

Hands- on, Low- cost, Freihand – Experimente zwischen Alltag und Physikunterricht¹

H. Joachim Schlichting Institut für Didaktik der Physik WWU Münster

*Die klugen Menschen suchen sich selbst die Erfahrungen aus,
die sie zu machen wünschen.*

Aldous Huxley

Freihandversuche sind i.a. einfach durchzuführen, verblüffen, verführen zum Nachahmen und haben nicht selten den Reiz von Zauberkunststücken. Ihre Stärke liegt in ihrem Stegreifcharakter, der nahezu universellen Verfügbarkeit, der geringen Kosten und der Tatsache, daß – anders als bei Versuchen mit physikalischen Geräten – ihnen der physikalische Aspekt erst einmal abgerungen werden muß. Sie eignen sich daher vorzüglich zur Erarbeitung physikalischer Ideen. Ihr Schwerpunkt liegt im Qualitativen.

Am Rande einer Lehrerfortbildungsveranstaltung beim Mittagessen zwischen Hauptgang und Dessert nutzte ein Kollege die kurze Zeitspanne, um die Tischnachbarn mit einer ebenso einfachen wie frappierenden Vorführung zu



Bild 1: Gelingt es, die Streichholzschachtel aufzurichten?

beeindrucken. Er forderte uns auf, eine leere Streichholzschachtel, die etwas über die Tischkante hinausragte, mit einem Finger anzuheben und aufzurichten, so wie er es ohne besondere Anstrengung vormachte. Obwohl wir äu-

ßerste Geschicklichkeit aufzubieten versuchten, gelang es keinem von uns. Die Schachtel kippte stets vornüber.

Die "Lösung" (siehe unten) stand in ihrer Einfachheit der Durchführung des Versuchs in nichts nach. Dadurch wurde jedoch die Wirkung des Phänomens nicht geschmälert. Das Frappierende lag vielmehr in der Leichtigkeit, mit der hier ein alltäglicher Gegenstand so inszeniert wurde, dass sich die Betrachter mit einem physikalischen Problem konfrontiert sahen (Weitere Freihandversuche zu Streichhölzern und –schachteln siehe [1]).

Versuch einer Begriffsbestimmung

Obwohl der Versuch mit der kippenden Streichholzschachtel auf den ersten Blick wohl eher als kurzweilige Belustigung angesehen wird, ist er bei näherem Hinsehen ein typisches Freihandexperiment: Ein Alltagsgegenstand wird ohne aufwendige Versuchsvorbereitung zur Demonstration eines physikalischen Zusammenhanges herangezogen. Ein Freihandversuch gelingt also gewissermaßen *frei aus der Hand* und ist wegen der Verfügbarkeit der Materialien über den Physikraum hinaus leicht *zur Hand*. Im englischen Sprachraum ist die Bezeichnung *hands-on-* experiment verbreitet, womit vor allem der Gegensatz zu virtuellen Versuchen in Form von Gedankenexperimenten, Computersimulationen und zu der an Idealgestalten der Physik orientierten Raffinesse des Versuchs betont werden soll: Ein Versuch *zum Anfassen*, den – im Unterschied zu klassischen Laborversuchen – auch Schülerinnen und Schüler *handhaben* können.

Die Alltagsgegenstände, mit denen Freihandversuche durchgeführt werden, sind in den meisten Fällen nicht nur leicht zu beschaffen, weil sie weit verbreitet sind, sondern auch kostengünstig. Man denke nur an die kaum noch zu überschauende Vielfalt von Einwegartikeln, Verpackungs- und Verbrauchsmaterialien, die hinsichtlich der unter-

¹ Erschienen in: Physik in der Schule 38/4 (2000), S. 255- 259

schiedlichsten Materialeigenschaften (Dichte, Flexibilität, Transparenz, Farbe und anderer optischer Eigenschaften, Oberflächenbeschaffenheit, Wärmeleitfähigkeit...) und Form, ein großes Spektrum an Verwendungsmöglichkeiten bietet. Oft genügen geringste Manipulationen, um erstaunliche Effekte hervorzubringen (Bild 2).

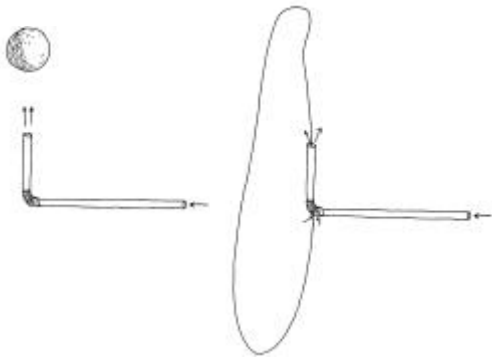


Bild 2: Mit einem Trinkhalm kann man eine Styroporkugel zum Schweben und einen Faden zum Rotieren bringen.

Wegen der niedrigen Kosten dieser Versuchsmaterialien hat sich auch die Bezeichnung *low-cost* – Experimente eingebürgert. Aber selbst wenn – wie etwa im Falle der Benutzung eines Staubsaugers oder eines Dampftopfes wertvollere Objekte im Spiel sind, kann von *low-cost* gesprochen werden, weil die Objekte hinterher für ihren eigentlichen Zweck weiter verwendet werden können.

Da die *low-cost* Materialien oft *high-tech*-Produkte sind, bieten sie einerseits die Möglichkeit, schon aus dem letzten Jahrhundert bekannte, klassische Freihandversuche so zu optimieren, dass der beabsichtigte Effekt noch deutlicher hervorgebracht werden kann. Man denke etwa an die Ersetzung von Kork durch Styropor oder Blech durch Kunststoff. Hinzu kommt, dass durch zahlreiche aktuelle *high-tech*-Materialien, physikalische und technische Zusammenhänge für Freihandversuche erschlossen werden können, die bislang überhaupt nicht oder nur durch mehr oder weniger aufwendige Apparaturen zugänglich waren [5]² (siehe Bild 2). Schließlich sollte nicht unterschätzt werden, wie wichtig es ist, dass die Schülerinnen und Schüler mit den modernen Materialien und Produkten vertraut sind. Diese Vertrautheit mit den Materialien, die nichts, was man nicht schon wüßte oder leicht durchschauen könnte, erwartet läßt, kann den Ü-

² Die Bedeutung des *low-cost*-Aspektes von Freihandversuchen verdankt sich übrigens ursprünglich der Möglichkeit, auf diese Weise etwa in Entwicklungsländern erschwingliche physikalische Experimentiermaterialien zugänglich zu machen. Der bald darauf erkannte "Eigenwert" der *low-cost* – Versuche hat diesen Aspekt inzwischen in den Hintergrund treten lassen.

berraschungseffekt und die Verblüffung angesichts eines Versuchsausgangs noch verstärken und das Bedürfnis nach einer unmittelbaren Aufklärung herausfordern.

Der *low-cost* und *hands-on* – Aspekt läßt sich so gut wie bei allen hier gemeinten Versuchen ausmachen. Demgegenüber, können die Anforderungen im Hinblick auf das experimentelle und *manuelle* Geschick manchmal erheblich sein. Der *freihand*- Aspekt liegt in diesen Fällen



Bild 3: Ein Elektromotor nur aus Draht. nicht gerade auf der Hand. Hinzu kommt, dass die Vorbereitung des Versuchs manchmal umfangreiche Bastelarbeiten erfordert. Man denke etwa an einen lediglich aus Büroklammer und Kupferdraht hergestellten Elektromotor (Bild 3). Von der *Freihändigkeit* bleibt in diesen Fällen allenfalls die Alltäglichkeit und Schlichtheit des Materials, die Überschaubarkeit der Konstruktion sowie die Einfachheit der Durchführung des eigentlichen Versuchs³.

Freihandversuche und physikalisches Spielzeug

Die Nähe von Freihandversuchen zu physikalischem Spielzeug [3] ergibt sich zunächst aus der Tatsache, daß das spielerische Element, die Überraschung und die Geschicklichkeit bei der Durchführung in beiden Fällen von Bedeutung sind. Außerdem lassen sich zahlreiche Spielzeuge, die man kaufen kann, auch durch wenige Handgriffe herstellen. Der Freihandaspekt bezieht sich dann weniger auf den Ablauf des Versuchs als auf die Herstellungsprozedur, bei der physikalisches Wissen zur Anwendung kommt oder physikalische Einsicht gewonnen wird. Man denke etwa an den aus einer Büroklammer zurechtgebo-

³ Die Allgemeine Problematik physikalischer Schulversuche, zu der auch die Freihandversuche zählen, ist ausführlich in [12] dargestellt.

nen Kreisel [4]. Umgekehrt eignen sich (physikalische) Spielzeuge fast immer zu Freihandversuchen. Besonders dann, wenn das Spielzeug aufgrund seiner konstruktiven Komplexität nicht oder nur mit erheblichen Aufwand selbst hergestellt werden kann, wird man das fertige Spielzeug einsetzen. Aber noch eine andere Beziehung zwischen Spielzeug und Freihandversuchen ist von Bedeutung. Wie andere Alltagsgegenstände wird auch Spielzeug nicht eigens für physikalische Versuche gemacht. Hier wie dort muß den Gegenständen der physikalische Aspekt erst einmal abgerungen werden, eine unterrichtliche Aktivität, deren Bedeutung im Hinblick auf die Übertragung der physikalischen Kenntnisse auf nichtphysikalische Zusammenhänge nicht unterschätzt werden sollte.

Freihandversuche gestern und heute

Freihandversuche haben eine lange Tradition außerhalb des Physikunterrichts [6]. In Form von öffentlich vorgeführten Zauberkunststücken oder Beschreibungen in Büchern über "Natürliche Magie" [7] zogen sie das mehr an der Zauberei orientierte Interesse der Öffentlichkeit auf sich. Die Nutzung der Versuche für den Physikunterricht in Deutschland ist Ende des 19. Jahrhunderts systematisch vor allem von Bernhard Schwalbe verfolgt worden, von dem auch der Begriff "Freihandversuch" stammt. Seine umfangreiche Sammlung wurde später von Hermann Hahn in einer dreibändigen Ausgabe publiziert [8], die in der Folgezeit als eine Art "Steinbruch" für spätere Publikationen diente. Freihandversuche gehören seitdem zum ständigen Repertoire von Buchpublikationen für Kinder und Jugendliche. Der Markt ist sehr groß aber leider auch kurzlebig, so dass es schwierig ist, etwas längerfristige Empfehlungen zu geben und einen einigermaßen repräsentativen Überblick zu gewinnen. Unterrichtsbezogene Freihandversuche finden in jüngster Zeit erneut besondere Aufmerksamkeit (siehe z.B.: [9] - [11]).

Was macht die Freihandversuche auch in einer Zeit, da zumindest in den reichen Ländern fast alle apparativen, technischen und multimedialen Möglichkeiten zur Verfügung stehen, so attraktiv für den Physikunterricht? Worin liegen die besonderen Stärken der Freihandversuche etwa gegenüber den traditionellen Experimenten, die uns durch die Lehrmittelindustrie zur Verfügung gestellt werden?

Freihandversuche helfen, Alltägliches physikalisch zu hinterfragen

Vertraute Gegenstände des Alltags werden normalerweise fraglos akzeptiert. Man erwartet von ihnen nichts Weltbewegendes, nicht Neues. Dem Alltäglichen, Bekannten wird daher in der Regel keine besondere Aufmerksamkeit entgegengebracht. So gesehen müßte man sich über das Interesse der Schülerinnen und Schüler an Freihandversu-

chen zunächst wundern. Aber bei genauerer Betrachtung wird klar, dass die Freihandversuche ihre Wirkung gerade nicht der Alltäglichkeit und Vertrautheit des Gegenstandes bzw. der Situation verdanken, sondern vielmehr dem Kontrast zwischen der Alltäglichkeit und dem unerwarteten, überraschenden Versuchsausgang: Man glaubte den Gegenstand zu kennen, man traute ihm diesen Effekt nicht zu. Sollte man sich getäuscht haben? Sollten unter der gewohnten Oberfläche der Alltagsgegenstände Geheimnisse verborgen sein, die es zu lüften gilt? Jedenfalls sind Schülerinnen und Schüler unserer Erfahrung nach verhältnismäßig stark motiviert, dem Rätsel nachzugehen. Anders als bei den zum Teil Ehrfurcht gebietenden technisch aufwendigen Standardversuchen des Physikunterrichts, denen fast alles zugetraut wird (Schüleraussage: Mit Technik kann man doch alles machen [12].), glaubt man es mit Gegenständen, die man kennt und zu durchschauen vermeint, aufnehmen zu können und ihrem merkwürdigen Verhalten schon auf die Spur zu kommen. Diese Anfangsmotivation kann im Unterricht genutzt werden und erweist sich oft auch dann noch als tragfähig, wenn die Fragestellung im Rahmen des Unterrichtsgesprächs bereits physikalisch geworden ist. Freihandversuche sind so gesehen in der Lage, das von Eugen Gombrich beobachtete: *Wie schnell doch das Wunder von gestern in den Alltag von heute verschwindet!* wieder rückgängig zu machen.

Konkret: Das eingangs geschilderte ungewöhnliche Verhalten der gewöhnlichen Streichholzsachtel kann etwa zu folgender physikalischen Beschreibung führen: Um die Streichholzsachtel in die aufrechte Lage zu schieben, muß man ihr über die vordere Kante hinweghelfen, in der der Schwerpunkt die höchste Lage und die Sachtel den Zustand maximaler potentieller Energie angenommen hat. Es genügt, sie in diesem Moment loszulassen, da der Schwerpunkt wieder sinkt und sich anschickt, von selbst in eine (wenigstens lokal) stabile Lage überzugehen. Aufgrund der Trägheit schießt sie jedoch über das Ziel hinaus und fällt, bzw. geht in das absolute Minimum der potentiellen Energie über, wobei die Energie, die ihr beim Anheben übertragen wurde, beim Aufprall dissipiert wird. Sie tut dies zwangsläufig, weil der Schwerpunkt aufgrund der Lage des Einschubs bereits dicht an der hinteren Kante liegt. Es gibt also rein physikalisch gar keine andere Chance. Aus dem ursprünglichen Rätsel wird naturgesetzliche Notwendigkeit.

Der Vorführende hatte seine Zuschauer getäuscht, indem er ihnen die Änderung der Anfangsbedingungen durch die Veränderung der Lage des Einschubs auf geschickte Weise vorenthalten hatte. So ging man irrtümlicherweise in beiden Fällen von denselben Anfangsbedingungen aus und erwartete mit Recht dasselbe Verhalten.

Die Schwierigkeit von der lebensweltlichen zur physikalischen Problemstellung und schließlich Problemlösung überzugehen, sollte nicht unterschätzt werden. Von sich aus haben die Schülerinnen und Schüler normalerweise nicht den Wunsch, noch weiter über das Problem nachzudenken und zu diskutieren, nachdem ihnen die Veränderung der Lage des Einschubs klargeworden ist [12]. Sie glauben, damit das Problem verstanden und gelöst zu haben. Auf einer globaleren Ebene haben sie es auch, indem ihnen klargeworden ist, dass der Asymmetrie des Versuchsausgangs eine Asymmetrie in den Anfangsbedingungen entspricht. Es soll hier unerörtert bleiben, inwieweit diese Sehweise, die letztlich auf den erst von Leibniz ins wissenschaftliche Bewußtsein gehobenen Satz vom zureichenden Grund zurückgeht, bereits als physikalisch angesehen werden kann. Wenn er es denn sein sollte, muß man davon ausgehen, dass unser Alltagsdenken in dieser Hinsicht bereits physikalisch geprägt ist. Dieses Erklärungs-niveau ist aber noch weit davon entfernt, einer konkreten physikalischen Argumentation gerecht zu

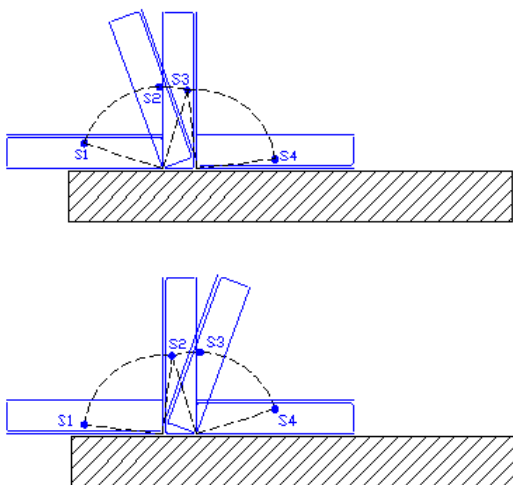


Bild 4: Im oberen Fall fällt die Schachtel, im unteren bleibt sie liegen. Die gestrichelte Bahn zeigt, dass der Schwerpunkt im unteren Fall stärker angehoben werden muß und die Schachtel damit stabiler ist als im unteren Fall.

physikalischen Argumentation gerecht zu werden. Hier kommt es sehr stark auf das Geschick des Lehrenden an, das Interesse der Schülerinnen und Schüler an einen konkreten "Beweis" dessen, was sie bisher nur gefühlsmäßig erahnen, zu wecken und das Verhalten in beiden Fällen – etwa wie oben angedeutet - auf der Grundlage physikalischer Prinzipien zu beschreiben.

Diese grundsätzlich nicht zu entgehende Schwierigkeit des Übergangs von der lebensweltlichen zur physikalischen Sehweise wird zuweilen als Argument gegen die Freihandversuche verwandt. Man fragt sich mit einem gewissen Recht, ob sich der Umweg über den lebensweltlichen Kontext lohnt und ob dadurch nicht die Stringenz der Argumentation und damit das fachliche Niveau leiden wür-

den. Schließlich seien quantitative Messungen im Rahmen dieses Freihandversuchs kaum möglich und müßten daher in einem zusätzlichen (quantitativen) Experiment durchgeführt werden.

Das Problem, Physik in einem schülergemäßen Kontext zu entfalten, stellt sich jedoch nicht erst im Rahmen der Freihandversuche, sondern ist von allgemeiner Bedeutung. Ohne darauf im einzelnen eingehen zu können, soll Martin Wagenschein zu Wort kommen, der sich in einer ähnlichen Situation dazu geäußert hat. Dabei geht es um die konkrete didaktische Frage, ob man statt eines technisch hergestellten besser einen Naturmagneten im Physikunterricht verwenden sollte: "Ich war also froh, diesen natürlichen Zeugen (den Naturmagneten, HJS) einer *Naturwissenschaft*, bei mir zu haben in der Hand und eilte auf die Klasse zu, die auf mich wartete. Und vor der Tür stand eine Studienreferendarin, die bei mir hospitieren mußte. Sie wußte, was drankommt und ich sagte zu ihr: "Gucken sie mal, was ich da habe!" und hielt ihr das hin. Da guckte sie auch, ja, aber sie blickte geringschätzig. Ich war etwas verärgert und sagte, na das ist doch etwas anderes als die albernem Artefakte, die wir im Schrank haben. Diese rechtwinkligen, an den Enden rot und grün angemalten Stahlmagnete. Darauf sagte sie: "Ich sehe keinen Unterschied." "Ach, Sie sehen keinen Unterschied?". "Nein! In beiden sind die Elementarmagnete parallel gerichtet." Dann sagte sie noch, ehe wir in den Saal einzogen: "Sie sind aber ein komischer Physiker." Und das wußte ich ja schon lange. Ich würde es anders ausdrücken. Sie war noch Physiker und ich war schon Physiklehrer. So einfach ist das!" [13]. (Das hier angesprochene Problem, zunächst von der ungeteilten Natur auszugehen und erst dann zu den physikalischen "Artefakten" zu wechseln, ist eine Variante des für den naturwissenschaftlichen Unterricht typischen Problems, von der Lebenswelt auszugehen und in der Physik zu landen [12]).

Freihandversuche nicht nur in der Schule

Freihandversuche mit Alltagsgegenständen vermögen die physikalische Diskussion aus einem vertrauten Kontext hervorgehen zu lassen, wodurch es den Schülerinnen und Schülern erleichtert wird, auch hinterher Beziehungen zwischen ihrem so erworbenen physikalischen Wissen und Alltagssituationen herzustellen. Das kann so weit gehen, dass insbesondere Freihandversuche vom Typ eines Zauberkunststücks oder einer Geschicklichkeitsübung (wie der obige Streichholzsachteltrick) auch außerhalb der Schule Anklang finden. Die lerntheoretische Bedeutung des Transfers von physikalischem Wissen in außerschulische Situationen kann gar nicht hoch genug eingeschätzt werden. Einerseits erfordert der Allgemeinbildungsauftrag der Schule geradezu einen Transfer physikalischer Inhalte und Methoden auf die immer stärker durch naturwissenschaftliche Technik geprägte Alltagswelt. Die Bereitstellung von gewissermaßen auf Vorrat gelerntem physikalischen Wissen verbunden mit der Erwartung,

dass auf diese Weise die Grundlage für jede denkbare Anwendung gelegt worden wäre, ist insofern unzureichend, als die Schülerinnen und Schüler mit der schwierigsten Aufgabe allein gelassen werden, Physik und Lebenswelt, analytisches, quantitatives und intuitives, qualitatives Denken aufeinander zu beziehen und zu integrieren. Das geht keineswegs von selbst, sondern muß gelernt und an konkreten Beispielen eingeübt werden. Zum anderen gebietet sich eine Verknüpfung von physikalischen mit lebensweltlichen Erfahrungen auch aus lerntheoretischer Sicht. Mit typischerweise zwei Stunden Physik pro Woche kann es kaum zu aktiven Auseinandersetzungen der Schülerinnen und Schüler mit dem Gelernten kommen. Erst eine Verankerung in außerschulischen Kontexten verspricht ein grundlegendes Verstehen und ein längerfristigeres Behalten⁴.

Und noch etwas kommt hinzu: Freihandversuche sind geeignet, den Schülerinnen und Schülern die üblichen Berührungspunkte mit an sich lebensfremden und künstlichen Konzepten zu nehmen. Neben der Vertrautheit mit den Objekten laden sie dazu ein, in die *Hand* genommen und *gehandhabt* zu werden. Dadurch geraten die Lernenden unversehens in die Lage zu erleben und gegebenenfalls zu fühlen, was vor sich geht und schließlich in einer physikalischen Erklärung aufgeht. Dadurch erhält das Lernen ein zusätzliches Gewicht. Denn eine dauerhafte Erkenntnis hängt nicht nur von dem ab, was wir lernen, sondern auch davon, dass wir empfinden, was wir lernen (Carl Friedrich von Weizsäcker).

Die physikalische Entzauberung

Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass Freihandversuche besonders geeignet sind, Vertrautes fragwürdig und Alltägliches interessant zu machen. Dieser Aspekt kann noch dadurch unterstützt werden, dass man einen Freihandversuch – wie eingangs geschehen – als eine Art Zauberei inszeniert. Dabei wird in einer für das physikalische Vorgehen atypischen Weise den Schülerinnen und Schülern entweder bewußt oder aufgrund ihres nicht ausreichenden physikalischen Vorverständnisses Information vorenthalten. Obwohl Physik eine von der Sache her aufklärerische Aktivität ist, die jede Form von Geheimniskrämerei verbietet, erscheint mir diese Form einer wohl kalkulierten Inszenierung und Provokation der Erkennt-

⁴ Die außerschulischen Möglichkeiten von Freihandversuchen müssen nicht dem Zufall überlassen bleiben. Als Alternative für schriftliche Hausaufgaben können sie ohne weiteres eine sinnvolle Ergänzung des Unterrichts darstellen. Aufgrund der praktischen, manuellen Anteile verbunden mit dem in Aussicht stehenden Erfolgserlebnis darf man davon ausgehen, dass Freihandversuche als häusliche Aktivität größeren Anklang finden und einen größeren Lernerfolg versprechen [14].

nistätigkeit der Schülerinnen und Schüler nicht nur didaktisch legitim. Als Möglichkeit, die Lernenden in eine Situation zu bringen, die zu ihrer Klärung Kreativität und Erfindungsreichtum erfordert und auf dem Wege dahin eine ganze Menge Physik abzuwerfen vermag, erscheint ein solches Vorgehen geradezu geboten⁵.

Das Rätselraten (puzzle- solving) wird übrigens im historischen Rahmen als eine für die physikalische Forschung typische Aktivität angesehen, die hier natürlich nur in einer „als ob“ - Situation zum Tragen kommt. Aber selbst dann, wenn die Schülerinnen und Schüler außer Raten keine Chance haben, den Trick zu durchschauen und die Lehrerin oder der Lehrer Hilfestellung geben muss, profitieren sie von der jedem Rätselraten innewohnenden Herausforderung, eine rationale Lösung zu finden, wodurch eine sachliche - und das heißt im vorliegenden Kontext - physikalischen Auseinandersetzung in Gang gesetzt werden kann.

Hinzu kommt, dass der Trick, bzw. die "Inszenierung" eines Vorgangs, das (Freihand-) Experiment also, nicht als eine die Wirklichkeit entstellende Manipulation erfahren wird, sondern als geschicktes Arrangement, den erwünschten Effekt deutlich und wirkungsvoll hervorzu- bringen. Der Vorführende muß also eine genaue Vorstellung haben, bzw. die dahinter stehende physikalische Theorie kennen. Die Schülerinnen und Schüler erfahren auf diese Weise zumindest implizit, dass physikalische Erfahrungen in der Regel nicht durch Zufallsbeobachtungen gemacht werden, sondern durch planvolles, theoriegeleitetes Handeln. Bei den nicht alltäglichen Geräten der Lehrmittelsammlung besteht die Gefahr, dass dieser Aspekt wegen der von vornherein gegebenen Alltagsferne gar nicht erst auffällt [12].

Der Alltag aus physikalisch- technischer Sicht

Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass die kaum noch zu überschauende Vielfalt von Produkten der wissenschaftlich- technischen Welt, mit denen wir unseren Alltag gestalten und sei es nur, dass sie als Einweg- oder Verpackungsmaterialien durch unsere Hände gehen, sich in vielfältiger Weise zur Durchführung von Freihandversuchen eignen. Da diese Gegenstände meist selbst das Ergebnis eines mehr oder weniger aufwendigen physikalisch- technischen Herstellungsvorgangs sind, ist ihnen dieser Vorgang oft direkt erkennbar und nachvollziehbar einbeschrieben. Sie können daher unmittelbar als physikalisch- technischer Untersuchungsgegenstand im Unterricht eingesetzt werden. Außerdem verlangt ihre Verwendung und praktische Handhabung oft Handlungsabläufe, die unter einer geeigneten Perspektive als Freihandversuche angese-

⁵ Nicht umsonst bedient sich das Standardverfahren des Physikunterrichts, das fragend entwickelnde Unterrichtsgespräch dieser Methode.

hen werden könnten. Dazu müßte man nur die Gegenstände aus der Selbstverständlichkeit der Alltagsroutine herauslösen und ihnen physikalische und technische Fragestellungen abzugewinnen verstehen.

Welche überraschenden, faszinierenden, teilweise äußerst verwickelten Fragestellungen und welche (wenigstens in der Vorstellung vollzogenen) Forschungsaktivitäten und durch Neugier geprägte Gedankenflüge die Dinge des Alltags für denjenigen bereithalten, der es versteht, die Selbstverständlichkeiten in ihre ursprüngliche Entstehungsgeschichte zurückzusetzen und zu hinterfragen, zeigt beispielsweise Nicholson Baker in mehreren Romanen. Unabhängig von der feinen Ironie, die seine Ausführungen durchzieht und abgesehen von einer tiefer liegenden literarischen Botschaft gelingt es ihm, Entdeckungsreisen in den Alltag zu veranstalten, die einen physikalisch-technisch interessierten Menschen in den Bann zu ziehen vermögen:

Angesichts eines Licht reflektierenden bewegten glänzenden Gegenstandes sinniert er in der folgenden Weise:

Ich mag den konstanten Glanz am Rand sich bewegendere Gegenstände. Sogar Propeller oder Tischventilatoren glitzern beständig an bestimmten Stellen im Grau ihrer Rotation; die Krümmung eines jeden Ventilatorblattes fängt auf dessen Kreislauf für einen Augenblick das Licht ein und gibt es dann an das nachfolgende weiter.[15].

Er geht selbst dem beim Trinken störenden Auftrieb eines Trinkhalms in der Sprudelflasche nach, wobei er schließlich die Kohlensäurebläschen als Ursache identifiziert, die sich an unsichtbaren Unebenheiten auf der Oberfläche des Trinkhalms festsetzen und womöglich sogar durch Turbulenzen beim Einführen des Trinkhalms entstehen, wenn man ihn in das Getränk stößt; derart mit Bläschen umhüllt, steigt der vormals geringfügig schwerere Halm wieder auf, bis die noch in der Flüssigkeit verbliebene Oberfläche nicht mehr genügend Bläschen Platz bietet, um ihn noch weiter anzugeben. Zwar war der frühere Papiertrinkhalm mit seiner Spiralnaht viel rauher als das Plastik und zog eher Bläschen an, aber dafür war er porös: Er sog ein wenig Cola als Ballast auf und blieb unten.

Manchmal wird der Leser direkt zu Freihandversuchen aufgefordert:

Kippen Sie als Experiment doch mal ein halbes Glas Wein auf einem frisch gestärkten Tischtuch um. Beobachten Sie völlig absorbiert, wie die Ränder des Flecks ihren Weg nach außen suchen, dabei jede ausgedörrte baumwollkapillare Fädchen und Fädchen sättigen und dann weiterziehen - eine lautlose, glückliche Explosion ohne bewegliche Teile. Ein Gedanke bewegt sich mit der Geschwindigkeit dieses Flecks voran [16].

Zusammenfassung

Freihandversuche gründen vom Gegenstand und / oder von der Durchführung her eher im Alltag als in der Physik. Darin liegen ihre Möglichkeiten aber auch ihre Grenzen. Denn die Alltäglichkeit ist für Schülerinnen und Schüler an sich alles andere als interessant. Erst wenn es im Rahmen eines Freihandversuches gelingt, das Alltägliche durch eine provozierende, Erstaunen hervorrufende Fragestellung in einem neuen Licht erscheinen zu lassen, kann das Interesse geweckt und die Motivation für eine gedankliche und experimentelle Auseinandersetzung erzeugt werden.

Die Wirkung kann dabei weit über den aktuellen Versuch hinausgehen. Durch die physikalisch orientierte Auseinandersetzung mit alltäglichen Gegenständen kann der physikalische Blick für die "Geheimnisse" des Alltags eröffnet werden, wodurch auch außerhalb des Unterrichts eine Beschäftigung mit Alltagssituationen motiviert wird.

Andererseits sollte nicht übersehen werden, dass der Selbstverständlichkeit und Einfachheit des Alltäglichen die den Freihandversuchen anhaften nicht unbedingt eine Entsprechung in den fachlichen Möglichkeiten vorfindet. Auch wenn die vor allem für den "Nachmittagsmarkt" publizierten Sammlungen von Freihandversuchen sich vor allem an jüngere Kinder richten, werden in den meisten Fällen anspruchsvolle physikalische Probleme angesprochen. Man nehme nur den fast schon primitiv wirkenden obigen Streichholzschachtelversuch. So wie man die physikalische Erklärung nur etwas tiefer führt, kommen Konzepte wie Drehimpuls und Drehmoment in den Blick. Freihandversuchen mit Alltagsmaterialien ist oft noch die ganze Komplexität der Welt eigen, die bei Standardversuchen der Lehrmittelsammlung sorgfältig ausgespart wurde. Hinzu kommt das Problem, dass Freihandversuche oft völlig verschiedene physikalische Aspekte gleichzeitig aufweisen und daher nicht eindeutig auf das im Unterricht Intendierte verweisen. Ihre Stärke liegt vielmehr darin, eine ausgezeichnete Gelegenheit zu bieten, den Dingen den physikalischen Aspekt erst einmal abzugewinnen. Erst wenn das geglückt ist, wird die Notwendigkeit und die Bedeutung einer weitergehenden physikalischen Untersuchung etwa mit Hilfe von Standardexperimenten einsichtig. Diese können daher i.a. nicht völlig durch Freihandversuche ersetzt werden.

Literatur

- [1] Schlichting, H. Joachim: Nicht nur zum Zündeln... Freihandversuche mit Streichhölzern (in Heft 5/2000 dieser Zeitschrift)
- [2] Behrendt, Helga: Physikalische Schulversuche: Didaktische Theorie, methodische Praxis und die Einstellung von Schülern zur Auswahl der Versuchsgeräte. Dissertation. Kiel: Pädagogische Hochschule 1990

- [3] Schlichting, H. Joachim: Spielzeug im Physikunterricht. Praxis der Naturwissenschaften- Physik 41/2, 2 (1992)
- [4] Ucke, Chr.: Kreisel aus Büroklammern, <http://www.e20.physik.tu-muenchen.de/~cucke/sakaide.pdf>
- [5] Weiss, Karin: LowCost – HighTech – Freihandversuche. Wissenschaftliche Prüfungsarbeit. Kaiserslautern 1997
- [6] Schlichting, H. Joachim: Freihandversuche. Probleme und Möglichkeiten experimenteller Minimalversuche. Physik in der Schule 34/4, 141- 146 (1996)
- [7] Schlichting H. Joachim.: Zaubern, Entzaubern, Wiederverzaubern. Naturwissenschaften im Unterricht Physik 9/43, 4- 6 (1998)
- [8] Hahn, Hermann.: Physikalische Freihandversuch Band I, II u. III. Berlin: Otto Salle 1905 – 1912
- [9] Gressmann, Michael; Mathea, Wolfgang: Die Fundgrube für den Physik- Unterricht. Berlin: Cornelsen 1996
- [10] Themenheft: Physikalische Zaubereien. Naturwissenschaften im Unterricht – Physik 46/9 (1998)
- [11] Themenheft: Freihandversuche. Naturwissenschaften im Unterricht- Physik 39/10 (1991); Themenheft: Experimentieren mit einfachen Mitteln – In: Naturwissenschaften im Unterricht – Physik 57 (2000).
- [12] Schlichting, H. Joachim: Physik - eine Perspektive der Realität. Probleme des Physikunterrichts. Physik in der Schule 34/9, 283- 288 und 34/10, 339- 342 (1996)
- [13] Wagenschein, Martin: "Rettet die Phänomene" (am 11. Januar 1979 an der Universität Essen gehaltenen Vortrag)
- [14] Kratz, Michael: Experimente als Hausaufgaben, Physik. Köln: Aulis Verlag Deubner 1995
- [15] Baker, Nicholson: Rolltreppe oder die Herkunft der Dinge. Reinbek: Rowohlt 1993
- [16] Baker, Nicholson: U und I. Wie groß sind die Gedanken. Reinbek: Rowohlt 1998.