

gereicht wurde. Die in der Zeitschrift veröffentlichte Version weicht vom Manuskript ab.

Die exakte Quellenangabe des publizierten Artikels ist:

HOPF, M.; SCHECKER, H.; WILHELM, T.

***So wie immer oder ganz anders?***

Physik Journal, Nr. 3, 2022, S. 31 - 3

# So wie immer - oder vielleicht doch ganz anders?

## Unterrichtskonzeptionen für den Physikunterricht

Martin Hopf, Horst Schecker und Thomas Wilhelm

**Abstract:** Unterrichtskonzeptionen sind ausgearbeitete Entwürfe für die inhaltliche Gestaltung des schulischen Physikunterrichts. Es ist verblüffend, wie unterschiedlich Physikunterricht zu einem Thema konzipiert, die Teilthemen angeordnet und welche Erklärungsansätze und Visualisierungen verwendet werden können. Im Folgenden geben wir eine knappe Einführung in die Thematik sowie kurze Beispiele.

Wieso ist das erste Thema in der großen Vorlesung eigentlich Mechanik? Wenn man ein wenig über diese Frage nachdenkt, stellt sich schnell heraus, dass es nicht wirklich gute Antworten gibt. Man könnte anführen, dass die Mechanik recht einfach sei und daher am Anfang stehen solle. Die empirische Forschung zeigt aber recht eindrücklich, dass das nicht der Fall ist, sondern dass Studierende große Schwierigkeiten damit haben, Grundideen der Newton'schen Physik zu erwerben (z.B. Girwidz et al., 2003). Dazu kommt, dass die für die Behandlung der Mechanik in der Einführungsvorlesung notwendige Mathematik durchaus anspruchsvoll ist und nicht aus der Schule vorausgesetzt werden kann. Viele Universitäten haben ein ausgeklügeltes System entwickelt, um sicherzustellen, dass Studierenden einfache Differentialgleichungen lösen können, bevor Bewegungsgleichungen behandelt werden. Man könnte also auch andere Themen an den Beginn stellen: Zum Beispiel ist die geometrische Optik mit vergleichsweise sparsamen mathematischen Mitteln gut und anschlussfähig diskutierbar (vgl. Rupp, 2022). Dass also die Mechanik am Anfang steht, scheint eher der Tradition geschuldet.

Genau wie man darüber nachdenken kann, in welcher Reihenfolge die Themen der Physik in der Lehre behandelt werden sollten, kann (und soll) man auch über die inhaltliche Gestaltung der einzelnen Themen nachdenken. Überlegungen dazu, wie die jeweils zentralen physikalischen Größen konzeptualisiert werden sollen, welche Teilthemen besonders wichtig sind und in welcher Reihenfolge welche Aspekte behandelt werden können, gehören unabdingbar zur Vorbereitung der Lehre. Und dass solche Überlegungen zu unterschiedlichen Ergebnissen führen, merkt man schnell, wenn man verschiedene Lehrbücher vergleicht. Die Annahme, dass die Reihenfolge physikalischer Themen in der Lehre kanonisiert sei, stellt sich als irrig heraus. Überlegungen dazu, wie man Inhalte anordnet und wie man welche Aspekte wie erklärt, gibt es in der Physik seit langer Zeit, verwiesen sei z. B. auf Arbeiten von Mach (1873) oder Hertz (1894).

Von besonderer Bedeutung sind solche Überlegungen für den Physikunterricht in Schulen. Je nachdem, in welcher Altersstufe physikalische Inhalte behandelt werden sollen und welche Lernvoraussetzungen bei Schülerinnen und Schülern vorhanden sind, muss sehr genau überlegt werden, welche Aspekte behandelt, wie diese verständlich erklärt und wie sie aufeinander aufbauend behandelt werden können. Im Lauf der Zeit entstanden so eine große Anzahl verschiedenartiger **Unterrichtskonzeptionen**. Eine solche Unterrichtskonzeption basiert in der Regel auf einer oder mehreren Leitideen. Die Konzeptionen werden oft in Lehrwerken, aber auch in frei verfügbaren Unterrichtsmaterialien, passenden Experimentiervorschlägen und Hintergrundinformationen für Lehrkräfte ausgearbeitet. Es ist dabei verblüffend, wie stark sich Unterrichtskonzeptionen zum gleichen physikalischen Thema voneinander unterscheiden können, obwohl sie alle das Ziel haben, die gleichen physikalischen Konzepte zu vermitteln.

## Woher stammen Unterrichtskonzeptionen?

Eine wichtige Quelle von Unterrichtskonzeptionen sind Schulbuchwerke. Viele Unterrichtskonzeptionen werden von ihren Entwicklern im Lauf der Jahre immer weiter verfeinert, bis sie schließlich den Weg in Lehrbücher finden. So fand in den 1980er-Jahren erstmalig eine Unterrichtskonzeption Eingang in ein Schulbuch, in der als Leitidee die Feynman'schen Zeiger für die Optik, später auch für die Wellenlehre und die Quantenphysik für den Physikunterricht der Sekundarstufe II aufbereitet wurden (Bader & Dorn, 1986).

Für die Entstehung von Unterrichtskonzeptionen waren auch die großen Curriculumprojekte aus der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts nachhaltig bedeutsam. Nach dem Sputnik-Schock wurden in der westlichen Welt enorme Anstrengungen unternommen, um in der schulischen Bildung den Anschluss an den scheinbar vorangeeilten Ostblock zu finden. Große Entwicklungsteams mit Mitgliedern aus der Physik, aus den Bildungsbehörden und den Schulen entwarfen neuartige Lehrgänge. So entwickelte z. B. das Physical Science Study Committee (PSSC) einen umfassenden Kurs für die Sekundarstufe II. Leitidee war die Orientierung an Basiskonzepten der Physik wie Welle oder Erhaltung. Begleitend zu einem Lehrbuch wurden umfangreiches Begleitmaterial für Lehrende und Lernende bis hin zu Lehrfilmen produziert (Haber-Schaim, 2006). Einige dieser Materialien sind auch heute noch in Verwendung, z. B. der Lehrfilm „Frames of References“ (Abb. 1).



**Abb. 1** Szene aus dem Lehrfilm „Frames of References“ (Leacock, 1960)

In Deutschland bestand die erste Aufgabe des 1965 gegründeten zentralen Instituts für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN, Kiel) in der Entwicklung von Curricula für Physik (und auch für Biologie und Chemie). Als Leitlinie des IPN-Curriculums wurde nach ausführlicher Analyse internationaler Erfahrungen und einer Diskussion über die Bildungsziele des Physikunterrichts der Lebenswelt- und Anwendungsbezug gewählt. Daneben wurde die Wichtigkeit von Schülerexperimenten in dieser Konzeption betont.

In neuerer Zeit kommen die wesentlichen Beiträge bei der Entwicklung von Unterrichtskonzeptionen aus der universitären Fachdidaktik. An vielen Standorten arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler daran, neue Wege für den Physikunterricht zu identifizieren. Eine zentrale Rolle spielt die empirische Frage nach der Lernwirksamkeit: Welche Lernangebote werden von Schülerinnen und

Schülern gut aufgenommen und erweisen sich als anschlussfähig für künftiges Lernen, welche anderen Lernangebote funktionieren nicht. Dabei werden unterschiedliche Forschungslinien verfolgt. Im Rahmen fachdidaktischer **Entwicklungsforschung** geht es darum, wirksame Konzeptionen für die Praxis zu entwerfen und zu evaluieren, gleichzeitig aber auch das Grundlagenwissen über das Lernen der Physik zu erweitern. Dabei ergeben sich interessante Ergebnisse: Es gibt z. B. Hinweise darauf, dass es nicht immer sinnvoll sein muss, mit starken Vereinfachungen zu beginnen und die Konzepte dann schrittweise komplexer werden zu lassen. Unterrichtskonzeptionen, die von vornherein komplexe Zusammenhänge beschreiben und die Vereinfachungen dann erst im weiteren Verlauf einführen, haben sich immer wieder als lernwirksamer erwiesen (Hopf et al., 2013, Burde & Wilhelm, 2018).

Bei fachdidaktischer **Grundlagenforschung** geht es primär z. B. um die Beschreibung und Modellierung physikalischer Kompetenz. Einige der für die Analyse von Lernprozessen zu Forschungszwecken entwickelten Lehreinheiten haben sich gleichzeitig als sehr relevant für die Weiterentwicklung der Schulpraxis erwiesen oder sind dort sogar direkt verwendbar. So wurde z. B. an der Universität Bremen ein Aufgabensatz zur Elektrostatik entwickelt, um Lernprozesse im Detail untersuchen zu können (Schoster & v. Aufschnaiter, 2000).

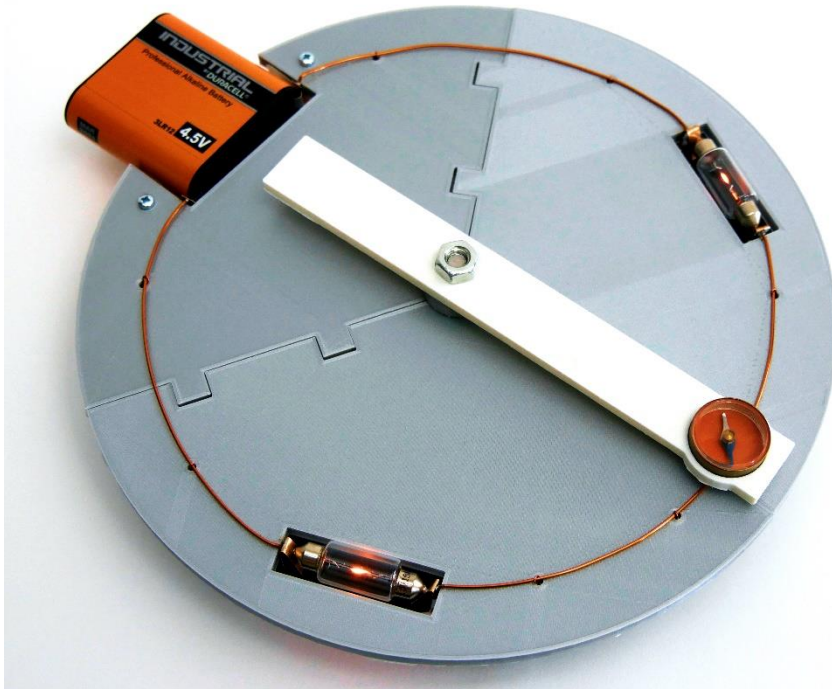
Eine weitere Quelle für neue Unterrichtskonzeptionen sind Projekte, die untersuchen, wie neue Themenfelder aus der physikalischen Forschung für den schulischen Physikunterricht aufbereitet werden können. Momentan steht hier die Entwicklung von Materialien zur Quantentechnologie im Fokus (z. B. Heusler & Ubben, 2021).

## Unterrichtskonzeptionen zur Elektrizitätslehre

Die bekannt schwierige und abstrakte Elektrizitätslehre mit ihren für Schülerinnen und Schüler anspruchsvollen Konzepten fordert Lehrkräfte besonders heraus. So ist es nicht verwunderlich, dass es für diesen Themenbereich eine große Zahl unterschiedlicher Unterrichtskonzeptionen gibt. Allein für die einführenden Teile des Elektrizitätslehre-Unterrichts über einfache Stromkreise sind uns aus dem deutschen Sprachraum wenigstens sechs recht unterschiedliche Ansätze bekannt (Burde & Wilhelm, 2021; dort werden alle Unterrichtskonzeptionen detailliert vorgestellt und weitere Literaturhinweise gegeben), an weiteren wird aktuell gearbeitet.

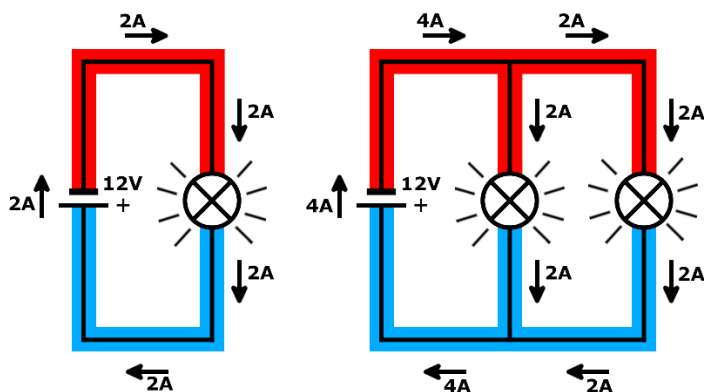
Für den Unterricht der Sekundarstufe I wird man sich als Lehrperson entscheiden müssen, welche Aspekte der Elektrizitätslehre besonders wichtig sind und den Schwerpunkt des Unterrichts entsprechend wählen. Das liegt auch daran, dass die zur Verfügung stehende Unterrichtszeit beschränkt ist und nie alle Themen in der gewünschten Tiefe behandelt werden können. Entscheidungen über die Wichtigkeit physikalischer Themen können jedoch unterschiedlich ausfallen.

Traditionell wird die elektrische Stromstärke ins Zentrum gestellt. Der Unterricht beginnt dann in der Regel mit der Vermittlung der Stromkreisvorstellung und der Diskussion von  $I = const$ . Forschungen aus der Physikdidaktik zeigen, dass das für Schülerinnen und Schüler schwer zu erlernen ist, und sie ihre Vorstellungen eines Stromverbrauchs weiterverfolgen. Schon früh sind daher Unterrichtskonzeptionen entstanden, die das Verstehen der elektrischen Stromstärke unterstützen. So kann z. B. die Vorstellung eines starren Elektronenrings genutzt werden, um anschlussfähige Vorstellungen zum Stromkreis anzubahnen. Dies wird im IPN-Curriculum ausgearbeitet. Im Rahmen der Arbeiten an Unterrichtskonzeptionen zu E-Lehre wurde u. a. eine eindrucksvolle Demonstration zu  $I = const$  entwickelt (Abb. 2).



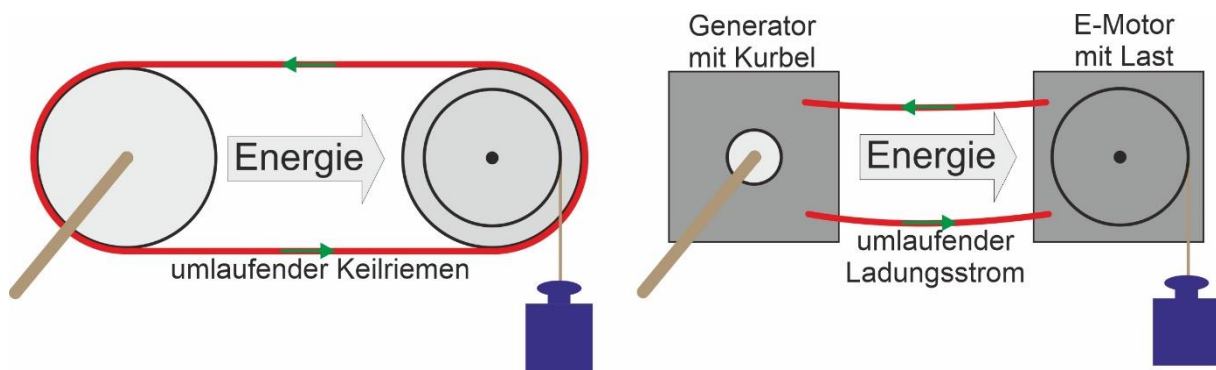
**Abb. 2** Variation des Oersted-Versuchs zur Demonstration von  $I = const$ . Der Stromkreis mit Sofittenlampen ist drehbar gelagert und kann unter der Magnetnadel durchbewegt werden. Es zeigt sich, dass der Ausschlag der Magnetnadel überall gleich ist.

Man kann statt der elektrischen Stromstärke ebenso die Spannung an den Beginn des Unterrichts stellen. Bewährt hat sich hier die Verwendung der „Elektronengas“-Unterrichtskonzeption. Dabei werden einfache Stromkreise von den elektrischen Potentialunterschieden her analysiert. Zur Lernunterstützung wird der „elektrische Druck“ mit einer Gasanalogie für das Potential eingeführt und mit Farben visualisiert (Abb. 3). In empirischen Untersuchungen hat sich diese Unterrichtskonzeption als äußerst wirksam erwiesen (Burde & Wilhelm, 2018).



**Abb. 3** Im Elektronengasmodell wird das elektrische Potential eingeführt und mit Farben visualisiert.

Für den Physikunterricht kann man sich aber genauso dafür entscheiden, die elektrische Energie in den Mittelpunkt zu stellen. Dafür spricht, dass der Transport elektrischer Energie die wichtigste Eigenschaft des Stromkreises im Alltag ist. In solchen Unterrichtskonzeptionen wird dann zwischen dem Ladungsstrom und dem Energiestrom unterschieden. Der Ladungsstrom wird als umlaufender Keilriemen konzeptualisiert, der für den Energietransport vom Generator zum Gerät sorgt (Abb. 4).



**Abb. 4** Fokussiert der Physikunterricht auf elektrische Energie, so wird zwischen dem Ladungsstrom und dem Energiestrom unterschieden. Als Analogie dient ein mechanischer Transmissionsantrieb mit Keilriemen.

## Resümee

Wie am Beispiel Stromkreis zu sehen ist, kann Physikunterricht zum gleichen Themenbereich sehr unterschiedlich aussehen. Vielfältige Unterrichtskonzeptionen stehen dafür zur Verfügung. Sie fokussieren jeweils auf andere Aspekte, verwenden unterschiedliche Konzeptualisierungen und Erklärschritte. In der Regel gibt es detailliert ausgearbeitetes Unterrichtsmaterial, das Lehrkräfte dabei unterstützt, die jeweilige Konzeption im eigenen Unterricht einzusetzen. Wir raten ausdrücklich davon ab, Elemente aus verschiedenen Konzeptionen miteinander zu vermischen, sondern zunächst nahe an den erprobten und bewährten Vorschlägen der ursprünglichen Autorinnen und Autoren zu bleiben. Sonst fehlt eine durchgehende Leitidee und die Konzepte zerfasern.

Einen Überblick über wesentliche Unterrichtskonzeptionen in zahlreichen Themengebieten sowie Hinweise auf vertiefende Literatur bietet das neu erschienene Lehrbuch „Unterrichtskonzeptionen für den Physikunterricht“ (Wilhelm, Schecker & Hopf, 2021).

## Literatur

- Rupp, R. (2022). *Physik 1 – Eine unkonventionelle Einführung*. SpringerSpektrum.
- Mach, E. (1883). *Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt*. F.A. Brockhaus.
- H. Hertz (1894). *Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhange dargestellt*. J. A. Barth
- Bader, F., & Dorn, F. (Hrsg.). (1986). Dorn/Bader. Physik-Oberstufe. Gesamtband 12/13. Hannover: Schroedel.
- Leacock, R. (1960). *Lehrfilm Frames of References*. [https://archive.org/details/frames\\_of\\_reference](https://archive.org/details/frames_of_reference)
- Haber-Schaim, U. (2006). PSSC PHYSICS: A personal perspective: American association of physics teachers. <https://www.aapt.org/Publications/upload/Haber-Schaim4068.pdf>
- Burde, J. P., & Wilhelm, T. (2018). Einfache Stromkreise mit Potenzial. *Physik Journal*, 17, 27-30.
- Hopf, M., Wilhelm, T., Wiesner, H., Tobias, V. & Waltner, C. (2013). Mit der Zweiten lernt man mehr. *Physik Journal*, 13, 35-38
- Burde, J.-P. & Wilhelm T. (2021) Unterrichtskonzeptionen zu elektrischen Stromkreisen. In: Wilhelm T., Schecker H., Hopf M. (Hrsg.). *Unterrichtskonzeptionen für den Physikunterricht*. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-63053-2\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-662-63053-2_8)
- Wilhelm T., Schecker H., Hopf M. (Hrsg.). *Unterrichtskonzeptionen für den Physikunterricht*. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-63053-2>
- Girwidz, R., Kurz, G. & Kautz, C. (2003). Zum Verständnis der newtonschen Mechanik bei Studienanfängern – der Test ‚Force Concept Inventory – FCI. In: Nordmeier, V. (Red.). *Didaktik der Physik. Beiträge der Frühjahrstagung der DPG – Augsburg 2003*. Berlin
- Schoster, A. & v. Aufschnaiter, St. (2000). Schüler lernen Elektrostatik und der Lehrer schaut zu. *MNU* 53 (3), 175-183.
- Heusler S. & Ubben, M. (2021). Quantentechnologien im Lehrplan. Welche Rolle sollten aktuelle Anwendungen der Quantenphysik in der Schule spielen? *Physik Journal*, 20, 86-89.