

Ein Blick in den Spiegel – Von der Wahrnehmung zur Physik

Lutz Schön

(aus: *Physik in der Schule* 32 (1994) 1. S. 2-5)

Vorbemerkung

Der programmatische Untertitel dieses Beitrages bezeichnet eine fachdidaktische Konzeption, die wir am Beispiel der Optik – "Vom Sehen zur Optik" – bereits seit einigen Jahren zu konkretisieren versuchen. Dabei geht es uns darum, mit den Schülern die sinnlichen Wahrnehmungen der Wirklichkeit zu untersuchen und begrifflich auszuarbeiten und so schrittweise das Gedankengebäude der Physik zu errichten. Um diesen Weg zu verdeutlichen, soll am Beginn ein Beispiel aus der Optik stehen. Im Anschluss daran werden zwei Argumente näher ausgeführt, die die geschilderte Vorgehensweise begründen.

1 Beobachtungen am Spiegel

Fragt man Laien nach der Physik des Spiegels, so wird die Antwort recht häufig lauten: "Einfallswinkel gleich Ausfallswinkel". Denn dieses Gesetz gehört zu den wenigen physikalischen Gesetzen die aus der Schulzeit erinnert werden. Fragt man jedoch weiter, etwa "wie weit ist Dein Spiegelbild von Dir entfernt?", so werden die meisten Laien unsicher und häufig wird es wie eine Fotografie in die Spiegelfläche verlegt. Das physikalisch richtig erinnerte Gesetz hilft hier also nicht bei der Antwort auf die Frage nach einer alltäglichen Situation.

Ohne auf die übliche Behandlung des Themas Reflexion im Physikunterricht einzugehen, möchte ich hier einen Unterrichtsvorschlag zum Thema Spiegel am Beginn der Mittelstufe skizzieren, der von Alltagserfahrungen ausgeht, diese genauer und gründlich beobachtet und daraus Schlüsse und Gesetzmäßigkeiten ableitet. Das Ziel ist eine Formulierung von solchen Gesetzen, die physikalisch richtig und zugleich für lebensweltliche Fragen unmittelbar hilfreich sind.

1.1 Die Wirklichkeit der Spiegelwelt

Stellt man vor einen großen, vertikal aufgebauten Spiegel einen Gegenstand, so ist dieser auch im Spiegel zu sehen. Er ist dem vor dem Spiegel befindlichen sehr ähnlich, aber doch nicht identisch mit ihm, denn im Spiegel ist seine von uns abgewandte Seite zu sehen. Wird der Gegenstand bewegt und gedreht, so bewegt sich der Spiegelgegenstand entsprechend mit.

Auch ein zweiter Gegenstand erscheint im Spiegel und hat dort die gleiche Position bezüglich des ersten gespiegelten Körpers wie die Gegenstände vor dem Spiegel.

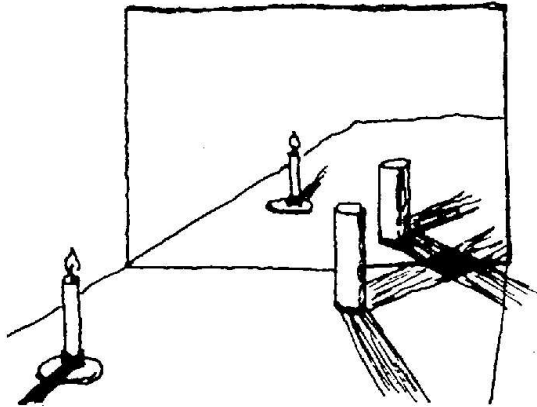


Abbildung 1: Kerze und Spiegelkerze erzeugen an der Säule verschiedene Schatten

Ist der zweite Gegenstand eine Kerze (Kerze entzünden, Raum verdunkeln), so wirft der Gegenstand einen gut sichtbaren Schatten und ebenso der gespiegelte: Auch die gespiegelte Kerze vermag also am gespiegelten Gegenstand einen Schatten zu erzeugen. Überraschend ist, dass bei geeigneter Position von Kerze und Gegenstand dieser Schatten aus der "Spiegelwelt" in die wirkliche Welt vor dem Spiegel fällt. Und die gespiegelte Kerze erzeugt am wirklichen Gegenstand einen Schatten. Bei genauerer Beobachtung entdeckt man viele Schatten (Abbildung 1), die einzeln analysiert werden müssen.

Wenn man sich mit diesen Beobachtungen hinreichend Zeit lässt, so sollte der folgende Merksatz von den Schülern formuliert werden können:

Die Spiegelwelt des ebenen Spiegels ist genauso räumlich wie unsere normale Welt.

Trotzdem unterscheidet sich die Spiegelwelt von der normalen: Wer dort Gegenstände greifen möchte, stößt sich an der Spiegelfläche. Der Merksatz muss deshalb ergänzt werden:

Die Spiegelwelt ist nur eine "Sehwelt" und keine "Tastwelt".

1.2 Messen in der Spiegelwelt

Die Aussage des ersten Merksatzes ist nur qualitativ, sie muss durch Messungen überprüft werden. Abstände werden mit Lineal oder Zollstock gemessen. Also messen wir zunächst erst einmal den Abstand Gegenstand/Kerze. In Abbildung 2 auf der nächsten Seite sind es 30 cm. Die Schüler werden entdecken, dass auch in der Spiegelwelt ein Maßstab liegt, der den Abstand zwischen gespiegelter Kerze und gespiegeltem Gegenstand mit 30 cm anzeigt. Kann man den Spiegelmaßstab wirklich benutzen, kann man ihm "trauen"? Verändert er sich nicht vielleicht? Wenn der erste Merksatz richtig ist, dann müsste der Maßstab gleich bleiben. Man lege einen zweiten, gleichen Maßstab hinter den Spiegel genau dorthin, wo der gespiegelte zu liegen scheint: Das hinter dem Spiegel hervorschauende Ende passt genau zu dem gespiegelten Maßstab, und zwar von jeder Beobachterposition aus! Der gespiegelte

Maßstab ist also zulässig¹.

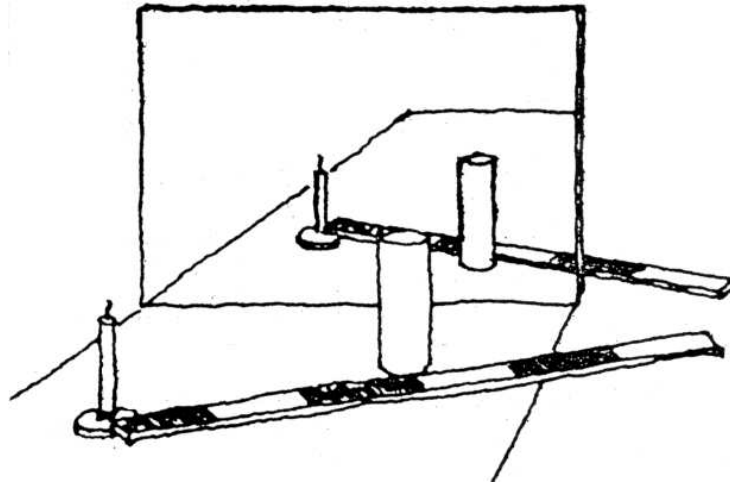


Abbildung 2: Der gespiegelte Maßstab geht am rechten Spiegelrand ohne jede Störung in den hinter dem Spiegel liegenden Maßstab über.

Jetzt ist auch eine Messung des Abstandes zwischen Gegenstand und seinem Spiegelbild möglich. Das Ergebnis liefert uns das 1. Spiegelgesetz:

Das Spiegelbild erscheint soweit hinter dem Spiegel, wie der wirkliche Gegenstand vor dem Spiegel ist. Sie stehen einander senkrecht gegenüber.

Mit diesem Gesetz lassen sich viele Alltagssituationen am Spiegel erklären und verstehen, etwa die Frage nach der Größe des Garderobenspiegels. Im Unterricht sollten ähnliche Phänomene untersucht werden, vielleicht auch solche, bei denen sich ein Spiegel im Spiegel spiegelt, z.B. beim Spiegelschränkchen im Badezimmer.

Will man den Abstand zwischen Gegenstand und Spiegelkerze direkt messen, so muss der Maßstab am Spiegel einen Knick machen. Dieser Knick muss genau so sein, dass der Maßstab von der wirklichen Welt in die Spiegelwelt hinein gerade verläuft. Dies tut er dann zugleich für beide Abstände (Abbildung 3 auf der nächsten Seite), also für AB' und BA' . Sofern in der Altersstufe bereits Winkel behandelt wurden, kann daraus das klassische Reflexionsgesetz abgeleitet werden, das wir hier als 2. Spiegelgesetz formulieren wollen:

Das Lot auf die Spiegelfläche halbiert den Winkel zwischen einfallendem und reflektiertem Lichtbündel. (Abbildung 4 auf der nächsten Seite).

Hier ist vom Lichtbündel die Rede, obwohl wir bisher nur vom Sehen gesprochen haben. Folgende Beobachtung, die bereits vor der Formulierung des 2. Spiegelgesetzes gemacht werden sollte, stellt diesen Zusammenhang her: Wenn sich Anton und Berta über den Spiegel "in die

¹Wenn man ähnliche Versuche mit gewölbten Spiegeln zeigt (z.B. mit einem Rasierspiegel), wird deutlich, dass dort die gespiegelten Maßstäbe sich so verändern, dass mit ihnen ein Messen in der Spiegelwelt nicht erlaubt ist. Deshalb heißt es im 1. Spiegelgesetz auch "ebener" Spiegel.

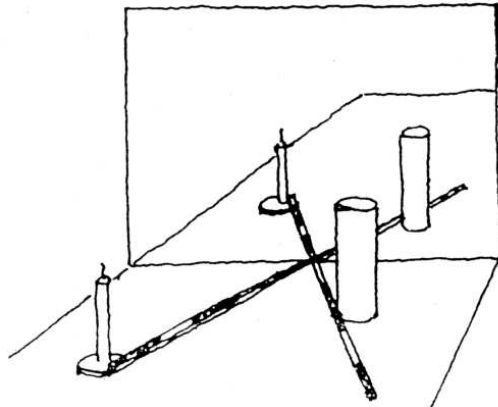


Abbildung 3: Die Abstände Kerze-Spiegelsäule und Säule-Spiegelkerze können gemessen werden, wenn der Zollstock zwischen diesen gerade verläuft, also am Spiegel richtig geknickt ist.

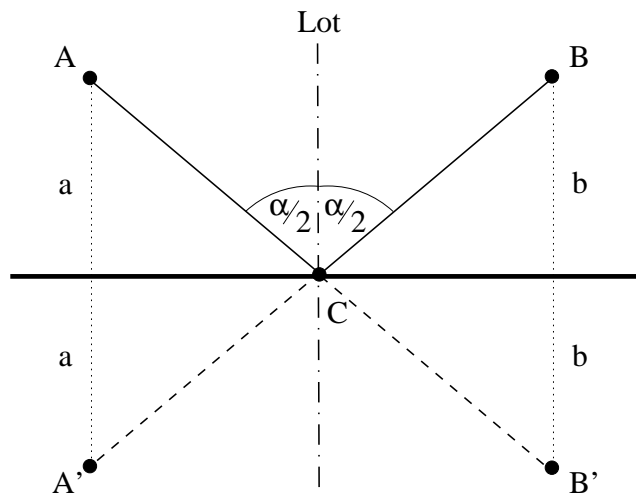


Abbildung 4: Die Ähnlichkeit der vier Dreiecke können die Schüler auch ohne Geometriekenntnisse intuitiv erfassen.

Augen" schauen wollen, dann ist hierfür nur die Stelle C auf dem Spiegel nötig. Wenn nun Anton B' erta mit einer Taschenlampe blenden will, dann ist wiederum die gleiche Stelle C auf dem Spiegel nötig, sofern er über die Taschenlampe hinweg B' erta anpeilt; "in Wirklichkeit" blendet er so Berta. Natürlich geht es auch umgekehrt. So sind Blickrichtung und Verlauf des Lichtbündels unmittelbar miteinander verknüpft.

1.3 Vertauscht der Spiegel links und rechts?

Das alltägliche Phänomen, "der Spiegel vertauscht links und rechts", führt uns zu einem weiteren Spiegelgesetz. Wer vor dem Spiegel stehend nach rechts (z.B. zur Tür) weist, der sieht sein Spiegel-Ich auch nach rechts, also zur Tür weisen. Das gleiche gilt für links, für oben und für unten. Wer aber von sich weg in Richtung Spiegel weist, dessen Spiegel-Ich zeigt

auf ihn, also in die entgegengesetzte Richtung! Alle Richtungen bleiben in der Spiegelwelt erhalten, nur die eine wird umgekehrt, die senkrecht zur Spiegelfläche. Steht ein rotierender Kreisel vor dem Spiegel, dann rotiert der Spiegel-Kreisel in die entgegengesetzte Richtung; die beiden Kreisel drehen sich wie zwei Zahnräder, die ineinandergreifen. Das ist nun leicht zu verstehen, wenn man die Drehung durch Pfeile markiert (Abbildung 5). Dementsprechend kann nun das 3. Spiegelgesetz formuliert werden:

Der Spiegel vertauscht den Drehsinn, weil er die Richtung senkrecht zu seiner Fläche umkehrt.

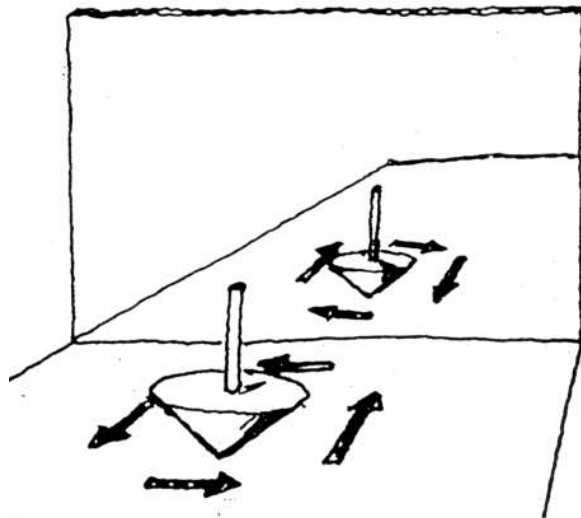


Abbildung 5: Der Kreisel dreht sich gegen den Uhrzeigersinn, der Spiegelkreisel mit dem Uhrzeigersinn. Nur die Pfeile senkrecht zur Spiegelfläche ändern in der Spiegelwelt ihre Richtung.

Es ist nicht ganz leicht, mit diesem Gesetz unsere alltägliche Beobachtung, mein Spiegel-Ich streckt mir die linke Hand entgegen, wenn ich ihm die rechte reiche, zu erklären: Rechts sind die Dinge, die im Uhrzeigersinn gedreht neben unserer Geradeaus-Richtung liegen, links entsprechend gegen den Uhrzeigersinn gedreht. Wenn dies auch für mein Spiegel-Ich gilt, dann reicht es mir seine rechte Hand. Weil ich aber die Umkehrung des Drehsinnes meines Spiegel-Ichs nicht berücksichtige, also seine Hand mit meiner Definition beurteile, halte ich das Spiegel-Ich für linkshändig. (Wenn man die Kinderdefinition, rechts ist dort, wo die Armbanduhr nicht ist, benutzt, reicht mir das Spiegel-Ich seine rechte Hand!)

1.4 Was haben wir anders gemacht?

Es ist hoffentlich deutlich geworden, dass bei dieser Vorgehensweise zur Erarbeitung der optischen Gesetze am Spiegel das Sehen im Vordergrund stand. Wir haben unser Auge nicht nur zur Beobachtung eines äußeren Sachverhaltes benutzt, sondern wir haben die wahrgenommenen Bilder genauer betrachtet. Unsere Wahrnehmung am Spiegel wurde zum Ausgangspunkt der Untersuchung. Allerdings sind wir nicht bei den schönen und überraschenden Eindrücken

stehen geblieben, sondern haben nach einem messbaren Zusammenhang gesucht, der später dann auch Voraussagen zulässt. Die erarbeiteten Gesetze wurden wieder auf Alltagssituationen angewendet, also die Physik als Erkenntnishilfe im Alltag genutzt.

2 Warum dieser enge Bezug zur Alltagswelt?

Es gibt eine ganze Reihe von Argumenten, die für eine enge Bindung des Physikunterrichts an die Lebenswelt sprechen. Vor allem die Schüler selbst erwarten von der Physik eine enge Verzahnung mit der Lebenswelt [KBR87]. Dies belegen auch die Befragungen zur Einstellung der Schüler zum Physikunterricht (eine Übersicht findet man in [LHG85]). An dieser Stelle sollen zwei Argumente für den engen Bezug zur Alltagswelt thesenartig belichtet werden, von denen das erste einen lernpsychologischen, das zweite einen pädagogischen Aspekt betrifft.

These 1: Damit die Physik zum aktiven Gedankengut werden kann, müssen die Schüler die physikalischen Aussagen für wahr im Sinne der Alltagserfahrungen halten können.

Unser Wissen von der unbelebten Welt stützt sich auf unsere Sinneswahrnehmungen. Sicherlich treten zu den Sinnen noch weitere Erfahrungsbereiche hinzu, die Sinnesorgane jedoch vermitteln zwischen dem Individuum und der Welt. Allerdings, "die Erfahrung allein, ohne die sie begleitenden Gedanken, würde uns stets fremd sein", sagt Mach [Mac33, S. 465]. Die Flut der auf uns einströmenden Sinneseindrücke muss geordnet werden. Das Denken ergänzt diese Eindrücke, erweitert und verändert sie und verknüpft sie mit anderen, vor allem auch mit erinnerten Wahrnehmungen. Sinnliches Erleben und Denken sind in einem ständigen Wechselspiel ineinander verwoben, wobei das eine nicht ohne das andere auskommen kann.

Schließlich bewertet unser Denken diese Eindrücke. Dabei halten wir die im Denken hergestellten Zusammenhänge dann für wahr, wenn mit ihnen viele Eindrücke sinnvoll ergänzt werden können. Wahr nennen wir somit solche Gedanken, die auf einem breiten und sicheren Fundament im Bereich der Sinnewahrnehmungen ruhen. Dies gilt in besonderem Maße für die Naturwissenschaften. "Diejenigen Gedanken, welche auf dem größten Gebiet festgehalten werden können und am ausgiebigsten die Erfahrung ergänzen, sind die wissenschaftlichsten." [Mac33]

Können unsere Schülerinnen und Schüler die Sachverhalte, die sie im Physikunterricht lernen sollen, für wahr im geschilderten Sinne halten? Zwar stützt sich der Physikunterricht auf Wahrnehmungen, aber nur auf Wahrnehmungen im Physikraum! Zeigerausschläge der verschiedensten Instrumente sind dort die Sinneseindrücke, auf denen das Gedankengebäude der Physik errichtet werden soll. Diese Welt ist nur ein sehr, sehr kleiner Ausschnitt der Wirklichkeit des Schülers. Falls aber die lernpsychologische Hypothese richtig ist, dass erst dann neue

Erkenntnisse verstanden und längerfristig behalten werden, wenn sie in der genannten Weise für wahr gehalten werden können, dann ist das Fundament der Sinneseindrücke aus dem Physikunterricht zu schmal. Es müssten weitere Erfahrungen der Schüler aktiviert werden, damit deren Gedanken "in Bewegung" kommen, neu verknüpft und somit zu "wissenschaftlichen Gedanken" werden können.

These 2: Im Physikunterricht sollen die Schüler den Zusammenhang zwischen Gedankenwelt und Wirklichkeit unmittelbar erleben.

Ein zweiter, eher allgemeinpädagogischer Aspekt bestärkt uns, die Alltagswelt der Schüler zum Ausgangspunkt des Physikunterrichts zu machen: Angesichts der von Bildmedien geprägten Wahrnehmungen unserer Schüler, halten wir es für besonders bedeutsam, die Schüler erleben zu lassen, dass im Bereich der Physik der hier entfalteten Gedankenwelt Wirklichkeit entspricht. Denn im Gegensatz zu den Medien, die den Schüler permanent mit kaum durchschaubaren Bildwelten konfrontieren (der im Krimi ermordete Graf ist natürlich nicht wirklich tot, und dies wissen selbstverständlich auch die Schüler; die Bilder der Tagesschau aus Jugoslawien sind dagegen aber schreckliche Wirklichkeit!), kann im Physikunterricht der Weg von der sinnlichen Wahrnehmung hin zum Denken und zum physikalischen Begriff durchschritten werden und dann wieder zurück zur erlebten Wirklichkeit führen. Die in Gesetzen und Formeln gefasste Gedankenwelt der Physik kann und muss sich an der Wirklichkeit messen lassen: Aus der Gedankenwelt der Physik werden also Handlungen abgeleitet. Denken und Handeln sind hier noch nahe beieinander.

Ganz anders sieht es in der Video- und Fernsehwelt der Jugendlichen aus: Die durch sie vermittelte Gedankenwelt erlaubt nur selten sinnvolle Handlungen. Selbst die "wahren" Informationen über die schrecklichen Geschehnisse in der Welt können gar nicht in eine adäquate Handlung münden, dazu sind die Ereignisse zu gern und zugleich sind es derer so erdrückend viele.

Noch verheerender können hier die Videos wirken. Die Bilder ihrer Scheinwelten übertreffen oft die erschütternden Bilder der Tagesschau an Grausamkeit. Wie gehen Kinder mit diesen Eindrücken, die zu einer ganz eigenen Gedankenwelt wird, um? Welches sind die Handlungen, die diesen Gedanken entspringen?

Nur wenn sich Denken auf Wirklichkeit bezieht, kann sinnvoll gehandelt werden. Vielleicht kann der Physikunterricht – wenn auch eher indirekt – einen Beitrag zu dieser ganz aktuellen pädagogischen Aufgabe leisten, indem er an Beispielen den notwendigen Zusammenhang von Denken und Handeln erleben lässt.

3 Schluss

Für den Bereich der Optik stellt das Sehen das sinnliche Fundament dar. Hier ist es relativ leicht, visuelle Phänomene erleben zu lassen und darüber ins Gespräch zu kommen [Mai86, Sch84].

Sehr viel schwieriger ist es, sich die entsprechenden Sinneswahrnehmungen für den Bereich der Mechanik bewusst zu machen. Denn unser Bewegungssinn beispielsweise ist uns kaum noch zugänglich: Unbemerkt unterdrücken wir bei einer Eigenbewegung die visuell wahrgenommene Bewegung der Umgebung. Dem Bewusstsein etwas leichter zugänglich ist das Krafterleben. Es ist meist mit einer Berührung verbunden, also auch über den Tastsinn erfahrbar. Wenn wir Kräfte auf einen Gegenstand ausüben oder wenn dieser auf uns lastet, so ist dies deutlich spürbar und kann anderen Menschen mitgeteilt werden. Solche Erfahrungen können deshalb mit dem Denken bearbeitet und damit zu einem sinnlichen Fundament der Statik und Dynamik werden [Sch92]. Der didaktische Ansatz "Von der Wahrnehmung zur Physik" ist also nicht nur auf die Optik beschränkt, sondern kann auch in anderen Bereichen der Physik für die Curriculumentwicklung handlungsleitend sein.

Literatur

- [KBR87] KUBLI, F. ; BOSSI, J. ; RISCH, M. *Interesse und Verstehen in Physik und Chemie*. 1987
- [LHG85] LEHRKE, M. ; HOFFMANN, L. ; GARDNER, P.L. *Interest in Science an Technology Education, 12th IPN Symposium 1985*. 1985
- [Mac33] MACH, E. *Die Mechanik historisch-kritisch dargestellt*. 1983 (1933)
- [Mai86] MAIER, G.: *Optik der Bilder*. Dürnau : Verlag der Kooperative Dürnau, 1986
- [Sch84] SCHÖN, L.: Bilder am großen Spiegel – Beispiele für eine Berücksichtigung affektiver Komponenten im Physikunterricht. In: *NiU-Physik* 32 (1984), S. 429–433
- [Sch92] SCHÖN, L.: Die sinnliche Erfahrung als Grundlage für das Verstehen von Physik – Beispiele aus der Mechanik. In: WIEBEL, K.H. (Hrsg.): *Zur Didaktik der Chemie und Physik – Vorträge aus der GDGP-Tagung in Hamburg 1991*. Alsbach, 1992, S. 259–261