

Naturwissenschaftliche Bildung vom Kindergarten bis zur Hochschulreife

D. Plappert

1. Das Problem

Naturwissenschaftliche Frühförderung – die Akademisierung der Kindergärten und Grundschulen scheint stetig fortzuschreiten. „Deutschland braucht Ingenieure“ – deshalb werden von der Industrie geförderte naturwissenschaftliche und technikorientierte Kindergärten eingerichtet (siehe Kasten). Dort werden in Forscherecken mit Forscherkisten meist aus dem Zusammenhang gelöste, eng angeleitete Experimente durchgeführt, die oft mit pseudowissenschaftlichen, aus dem 19. Jahrhundert stammenden Erklärungsmuster gedeutet werden. Diese Entwicklung ist vom Erwachsenen bzw. von der Naturwissenschaft her gedacht – sie berücksichtigt nicht die Entwicklung des Kindes, nicht, was das Kind in der heutigen Zeit, im jeweiligen Alter benötigt. Es kann sein, dass ein Kind den in Abb. 1 dargestellten Kerzenversuch bis zu fünf Mal bis zum Ende

der Schulzeit erlebt, im Kindergarten, in der Grundschule, im Naturphänomeneunterricht in der Klasse 5, im Einführungsunterricht von Physik und Chemie. Es kann sein, dass dieser Versuch im Kindergarten (z. B. auch „Tanz der Elektronen“ [1]) mit einem naiven Teilchenmodell erklärt wird, das keinerlei zeitgemäße wissenschaftliche Relevanz hat, dabei einerseits die vom Kind selbst erfahrbare Welt „abwertet“ und andererseits den späteren Zugang in die zeitgemäße Naturwissenschaft, z. B. beim quantenphysikalischen Atommodell, erschwert. Was fehlt ist eine Gesamtschau der naturwissenschaftlichen Bildung vom Kindergarten bis ins Erwachsenenalter, das einerseits die individuelle Entwicklung des Kindes und andererseits das zeitgemäße Bild der Naturwissenschaft berücksichtigt. Im Folgenden soll versucht werden, eine solche Gesamtschau zu skizzieren.

2. „Kindliche Entwicklung“ und „Naturwissenschaft“

Jeder Mensch durchlebt im „Einleben“ in unsere Welt eine Folge von körperlichen, seelischen und geistigen Entwicklungsstufen. Auch die Naturwissenschaft hat in einem über 2500 Jahre währenden Prozess verschiedene Entwicklungsstufen durchlaufen, bei denen sich gleichzeitig das Denken und das Bewusstsein der Menschheit als Ganzes mitentwickelt haben. Die Naturwissenschaft ist ein Teil unserer Kultur, etwas von Menschen Gemachtes. Der gegenwärtige Stand der Naturwissenschaft ist ein Zwischenzustand. Einzig die Phänomene und Gesetzmäßigkeiten der „Natur“ überdauern die Jahrtausende. Jedes heranwachsende Kind lebt sich auf ganz persönliche Weise in diese „Natur“ ein. Dabei legt es die Grundlage, um in dieser Welt immer selbstständiger leben und handeln zu können. Die „Natur“ ist auch der Gegenstandsbereich der Naturwissenschaft. Durch eine naturwissenschaftliche Bildung muss die persönlich erlebte „Natur“-Erfahrung durch altersgemäße Reflexion mit dem Kulturgut „Naturwissenschaft“ in eine persönliche Beziehung gebracht werden.

3. Stufen der kindlichen Entwicklung

Wenn sich ein Kind in diese Welt einlebt, formen die „Kräfte dieser Welt“, die „Kräfte seiner Umgebung“, von Anfang an auch das Wachstum der Organe, der Sinne, des Gehirns, ... Es sind nicht nur die chemischen und physikalischen Kräfte der Natur, sondern auch die „Kräfte der Kultur“, die über Nachahmung, wie z. B. aufrechter Gang, Sprache, sinnvoll tätige Vorbilder, ... die innere Entwicklung des Kindes beeinflussen. Im Tätigsein in der Welt, in der Umwelt „sammeln“ die Kinder grundlegende persönliche Erfahrungen. Dabei entwickeln sich die kognitiven Möglichkeiten des Kindes. In der Zeit der vorschulischen Bildung ist die Wirkung der äußeren Kräfte auf das innere Wachstum besonders stark. Jean Piaget hat vor über 60 Jahren die kognitive Entwicklung der Kinder systematisch untersucht und beschrieben. Seine Ergebnisse müssen heute aufgrund

Wie Unternehmen nach Sandkasten-Ingenieuren suchen

Frauen fehlen vor allem in technischen Berufen – und verschärfen damit den Fachkräftemangel. Deshalb greifen immer mehr Konzerne zu einem ungewöhnlichen Mittel: Sie versuchen, schon die ganz Kleinen für Technik zu begeistern – und werben im Kindergarten.

So verteilt etwa Siemens seit Ende 2005 sogenannte Forscherecken, die Spielzeug und Materialien für kleine Experimente enthalten. Dazu gehören Glühbirnen ebenso wie Batterien, Spiegel, Kristalle, Natronpulver oder auch Stifte und Lineale. Die Zielgruppe der rund 500 Euro teuren Pakete: drei bis sechsjährige Kinder. „Da Kinder in wenigen Monaten mehr lernen als viele Studierende in vier Jahren, ist ein Versäumnis in dieser Zeit nur schwer wieder zu beheben“, heißt es bei Siemens.

Ähnlich agiert auch Bosch: Der Elektrokonzern schickt seine Auszubildenden im Rahmen des Gemeinschaftsprojekts „Wissensfabrik“ in Kindergärten. „Das machen wir aus zwei Gründen: Zum einen schaffen unsere Auszubildenden es, die Kinder spielerisch für Technik zu begeistern“, erklärt Unternehmenssprecher Dirk Haushalter. „Zum anderen erlernen unserer Mitarbeiter durch den Umgang mit Kindern auch soziale Kompetenz.“

Die beiden Technologiekonzerne sind keine Ausnahme: So veranstaltet ThyssenKrupp unter anderem in den Sommerferien eine technikorientierte Ferienbetreuung für Kinder im Grundschulalter. Der Verband Südwestmetall finanziert mit einer Million Euro Technologieecken in 90 Kindergärten, die Telekomstiftung hat allein im vergangenen Jahr rund 1,5 Millionen Euro für Projekte zur Frühförderung ausgegeben. Darunter das Programm „Natur-Wissen schaffen“, bei dem Erzieherinnen geschult werden, wie sie Kompetenzen in Mathe, Technik und Naturwissenschaften spielerisch vermitteln können.

(2. 09. 2010 Spiegel Online Wirtschaft)

neuerer Forschungsergebnisse differenzierter betrachtet werden. So durchlaufen die Kinder in individuellem Tempo einzelne Stadien, die nicht in allen Bereichen der Denkentwicklung synchron verlaufen müssen. Seine Grundaussagen sind aber Ausgangspunkt für viele der heutigen Theoriemodelle, die davon ausgehen, dass die gesamten kognitiven Leistungen zum einen aus einer individuellen Entwicklung hervor gehen und zum anderen durch globale Denk- und Wissensbereiche übergreifender Strukturen bestimmt werden. Veränderungen dieser Gesamtstruktur macht die geistige Entwicklung aus. [5]

Im Folgenden sind die Stadien der kognitiven Entwicklung nach *Piagets* Entwicklungsmodell zusammenfassend dargestellt.

- **0 bis 2 Jahre: Sensomotorisches Stadium** – Erwerb von sensomotorischer Koordination, praktischer Intelligenz und Objektpermanenz; Objektpermanenz aber noch ohne interne Repräsentation.
- **2 bis 7 Jahre: Präoperationales Stadium** – Erwerb des Vorstellungs- und Sprechvermögens; gekennzeichnet durch Egozentrismus (Realismus, Animismus und Artifizialismus). Das Kind nimmt an, dass jeder so denkt, wie es selbst und dass die ganze Welt seine Gefühle und Wünsche teilt. Dieses Gefühl des Einsseins mit der Welt führt im Kinde zu der Überzeugung seiner magischen Allmacht. Die Welt ist nur seinetwegen geschaffen. Das Kind glaubt, dass die Dinge wie es selbst sind: belebt, bewusst und voller Absichten. Unter *Artifizialismus* versteht man die Vorstellung, dass die Gegenstände und Naturerscheinungen von Menschen geschaffen wurden. Zum Beispiel könnten Menschen Sterne, Berge und Flüsse erschaffen. Das Denken des präoperationalen Kindes beruht nicht auf Logik. Objekte und Vorgänge, die in einem raumzeitlichen Zusammenhang auftreten, werden in kausaler Beziehung gesehen, beispielsweise der Donner macht den Regen.
- **7 bis 12 Jahre: Konkretoperationales Stadium** – Erwerb von Dezentrierung, Reversibilität, Invarianz, Seriation, Klasseninklusion und Transitivität. Das Kind kann in Gedanken mit konkreten Objekten oder ihren Vorstellungen operieren. Das Denken ist auf konkrete, anschauliche Erfahrungen beschränkt. Abstraktionen (wie Milliarden Jahre) sind nicht möglich. Das Denken ist noch nicht logisch, sondern intuitiv und wird von der direkten Wahrnehmung beeinflusst.
- **ab 12 Jahre: Formaloperationales Stadium** – Erwerb der Fähigkeit zum logischen

3. Förderung lernmethodischer Kompetenzen im Kindergarten



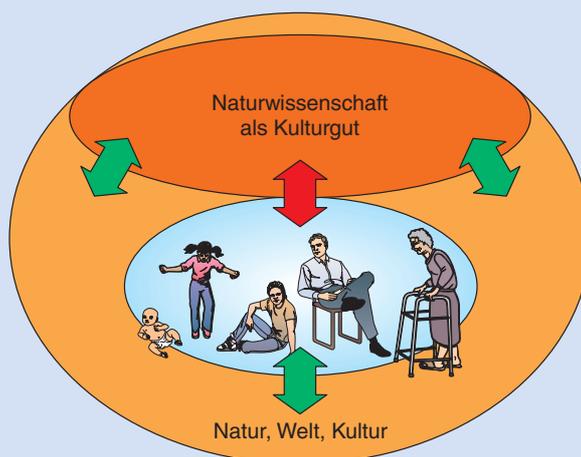
Abb. 1: Kerzenversuch im Kindergarten

Metakognitiv orientierte Lernarrangements

Bewusstsein dafür

- dass sie lernen
- was sie lernen
- wie sie lernen

Abb. 2: Die „äußeren Kräfte“ formen das „innere Wachstum“.



Vier Stadien nach Piaget

Piaget unterscheidet vier Stadien in Bezug auf Animismus, die nacheinander durchlaufen werden:

1. Jeder Gegenstand kann mit einem Zweck oder bewusster Aktivität geladen sein. Ein Ball kann sich weigern geradeaus zu fliegen.
2. Nur Objekte, die sich bewegen, sind lebendig (z. B. Wolken).
3. Nur Objekte, die sich spontan und aus eigener Kraft bewegen, sind lebendig.
4. Nur Pflanzen und Tiere sind lebendig.

Denken und der Fähigkeit Operationen auf Operationen anzuwenden. Der junge Mensch kann nun „mit Operationen operieren“, das heißt, er kann nicht nur über konkrete Dinge, sondern auch über Gedanken nachdenken. Abstraktes Denken und das Ziehen von Schlussfolgerungen aus vorhandenen Informationen werden zunehmend möglich.

Diese Stadien werden von gleichaltrigen, heranwachsenden Kindern nicht im Gleichschritt durchlaufen. In „Kinderjahre“ [7] beschreibt Remo H. Largo, ein führender Wissenschaftler und Arzt auf dem Gebiet der kindlichen Entwicklung: „Kein Entwicklungsmerkmal ist bei gleichaltrigen Kindern gleich ausgeprägt. Auch beim einzelnen Kind sind Eigenschaften und Fähig-

keiten unterschiedlich angelegt und reifen unterschiedlich rasch aus (z. B. motorische und sprachliche Fähigkeiten).“ Nicht nur die individuellen Unterschiede, sondern auch die geschlechtsspezifischen Unterschiede können gewaltig sein. So entsprechen die Bereiche des Gehirns, die für die Sprachentwicklung zuständig sind, bei vielen fünfjährigen Jungen denen von dreieinhalbjährigen Mädchen [8]. Trotz dieser unterschiedlichen individuellen Entwicklungsreife können Piagets Stadien sensibilisieren und Anhaltspunkte geben für die Beobachtung der kognitiven Entwicklung des einzelnen Kindes.

4. Der Mangel an persönlichen Naturerfahrungen

Das Denken entwickelt sich im tätigen Begreifen. Voraussetzung für naturwissenschaftliche Bildung sind persönliche Erfahrungen in und mit der Natur, in der Welt. Vor 50 Jahren sind die meisten Kinder „draußen“ aufgewachsen, eingebettet in Naturräumen und in einer Umgebung mit sinnerfülltem Tun, vielen Möglichkeiten der inneren und äußeren Nachahmung, vielen Möglichkeiten motorische Kompetenzen auszubilden. Die Aufgabe der Bildungseinrichtungen war damals u. a., die vielfältigen Erfahrungen, die die Kinder mitbrachten altersgemäß zu reflektieren, um das Wissen aus ihrem Erlebten, ihrem Können zu schaffen. Heute wachsen viele Kinder mit sehr wenig Naturkontakt auf, in einer eher künstlichen Welt, mit mehr virtuellen und weniger eigenen authentischen Erfahrungen. *Andreas Weber* fordert [3]: „Lasst sie raus!“ Er schreibt: Noch 1990 gaben in einer deutschen Studie fast 75 % der befragten Kinder zwischen 6 und 13 Jahren an, sich täglich im Freien herumzutreiben – 2003 waren es schon weniger als 50 %. Von 1000 in Großbritannien befragten Sieben- bis Zwölfjährigen antworteten mehr als 50 %, dass es ihnen verboten ist, ohne Aufsicht auf einen Baum zu klettern oder im Park um die Ecke zu spielen. Er erzählt auch von dem Urgroßvater, der als 8-jähriger 10 Kilometer weit zu seiner Lieblingsangelstelle marschieren durfte, dem achtjährigen Großvater, der durch den 1,5 km entfernten Wald streifen durfte. Die Mutter, die immerhin noch mit dem Rad durch die

Nachbarschaft zum Schwimmen fahren durfte, und ihrem achtjährigen Sohn, der

dazu beitragen, dass die Kinder wenigstens zu einer minimalen persönlichen Naturerfahrung kommen können. Dies kann vermutlich nur gelingen durch eine enge Vernetzung mit außerschulischen Lernorten, wie etwa den Jugendfarmen und Aktivspielplätzen [12]. Wenn dies nicht gelingt, droht eine „naturarme“ Kindheit, eine „naturarme“ Naturwissenschaft, ein totes Wissen ohne Anbindung an eigene Erfahrungen. An den Schulen gibt es haufenweise Schüler, die sich theoretisch bestens mit der Umwelt auskennen und detailliert den Kohlenstoff- und Stickstoffzyklus erläutern können, jedoch noch nie in ihrem Leben eine Nacht unter freiem Himmel verbracht haben [8]. Kinder brauchen eigene Erfahrungen mit der Natur. Sie brauchen eine Art „Naturkunde“. Kinder mit Lupen sind keine Forscher, genau so wenig wie Kinder mit Stethoskopen Ärzte sind. *Gerd Schäfer*, Professor für frühkindliche Bildung in Köln, schreibt [4]: „Naturwissenschaftliches Denken beginnt nicht mit naturwissenschaftlichen Experimenten, sondern mit dem konkreten Erleben der Natur. Es geht zunächst nicht um Reagenzgläser, Mikroskope oder Versuchsanordnungen, sondern um Werkzeuge, wie sie in der häuslichen Werkzeugkiste und in der Küche vorhanden und damit den Kindern in ihrer Handhabung bereits vertraut sind.“ Für diesen heute oft vergessenen Teil der Bildung ist der Geo-Artikel [3] ein beeindruckendes Plädoyer: „Was Kinder lernen, wenn sie den Schlick durch ihre Fingerquellen lassen, ist nicht eine Vorform des Faktenwissens, das ihnen die Schule einmal abverlangen wird. Im Gegenteil. Kinder sind keine „kleinen Wissenschaftler“, sondern Genies der Lust, am Leben zu sein.“



Abb. 3: Sie „spielen“ Forscher (Quelle: BdJA, Stuttgart) und Arzt (Quelle: BdJA, Stuttgart / Adpic Bildagentur)

sich nur noch bis ans Ende der Straße unbeaufsichtigt bewegen darf; zur Schule wird er mit dem Auto kutschiert. *Richard Louv* hat den Begriff „Natur-Defizit-Störung“ geprägt, um die Symptome eines Kindes zu beschreiben, das sein Leben ausschließlich in geschlossenen Räumen verbracht hat [8]¹. Hinzu kommt das Verschwinden der Nutztiere aus der Landschaft. Die beschriebenen Veränderungen der Lebenswelt der Kinder müssen bei der Frage nach „naturwissenschaftlicher Bildung“ berücksichtigt werden. Die Bildungsinstitutionen, vom Kindergarten bis zu den weiterführenden Schulen müssen

5. Kritik des „frühkindlichen Forschens“

Die folgende Szene mit Vorschulkindern soll ein weiteres Problem beleuchten: 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 Erzieherinnen des „Hauses der kleinen Forscher“ erläutern: „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 zusammenbleiben wollen!“ Das klingt dann zwar nicht so wissenschaftlich, wäre aber 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. Das beschreibt *Ernst Peter Fischer* [6] auf die folgende Weise:

„Natürlich wird weiterhin von Atomen die Rede sein, aber mit diesem Wort sind dann keine Bausteine der Materie gemeint. Natürlich kann man physikalische Gegenstände weiterhin in Teile wie Atome zerlegen, und man kann sogar die unteilbaren Atome teilen. Es ist nur einfach so, dass »Teilbarkeit« etwas anderes bedeutet als »Zusammengesetztsein«. Gegenstände

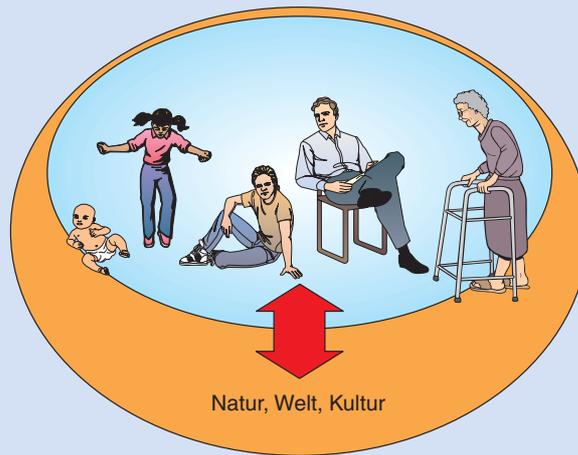


Abb. 4: Im naturwissenschaftlichen Unterricht müssen die naturwissenschaftlichen Konzepte mit den persönlichen Erfahrungen in Kontakt gebracht werden.

können in Atome zerlegt werden, ohne aus ihnen zu bestehen. Atome, Elektronen und andere Einheiten dieser Art sind wirklich vorhanden, aber nicht als eigenständig existierende Formen, sondern nur in Wechselwirkung mit ihrer Umgebung. Es sind kontextuelle Objekte, die nur relativ zu Beobachtungsmitteln definiert werden können. Atome sind deshalb auch offene Systeme, die ähnlich wie die Flamme einer Kerze sich ständig ändern und gerade dadurch ihre Identität bewahren. Kein mit der Quantentheorie vertrauter Wissenschaftler wird deshalb noch vom Aufbau der Materie aus elementaren Bausteinen reden können oder eine Reduktion biolo-

gischer Phänomene auf physikalische Grundgesetze erwarten. Es gilt, die von unten her argumentierende Denk- und Vorgehensweise in Physik und Biologie zu überwinden. Die Aufgabe besteht darin, die Natur als Ganzes zu verstehen. Wenn die gerade gestellte Aufgabe gelingen soll, muss sich die Wissenschaft in ihrem Denken der Kunst nähern, denn Kunst ist Leidenschaft zum Ganzen, wie es *Rilke* einmal sagte. Mit diesen Sätzen im Hinterkopf wird deutlich, dass die Erklärungsmuster der Vorschulkinder, die wie *Piaget* beschreibt, die Welt als Ganzes zu sehen – viel zukünftiger sind als das zitierte Erklärungsmuster der Erzieherin.

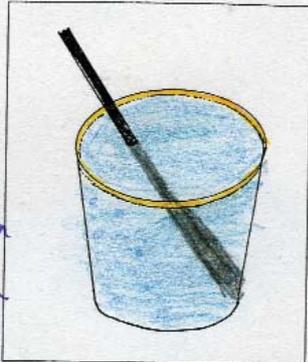
Abb. 5: Vor dem Optikunterricht (unten links) ist das „Sehen“ noch wirklichkeitgetreuer. [11]

Der Blick ins Wasserglas

Ein Stab steht in einem wassergefüllten durchsichtigen Glas. In der Abbildung ist nur der Teil des Stabes dargestellt, der sich außerhalb des Wassers befindet.

- Skizziere den Anblick des Stabes im wassergefüllten Glas.
- Begründe den Verlauf deiner Skizze:

Ich habe das bei meinem kleinen Bruder gesehen, der er steck seinen Löffel immer in seinem Wasserglas. Und deshalb habe ich es so ungefähr gemalt wie ich es sehe.
(ist ganz schlecht geworden)

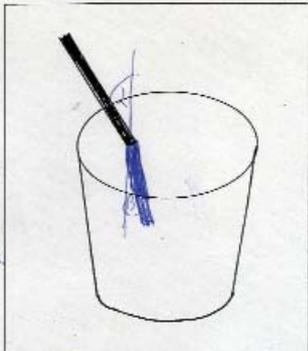


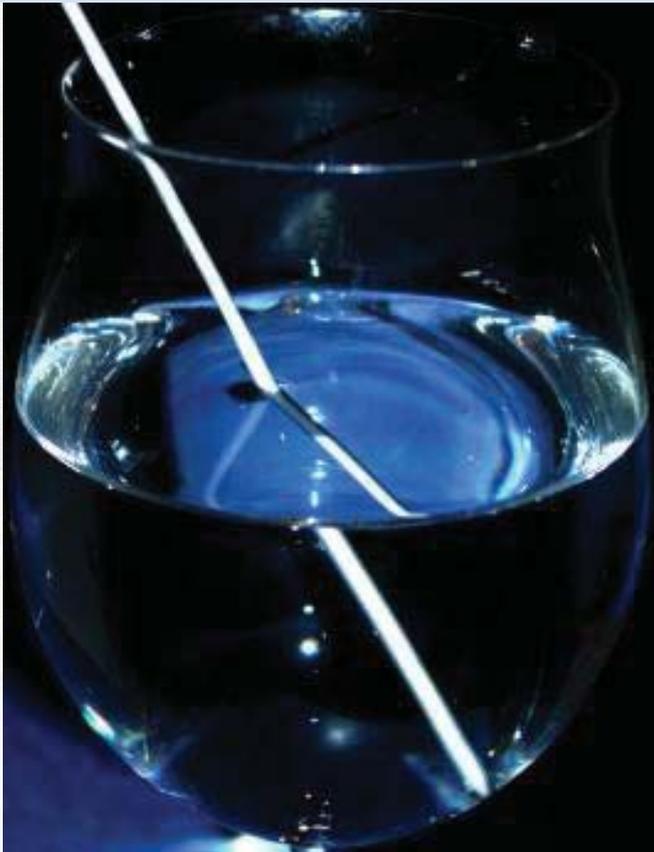
Der Blick ins Wasserglas

Ein Stab steht in einem wassergefüllten durchsichtigen Glas. In der Abbildung ist nur der Teil des Stabes dargestellt, der sich außerhalb des Wassers befindet.

- Skizziere den Anblick des Stabes im wassergefüllten Glas.
- Begründe den Verlauf deiner Skizze:

Licht wird am Übergang von optisch dünnem Material (Luft) zu optisch dickerem Material (Wasser) gebrochen
=> $n_2 > n_1$





6. Naturwissenschaftliche Experimente im Kindergarten

Donata Elschenbroichs folgende Kritik [2] sei hier eingebracht: „Die Kinder spielen ihre Rolle als Befragende in einem arrangierten Szenario. Tischexperimente im Kindergarten oder in einem Kursangebot für Kinder an Nachmittagen führen sie ein in die Tradition der neuzeitlichen Naturwissenschaft, die die Kräfte und Ressourcen der Natur einsetzbar gemacht hat und damit die Voraussetzungen schuf für die Industrielle Revolution, für die Vermehrung von Energie und Nahrung durch Technologie. Diese Methoden haben Naturbeherrschung und Produktivität gesteigert, aber haben sie den Menschen im Umgang mit der Natur nicht auch zu einem »Außenseiter« werden lassen, zu einem »Zigeuner am Rande«? fragt Ilya Prigogyne. Wenn Kinder auf eine Versuchsanordnung treffen, die ein Versuchsleiter inszeniert hat, um den Kindern längst bekannte Gesetze zu demonstrieren, bleiben auch sie »am Rande«. Sie sind Handlanger, auch wenn sie scheinbar »mitspielen«, hands-on. Wie in einer Theateraufführung hat ein anderer die Dramaturgie erdacht. Die Kinder finden das nicht langweilig, manchmal klatschen sie begeistert, wenn es »klappt«, und sie haben hinterher etwas zu erzählen. Oder aufzusagen?

Aber wie kam dieses Wissen zustande? Nicht auf wissenschaftlichem Weg. Die Kinder sind im Experiment auf vorgebahnten Wegen gegangen. Sie geben nun mit Autorität eine Aussage als Gesetz weiter, die sie in einem autoritativ angelegten Setting – wenn/dann, das war zu beweisen, und dagegen hat die Versuchsanordnung bestätigt – übernommen haben. Brave Kinder, die in Wagenscheins Worten die schon vorbereiteten Antworten wieder »apportieren«. Wer stellte die Fragen? Und blieben noch Fragen offen? *Nur das selbst entwickelte Experiment hinterlässt dauerhafte Einsicht.* Experimente, die Kinder in eine wissenschaftliche Haltung führen, müssen immer wieder neu entstehen, alles andere ist nur der äußeren Form nach Wissenschaft, Imitation von Wissenschaft nennt es Richard Feynman.

7. Naturwissenschaftliche Bildung – naturwissenschaftlicher Unterricht

Die „naturwissenschaftliche Bildung“ des Kindes beginnt streng genommen schon im Mutterleib. Die vielfältigen konkreten eigenen Erlebnisse und Erfahrungen beim eigenen Einleben in die Welt, in die Natur sind die Grundlage für späteres naturwissenschaftliches Denken und Ar-

beiten. Der „naturwissenschaftliche Unterricht“ im engeren Sinne, die Einführung in das Kulturgut „Naturwissenschaft“ mit ihren Methoden und begrifflichen Konzepten, setzt einen bestimmten Grad an Reflexionsfähigkeit voraus. In der Zeit, bevor dies möglich ist, kommt es darauf an, den Kindern, vielfältige Möglichkeiten für eigene, persönliche Erfahrungen in Natur und Welt zu geben und sie in ihrem mystischen, animistischen und gegenständlichen Denken ernst zu nehmen. Die Aufgabe der „Lernbegleiter“ ist, die Kinder beim selbstständigen Beobachten, beim eigenen Tun, beim Fragen, beim Sprechen darüber und beim Finden eigener Erklärungen zu unterstützen. Verfrühte wissenschaftliche Erklärungen können dies 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, wie immer, wenn die Kinder keine eigenen Fragen stellen. Heute studieren beide begeistert Ingenieurwissenschaften. Jetzt, als Erwachsene, beginnen sie 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 untersucht hatten. Wenn ich in meine eigene Kindheit zurückschaue, wird mir das verständlich: Ich konnte die vielfältigsten eigenen Erfahrungen in der Natur, im Haushalt, im Garten, im Wald, am Fluss, ... machen, 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, sondern das zielgerichtete, sinnvolle Handeln, das zum Funktionieren bringen. Ich sammelte unablässig eigene Erfahrungen im sinnvollen Tun, die ich später in meinem Leben – bis heute – immer tiefer „wissenschaftlich“ verstehen kann.

8. Naturwissenschaftlicher Unterricht

Naturwissenschaftliche Begriffe und Konzepte können nicht einfach von außen in die Kinder eingeprägt werden. Das intuitive Naturwissen und die in der Kindheit selbst gebildeten Vorstellungen bleiben auch für den Erwachsenen Erkenntnis leitend, wenn sie nicht dem Bewusstsein der Kinder zugänglich gemacht werden und entsprechend reflektiert werden. „Das bedeutet, dass man diesem Wissen pädagogische Aufmerksamkeit schenken muss und es nicht als falsch und unzureichend abweisen darf. Schließlich ist dieses Wissen und Können aus den Denkleistungen der Kinder selbst hervor gegangen und stellt einen eigenständigen Schritt auf dem Weg zu einem Weltbild dar ... Erst wenn die eigenen Theorien als Erklärungen nicht mehr ausreichen, wird im Sinne des „concept change“ nach neuen Erklärungen gesucht. Auf der Suche nach neuen Erklärungen kann im Unterricht die formalen Theorien der Naturwissenschaften Antwort geben.“ [5] Im Bildungsplan Baden-Württemberg für das Fach Physik [9] wird bewusst dieser Weg angeregt: „Am Anfang eines Physikverständnisses steht die Auseinandersetzung mit den Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler, die sie in den Unterricht mitbringen. Phänomene führen zu physikalischen Fragestellungen. Erklärungen werden in Bildern, Modellen und Experimenten veranschaulicht und schrittweise mithilfe der physikalischen Fachsprache gefasst.“

Wie diese Art der physikalischen Begriffsbildung konkret umgesetzt werden kann, wird z. B. in [10] dargestellt. Hierbei werden die physikalischen Konzepte zunächst verbal, qualitativ, also nicht quantitativ eingeführt und erst mit zunehmendem Alter der Schülerinnen und Schüler schrittweise quantifiziert, und zwar nur dort, wo durch entsprechende Problemstellungen die Sinnhaftigkeit einer Quantifizierung erkennbar ist. Die angelegten Begriffe müssen so tragfähig sein, dass sie bei steter quantitativer Durchdringung ohne Bruch auch für ein Hochschulstudium erweiterbar sind. Ein anderes Problem des naturwissenschaftlichen Unterrichts, der die Begriffe und Konzepte vermittelt, ohne sie genügend mit den Anschauungen der Schülerinnen und Schüler zu verbinden ist, dass nicht nur der Bezug zur Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler verloren geht, sondern dass sie den Kontakt zu ihrer Lebenswelt verlieren, dass sie beispielsweise durch einen Optikunterricht das „Sehen verlernen“ können (Abb. 5) [11].

9. Naturwissenschaftliche Bildung führt vom Naturerleben zur Naturwissenschaft

Vor dem Einsetzen des naturwissenschaftlichen Unterrichts muss also eine zentrale Aufgabe der ErzieherInnen und LehrerInnen sein, den Kindern Möglichkeiten zu geben eigene Erfahrungen im Bereich der Natur, in der Welt, beim sinnvollen Tätigsein und beim Erleben von sinnvoll tätigen Vorbildern zu sammeln, altersgemäß zu reflektieren und zu memorieren. In der Ausbildung der ErzieherInnen und LehrerInnen muss dies verstärkt berücksichtigt werden: Neben Natur- und Sachkunde sollte u. A. hinzukommen, wie man in der Natur, im Schulgarten, beim Werken, beim Kochen und Backen, auf dem Bauernhof, bei der Lebensmittelverarbeitung, mit Kindern sinnvoll tätig werden kann. Die ErzieherInnen und LehrerInnen sollten von der Last des „naturwissenschaftlichen Wissens“ befreit werden, da sie, unter Umständen wie zuvor beschrieben, hinderlich sein können für das altersgemäße Forschen der Kinder. Stattdessen müssen sie kompetent werden, für freudig tätiges Tun in Natur und Welt. So können die besten Grundlage für den später einsetzenden naturwissenschaftlichen Unterricht geschaffen werden. *Remo H. Largo* schreibt [7]: „Spätestens ab dem Kleinkindalter möchte ein Kind mit Erwachsenen und älteren Kindern zusammen sein, um ihnen bei ihren Tätigkeiten zuzuschauen und es ihnen gleich zutun. Den Eltern bei ihren Alltagsbeschäftigungen im Haus und Garten zu „helfen“, entspricht einem entwicklungs-spezifischen Bedürfnis des Kindes. Gemeinsames Handeln ist für das Kind eine wichtige Form der Zuwendung. Wir Erwachsene sind für die Kinder Vorbilder, ob wir es wollen oder nicht. Wir können dieser Rolle nicht entfliehen: Was wir dem Kind vorleben, aber auch, was wir ihm vorenthalten, erzieht das Kind. Es sind nicht unsere erzieherischen Vorstellungen und Absichten und schon gar nicht unsere wortreichen Erklärungen, die das Kind erziehen, sondern unser Vorbild.“ Durch das Nachahmen sinnvoll tätiger Vorbilder lernen die Kinder vielleicht, dass sie selbst durch ihre Taten etwas in der Welt bewirken können.

10. Bildung für nachhaltige Entwicklung

„Warum lässt es uns kalt, wenn es immer wärmer wird?“, so lautet der Titel einer Tagung. Im Ausschreibungstext ist zu lesen: „Wie lässt sich die Kluft zwischen Wissen und Handeln

überwinden?“ Diese Kluft war der Antrieb für die Vereinten Nationen die Jahre 2005 bis 2014 als Weltdekade „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ (BNE) auszurufen und die UNESCO mit der Federführung zu beauftragen. Der Begriff „nachhaltige Entwicklung“ war schon 20 Jahren früher von der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung geprägt aber nichts geschah: „Nachhaltige Entwicklung ist eine Entwicklung, die die Lebensqualität der gegenwärtigen Generation sichert und gleichzeitig zukünftigen Generationen die Wahlmöglichkeit zur Gestaltung ihres Lebens erhält.“ Oder einfacher gesprochen: Wir dürfen auf der Erde nur so leben, dass auch zukünftige Generationen Bedingungen vorfinden, so zu leben wie wir. Die UNESCO formuliert: „Ziel der Dekade „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ ist es, das Leitbild einer ökologisch, ökonomisch und sozial zukunftsfähigen Entwicklung weltweit in der Bildung zu verankern. Bildung für nachhaltige Entwicklung betrifft gleichermaßen das Lernen in Kindergärten, Schulen, Universitäten, Weiterbildungs- und Kultureinrichtungen oder Forschungsinstituten.“ Wir meinen, dass der hier beschriebene Weg zu einer naturwissenschaftlichen Bildung einerseits es den Kindern ermöglicht, die Natur kennen und lieben zu lernen und andererseits ihnen Mut machen kann, selbst tätig zu werden. Nur mit dem, was ich kenne, kann ich sorgfältig umgehen, oder wie *Gabriele Plappert*, Leiterin des Lernorts Kunzenhof, einem der UNESCO-Projekte "Bildung für nachhaltige Entwicklung", in Freiburg [13] formuliert: *Bevor ich an einer zukunftsfähigen Erde mitgestalten kann, muss ich sie erst einmal selbst erlebt haben!*

11. ... und wie geht es weiter zur Hochschulreife?

Im Gymnasium in Baden-Württemberg beginnt der Biologieunterricht in Klasse 5. Vor dem Unterricht in Physik (Klasse 7) und Chemie (Klasse 8) ist das Fach „Naturphänomene“ eingeschoben. Im Bildungsplan ist hierzu zu lesen: Die erworbenen Kenntnisse stärken das Bewusstsein für die Möglichkeiten und Notwendigkeit nachhaltigen Handelns. Auch die Förderung von Kreativität, Aktivität und Freude am technischen Gestalten ist ein wichtiges Lernziel. *Dabei kann der Weg zum Produkt wichtiger sein als das Ergebnis selbst.* Ebenso kann das Erreichen des Ziels ein größeres Anliegen sein als das vollständige Verständnis der Funktion des Produkts. Bei einfachen handwerklichen Tätigkeiten und bei der Bearbeitung verschiedener Werkstoffe entwickeln sie praktische Fertigkeiten.“



Abb. 6:

Ab der 7. Klasse werden die Schülerinnen und Schüler schrittweise in die Physik und Chemie eingeführt. Im Bildungsplan Physik ist zu lesen: „Im Unterricht muss darauf geachtet werden, dass durch Lehrinhalte und Lehrmethoden Schülerinnen und Schüler gleichermaßen angesprochen werden. So kommt z. B. eine Erweiterung der Fragestellung „Wie funktioniert?“ auf „Wie wirkt sich aus?“ den Mädchen entgegen und gibt Jungen die Chance auf eine erweiterte Sicht der Technik. Handlungsorientiertes und entdeckendes Lernen und Arbeiten in Teams – auch im Physikpraktikum – sind tragende Säulen des Physikunterrichts. Wichtig ist auch der Umgang mit Fehlern oder fachsprachlich nicht korrekten Ausdrucksweisen. Fehler werden in der Lernphase zwangsläufig gemacht und gehören zum Lernprozess; Fehler können als Lernchance genutzt werden. Vor allem im handlungsorientierten Unterricht, bei der Teamarbeit oder im Physik-Praktikum können die Denk- und Arbeitswege der einzelnen Schülerinnen und Schüler beobachtet werden. Auf diese Weise kann die Lehrkraft bei individuellen Problemen helfen.“

In Klasse 7 und 8 steht wie zuvor schon erwähnt zunächst nicht die mathematische Beschreibung der Naturphänomene und ihrer Gesetzmäßigkeiten im Vordergrund. Qualitativ werden meist verbal die entscheidenden physikalischen Zusammenhänge beschrieben. Die mathematische Beschreibungsweise bekommt erst ab Klasse 9 eine zunehmende Bedeutung. Am Ende der Kursstufe ist die „Hochschulreife“ mit einem entsprechenden Abstraktionsgrad erreicht.

Die zeitgemäße Physik wird bis Ende der 10. Klasse unter anderem beim Thema „Struktur der Materie“ anhand eines quantenphysikalischen Atommodells angesprochen. Die Schülerinnen und Schüler haben erst in diesem Alter die kognitive Reife, den Weg von der makroskopischen Welt zur submikroskopischen Welt gedanklich nachzuvollziehen und „Modell“ von „Wirklichkeit“ unterscheiden zu können.

Rückblickend auf den Physikunterricht der Kursstufe beschreibt ein Schüler, was für ihn im Physikunterricht wesentlich war, mit den folgenden Worten: „Ich habe mich sicherlich mit keinem Schulfach gedanklich so intensiv beschäftigt wie mit Physik. Wobei die Auseinandersetzung mit mir selbst, mein eigenes Lernen und die Weise, wie ich denke und die Welt verstehe dabei eine große Rolle gespielt haben. Die währenddessen unternommenen Anstrengungen waren definitiv eine gute Vorbereitung für das Leben danach. Die Physik kann die Welt nicht erklären, die Physik kann nur mit Bildern arbeiten, um die Welt plausibel zu machen. Dieser Satz weist auf die Wichtigkeit der physikalischen Bildsprache zum Verständnis der Phänomene hin. Und tatsächlich, je mehr man sich mit dieser Sprache innerhalb eines Themenkomplexes wie der Quantenphysik vertraut macht, desto verständlicher erscheint dieser.“

Das Denken in Analogien spielt bei diesem Prozess des Verstehens eine große Rolle, da das Neue mit bereits Erfahrenem hergeleitet und verglichen werden kann. So wird es zum Beispiel einfacher, die Funktionsweise eines Kondensators oder die Eigenschaften von Entropie zu begreifen. Durch das Kennenlernen dieser Welt-sichten trägt Physik zu einer „Auf-Klärung“ bei, indem sie von traditionellen Bildern hin zu neuen Modellen führt und uns dabei über alltägliche Illusionen aufklärt. Die daraus resultierende Offenheit, aber auch Genauigkeit beim Beobachten und Verstehen werden mich hoffentlich weiter begleiten.“

12. Fazit

Bildung muss in großen Bögen gedacht werden. Naturwissenschaftliche Bildung vom Kindergarten bis zur Hochschulreife ist kein linearer, an der Stoffsystematik orientierter Prozess. Berücksichtigt man die Entwicklung des Kindes und des Jugendlichen vom Kindergartenalter bis ins Erwachsenenalter, wird deutlich, wie wichtig primäre eigene Erlebnisse und Erfahrungen in der Realwelt sind. Diese sind einerseits Grundlage für die persönliche Entwicklung des Kindes und andererseits Ausgangspunkt jeder naturwissenschaftlichen Bildung. In der Kindergarten- und Grundschulzeit hat das sinnvolle Tun in der Natur, in der Umgebung der Kinder eine zentrale Bedeutung. Dieses Tun kann in der jeweiligen Ausdrucksweise der Kinder hinterfragt, reflektiert werden. Hierbei ist die Offenheit der „Lernbegleiter“ für das individuelle Kind von besonderer Bedeutung. Erst wenn die kognitiven Möglichkeiten des Kindes eine bestimmte Reife erlangt haben, ist eine schrittweise Einführung in das „Kulturgut Naturwissenschaft“ sinnvoll. Erst dann kann das Kind die naturwissenschaftliche Arbeitsweise, die Begriffe und Konzepte so mit seinen eigenen mentalen Strukturen in Verbindung bekommen, dass keine Parallelwelten entstehen, sondern dass, wie Wagenschein es ausdrückt, das „äußere Wissen“ mit dem „innerlich Erlebten“ zusammenwächst. Wenn der große Bogen vom Kindergarten zur Hochschulreife geschlagen wird, ist auch spürbar, wie viel Zeit eigentlich für diesen Prozess zur Verfügung steht. Diese Zeit kann erst dann sinnvoll genutzt werden, wenn der Bildungsprozess als Ganzes gesehen wird und jedem Lehrenden bewusst ist, an welcher speziellen Strecke des Wegs er mit den Kindern und Jugendlichen bei der naturwissenschaftlichen Bildung vom Kindergarten bis zur Hochschulreife er sich grade befindet.

Zum Abschluss soll noch einmal *Donata Elschenbroich* [2] zu Wort kommen, die das, was mir bei der naturwissenschaftlichen Bildung besonders am Herzen liegt, wunderbar formuliert hat: „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 ei-

nem 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 haben, wie sie zum ersten Mal vor der Menschheit stand, einer Sache so weit auf den Grund gegangen sein, wie es ging.“

Vielleicht gelingt dies auf dem hier skizzierten Weg der naturwissenschaftlichen Bildung, die die Entwicklung der heranwachsenden Kinder und ihr Einleben in die Natur, in die Welt im Blick hat. Vielleicht behalten die Heranwachsenden ihre Neugier, ihre Forscherfreude, ihre Kreativität, ihren Tatendrang. Vielleicht können sie sich dann als Erwachsene produktiv am Gestalten einer zukunftsfähigen Welt beteiligen – vielleicht auch als motivierte Ingenieure, denen es gelingt, neue Lösungen für unsere die Probleme zu finden. ■

Literatur

- [1] Reinhard Kahl: *Tanz der Elektronen – ein Forschercamp*; Film
- [2] Donata Elschenbroich: „Weltwunder - Kinder als Naturforscher“, 2007 Wilhelm Goldmann Verlag
- [3] GEO 08/August 2010
- [4] Gerd E. Schäfer et al.: *Natur als Werkstatt*; Verlag das Netz Berlin 2009
- [5] Gerd E. Schäfer: *Lernen im Lebenslauf - Studie für den Landtag Nordrhein-Westfalen 2008*
- [6] Ernst Peter Fischer: *Die andere Bildung*; Ullsteinverlag 2003
- [7] Remo H. Largo: *Kinderjahre*; Piper München 2009
- [8] Leonard Sax: *Jungs im Abseits*; Kösel 2007
- [9] Bildungsplan Baden-Württemberg Gymnasien, Physik: www.bildungsstandards-bw.de
- [10] Dieter Plappert: *Der Energiebegriff; Praxis der Naturwissenschaft 6/55. Jg. 2006*
- [11] Dieter Plappert: *Umsetzungsbeispiele zu den Bildungsstandards Physik, Ph 41 Einführung in die Akustik und Optik – Zur Einführung physikalischer Größen*; Landesinstitut für Schulentwicklung, Rotebühlstr. 131, 70197 Stuttgart, Fax: 0711/6642-102
- [12] Dieter Plappert: „Vom Können zum Wissen – statt nur Wissen ohne Können“ zum Beitrag der Jugendfarmen und Aktivspielplätze für die Bildung zur nachhaltigen Entwicklung in einem zeitgemäßen Bildungssystem; *Offene Spielräume 4/2010*
- [13] www.kunzenhof.de

Anschrift des Verfassers

Prof. Dieter Plappert, Staatliches Seminar für Didaktik und Lehrerbildung Freiburg (Abteilung Gymnasien), Oltmannsstraße 22 79100 Freiburg
E-Mail: post@plappert-freiburg.de