

Stolpersteine überwinden im Physikunterricht – ein Buch zu fachgerechten Elementarisierungen

Thomas Wilhelm

*Institut für Didaktik der Physik, Goethe-Universität Frankfurt, Max-von-Laue-Str. 1, 60438 Frankfurt
wilhelm@physik.uni-frankfurt.de

Kurzfassung

Welche Inhalte, Sachstrukturen, Experimente und Elementarisierungen im Physikunterricht verwendet werden, ist stark von Traditionen bestimmt. Manche Elementarisierung, die eine lange Tradition hat, ist aber fachlich problematisch und didaktisch ungeschickt. In diesem Beitrag wird dazu ein neues Buch präsentiert. Darin stellen mehrere Physikdidaktiker bekannte Erklärungen, bekannte Versuche und bekannte Vorgehensweisen vor, die aber missverständlich, verwirrend oder lernhinderlich sind, und verbreitete Behauptungen, die den aktuellen Forschungsergebnissen widersprechen. Jedes der Kapitel beschränkt sich jeweils auf ein kleines schwieriges Thema der Sekundarstufe, das kritisch hinterfragt und bei dem zum kritischen Nachdenken angeregt wird.

1. Die Inhalte des Buches

Der Sammelband „Stolpersteine überwinden im Physikunterricht. Anregungen für fachgerechte Elementarisierungen“ (siehe Abb. 1) richtet sich in gleicher Weise an erfahrene Physiklehrkräfte der Sekundarstufe wie an Referendare, Studierende des Physiklehramts und an Auszubildende [1]. Die einzelnen Kapitel sind zum Teil aus der Reihe „Moment mal ...“ der Zeitschrift „Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule“ und zum Teil ansonsten unveröffentlicht. Das Buch hat 160 Seiten, besteht aus 49 Kapiteln von 33 verschiedenen Autoren und hat Inhalte zu den verschiedensten Gebieten der Physik

Welche Inhalte, Sachstrukturen, Experimente und Elementarisierungen im Physikunterricht verwendet werden, ist stark von Traditionen bestimmt, die u.a. durch Schulbücher und Experimentierbücher weitergegeben werden. Zunächst ist das positiv, als Lehrkraft auf diesen Schatz an Erfahrungen zurückgreifen zu können und sich nicht alles selbst überlegen zu müssen. Immer wieder zeigen aber empirische Studien der Physikdidaktik auf, dass andere Sachstrukturen zu mehr Verständnis bei den Schülern führen können. Beispielhaft genannt sei das Konzept der Sender-Strahlungs-Empfänger-Vorstellung im Gegensatz zur konstruktionsbetonenden Optik [2+3], das Energie-vor-Arbeit-Konzept [4] oder das Konzept der zweidimensional-dynamischen Mechanik [5+6]. Es sind aber nicht nur die großen Konzepte und die grundlegenden Vorgehensweisen, die im Unterricht von Bedeutung sind. Manchmal ist es nur ein Versuch, der Schüler verwirrt, oder eine bestimmte Formulierung, die zu Fehlvorstellungen führt. Daneben gibt es Erklärungen, die eine lange

Tradition haben, aber dennoch fachlich falsch sind und ohne Verlust weggelassen werden können.

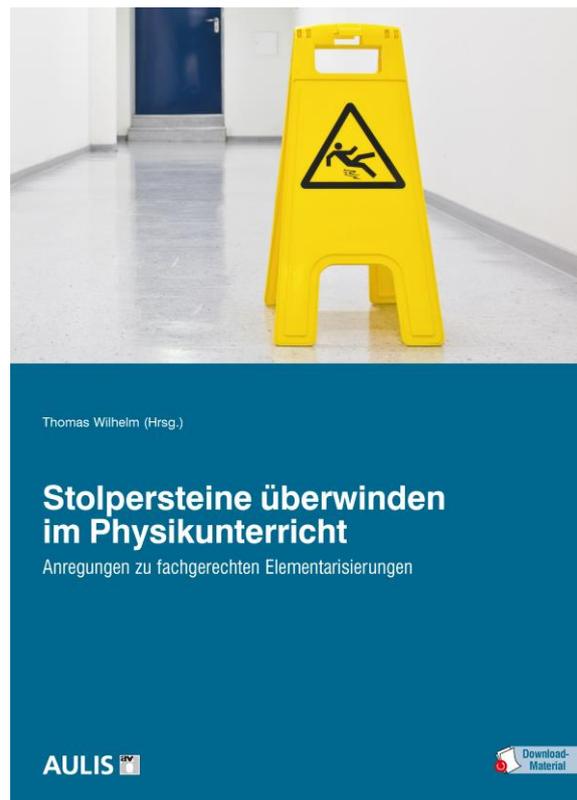


Abb. 1: Das Titelbild

In diesem Buch werden bekannte Erklärungen, bekannte Versuche und bekannte Vorgehensweisen vorgestellt, die aber missverständlich, verwirrend oder lernhinderlich sind, und verbreitete Behauptungen, die den aktuellen Forschungsergebnissen widersprechen. Jedes Kapitel beschränkt sich jeweils

auf ein kleines schwieriges Thema der Sekundarstufe. Verständnissvoll werden ungeschickte Vorgehensweisen oder falsche Behauptungen geschildert und dann kritisch hinterleuchtet. Manchmal wird dann vorgeschlagen, dies anders oder überhaupt nicht zu unterrichten. Im Vordergrund steht aber nicht, alternative Unterrichtskonzepte vorzustellen, sondern zum kritischen Nachdenken anzuregen.

Es soll nicht darum gehen, jemanden zu tadeln, weil er einen Baustein im Unterricht benutzt, der sich innerhalb von Jahrzehnten bewährt zu haben scheint. Sondern es geht darum, vor manchen Stolperfallen zu warnen, damit keiner hinfällt. Manche dieser Gedanken wurden schon an anderer Stelle vorgestellt, aber die Artikel wurden kaum bekannt und haben unsere Lehrtradition noch nicht verändert. Manche Stolpersteine sind auch recht neu und nicht so verbreitet, aber es besteht die Gefahr, dass sie zur Tradition werden.

Es geht in diesem Buch darum, manch alte Pfade neu zu überdenken. Gute Elementarisierungen zu finden, bleibt eine Herausforderung und eine zentrale Aufgabe der Physikdidaktik, zu der es neben Schulerfahrung, guter fachlicher und fachdidaktischer Kenntnis insbesondere Kreativität und Ideen braucht [6].

2. Was bedeutet „fachgerechte Elementarisierung“?

Bei manchem in diesem Buch kritisierten Vorgehen mag der Leser sagen, das Vorgehen sei eben eine Elementarisierung und diese muss nicht fachlich korrekt sein. Richtig ist, dass wir die komplexe Sachstruktur der Physik für den Physikunterricht didaktisch reduzieren müssen und in kleine Sinneinheiten zerlegen müssen, die dann zu einer evtl. ganz anderen Sachstruktur des Unterrichts wieder zusammengesetzt werden müssen. Diesen Vorgang nennt man Elementarisierung [7] oder Didaktische Rekonstruktion [8]. Elementarisieren bedeutet demnach a) Vereinfachen, b) das Wesentliche Herausarbeiten und c) in Bestandteile Zerlegen [9+10]. Eine Vereinfachung des Inhalts bedeutet eine Niveaubasenkung, eine Verminderung der Abstraktheit durch Rückführung zum Konkreten und einen Abbau der Komplexität. Dies geschieht durch eine Rückführung auf das Qualitative, durch Vernachlässigungen und durch bildhafte Darstellungen. Das Wesentliche oder Elementare, das herausgearbeitet wird, ist die grundlegende Idee, das Gesetz, das Prinzip, die tragende Wirkungsweise oder Zweckbestimmung. Schließlich braucht man für den Unterricht eine Abfolge kleinerer Sinneinheiten, also kleine Bestandteile, da man nicht alles auf einmal vermitteln kann.

Eine gute Elementarisierung ist schülergerecht und zielgerecht, muss aber nicht in allen Aspekten fachlich richtig sein; insbesondere muss sich der Unterricht nicht an die Fachsystematik der Hochschule halten [11]. Manchmal müssen Umwege über halb-

richtige Zwischenstufen gegangen werden. Manchmal ist – da man vereinfacht hat – eine Aussage nur in einen gewissen Gültigkeitsbereich richtig (den man aber angeben sollte). Auch Modelle bzw. Analogien sind zugelassen, die natürlich außerhalb ihres Modellbereiches häufig falsch sind [7]. Außerdem werden aus fachdidaktischer Sicht Fachbegriffe erfunden, die es in der Hochschulphysik nicht gibt. Deshalb ist für Elementarisierungen statt „fachlich richtig“ besser „fachlich relevant“ [12] bzw. „fachgerecht“ [7] zu fordern. Der physikalische Sinn eines Begriffes darf nicht verfälscht und ein Phänomen oder die Funktionsweise eines Gerätes nicht auf falsche Grundlagen bezogen werden [7]. Außerdem muss eine Elementarisierung „entwicklungsfähig“ [12] bzw. „fachlich erweiterbar“ [7] bzw. „anschlussfähig“ [13] sein. Das bedeutet, dass Schüler in höheren Jahrgangsstufen nicht umlernen müssen, sondern grundlegende Bedeutungen erhalten bleiben. Bedenklich ist eine Elementarisierung dann, wenn sie dem Lernen anderer Themen oder einer späteren Erweiterung im Wege steht. Das Kriterium ist also nicht die fachliche Richtigkeit aus Hochschulsicht, sondern ob eine Erklärung oder Elementarisierung langfristig zum Verständnis der Physik beiträgt oder nicht.

Es gibt Versuche, die bei dem Thema, bei dem sie eingesetzt werden, eher Fehlvorstellungen erzeugen, als das Verständnis des Themas zu unterstützen. Sie können deshalb weggelassen und durch andere Versuche ersetzt werden. Es gibt Versuche, die Fehlvorstellungen in einem anderen physikalischen Gebiet fördern und durch andere Versuche ersetzt werden können. Es gibt Erklärungen, die nicht nur fachlich falsch, sondern kompliziert sind und bei denen eine richtige Erklärung viel einfacher ist. Ganze Analogien haben sich als problematisch erwiesen, weil sie Fehlvorstellungen fördern oder weil sie sich trotz fachlicher Richtigkeit nicht als lernförderlich erwiesen haben.

Es wäre ein Missverständnis, das Buch so aufzufassen, als ob die Autoren gegen Elementarisierung bzw. Vereinfachungen seien und dafür eintreten, die Physik in der Schule so wie in der Hochschule zu unterrichten. Manchmal geht es nur darum, einen Versuch oder eine Erklärung oder einen Inhaltsaspekt schlicht wegzulassen. Manchmal muss eine Erklärung nur leicht anders formuliert werden.

Physiklehrkräfte, Physikdidaktiker und Physiker entwickeln ständig neue Ideen für den Physikunterricht, d.h. neue Beispiele, neue Inhalte, neues Vorgehen. Insbesondere neue technische Errungenschaften eröffnen viele Möglichkeiten im Unterricht. Gleichzeitig hat sich die Unterrichtszeit aber nicht erhöht. Deshalb ist es positiv, wenn es Vorschläge gibt, was man weglassen sollte; es bleiben genug Inhalte übrig.

3. Die einzelnen Themen

Die einzelnen Themen und Autoren werden in der Tabelle 1 aufgelistet.

| Die Kapitel des Buches | Die Autoren der Kapitel |
|--|----------------------------------|
| Zur Einführung | |
| 1 Was ist eine gute Elementarisierung? | T. Wilhelm |
| Kinematik | |
| 2.1 Ort, Ortsverschiebung, Weg – wofür steht eigentlich das s ? | T. Amenda, H. Schecker |
| 2.2 Geschwindigkeit oder Tempo? | T. Wilhelm |
| 2.3 Durchschnitts- und Momentangeschwindigkeit? | T. Wilhelm |
| 2.4 Wie ist die Beschleunigung an der Rampe? | T. Wilhelm, M. Wenzel, W. Reusch |
| 2.5 $s = \frac{1}{2} a t^2$? | T. Wilhelm |
| 2.6 Welche Bewegungsarten gibt es? | T. Wilhelm |
| 2.7 Sind die Bewegungskomponenten unabhängig voneinander? | T. Wilhelm |
| 2.8 Wo ist die potenzielle Energie? | H. Schwarze |
| Kräfte | |
| 3.1 Was sind die Bestimmungsstücke einer Kraft? | T. Wilhelm |
| 3.2 Trägheit nur bei schnellen Bewegungen? | T. Wilhelm |
| 3.3 Trägheit nur bei großen Kräften? | T. Wilhelm |
| 3.4 Eine Kraft kann verformen? | T. Wilhelm, M. Wenzel |
| 3.5 Wo ist die Gegenkraft? | T. Wilhelm |
| 3.6 Wie entsteht die Hangabtriebskraft? | T. Wilhelm |
| 3.7 Woher kommt die Gleitreibung? | T. Wilhelm, H. Wiesner, P. Vogt |
| 3.8 Warum können wir Schlittschuh laufen? | T. Wilhelm, M. Hopf |
| 3.9 Wie hoch springt ein Astronaut auf dem Mond? | S. Thaller |
| 3.10 Warum fährt ein Fahrrad stabil? | R. Erb |
| 3.11 Auftrieb gleich Gewichtskraft der verdrängten Wassermenge? | H. Wiesner |
| 3.12 Wird die Oberflächenspannung zu oberflächlich betrachtet? | W. Reusch |
| 3.13 Wie ist das mit der Zentrifugalkraft? | R. Berger, M. Kahnt |
| Optik und Akustik | |
| 4.1 Wie ist das optische Auflösungsvermögen definiert? | O. Passon, J. Grebe-Ellis |
| 4.2 Schwarze Gegenstände verschlucken das gesamte Licht? | C. Haagen-Schützenhöfer |
| 4.3 Warum hören wir nichts aus dem Vakuum? | M. Hopf, T. Wilhelm |
| 4.4 Was gibt Musikinstrumenten ihren Klang? | P. Vogt |
| Thermodynamik | |
| 5.1 Sieht man die Molekularbewegung im Wasserglas? | S. Riegel |
| 5.2 Erklärt das Teilchenmodell die Volumenreduktionen bei Mischversuchen? | J. Winkelmann, J. Behle |
| 5.3 Warum ist die Luft feucht? | T. Wilhelm, R. Müller |
| 5.4 Hat jedes Wasser eine Dichteanomalie? | T. Wilhelm |
| 5.5 Warum dehnen sich Festkörper bei Erwärmung aus? | R. Berger, A. Helzel, K. Rincke |
| Elektrizitätslehre und Magnetismus | |
| 6.1 Elektronen als Energieträger? | T. Wilhelm |
| 6.2 Hilft die Wasserkreislaufanalogie? | J.-P. Burde, T. Wilhelm |
| 6.3 Wie visualisiert man Elementarmagnete? | T. Wilhelm |
| 6.4 Wie schwimmt die Magnethöhle? | M. Suleder |
| 6.5 Genügt die Bewegung eines Magneten für Induktion? | R. Berger |
| 6.6 Wirbelströme bedeuten Abbremsen? | T. Wilhelm |
| 6.7 Warum wird der Thomson'sche Ring abgestoßen? | U. Backhaus, R. Berger |
| 6.8 Warum rollt die Achse? | T. Wilhelm |
| 6.9 Gibt es die mechanische Analogie zum Schwingkreis? | J.-P. Meyn |
| Moderne Physik | |
| 7.1 Wie ist die I_A - U -Kurve beim Franck-Hertz-Experiment zu interpretieren? | M. Hildebrandt, R. E. Robson |
| 7.2 Sind Elementarteilchen kugelförmig? | G. Wiener |
| 7.3 Was ist eigentlich ein Photon? | O. Passon |
| 7.4 Wie funktioniert die Solarzelle? | T. Bauer, T. Wilhelm |
| 7.5 Die Heisenberg'sche Unbestimmtheitsrelation am Einzelspalt? | H. Wiesner |

| | |
|--|-----------------------|
| 7.6 Ist die Herleitung der Energieniveaus im Potenzialtopf fachlich korrekt? | R. Berger, R. Müller |
| 7.7 Zerfällt Bierschaum analog zum radioaktiven Zerfall? | T. Wilhelm, W. Ossau |
| Methodisches | |
| 8.1 Sind Schülerexperimente erfolgreicher als Demonstrationsexperimente? | J. Winkelmann, R. Erb |
| 8.2 Ist jede Messung prinzipiell fehlerbehaftet? | S. Heinicke, C. Holz |

Tab. 1: Kapitel und Autoren des Sammelbandes

4. Literatur

- [1] Wilhelm, T. (Hrsg.): Stolpersteine überwinden im Physikunterricht. Anregungen für fachgerechte Elementarisierungen, Aulis/Friedrich, Seelze, ISBN: 978-3-7614-2965-5, 2018, www.friedrich-verlag.de/shop/aulis-bei-friedrich/sekundarstufe/physikunterricht/stolpersteine-uberwinden-im-physikunterricht/
- [2] Herdt, D.: Einführung in die elementare Optik. Vergleichende Untersuchung eines neuen Lehrgangs, Westarp, Essen, 1989
- [3] Vier Lehrerhandbücher wurden von H. Wiesner, P. Engelhardt, D. Herdt u.a. in der Reihe Unterricht Physik im Aulis-Verlag veröffentlicht: Band 1: Optik I, Band 2: Optik II, Band 3/I: Optik III/1 und Band 3/II: Optik III/2
- [4] Bader, M.: Vergleichende Untersuchung eines neuen Lehrganges „Einführung in die mechanische Energie und Wärmelehre“, Dissertation Universität München, 2001
- [5] Wilhelm, T.; Tobias, V.; Waltner, C.; Hopf, H.; Wiesner, H.: Einfluss der Sachstruktur auf das Lernen Newtonscher Mechanik – In: Bayrhuber, H.; Harms, U.; Muszynski, B.; Ralle, B.; Rothgangel, M.; Schön, L.-H.; Vollmer, H.; Weigand, H. G. (Hrsg.): Formate Fachdidaktischer Forschung. Empirische Projekte – historische Analysen – theoretische Grundlegungen, Fachdidaktische Forschungen, Band 2, Waxmann, Münster/New York/München/Berlin, 2012, S. 237 - 258
- [6] Zwei Lehrerhandbücher wurden im Aulis-Verlag veröffentlicht:
Wiesner, H.; Wilhelm, T.; Waltner, C.; Tobias, V.; Rachel, A.; Hopf, M.: Mechanik I: Kraft und Geschwindigkeitsänderung. Neuer fachdidaktischer Zugang zur Mechanik (Sek. 1), Aulis-Verlag, 2016 und
Wilhelm, T.; Wiesner, H.; Hopf, M.; Rachel, A.: Mechanik II: Dynamik, Erhaltungssätze, Kinematik - In: Reihe Unterricht Physik, Band 6, Aulis-Verlag, 2013
- [7] Kircher, E.: Elementarisierung und didaktische Rekonstruktion – In: Kircher, E.; Girwidz, R.; Häußler, P. (Hrsg.): Physikdidaktik. Theorie und Praxis, 3. Auflage, Berlin/Heidelberg, Springer Spektrum, 2015, S. 107 – 139
- [8] Kattmann, U.; Duit, R.; Gropengießer, H.; Komorek, M.: Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion. Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 3, Heft 3, 1997, S. 3 - 18.
- [9] Bleichroth, W.: Elementarisierung, das Kernstück der Unterrichtsvorbereitung - In: Naturwissenschaften im Unterricht - Physik 2, 1991, S. 4 - 11
- [10] Bleichroth, W.; Dahncke, H.; Jung, W.; Kuhn, W.; Merzyn, G.; Weltner, K.: Fachdidaktik Physik, 2. Überarbeitete und erweiterte Auflage, Aulis Verlag Deubner & Co KG, Köln, 1999
- [11] Duit, R.: Zur Rolle des Faches Physik beim Lehren und Lernen von Physik - In: Maurer, Chr. (Hrsg.): Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015, Band 36, 2016, S. 4 - 12, http://www.gdcp.de/images/tagungsbaende/GD_CP_Band36.pdf
- [12] Jung, W.: Fachliche Zulässigkeit aus didaktischer Sicht, Arbeitspapier zum IPN Seminar 2, IPN polykop, Kiel, 1972. Und in: Kahlke, J.; Kath, F. M.: Didaktische Reduktion und methodische Transformation. Quellenband, Leuchtturm-Verlag, Alsbach, 1984, S. 111 – 121
Wiesner, H.; Schecker, H.; Hopf, M.: Physikdidaktik kompakt, Aulis Verlag in der Stark Verlagsgesellschaft, 2011