschätzend und auf Augenhöhe zu begleiten. Dies wiederum verlangt, dass auch die Erwachsenen Lernende in und mit der Situation sind und in der Regel gerade nicht – wie im üblichen Kontext schulischen Lernens – die Ergebnisse bereits von vorne herein wissen und bestimmte Ergebnisse erwarten. Ihnen muss es gelingen, dieses Wissen und die damit verknüpften Erwartungen zurückzustellen. Ihre Aufgabe ist es vielmehr, die Deutungen der Kinder versuchen zu verstehen und damit im Sinne Sokrates' Hebammenkunst zu agieren. Dies ist die unmittelbare Konsequenz daraus, dass sie sich auf den Prozess dieser „suchenden Forschungsbewegung“ mit den Mädchen und Jungen verschiedener Altersstufen einlassen.
- Die Erwachsenen verfügen in diesem Zusammenhang also gerade nicht über einen (naturwissenschaftlich-technischen) Wissensvorsprung. Ihre Rolle in diesem Lernprozess ist vielmehr eine andere, Weg begleitende: Sie haben das Wissen und die Kenntnisse, wie diese suchenden Prozesse des Forschens, Entdeckens und Entwickelns gesteuert und vorgebracht werden können und unterstützen die Lernenden in dieser Bewegung.
- Eine – zumindest in Schule und Unterricht – weit verbreitete „Didaktik des schnellsten Weges“ ist damit in diesem Zusammenhang nicht angezeigt. Umwege und Irrwege sind – für die angezielten Prozesse wissenschaftlichen Forschungsgeistes – unabdingbar und geradezu notwendig. Diese bilden auch die Voraussetzung dazu, dass für die forschenden Jungen und Mädchen die Erfahrung von Selbstwirksamkeit ermöglicht wird.

Damit lässt sich die *Haltung*, die den Freiburger Forschungsräumen zugrunde gelegt ist, näher bestimmen:

- Die Welterklärung der Kinder – wie falsch diese in Bezug auf naturwissenschaftlich-technische Bildung auch sein mag – muss wertgeschätzt werden. Sie bildet den Ausgangspunkt für die Arbeit in den Freiburger Forschungsräumen. Die Beschreibung der wahrgenommenen Phänomene in eigenen Worten und der Austausch darüber mit anderen Kindern und/ oder Erwachsenen fördert die sprachliche Ausdrucksfähigkeit. Dabei wird die Fähigkeit zum Perspektivwechsel geübt, da die beteiligten Jungen und Mädchen ihre unterschiedlichen Wahrnehmungen teilen und austauschen können.
- Der Umgang mit der Natur erfolgt interessiert und achtsam. Grundlage der Arbeit sind die Ansätze der Bildung für nachhaltige Entwicklung.

- Die Arbeit mit der Natur ist gekennzeichnet durch einen ganzheitlichen Blick, wie dies der Naturbetrachtung von Kindern entspricht. Die Mehrperspektivität des Ansatzes wird damit deutlich.
- Die Arbeit muss von gegenseitigem Vertrauen geprägt sein. Die erwachsenen Personen bringen den Kindern das Vertrauen in deren Lernwege entgegen und begleiten diese Lernwege sorgsam und wertschätzend, so, dass die Kinder ihrerseits den erwachsenen Personen Vertrauen entgegenbringen können.
- Die erwachsenen Personen leben diese Haltung selbstverständlich und dienen somit als Vorbild für die Lernenden.

Abbildung 20 stellt das Konzept der Freiburger Forschungsräume grafisch dar. Die *Basis* und Voraussetzung für gelingende Lernprozesse bilden die konkret-sinnlichen Erfahrungen. Wo diese nicht vorhanden sind, müssen sie geschaffen werden, damit sinnvolles naturwissenschaftlich-technisches Lernen überhaupt möglich wird. Darauf aufbauend zwei Säulen:

Säule 1 ist die forschende Suchbewegung, in die sich Kinder und Erwachsene zusammen in den gemeinsamen Prozess begeben. Aufgabe des Erwachsenen dabei ist, diesen Prozess zu begleiten und ihn zu ermöglichen. Dazu gehört: den Rahmen für diese Prozesse zu gestalten oder zu wählen (Orte aufsuchen, Materialien anbieten usw.), Impulse geben und aufgreifen, in Frage stellen, Anregungen zur Fortsetzung des Prozesses geben usw. und vor allem: Zeit lassen und Zeit geben, denn dieser Weg der suchenden Forschungsbewegung schließt Umwege, Irrwege, Sackgassen und Stolperstellen mit ein.

Säule 2: Damit die individuellen Erfahrungen und Erkenntnisse in das Bewusstsein gehoben werden, besteht ein entscheidender Schritt in diesem Prozess darin, den Jungen und Mädchen den Austausch ihrer Erfahrungen zu ermöglichen, ja diesen Austausch herauszufordern. Dies kann in Form der gesprochenen Sprache, aber auch in anderen Ausdrucksformen (Spiel, Bewegung, bildhafte Darstellung, Konstruktion usw.) erfolgen.“

Aus Säule 1 entwickeln sich zunehmend die zentralen *naturwissenschaftlichen methodischen Kompetenzen* und aus Säule 2 zunehmend durch entsprechende Ergänzung der Erziehenden und Lehrenden eine *Grundlage einer Natur- und Sachkunde* und *Naturwissenschaft*.

Dass es durch diese Art der Qualifikation tatsächlich zu Veränderungen der Haltung der Teilnehmenden kommt, hat die 2013 durchgeführte Evaluation ergeben. In Abbildung 21 sind einige Ergebnisse dargestellt.

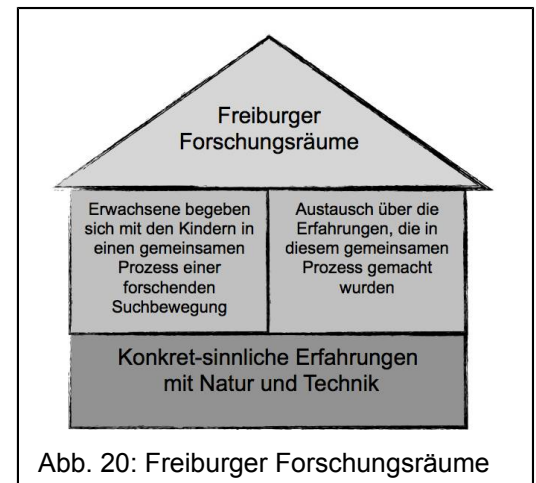


Abb. 20: Freiburger Forschungsräume

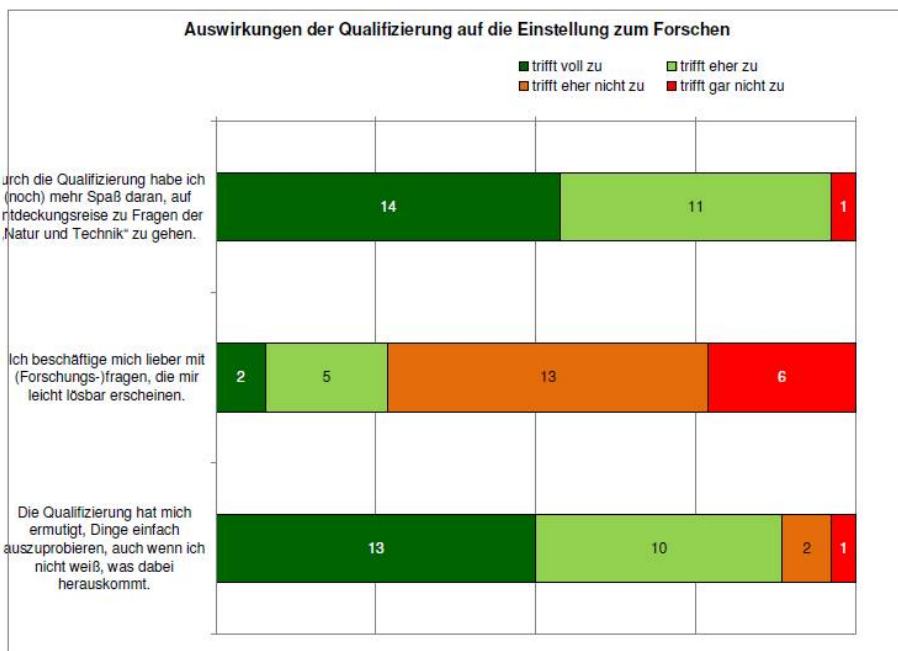
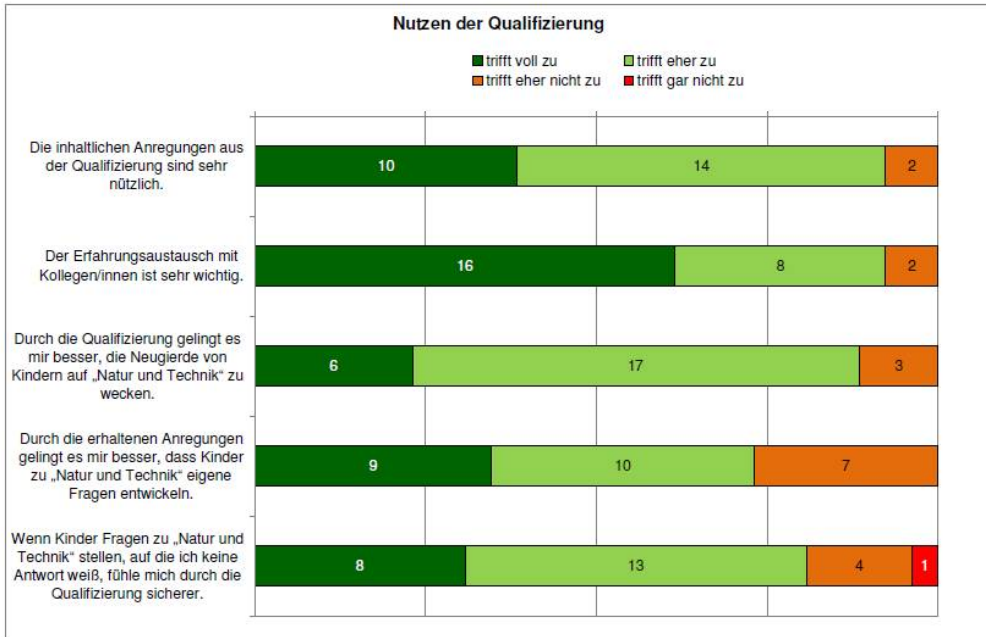
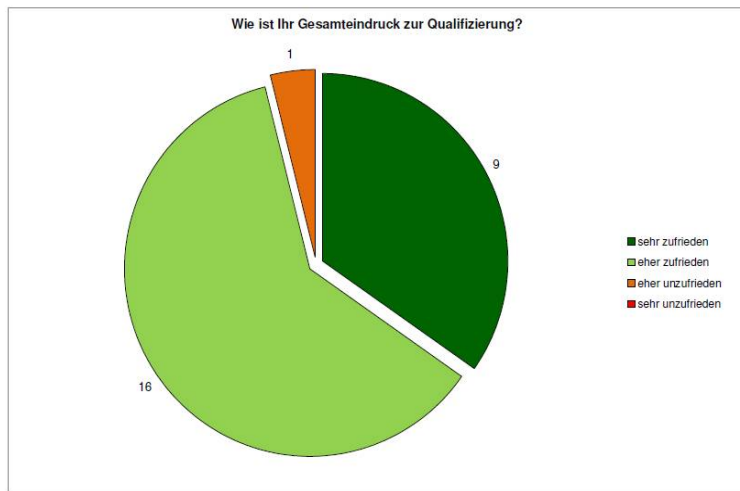


Abb. 21: Auszug: Evaluation der Fortbildung FreiburgerForschungsRäume

20. Abschließende Gedanken

Die *Freiburger Forschungsräume* können als ein Baustein bei dem Versuch betrachtet werden, die naturkundliche, technische und naturwissenschaftliche Bildung in einem großen Bogen von der frühen Kindheit bis ins Erwachsenenalter hinein zu denken. Bildungsprozesse sind nicht linear, an einer Stoffsystematik orientiert. Es wurde aufgezeigt, wie solche Bildungsprozesse konzipiert und durchgeführt werden können. Zentrales Element dabei ist, vom Lernenden auszugehen, seine jeweiligen Bedürfnisse und Möglichkeiten zu berücksichtigen. Zentrales Element dabei sind weiterhin die drei *Unterrichtsstufen*: *persönliches Verbinden*, *sachliches Beschreiben* und *naturwissenschaftliches Beschreiben* und die drei Stufen der *Verinnerlichung*: *Oberflächenstruktur* und *Tiefenstruktur des Wissens* und *persönliches Verstehens*. Diese können in dem sechsstufigen *n-Prozess als impulsierendes Unterrichtsprinzip* zusammengefasst werden. Dass diese Stufung des Unterrichts auch bei älteren Lernenden entscheidende Wirkung haben kann, konnte ich beim Unterrichten einer 12. Klasse erleben. Konsequenterweise versuchte ich bei jedem neuen Phänomenbereich die drei Unterrichtsstufen zu berücksichtigen. Das Zitat im Kasten 6 kann verdeutlichen, was dadurch möglich wurde.

Wenn die naturkundliche, technische und naturwissenschaftliche Bildung als großer Bogen gesehen wird, ist auch spürbar, wie viel Zeit eigentlich von der frühen Kindheit bis ins Erwachsenenalter zur Verfügung steht, wenn jedem Lehrenden bewusst ist, an welcher speziellen Stelle des persönlichen Bildungswegs der Lernende sich gerade befindet. Wie viel Zeit könnte man „sparen“, wenn das Üben des Formalen erst dann einsetzt, wenn der Lernende *reif* dafür ist, d. h. wenn seine kognitiven Strukturen hierfür *Fenster geöffnet* haben. Die so gewonnene Zeit könnte für sinnvoll erlebtes Tun, z. B. in alltagsrelevanten Projekten, eingesetzt werden. Diese Zeit lässt dann auch Raum für die Erforschung eigener Fragen. Donata Elschenbroich [10] hat das wunderbar formuliert: „Dabei durchlässig zu bleiben für Fragen im Alltag, das kann man von den Kindern lernen. Dann baut sich Schritt für Schritt Wissen auf, mehr als durch das gelegentlich veranstaltete Experiment. Das Fragen in Fluss halten, lebenslang, das *Suchen ist ansteckender als das Wissen*. Nicht verzweifeln angesichts der Fülle des eigenen Nichtwissens: Man muss nicht bei allem dabei gewesen sein, *aber man muss wissen, wie es ist, wenn man dabei war* (Martin Wagenschein), bei einem naturwissenschaftlichen Disput, bei einem selbst gestalteten Experiment. Und man sollte sich erinnern können, dass man *gern* dabei war. Eine Frage an die Natur mit anderen Menschen zusammen so entdeckt zu haben, wie sie zum ersten Mal vor der Menschheit stand, einer Sache so weit auf den Grund gegangen zu sein, wie es ging.“ Dass dies auch bei erwachsenen Lernenden möglich ist, zeigt ein weiteres Zitat aus dem „persönlichen Resümee“ einer Schülerin der 12. Klasse. Vielleicht konnten diese Fragen entstehen, weil in den vorhergehenden Jahren wegen Lehrermangel in dieser Klasse fachfremd Physik

unterrichtet wurde und somit den Lernenden eine *formale Verfrühung* erspart blieb? Vielleicht behalten die Heranwachsenden auch auf dem zuvor skizzierten Weg eines naturkundlichen, technischen und naturwissenschaftlichen Bildungsprozess ihre Neugier, ihre Forscherfreude, ihre Kreativität, ihre Phantasie und ihren Tatendrang? Vielleicht fühlen sie sich durch weniger „verdunkelndes Wissen“ mehr mit sich und der Welt verbunden? Vielleicht können sie sich dann als Erwachsene produktiver am Gestalten einer zukunftsfähigen Welt beteiligen - vielleicht auch als motivierte Ingenieure, denen es gelingt, neuartige Lösungen für unsere drängenden Probleme zu finden, die eventuell auch Folgen unseres herkömmlichen naturwissenschaftlichen Unterrichts sind?

Im Laufe der Schulzeit wurde mir irgendwie vermittelt Physik sei überhaupt nicht mein Fach. Ich fühlte mich immer als hoffnungsloser Fall und langweilte mich im Unterricht.

Diese Epoche war anders, besser, strukturierter und *für jedes Niveau* interessant. Der mathematische Bereich hat mir bis jetzt die größten Schwierigkeiten bereitet, wobei ich es in dieser Epoche zum ersten Mal geschafft hab eine physikalische Formel anzuwenden (Snelliussches Brechungsgesetz). Im nächsten Schuljahr werde ich weder Unterricht noch Prüfungen im Fach Physik haben, was dazu beitrug, dass ich anfangs keine Lust darauf hatte. Mein Grundwissen in der Physik ist sehr beschränkt was auch an dem Mangel von Interesse der letzten Jahre liegt. Trotzdem war ich sehr zuversichtlich als ich von dem neuen Lehrer hörte — Neuer Lehrer neues Glück. Ich versuchte dran zu bleiben und merkte schon bald, dass Physik selbst für mich interessant sein kann und auch mathematisch nicht so abstrakt ist wie ich immer dachte. Meine Neugierde war geweckt. Die Versuche zeigten mir, dass Physik in unserem Alltag fast allgegenwärtig ist. Leider verpasste ich einige Selbsttests und Unterrichtseinheiten aufgrund von Arztterminen. Im Großen und Ganzen habe ich viel gelernt und mich zum ersten Mal in meinem Leben für Physik begeistern können.

Kasten 6: Aus dem „persönliches Resümee“ eines Schülers

...Aber mit der Zeit schien sich das anfängliche Unverständnis zu legen und ich mich aus einem Berg herauszuwühlen und plötzlich einen Überblick zu gewinnen, Zusammenhänge zu begreifen und alles völlig klar vor mir liegen zu haben. Mit diesem Überblick konnte ich anfangen zu arbeiten.... Ich merkte schnell, dass es völlig unzureichend war nur eine Seite im Internet aufzurufen. Mein Ergeiz war gepackt und ich wollte es wissen. Wie kamen Farben tatsächlich zustande? Was steckt hinter der Teilchentheorie.... Fragen über Fragen, die eine schien drei neue aufzuwerfen. Und ich hatte gedacht Physik wäre nicht so mein Gebiet. In dem Moment, in dem ich ein Lexikon aufschlug, um eine Definition nachzulesen, begann ich diese bereits wieder zu hinterfragen. Ich begann alltägliche Dinge anders wahrzunehmen. Schließlich fand ich mich mit einem Stapel Bücher an meinem Schreibtisch und musste mir eingestehen, dass ich nicht alle meine Fragen beantworten konnte. Ich verlor abermals den Überblick... Ich habe das Gefühl, sehr viel aus der Epoche mitgenommen zu haben.

Kasten 7: Aus einem „persönliches Resümee“ einer Schülerin

Literatur:

- [0] Dank an die Kinder und die Mitarbeiterinnen des Hauses für Kinder am Hirzberg, Freiburg
- [1] Gottfried Merzyn: „Naturwissenschaften, Mathematik, Technik – immer unbeliebter?; Schneider Verlag Hohengehren, Baltmannsweiler, 2008
- [2] Spiegel Online Wirtschaft 2.9.2010
- [3] Sabine Latorre: Naturwissenschaftliche Bildung: der kumulative Aufbau von Kompetenzen auf dem Weg zu einem institutionsübergreifenden Curriculum; Kölner Universitätsverlag 2011
- [4] Arbeitgeberverband Gesamtmetall (Herausgeber): Physik in Kindergarten und Grundschule, Institut der deutschen Wirtschaft Köln Medien, 2012
- [5] Gisela Lück: Handbuch der naturwissenschaftlichen Bildung – Theorie und Praxis für die Arbeit in Kindertageseinrichtungen, Herder 2009
- [6] zu finden unter: http://www.unimuenster.de/imperia/md/content/fachbereich_physik/didaktik_physik/publikationen/196_die_kerzenpumpe.pdf
- [7] Wassilios E. Fthenakis (Hrsg.): Natur-Wissen schaffen, Band 1, Bildungsverlag EINS, Troisdorf, 2008
- [8] http://www.uni-kassel.de/fb1/KVilmar/ws_2003_2004/martin_wagenschein.pdf
- [9] Dieter Plappert: Naturwissenschaftliche Bildung vom Kindergarten bis zur Hochschulreife; Praxis der Naturwissenschaft 5/60. Jg. 2011. download www.plappert-freiburg.de
- [10] Donata Elschenbroich: „Weltwunder - Kinder als Naturforscher“, 2007 Wilhelm Goldmann Verlag
- [11] Worbs, Michael: Du, Papa, warum sind Streichhölzer magnetisch? Praxis der Naturwissenschaften 4/58. Jg. 2009
- [12] Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung:
<http://www.kindergesundheit-info.de/fuer-eltern/kindlicheentwicklung/entwicklung/magischephase>
- [13] http://www.sinn-stiftung.eu/downloads/was-kleine-kinder-wirklich-brauchen_huether.pdf
- [14] Hans-Peter Dürr: Warum es ums Ganze geht, Oekom Verlag München, 2009
- [15] Martin Wagenschein: Physikunterricht und Sprache. Die Pädagogische Dimension der Physik. 1995 Hahner Verlag, Aachen
- [16] C. Krick, Sonja Kreis, Frank Paulus, Wolfgang Reith: Zur Biologie der Mathematik; MNU 66/2 (1.3.2013)
- [17] Dieter Plappert: Der Luftballon wird heiß und kalt – was heißt eigentlich Erklären bzw. Verstehen im naturwissenschaftlichen Unterricht? Praxis der Naturwissenschaft 8/61. Jg. 2012. download www.plappert-freiburg.de
- [18] Konzept „Freiburger Forschungsräume“ <http://www.freiburg.de/pb/,Lde/371117.html>
- [19] Gerd E. Schäfer et al.: Natur als Werkstatt; Verlag das Netz Berlin 2009
- [20] LEIF – Freiburg; Ergebnisse zu Einstein II
- [21] Sally P. Springer/Georg Deutsch: Linkes und rechtes Gehirn; Spektrumverlag Heidelberg, 1984
- [22] N. Jüdt: „Es gibt keine Bildung, sie sei denn ästhetisch“ (KIT-Forschungsgruppe)
<http://digbib.ubka.uni-karlsruhe.de/volltexte/1000034156>
- [23] aus der „Analogieserie“ bei www.conatex.de
- [24] Dieter Plappert: „Alles klar! Der Sauerstoff verschwindet, das Wasser steigt!“ Irrwege und Wege der naturwissenschaftlichen Bildung vom Kindergarten- bis ins Erwachsenenalter; Praxis der Naturwissenschaft 4/61. Jg. 2012 download www.plappert-freiburg.de
- [25] Dieter Plappert: „Der Energiebegriff – die Verzahnung der Naturwissenschaft durch eine gemeinsame Fachsprache“; Praxis der Naturwissenschaft 6/55. Jg. 2006 download www.plappert-freiburg.de
- [26] Unterrichtsentwurf Jan Weisner, Droste-Hülshoff-Gymnasium Freiburg, Februar 2012
- [27] John Hettie; Schneider Verlag Hohengehren, Baltmannsweiler 2013
- [28] aus ein Brief an Rousseau 1782 http://www.legr.ch/legr/de/schulblatt/2011-2012/mainColumnParagraphs/06/document/BS_2_APR12.pdf