

Physik-Experimentierstationen im Gang vor den Physikräumen

Ein Weg zur Förderung von Kreativitätsprozessen und Entwicklung von schulischer Qualität

Jürgen Miericke

Hardenberg-Gymnasium Fürth
Kaiserstraße 92, 90763 Fürth
e-mail: miericke@odn.de

Begründung

Wir leben im Medienzeitalter, d.h. wir werden mit einer Flut von Informationen überschwemmt, die uns gelegentlich nahezu aufgezwungen werden. Selbst Erwachsenen mit langjähriger Erfahrung fällt es zunehmend schwerer, die sich schnell verändernden Erscheinungen in der Umwelt zu erkennen, zu ordnen, zu begreifen und auch noch zu bewerten. "In einer Zeit, in der alles möglich scheint, in der selbst das absurdeste Versprechen nur noch selten hinterfragt wird, kann besonders bei Heranwachsenden, die sich in übertriebener und einseitiger Art und Weise mit einer Welt des Scheins, der "virtuel reality", der Simulation und Stimulation auseinandersetzen, die Gefahr entstehen, dass sie sich zu unfreien Menschen entwickeln, weil sie nicht mehr in der Lage sind, sich selbstständig die Welt zu erschließen, eigene Erfahrungen zu reflektieren, zu bewerten und eigenverantwortliche Entscheidungen zu treffen" (vgl. z.B. [1 bis 5]).

Unumstritten ist, dass die Fähigkeit, Erscheinungen in der Umwelt wahrzunehmen, zu ordnen, zu begreifen und als Erfahrungsgrundlage zu speichern, erst entwickelt werden muss. Ebenso unumstritten ist die Tatsache, dass ein junger Mensch nur in den Fällen objektiv denken lernen kann, wenn ihm die Erkenntnisgegenstände unmittelbar zur Verfügung stehen. Das Wahrnehmen mit den eigenen Sinnen, das Begreifen durch konkrete Handlungen, die man unterbrechen, wiederholen und sogar verändern kann, bieten die Möglichkeit, die Strukturen rationalen Denkens anzulegen und zu fördern. Auf dem Fundament eines zuverlässigen Erfahrungsschatzes lässt sich damit auch eine tragfähige Weltansicht aufbauen.

Schulen haben die zentrale Aufgabe, den Schülern dabei zu helfen, zu einer eigenen von der Rationalität geleiteten Wirklichkeit zu kommen. Schulen sollen dazu beitragen, dass aus Jugendlichen sich selbst bestimmende Erwachsene werden.

Besonders Physik als grundlegende Naturwissenschaft bietet viele Möglichkeiten, diesen Bildungsauftrag zu erfüllen. Zur Zeit ist jedoch das Schulfach Physik damit überfordert. Die Rahmenbedingungen für den Physikunterricht - viele Lerninhalte mit zum Teil hoher Komplexität, insgesamt zu wenig Zeit, physikalisch denken zu lernen, große Lerngruppen, betont mathematische Zielsetzungen bei den Physiklehrern - haben dazu geführt, dass viele Schüler vorwiegend physikalische Formeln und Begriffe lernen, ohne einen Bezug zur Wirklichkeit herstellen zu können. Physik ist vielfach zu einem Fach entartet, das mit Natur nur noch wenig zu tun hat. Auf viele Schüler wirkt Physik wie eine tote, lebensferne und schwere Fremdsprache und das Wesentliche wird von ihnen selten erkannt. Es ist eine Tatsache, dass Schüler zunehmend Schwierigkeiten haben, Einflüsse und Größenordnungen abzuschätzen, Ursache und Wirkung auseinander zu halten. Kreative Problemlösungen werden dadurch fast unmöglich [3].

Physik-Experimentierstationen im Gang vor den Physikräumen sollen dagegen die bewusste Wahrnehmungsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler schärfen! Mit den dort

durchführbaren einfachen Experimenten sollen Phänomene aus Natur und Technik unmittelbar und hautnah erfahrbar werden. Hier kann die Erkenntnis, dass leichter begriffen wird, was auch ergriffen wurde bzw. ergriffen werden kann, immer wieder nutzbar gemacht und überprüft werden.

In vielen Ländern der Welt gibt es schon solche "Museen der Erfahrung", die "Physik zum Anfassen" bieten. Auch in Deutschland gibt es solche Einrichtungen wie z.B. das "Deutsche Museum" in München, die "Phänomenta" in Flensburg oder auch seit einigen Jahren das "Erfahrungsfeld der Sinne" in Nürnberg. Die Experimentierstationen der Phänomenta in Flensburg halte ich für besonders gut, da sie eigenes Experimentieren ermöglichen. Besucher können dort nicht nur etwas sehen, sondern vor allem etwas tun [4]. Die wahrgenommenen physikalischen Phänomene regen an zu einem interaktiven Lernen, zum Staunen, Verharren, Nachdenken und zum Austausch der Gedanken im Gespräch mit anderen. Es besteht häufig die Möglichkeit, in den Ablauf der Experimente einzugreifen. Einige Stationen können nur zu zweit oder zu mehreren erlebt werden. Auch wird dabei die soziale Kompetenz gefördert. In gemeinsamen Gesprächen können die eigenen Gedanken geordnet, eigene Fragen beantwortet werden, es kann begriffen werden, es kann ein Licht aufgehen: "Aha, so ist es also!" [5].

Entstehung der Experimentier-Stationen am Hardenberg-Gymnasium

Vor ca. 5 Jahren erlebte ich während der 58. Physikertagung in Hamburg zum ersten Mal eine eindrucksvolle Auswahl von "Experimenten zum Anfassen", die zum Erfahrungsfeld mit dem Namen "Phänomenta" gehörten. Einige Stationen, die mich selbst begeisterten, wollte ich unbedingt nachbauen und soweit möglich, im Gang vor den Physikräumen aufstellen.

Auswahl

Die Entscheidung für die ersten Stationen wurde mehr aus pragmatischen als aus fundierten lernpsychologischen Überlegungen heraus getroffen. Folgende Fragen standen im Vordergrund: Sind die physikalischen Phänomene interessant für Schüler? Ist das benötigte Material ohne Schwierigkeiten zu erhalten? Erfordert der Bau besondere handwerkliche Spezialkenntnisse? Lassen sich die Stationen gemeinsam mit Schülern an zwei Vormittagen zusammenbauen? Liegen die Materialkosten in einem verträglichen Rahmen? Sind die Stationen robust genug, damit sie unbeaufsichtigt im Gang ausgestellt werden können?

Diese Auswahlkriterien spielten auch bei der Auswahl aller weiteren Stationen eine wichtige Rolle. Zusätzlich wurde überlegt, ob die neue Experimentierstation die Sinne schulen soll, von ästhetischer Qualität sein soll, die Täuschung von Wahrnehmungen aufzeigen soll oder die Beschäftigung mit einem physikalischen Phänomen im engeren Sinn erlauben soll.

Planungen

Einige der Experimentierstationen findet man in fast allen Science-Zentren, die meisten Objekte stehen jedoch in der PHÄNOMENTA in Flensburg. Mithilfe von Veröffentlichungen und eigenen Fotos wurde die jeweilige Konstruktion so geplant, dass der direkte Umgang mit einzelnen Teilen des Aufbaus möglich ist. An einigen Stationen sollten auch Einflussgrößen unmittelbar verändert und auf die entsprechenden Auswirkungen geachtet werden. Beobachtete Zeiten, Kräfte, Strecken usw. sollten Größenordnungen haben, die der menschlichen Wahrnehmung direkt zugänglich sind. Schwingungen und

andere Versuchsabläufe dauern z.B. bis zu einigen Sekunden, Strecken liegen im Meterbereich. Die Größe der Stationen sollte selbst etwa menschlichen Maßstäben entsprechen. Exakte Pläne wurden vorher nur vereinzelt angefertigt, da sich beim Bau der ersten Stationen herausgestellt hatte, dass während der Konstruktionsphase mehrfach Änderungen notwendig wurden. Eine Grobplanung erfolgte jedoch immer, da die notwendigen Materialien vorher besorgt werden mussten. Leider fehlte nach Abschluß der Bauphase die Zeit und besonders auch die Motivation, genaue Baupläne für die einzelnen Stationen anzufertigen, weshalb zur Zeit auch keine Nachbaupläne existieren. Vielleicht finden sich in Zukunft einige Schüler, die Pläne mit Baubeschreibungen von den Experimentierstationen erstellen?

Es ist jedoch von Vorteil, wenn vor dem Bau keine exakten Pläne vorliegen: Zum Einen werden die Teilnehmer der verschiedenen Arbeitsgruppen "gezwungen", bei auftretenden Problemen selbstgesteuert kreativ zu werden. Dadurch wurden zum Teil originelle Lösungen gefunden, nicht nur intuitiv, sondern manchmal auch mit erstaunlichem Spezialwissen begründet. Zum Anderen wurden erst während der Herstellungsphase interessante Änderungsvorschläge zu den bildlichen Vorlageobjekten verwirklicht, die beim pedantischen Nachbau keine Berücksichtigung gefunden hätten. Je weniger detailliert die Planung vorgegeben war, desto deutlicher konnten kreative Prozesse beobachtet werden. Gleichzeitig bestand die dringende Notwendigkeit, sich auf bestimmte Vorgehensweisen zu einigen. Kommunikative und soziale Fähigkeiten wurden so gefördert. Die Übernahme der Selbstverantwortung für das Ergebnis führte fast immer zu einer Motivation, sich voll einzusetzen, d.h. Fleiß und Ausdauer zu zeigen.

Konstrukteure

In allen Science-Zentren und Erfahrungsfeldern wurden und werden die Exponate von eigenen qualifizierten Fachleuten entwickelt, in eigenen Werkstätten gebaut und betriebsbereit gehalten. Am Hardenberg-Gymnasium wurden die Stationen von Schülerinnen und Schülern aus den Jahrgangsstufen 5 bis 13 unter der Mithilfe und Anleitung von Studienreferendaren und von mir konstruiert. Die Schülerzahl betrug 10 bis 15. Im Durchschnitt waren doppelt so viele Jungen wie Mädchen engagiert. Die Meldung zur Teilnahme an den Projekten erfolgte freiwillig.

Materialien

Das wichtigste Material für fast alle Experimentierstationen ist Holz. Es wird sowohl für stützende Elemente als auch für Funktionsteile verwendet. Holz hat gegenüber anderen Materialien den Vorteil, dass es sich sehr leicht bearbeiten lässt, relativ stabil ist und zusätzlich eine ästhetisch beruhigende Wirkung hat. Bevorzugt wurde Kiefernholz verwendet, für größere Platten das billigere Fichtenholz. In einer Werkstatt konnten die Holzteile entweder mit Maschinen zum Sägen, Bohren und Schleifen, oder auch in Handarbeit bearbeitet werden. Notwendige Metall- oder Kunststoffteile wurden ebenfalls mit vorhandenem Werkzeug in einer kleinen Werkstatt bearbeitet. An einer kleinen Drehbank konnten Schüler und Referendare komplexere Spezialteile herstellen. Viele der verwendeten Materialien wurden günstig in Baumärkten oder Elektronikfachgeschäften gekauft. Besondere Geräte wurden teilweise von Firmen gespendet.

Konstruktionen

Viele der Stationen sollten an 2 Vormittagen entstehen. Daher mussten die einzelnen Arbeitsschritte zeitlich sehr gut abgestimmt sein. In den einzelnen Arbeitsgruppen bildeten sich für die verschiedenen Teilaufgaben Untergruppen, in denen meistens zu

zweit gearbeitet wurde. Die Erfahrung hat gezeigt, dass es günstig ist, wenn in einer Gruppe 2 bis 6 Schülerinnen und Schüler unter der Aufsicht eines Referendars oder Lehrers arbeiten, je nach Komplexität des Objektes. Nur mit dieser Arbeitsteilung lassen sich die notwendigen Aufgaben in der begrenzten Zeit durchführen. In den Gruppen entwickelt sich in natürlicher Weise ein auffälliger Teamgeist. Alle spüren, dass das Gelingen der Gesamtaufgabe von jedem Einzelnen abhängt. Gibt es in einer Gruppe Schwierigkeiten, wird von anderen Gruppen geholfen. Bei der Auswahl der Objekte muss daher unbedingt darauf geachtet werden, dass die gewählte Aufgabe - Herstellung und Ausstellung einer Experimentierstation - auch tatsächlich in der zur Verfügung stehenden Zeit verwirklicht werden kann.

Finanzierung

Die Schulleitung hat von Anfang an das Anliegen des Projektes unterstützt. Normalerweise hat jedoch eine Schule - so auch das Hardenberg-Gymnasium - keinen Etat, aus dem das nicht immer billige Material für solche Experimentierobjekte finanziert werden könnte. Der Fachbereich Physik konnte jedoch vor ca. 4 Jahren den Elternbeirat vom Sinn der Experimentierstationen überzeugen und erhielt die grundsätzliche Zusage, dass die Materialkosten (bisher ca. 5000 DM) weitestgehend übernommen würden. Auch der Verein der Förderer des Gymnasiums und der Sachaufwandsträger beteiligten sich an den Unkosten. Zusätzlich wurden viele Möglichkeiten genutzt, Sachspenden von Firmen zu erhalten.

Die Experimentier-Stationen im Gang

Folgende Experimentierstationen wurden bisher gebaut und zum größten Teil auch im Gang vor den Physik-Fachräumen ausgestellt:

- **Reaktionstest mit zwei Fallstäben**
- **Ring-Kanone nach Thomson**
- **Gekoppelte Pendel**
- **Stabile Kettenlinie**
- **Unendlichkeitsspiegel**
- **Auge im Kegel**
- **Der leichtere Körper fällt schneller!???**
- **Schwebender Ball**
- **Spiegelzeichner**
- **Unrundes Rad**
- **Wellenspiegel**
- **Paukenschlag löscht Kerze**
- **Stabiler schiefer Turm**
- **Richtungshören**
- **Hörrohre**
- **Plasmakugel**
- **Mitdrehender Kopf**
- **Magnetisches Schweben durch Induktion**
- **Magnetisches Schweben mit Permanentmagneten**
- **Die Türme von Hanoi**

Die folgenden Bilderseiten zeigen eine Auswahl der ausgestellten Stationen. Fotos fast aller Stationen sind auf der Homepage des Hardenberg-Gymnasiums Fürth (<http://www.hardenberg-gymnasium.de>) zusammen mit den entsprechenden Kurzbeschreibungen dargestellt.

Erfahrungen durch Schülerbeobachtungen

Die Schülerinnen und Schüler am Hardenberg-Gymnasium haben - im Unterschied zum Museumsbesuch - immer wieder die Möglichkeit, sich mit den im Gang ausgestellten Objekten auseinander zu setzen. Dies ist jedoch nur möglich, weil die Gänge des im Jahr 1912 großzügig gebauten Schulgebäudes sehr breit sind und viel Platz bieten. Die normalen Experimentierzeiten sind die Wartezeiten zwischen den Unterrichtsstunden, die zwei Vormittagspausen und auch die längere Mittagspause.

Bei neu aufgestellten Experimentierstationen wurde in der Vergangenheit nur selten zielgerichtet vorgegangen. Beim Vorbeischlendern wurde das Experiment in Gang gesetzt und oft nur spielerisch ausgekundschaftet, welche Möglichkeiten die Station bietet. Die neben den Stationen befestigten Schilder mit knappen erläuternden Texten wurden nicht gelesen. Durch die andauernde Präsenz der Stationen beschäftigte sich jedoch fast jeder Schüler - es wurden auch schon Kollegen aus anderen Fachschaften beobachtet - irgendwann intensiver und zielgerichteter mit den Phänomenen und den Möglichkeiten der Veränderung von Parametern. Sicher gibt es auch Schülerinnen und Schüler, bei denen nach mehrfacher Auseinandersetzung mit den Stationen das Interesse nachgelassen hat. Anderen macht es anscheinend auch längerfristig mehr Spaß, an bestimmten "Lieblingsstationen" tätig zu sein, als passiv darauf zu warten, dass der Physiksaal betreten werden kann. Zudem werden an einigen Stationen für ein gutes Gelingen der Experimente besondere Fertigkeiten benötigt, die sich nur durch ein häufiges Wiederholen einstellen können.

Obwohl die Stationen in der Regel unbeaufsichtigt sind, wurden bisher keine mutwilligen Zerstörungen beobachtet. Reparaturen waren aufgrund normaler Abnutzungerscheinungen notwendig. Vielleicht liegt es daran, dass die meisten Schüler wissen, dass die Stationen unter der Mitwirkung von vielen Mitschülern gebaut wurden.

Besonders interessant ist das Verhalten von Schülern, die noch keinen Physikunterricht haben, also Schülern der 5. bis 7. Klasse. Zuerst betrachten sie die Experimente nur als Spielzeug, bei dem sich etwas verändern lässt und die Wirkung beobachtet werden kann. Da die Wirkung an vielen Stationen einerseits so neu ist, dass eine Erklärung nicht selbst gegeben werden kann, andererseits doch schon Bekanntes enthält, äußert sich dies in einem Staunen, in einem "sich wundern". Durch das Experimentieren - gezieltes Spielen an den Objekten - finden sie für sich selbst elementare, vor-formale Erklärungen, die die Grundlage für ein späteres vertieftes formales Verstehen und Lernen bilden können.

Welche Wirkung die Auseinandersetzung der Schüler mit den physikalischen Phänomenen der Experimentierstationen auf die Akzeptanz des Physikunterrichts hat, wurde bisher nicht untersucht, lässt sich wahrscheinlich auch nur schwer belegen. Auf alle Fälle kann man im Physikunterricht bei bestimmten Lerninhalten des Lehrplans auf die an den Stationen gemachten Erfahrungen Bezug nehmen. Schließlich haben alle Schüler die Möglichkeit, an den Stationen unmittelbar zu erfahren, dass die Beschäftigung mit physikalischen Fragestellungen auch Freude bereiten kann.

Beitrag zur Entwicklung von Schulqualität

Eltern und auch Lehrer wollen eine Schule, in der sich die Kinder zu Persönlichkeiten mit möglichst großer Sachkompetenz und auch positiven menschlichen Qualitäten entwickeln können. Begriffe wie Schuleffektivität, Schulproduktivität und auch Schulqualität sind zur Zeit in Mode, wenn die innere Schulentwicklung von außen her beschrieben wird.

Es gibt viele Möglichkeiten, im und auch außerhalb des Unterrichts erfolgreich an einer Schule zu arbeiten und unterschiedlichste Beiträge zur Qualität der Schule beizusteuern. Das ständige Projekt "Planung, Bau und Ausstellung von Experimentierstationen" stellt mit Sicherheit einen Beitrag zur Entwicklung von Schulqualität dar. Schüler, Referendare und Lehrer engagieren sich dabei außerhalb des Unterrichts an einer gemeinsamen Sache. Die ausgestellten Objekte können ständig von allen benützt werden und finden dadurch auch Wertschätzung und Anerkennung. Sie sind etwas Besonderes an der eigenen Schule, an anderen Schulen gibt es so was nicht. Wenn dann sogar ein Filmteam 2 Stunden lang Aufnahmen von Schülern macht, die an den Stationen experimentieren, und einige Wochen später im Fernsehen ein 15-minütiger Beitrag gesendet wird, entwickelt sich bei Schülern eine Identifikation, vielleicht sogar etwas Stolz, mit ihrem Gymnasium. So hat vor Kurzem eine Gruppe von Schülern freiwillig, selbständig und sehr sorgfältig einen großen Teil der Experimentierstationen in der Homepage des Gymnasiums präsentiert (<http://www.hardenberg-gymnasium.de>).

Ausblick

Der Gang vor den Physikräumen am Hardenberg-Gymnasium hat noch Platz für ca. 10 zusätzliche Stationen, die von Schülern und Referendaren in den nächsten Jahren gebaut und aufgestellt werden können. Einige Exponate werden vielleicht ausgewechselt oder in veränderter Form neu konstruiert.

Vielleicht lassen sich auch in Zukunft immer wieder neue Schülerjahrgänge dafür interessieren, einen kleinen Teil der realen Welt an den Stationen mit ihren Sinnen zu erkennen.

Literatur

- [1] Fiesser, L.: Anstiften zum Denken - die Phänomenta. Bericht über ein Forschungsprojekt, Flensburg, 1990
- [2] Wagenschein, M.: Die pädagogische Dimension der Physik. Westermann Verlag, Braunschweig 1976
- [3] Fiesser, L., Homfeldt, H.G.: Phänomenta - Physik und Technik erleben und begreifen. Sonderdruck aus: Pädagogisches Forum, Heft 2, Juni 1992, Schneider Verlag Hohengehren GmbH
- [4] Kiupel, M.: Physik lernen im Science-Zentrum? Vor-formales Lernen als Grundlage für den Physikunterricht. Physik in der Schule 36 (1998) 6, 217-220
- [5] Fiesser, L.: Phänomenta - durch Physik denken lernen? Sonderdruck aus "Physikalische Blätter" 50 (1994) Nr. 7/8, 678-680