

Spiel und Spielzeug im Physikunterricht

H. Joachim Schlichting

*Der menschliche Geist glänzt in den Spielen
beinahe mehr als in allen anderen Dingen*

Gottfried Wilhelm Leibniz

Vorbemerkung

Im folgenden geht es um Spielzeuge und Alltagsgegenstände, mit denen man spielen kann. Damit werden auch die bei Freihandexperimenten verwendeten Gegenstände angesprochen. Da die Unterscheidung weitgehend willkürlich ist, werden wir allgemein von Spielzeug sprechen. Mit Spiel soll ein wesentlicher Teil der Aktivitäten bezeichnet werden, der für den Umgang mit Spielzeugen typisch ist und didaktisch fruchtbar gemacht werden soll.

Spiel ist alles andere als Spielerei

Nach einer weit verbreiteten Ansicht wird Spiel als Gegensatz von Ernsthaftigkeit und damit als unvereinbar mit der geforderten Wissenschaftsorientierung im Schulunterricht. Auch wenn diese Aussage bereits im Grundsatz falsch ist [1], gibt sie doch den Tenor der Vorbehalte gegen den Einsatz von Spiel und Spielzeug im Physikunterricht wieder. Da das Spielen (hier immer auch als Umgang mit Spielzeugen verstanden) wie andere nichtphysikalische Aktivitäten als dem "physikalischen Verhalten" entgegengesetzt aufgefaßt wird, sieht man darin die Gefahr einer "Verflachung" des Unterrichts. Dabei wird darauf hingewiesen, daß die erlebnishaft, spielerische Atmosphäre leicht die Ernsthaftigkeit und damit die Konzentration auf das "handfeste" Vorgehen im Physikunterricht beeinträchtigen kann.

Die Geringschätzung von Spiel und Spielzeug im Physikunterricht ist wohl so alt wie der Physikunterricht selbst.

Bereits Bernhard Schwalbe, einer der Vorreiter in Sachen Freihandversuche und Physik mit Spielzeug , bekennt zu einer Zeit, da die Verwissenschaftlichung des Schulunterrichts noch nicht "erfunden" war, daß man sich scheut, "Sachen dieser Art in den Unterricht zu bringen, weil dadurch der Anschein der Oberflächlichkeit erweckt und schließlich die ganze Physik als Spielerei aufgefaßt werden könnte" [2]. Auch G. Dussler, Verfasser eines auch heute noch als interessante und vielfältige Quelle verwendbares Buches über Spiel und Spielzeug im Physikunterricht [3], setzt sich mit solchen Vorwürfen auseinander. Er geht davon aus, daß geringschätzige Bemerkungen "umso weniger vorkommen, je wissenschaftlicher" das Spielzeug eingeführt wird "und je ernster die Problemstellung ist".

Außerdem wird manchmal bemängelt, daß Spielzeuge wegen ihrer Komplexität meist "nur" qualitativ beschrieben werden können. Eine quantitative Modellierung in Form von Bewegungsgleichungen sei daher i.a. unmöglich.

Andererseits ist die Bedeutung des Spiels und Umgangs mit Spielzeug immer wieder auch von namhaften Wissenschaftlern hervorgehoben worden und sei es nur dadurch, daß sie selbst spielten und über Spiele bzw. (physikalisches) Spielzeug nachdachten [3]. Beispielsweise wurde das auch heute noch bekannte und weit verbreitete Kaleidoskop im Jahre 1814 von dem für seine großen Erkenntnisse im Bereich der Optik berühmten schottischen Physiker Sir David Brewster erfunden und beschrieben.

Erinnert sei in diesem Zusammenhang daran, daß das Glücksspiel für Blaise Pascal der Ausgangspunkt für seine Erarbeitung der Wahrscheinlichkeitsrechnung bildete [4]. Die Wahrscheinlichkeitsrechnung spielt heute in Form von statistischen Theorien eine fundamentale Bedeutung für die moderne Physik. Würfel- und Urnenmodelle, wie sie beispielsweise von Manfred Eigen und Ruthild Winkler [5] entwickelt worden sind, zeigen die Tragfähigkeit eines "spielerischen" Zugangs nicht nur zu Problemen der modernen Physik sondern der gesamten Naturwissenschaften und noch darüber hinaus.

Aber auch die Tatsache, daß die zahlreichen Variationen des Spielzeugkreisels immer wieder Gegenstand fachwissenschaftlicher Auseinandersetzungen gewesen sind, kann als Beleg für die "Wissenschaftlichkeit" von physikalischem Spielzeug angesehen werden. Beispielsweise ist das alle physikalische Intuition trotzende Verhalten des schon lange bekannten Stehaufkreisels [6] erst in den 50er Jahren dieses Jahrhunderts abschließend physikalisch beschrieben und verstanden worden. Bei dem auch keltischer Wackelstein genannten Kreiselspielzeug scheint indessen trotz der kürzlich von Sir Herman Bondi entwickelten Theorie [7] ein umfassendes physikalisches Verständnis nach wie vor auszustehen.

Die Herausforderung gerade von Wissenschaftlern durch Spiele und Spielzeug mag Gottfried Wilhelm Leibniz zu dem folgenden Ausspruch veranlaßt haben: Je voudrois qu' un habile homme traitât en mathematicien et en physicien de toute sorte de jeux. L'esprit brille dans les jeux, presque plus qu'en toute autre chose [8].

Vom Spiel zur Physik

*Jemand der nur Physik kennlernt,
kennt auch diese nicht.*

frei nach Jean - Jacques Rousseau

Spielzeuge sind keine physikalischen Gegenstände und Spiele keine physikalischen Vorgänge. Wie bei anderen lebensweltlichen Vorgängen und Objekten dominieren nichtphysikalische Aspekte. Schüler kommen von sich aus nicht auf die Idee, ein Spiel oder ein Spielzeug als Gegenstand des Physikunterrichts anzusehen: Bei Spielen und Spielzeugen dominiert die Erlebnisdimension.

Spiel (hier auch als Umgang mit Spielzeug verstanden) ist eine freiwillige Handlung oder Beschäftigung, die innerhalb gewisser festgesetzter Grenzen von Raum und Zeit nach freiwillig angenommenen...Regeln verrichtet wird, ihr Ziel in sich selber hat und begleitet wird von einem Gefühl der Spannung und der Freude und einem Bewußtsein des 'Andersseins' als das 'gewöhnliche Leben' [1]. Aber darin muß nicht unbedingt ein Nachteil gesehen werden. Indem die Schüler Spiele und Spielzeug zunächst in ihrer ungeteilten Realität wahrnehmen und mit erleben, wie im Unterricht dann schrittweise die Perspektive verengt wird, kann ihnen konkret vermittelt werden, was es heißt, die Welt physikalisch zu betrachten. Sie können so erfahren, daß die im Physikunterricht eingeübte physikalische Sehweise durch eine freiwillige Beschränkung des Blicks zustande kommt: Die Besonderheiten der physikalischen Sehweise, die Vorteile (quantitative Beschreibung, exakte Vorhersagen) aber auch, die Nachteile (Absehen von erlebnishaften, sinnlichen und ästhetischen Aspekten) gegenüber der gewohnten mehr intuitiven Erfassung der Welt können ihnen auf diese Weise nahegebracht werden.

Nehmen wir als Beispiel das Dampfjetboot [9], ein kleines Blechboot, das Schüler besonders durch das realistisch tuckernde Geräusch und die wie bei einem richtigen Dampfer vorhandene Feuerung in Form einer unter einem Dampfkessel brennenden Kerze fasziniert. Beim spielerischen Umgang mit solchen Booten stehen für die Schüler Wettfahrten, Manövrier- und äußere Designprobleme im Vordergrund.

Unter physikalischer Perspektive muß ihr Interesse jedoch auf Problemstellungen wie den Antrieb (Wärmekraftmaschine), den Vortrieb (Impulssatz) und die Hin- und Herbewegung einer Wassersäule in den Röhren (Schwingungsgleichung) gerichtet werden. Dabei wird insbesondere deutlich, daß die Betrachtung einerseits sehr allgemein wird, (Die erarbeiteten physikalischen Konzepte besitzen zahlreiche andere Realisierungen, wie das Hüpfen eines Balls (Impulssatz), die Erzeugung von Elektrizität aus Kohle (Wärmekraftwerk) und das ewige Hin- und Her eines Pendels (Schwingung).) andererseits nur bestimmte Aspekte hervorhebt und andere unberücksichtigt läßt.

Die stark einschränkende physikalische Sehweise hat Albert Einstein einmal mit dem ausdrucksstarken Hinweis illustriert, daß von einer Beethoven- Symphonie physikalisch gesehen nur eine Luftdruckkurve übrigbleibe. Man muß jedoch hinzufügen - und darin äußert sich die Besonderheit des physikalischen Aspektes - daß es aufgrund dieser extremen Reduktion überhaupt erst möglich wird, die Symphonie aus den Rillen einer Schallplatte hervortreten zu lassen.

Physikalisches Spielzeug

Den Aspektcharakter der Physik im Unterricht herauszuarbeiten, ist ein wesentliches Anliegen Martin Wagenscheins [10]. Die derzeitige Unterrichtspraxis wird diesem Anliegen jedoch in der Regel nicht gerecht: Indem die Schüler meist von Anfang an mit künstlichen, fiktiven Objekten und gereinigten Phänomenen zu tun bekommen, deren einziger Zweck darin besteht, isolierte physikalische Zusammenhänge und Gesetzmäßigkeiten zu offenbaren, bleiben mögliche andere Aspekte von vornherein ausgeblendet. Die Schüler erfahren weder, daß es andere Aspekte gibt, noch wird für sie erkennbar, daß ein Zusammenhang zwischen den physikalischen Gesetzmäßigkeiten und der Lebenswelt besteht.

Die besondere Eignung von Spielen und Spielzeugen, die Aspekthaftigkeit der Physik erfahrbar zu machen, ergibt sich nicht nur aus ihrer Nähe zur Alltags- und Erlebniswelt der Schüler. Diese Eigenschaft kommt auch beliebigen anderen Alltagsaktivitäten und -objekten zu. Aber zahlreiche Spiele und Spielzeuge besitzen bereits eine gewisse Affinität zu physikalischen Gegenständen und Vorgängen:

- Das beim Spielen anzutreffende Bewußtsein des 'Andersseins' (siehe oben) und der Umgang mit Objekten nach bestimmten verabredeten Regeln innerhalb gewisser Grenzen ist auch typisch für die physikalische Betrachtung der Welt. Hinzu kommt, daß zahlreiche Spielzeuge dazu gemacht sind,
- reale Objekte und Vorgänge nachzuahmen (z.B. Modelleisenbahn, Spielzeugautos, laufende Männchen),
- ganz neuartige Phänomene hervorzubringen (z.B. optische Effekte mit dem Kaleidoskop, ungewöhnliche Kreiselleffekte), oder daß im Sinne der Verwirklichung einer bestimmten Spielidee besondere
- manuelle bzw. allgemeine körperliche Fertigkeiten und Strategien entwickelt und angewendet werden müssen. Beispielsweise: auf einem Balken balancieren, einen Ball fangen oder prellen, ein Jojo, einen Peitschenkreisel, einen Bumerang [11] in Aktion bringen, das Problem der Kugelwippe [12]) lösen können...).
- Den physikalischen Spielzeugen liegen meist physikalisch- technische Konstruktionsprinzipien zugrunde, und die von den Spielzeugen hervorgebrachten Phänomene lassen sich leichter auf physikalische Gesetzmäßigkeiten und Regeln zurückführen, als dies normalerweise für andere nichtphysikalische Phänomene der Fall ist.

Physikalisches Spielzeug ist nicht unbedingt einfach im Sinne fehlender Komplexität. Interessante Phänomene, z.B. nichtlineare Effekte (z.B. [13]), erfordern schon eine gewisse Reichhaltigkeit in den Verhaltensmöglichkeiten. Aufgrund eines ökonomisch optimierten Aufbaus zeichnen sie sich aber meist durch Übersichtlichkeit und Überschaubarkeit aus.

Die Realität ist nicht exakt

Was kann hierbei auf Maß, Zahl und Figur gebracht werden?

Georg Christoph Lichtenberg

Spiele und Spielzeuge sind u.a. wegen ihrer Komplexität und Mehrperspektivität nur selten einer direkten quantitativen Beschreibung zugänglich, oder aber eine solche ist nur unter großen Idealisierungen möglich. Auch darin muß nicht nur ein Nachteil gesehen werden. Entschließt man sich zu einer quantitativen "Vertiefung" der qualitativen Zusammenhänge, so werden die Schüler erfahren, daß dies nur unter teilweise sehr unrealistischen Annahmen und Voraussetzungen möglich ist. Ihnen kann dadurch auf konkret nachvollziehbare Weise vor Augen geführt werden, daß die Realität (hier durch einfache Spiele oder Spielzeuge repräsentiert) nicht in einfacher und direkter Weise durch exakt lösbarre Berechnungsaufgaben beschreibbar ist, wie sie üblicherweise im Physikunterricht als "Anwendung" von einfachen Formeln herangezogen werden. Formeln beziehen sich meist auf idealisierte, künstliche Situationen und Geräte, die keinen anderen Zweck zu erfüllen haben, als den jeweiligen quantitativen Zusammenhang zu demonstrieren. Die mit Hilfe von Formeln durchgeföhrten Rechnungen können daher in realistischeren Anwendungsfällen allenfalls zu groben Abschätzungen der tatsächlichen Verhältnisse beitragen.

In manchen Fällen - und das läßt sich anhand von Spielzeugen demonstrieren (siehe z.B. [14]) - können solche quantitativen Abschätzungen und die damit verbundene Beschränkung auf äußerst schmale Realitätsausschnitte durchaus sinnvoll sein. Beispielsweise lassen sich in bestimmten Fällen durch Abschätzungen von Größenordnungen (umgesetzte Energien, ausgeübte Kräfte, erreichte Geschwindigkeiten) Beziehungen zu Vorgängen herstellen, von denen man bereits eine Vorstellung der Größenordnung besitzt. Auf diese Weise kann man ein über das qualitative Verständnis der Funktionweisen hinausgehendes quantitatives Verständnis der physikalischen Abläufe erlangen.

Insgesamt kann auf diese Weise dazu beigetragen werden, die Schüler zu einer sachgerechten und realistischen Einschätzung der Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Modellierungen der Realität zu bringen, sie darüberhinaus kritisch zu machen gegenüber der realen Bedeutung theoretischer physikalischer Beschreibungen und Modelle und ihnen letztlich - viel allgemeiner- einen Eindruck von den Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Erkenntnisse zu vermitteln.

Das Interesse für Spiel und Spielzeug färbt auf die Physik ab Wer ein Phänomen vor Augen hat, denkt schon oft darüber hinaus; wer nur davon erzählen hört, denkt gar nicht. Johann Wolfgang von Goethe

Schließlich sollte nicht unerwähnt bleiben, daß von Spiel und Spielzeug im Physikunterricht eine große Motivation ausgeht. Wir haben beobachten können, daß sich in einem nicht unerheblichen Maße der Spaß und die Freude der Schüler am Umgang mit Spielzeug motivierend auf die physikalischen und damit alles andere als spielerischen Aktivitäten im Unterricht auswirken kann.

Die Gründe dafür sind vielfältig:

- Manches Spiel und Spielzeug weckt positiv besetzte Erinnerungen. Die Möglichkeit, sich über das kindliche Spiel hinausgehend erneut auf "ernsthafte" physikalische Weise mit Spiel oder Spielzeug beschäftigen zu "dürfen", mag dabei eine gewisse Rolle spielen.

- Da Spielzeug meist kostengünstig angeschafft werden kann, und in der Regel nach Sicherheitsaspekten und im Hinblick auf eine möglichst einfache Handhabung konstruiert ist, eignet es sich vielfach in hervorragender Weise für den Einsatz in Schülerversuchen. Dadurch kommt auch noch die für Schülerversuche typische Motivation dem Unterricht zugute.
- Zahlreiche "physikalische" Spiele mit und ohne Spielzeug erfordern die "intuitive Kenntnis" oder Beherrschung physikalischer Gesetzmäßigkeiten, die allerdings erst im nachfolgenden Unterricht als solche bewußt gemacht und erkannt werden können. Das Problem, eine Schaukel aus dem Stand in Bewegung zu versetzen, auf einem Balken zu balancieren, oder das Kreiselspielzeug Dyna- Bee [15] in Bewegung zu bringen und zu halten, verlieren natürlich nichts von ihrer motivierenden Wirkung, auch wenn sie sich dann im Rahmen des Physikunterrichts als "bloße Anwendung" physikalischer Prinzipien und Techniken herausstellen sollten. Hinzu kommen bei manchen Spielen auch noch jene positiven Affekte bei Akteuren und Zuschauern, welche kompetitive, sportliche und akrobatische Darbietungen zu begleiten pflegen.
- Schließlich sei noch erwähnt, daß die Beschäftigung mit Spiel und Spielzeug manchmal Wirkungen zeitigt, die über den Physikunterricht hinausgehen. Wir haben beispielsweise Schüler erlebt, die angeregt durch das "Spielen" im Unterricht, offene Fragen weiterverfolgt, bestimmte Aspekte vertieft haben oder gar zu neuen Problemstellungen gekommen sind. Auch wenn in den meisten Fällen auf derartige "Rückmeldungen" im Unterricht nicht mehr eingegangen werden kann, sollte ihre Bedeutung im Sinne der Übertragung des im Physikunterricht Gelernten auf den Alltag nicht unterschätzt werden.

Zusammenfassung

Spiel und Spielzeug können sinnvoll im Physikunterricht eingesetzt werden. Als primär nichtphysikalische Aktivitäten und Gegenstände muß ihnen ein physikalischer Aspekt erst abgerungen werden. Dadurch kann das typische Vorgehen der Physik, (die Reduktionen und Idealisierungen) konkretisiert und die Aspekthaftigkeit der physikalischen Erkenntnis demonstriert werden. Wir sehen darin im Sinne der Erreichung übergeordneter Lernziele eine sinnvolle Ergänzung des üblichen Physikunterrichts.

Die hohe Motivation, die von Spielen und vom Umgang mit Spielzeug ausgeht kann u.E. zumindest teilweise auf die physikalischen Unterrichtsaktivitäten im engeren Sinne hinübergetragen werden und kommt diesen Intentionen entgegen.

Literatur

- [1] Huizinga, J.: *Homo Ludens. Vom Ursprung der Kultur im Spiel*. Hamburg 1956.
- [2] Schwalbe, B. zit. nach [3].
- [3] Dussler, G.: *Spiel und Spielzeug im Physikunterricht*. Frankfurt 1933.
- [4] Meschkowski, H.: *Was wir wirklich wissen*. München 1984.
- [5] Eigen, M., Winkler, R.: *Das Spiel*. München 1975.
- [6] Hugenholtz, N.M.: On tops rising by friction. *Physica XVIII/8-9*, 515 (1952).
- [7] Bondi, H.: The rigid body dynamics of unidirectional spin. *Proc. R. Soc. London A* 405, 265 (1986)
- [8] Leibniz, G.W. zit. nach [3].
- [9] Schlichting, H.J., Rodewald, B.: Physikalische Phänomene am Dampf- Jet- Boot. *Praxis der Naturw.- Physik* 39/8, 19 (1990).
- [10] Wagenschein, M.: Die beiden Monde. *Scheidewege* 4, 463 (1979).
- [11] Rodewald, B., Schlichting, H.J.: Der Bumerang- ein Spielzeug mit verblüffenden Flugeigenschaften. *Praxis der Naturw.- Physik* 35/5, 18 (1986).
- [12] Schlichting, H.J.: Geduld oder Physik. Ein einfaches Spielzeug mit physikalischen Aspekten. *Praxis der Naturw.- Physik*, in diesem Heft.
- [13] Schlichting, H.J.: Komplexes Verhalten modelliert anhand einfacher Spielzeuge. *Physik und Didaktik* 17/3, 231 (1989).
- [14] Schlichting, H.J.: Der trinkende Storch - eine Verdunstungskraftmaschine. *Praxis der Naturw.- Physik*, in diesem Heft.
- [15] Schlichting, H.J.: Kreiselphänomene. *Praxis der Naturwissenschaften- Physik*, in diesem Heft.