

# Üben als Einüben

H. Joachim Schlichting

*Die Wahrheit ist eine Tochter der Zeit*

Francis Bacon

## Wie empirisch ist die Physik

*Aus der Erfahrung kann gar keine Wissenschaft hervorgehen*

Immanuel Kant

Die Physik gilt als empirische Wissenschaft. Durch präzises Beobachten, exaktes Beschreiben, folgerichtiges Denken und generalisierende Abstraktion - so wird unterstellt - gelange der Physiker zu einer realistischen und verlässlichen Erkenntnis der Wirklichkeit. Die physikalische Beschreibung der Welt wurde vor nicht allzu langer Zeit auch als vorbildlich für andere Lebensbereiche angesehen. Man erwartete von der Physik „die Erziehung zu objektiver Treue, unbestechlicher Wahrhaftigkeit, unbedingter Anerkennung der Wirklichkeit, an der wir durch unser Denken nichts ändern können“ [1]. Dahinter verbarg sich die Erwartung, die auch heute noch häufig anzutreffen ist, daß jemand der nur genau genug beobachtet, schließlich zu physikalischen Erkenntnissen gelangen müsse.

Wer diese Überzeugung teilt, dem empfehle ich, seine Schülerinnen und Schüler einmal einen x-beliebigen Gegenstand möglichst genau beobachten und beschreiben zu lassen. Man wird feststellen, daß die Beschreibung um so komplexer, unhandlicher, uneinheitlicher ausfällt, je mehr sich die Schülerinnen und Schüler bemühen, genau, und das heißt nicht nur präzise, sondern auch detailreich, vorurteilslos und objektiv zu sein. In keinem Fall läßt sich am Ende so etwas wie eine physikalische Perspektive erkennen, es sei denn, der eine oder andere berücksichtigt bereits die Tatsache, daß eine solche im Physikunterricht gestellte Aufgabe natürlich mit einer bestimmten, physikalischen Erwartung gestellt wird. Aber dann wäre die Beschreibung zumindest nicht mehr vorurteilsfrei. Genaues Beobachten führt gerade nicht zur Physik. Hätte Galilei genau beobachtet, so wäre er nicht auf die auch heute noch von Schülerinnen und Schülern als Zumutung empfundenen Aussage gekommen, daß alle Gegenstände gleich schnell fallen oder ihren Bewegungszustand beibehalten. Die physikalische

Beschreibung setzt geradezu voraus, in reflektierter Weise durch „Gleichsetzen des Nichtgleichen ... zwischen den Dingen trotz ihrer Verschiedenheit Ähnlichkeiten (zu) finden, und trotz ihrer Unbeständigkeit beständige Ansichten von ihnen (zu) gewinnen“ [2].

## Ein Beispiel aus der Praxis

*Das was man sieht, hängt sowohl davon ab, worauf man blickt wie davon worauf zu sehen uns unsere visuell begriffliche Erfahrung gelehrt hat*

Thomas S. Kuhn

Unter Umsetzung des in der Ausbildung erfahrenen Prinzips, einfache Phänomene nicht durch ein Übermaß an Technik zu verstehen, versuchte ein Referendar, den freien Fall mit der berühmten Galileischen schrägen Rinne zu untersuchen. Die Stahlkugel rollt in der Rinne so langsam, daß man ihre beschleunigte Bewegung direkt wahrnehmen und per Hand vermessen kann. Alles lief nach Plan, bis ein Schüler die Frage wagte, was denn eine in einer schrägen Rinne herunter rollende Kugel mit einer frei fallenden Kugel zu tun habe. Beide taten doch etwas Unterschiedliches: Die eine falle frei, also ohne Behinderung und senkrecht, die andere rolle, d. h. drehe sich während der Fortbewegung um sich selbst und durchlufe dabei gezwungenermaßen eine schräge Bahn. Dieser Schüler und mit ihm vermutlich alle anderen Schüler und Schülerinnen, die - was schlimmer ist - dies nur nicht äußerten und einmal mehr in ihrem Vorurteil bestätigt wurden, daß Physik nicht zu verstehen sei, hatten noch nicht den „antiempirischen“ über Unterschiede zwischen den Phänomenen hinwegsehenden physikalischen Blick. Für sie bestand - um ein drastisches Beispiel zu wählen noch ein himmelweiter Unterschied zwischen einem vom Dach fallenden Ziegel und einem vom Dach herunterspringenden Menschen. Ihnen gelang es noch nicht, wie Georg Christoph Lichtenberg einmal ironisch bemerkte, die Kreatur als einen Punkt zu betrachten, die „noch keinen Hintern, noch keine rechte und linke Hand hat“.

## Physik als besondere Sehweise

*Man muß schon ein Newton sein, um zu bemerken, daß der Mond fällt, wenn jedermann sieht, daß er nicht fällt*

Paul Valéry

Statt so zu tun, als ob die zwischen Unterschieden nivellierende und in dieser Hinsicht antiempirische Vorgehensweise der Physik, die wahre, einzige und beste sei, kommt es im Unterricht darauf an zu zeigen, daß, die Welt physikalisch zu beschreiben, bedeutet, sie „so zu beschreiben, wie wir sie nicht erfahren“ [3]. Um die Diskrepanz zwischen dem, was die Physik behauptet: die Realität mit empirischen Methoden zu beschreiben, und dem, was sie aufgrund ihrer lebensweltlichen Sehweise erfahren, schließlich überwinden zu können, muß sie den Schülerinnen und Schülern erst einmal bewußt gemacht werden. Dazu müssen diese die physikalische Sehweise als eine besondere, ausgeklügelte, theoriegeleitete kennenlernen, als Sehweise, auf die man von selbst gar nicht kommen kann. (Daher ist Physik ja auch ein Schul- und Studienfach und wird normalerweise als schwierig angesehen). Sie sollten darüber hinaus erkennen, daß die physikalische Beschreibung der Welt, in einer bestimmten Hinsicht zu einer enormen Verarmung führt: Von einer Beethovensymphonie bleibt physikalisch nur eine Luftdruckkurve übrig (Einstein). Ihnen sollte aber auch deutlich werden, daß die physikalische Sehweise gerade wegen dieser Verarmung und Vereinfachung mit großen Vorteilen verbunden ist: Die Welt läßt sich quantitativ beschreiben, berechnen und in ihrem Verhalten vorhersagen. Die Physik konnte vor allem wegen dieser Eigenschaften zur Grundlage der naturwissenschaftlichen Technik werden, von der die heutige Menschheit, man mag es bedauern oder nicht, in einer Weise abhängig ist, wie sie totaler nicht sein kann.

Dadurch, daß die Schülerinnen und Schüler auf diese Weise jene Diskrepanz und nicht etwa ihre eigene Unzulänglichkeit als eine Ursache ihrer Verständnisschwierigkeiten erkennen, fällt es ihnen m. E. leichter, sich auf die vor lebensweltlichem Hintergrund oft skurril, weltfremd, magisch und künstlich erscheinende Sehweise der Physik zumindest versuchsweise, vorläufig, für die Dauer des Physikunterrichts einzulassen.

Vor diesem Hintergrund kann man eher den guten Willen zu bewußter Anstrengung von den Schülern erwarten (z. B. einen vorgeführten Versuch, eine Berechnungsaufgabe, eine Ableitung wenigstens formal nachzuvollziehen), als wenn man ihnen die physikalische Sehweise als das einfachste von der Welt präsentiert. Sie werden dadurch noch nicht gleich in der Lage sein, einen Versuch von selbst aufzubauen, einem Mitschüler einen physikalischen

Zusammenhang, von dem sie glaubten, ihn verstanden zu haben, zu erklären, oder den Ansatz zur Lösung einer Übungsaufgabe auf eine andere zu übertragen., „Es gehört immer etwas guter Wille dazu, selbst das Einfachste zu begreifen, selbst das Klarste zu verstehen“ (Marie v. Ebner- Eschenbach).

Sie befinden sich in einer ähnlichen Situation wie jemand, der das Radfahren erlernt. Wie genau der Lernende sich auch an die (theoretischen) Anweisungen halten mag, mehr als hilflose Versuche werden dabei zunächst nicht herauskommen. Wichtig ist, daß er sein anfängliches Unvermögen nicht zum Anlaß nimmt, aufzugeben. Um das zu verhindern kann es hilfreich sein, ihm klarzumachen, daß seine Schwierigkeiten normal sind, weil Rad zu fahren etwas völlig anderes ist, als zu Fuß zu gehen. Erst wenn aus dieser Einsicht die Bereitschaft erwächst weiterzumachen, wird er schließlich erfolgreich sein. Er muß jetzt nur noch üben bis ihm das Radfahren (trotz des prinzipiellen Unterschiedes) genau so vertraut geworden ist wie zu Fuß zu gehen.

## Einüben in eine neue Praxis

*What I tell you three times is true*

Lewis Carroll

Auch wenn dieser Vergleich geeignet ist, auf einige Aspekte des Physiklernens aufmerksam zu machen, birgt er die Gefahr einer zu starken Vereinfachung. Denn während sich das Radfahren im wesentlichen auf die intuitive Beherrschung körperlicher Verhaltensweisen beschränkt, stellt die Physik gewissermaßen eine in einer bestimmten (physikalisch genannten) Praxis verwobene quasi institutionelle Einheit von Sprachgebrauch (z. B. Kenntnis der speziellen Bedeutung und korrekter Anwendung physikalischer Begriffe und Konzepte), Verhalten (Arbeitsverfahren und spezielle Techniken, z. B. Fähigkeit, theoretische Fragestellungen in konkrete Experimente umzusetzen) und Weltverständnis (Interpretation physikalischer Theorien und daraus resultierend, Betrachtung der Welt unter physikalischer Perspektive: Weltbild der Physik) dar. Thomas S. Kuhn nennt diese Einheit ein Paradigma und meint damit in etwa dasselbe, was Ludwig Wittgenstein als Sprachspiel bezeichnet, nämlich ein durch Einübung begründetes praktisches Erkenntnisapriori. Die Betonung ist auf „Einübung“ zu legen. Man erlangt den „physikalischen Blick“ also nicht durch sorgfältiges Beobachten, logisches Folgern und kritisches Nachdenken über die Natur, sondern vor allem durch allmähliche Gewöhnung, also durch unhinterfragte und damit unkritische Aneignung von Verhaltensweisen, die das physikalische Tun im Rahmen des Paradigmas definieren.

So gesehen ist - um nur zwei typische Beispiele physikalischer Übungen zu nennen - die Durchführung von Experimenten und die Lösung von Bezeichnungsaufgaben wichtig und notwendig, um die Lernenden in das physikalische Paradigma einzubüßen, obwohl es so aussieht, daß dadurch nach Art einer tibetanischen Gebetsmühle nur längst bekannte Ergebnisse zum x-ten Male reproduziert werden. Auch in diesem Fall kann es für den Lernenden hilfreich sein zu wissen, daß das Üben - so unsinnig es ihnen im konkreten Fall auch erscheinen mag - notwendige Voraussetzung für das Erlernen der Physik ist.

### Der Kreisel als bremsender Bus

Worum es beim physikalischen Üben, beim Einüben in die physikalische Sehweise geht, soll am Beispiel des Trägheitssatzes erläutert werden, der Überzeugung also, daß ein sich gleichförmig, geradlinig bewegender Körper diesen Bewegungszustand solange beibehält, wie er durch keine äußere Kraft daran gehindert wird. Mit Hilfe dieses Prinzips lassen sich so verschiedene Vorgänge wie das Nach-vorn-gedrängt-werden in einem bremsenden Bus, das lässige Balancieren eines Tablets mit randvoll gefüllten Biergläsern durch einen Kellner, ein Schleuderballwurf, der Umlauf der Planeten um die Sonne, das Sich-in-die-Kurve-legen eines Motorradfahrers, das seltsame Ausweichverhalten eines Kreisel usw. in eine einheitliche Darstellung bringen.

Die Schülerinnen und Schüler sind aus ihrer Lebenswelt wohl vertraut mit der Erfahrung, in einem Bus stehend nach vorn oder zur Seite gedrängt zu werden, wenn der Bus bremst oder in eine Kurve fährt. Solche Vorgänge werden von ihnen i. a. als ebenso selbstverständlich hingenommen wie die Wirkung der Schwerkraft. Aus physikalischer Perspektive geht es aber in vielen Fällen darum, etwas zu verstehen, "was schon offen vor unseren Augen liegt. Denn das scheinen wir, in irgend einem Sinne, nicht zu verstehen" [5]. Dabei geht es im vorliegenden Fall darum, die Ergebnisse im Bus auf das tieferliegende Prinzip der Trägheit zurückzuführen: Der Bus ändert Tempo oder Richtung, der Fahrgast behält beides „aus Trägheit“ bei und muß, wenn er im Gang steht, nach vorn laufen oder bei einer Kurvenfahrt mit der Seitenwand des Busses kollidieren. Diese Sicht der Dinge wird wesentlich vereinfacht, wenn man sich (zumindest gedanklich) in ein Inertialsystem begibt, d. h. den Vorgang etwa vom Straßenrand aus beobachtet. Obwohl die Schülerinnen und Schüler normalerweise keine Schwierigkeiten haben, diese Schlußfolgerung nachzuvollziehen, geben sie dem Lehrer nicht selten auf ihre Weise zu verstehen: "Ich begreife, aber verstehen tu ich Sie hol' mich der Teufel, doch

noch nicht" (Grabbe). Ihr Problem liegt darin, den Trägheitssatz akzeptieren zu sollen, obwohl sie weder durch Argumente des Lehrers noch durch direkte Beobachtungen (Jede Bewegung kommt einmal zur Ruhe!) von seiner Gültigkeit überzeugt werden können. An dieser Stelle hilft es nur noch, anhand möglichst vieler eindrucksvoller Beispiele die Erschließungsmächtigkeit des Trägheitssatzes zu demonstrieren und die Schülerinnen und Schüler daran zu gewöhnen (Einübung!), die Dinge so, also physikalisch zu sehen. Erfolgreich sind die Schülerinnen und Schüler spätestens dann, wenn sie umgekehrt das Gefühl gewinnen, Vorgänge (mit denen man auch aus lebensweltlicher Sicht nicht vertraut ist) dadurch zu verstehen, daß sie sich auf das nunmehr vertraute Trägheitsprinzip zurückführen lassen.

Ich habe in diesem Zusammenhang die Erfahrung gemacht, daß Schülerinnen und Schüler, die ursprünglich den Trägheitssatz (wie die Zeitgenossen Galileis) als künstliches, durch die Erfahrung nicht gedecktes Prinzip ansahen, das deutliche Gefühl äußerten, beispielsweise die Achsenstabilität, das merkwürdige „senkrechte Ausweichen“ und damit die Präzessionsbewegung eines Kreisels verstanden zu haben, nachdem es ihnen gelungen war, darin bloße Konsequenzen des Trägheitssatzes zu sehen (vgl. z. B. [41]). Eine Schülerin brachte dieses Gefühl auf den Punkt, indem sie ironisierend äußerte: Der Kreisel ist auch nur ein bremsender Bus.

### Literatur

- [1] Poske: Über die Grundfragen des physikalischen Unterrichts; Vortrag bei der Hauptversammlung des Vereins zur Förderung des mathematischen und physikalischen Unterrichts. Gießen 1901
- [2] Bergson, H.: Die beiden Quellen der Moral und Religion. Freiburg: Walter 1980
- [3] Weizsäcker, C. F. v.: Die Tragweite der Wissenschaft. Stuttgart: Hirzel 1966
- [4] Schlichting, H. J.: Kreiselphänomene. PdN-Ph. 41/2, 22 (1992)
- [5] Wittgenstein, L.: Philosophische Untersuchungen. Frankfurt 1976