

■ Verwirrende Kräfte

Zu: H. Wiesner, *Physik Journal*, August/September 2018, S. 53

Vielen Dank für Ihre überfälligen Arbeiten zum Physikunterricht. Zu dem genannten Beispiel des Klingelknopfs ist das Problem in meinen Augen klar und in mehreren Schulbüchern zu besichtigen. Diese beginnen die Mechanik teilweise mit dem Anspruch, alle Kräfte aus den vier fundamentalen Wechselwirkungen abzuleiten [1], verlangen diese Unmöglichkeit von den Schülern (9. Klasse), fangen dann aber nur vier Seiten später damit an, Scheinkräfte wie „Seilkraft“ oder „Unterlagekraft“ zu erfinden. Wie verwirrend muss das für Schüler sein? Plötzlich kommen in Aufgaben Kräfte vor, die man nicht kennt, die schlecht motiviert sind (sonst würde die Masse runterfallen) und die zudem unverständlichlicherweise genauso groß sind wie die Gewichtskraft? Jetzt gibt es also vier Kräfte (Gewichtskraft, Scheinkraft und die reactio-Partner), die alle gleich groß sind und in alle Himmelsrichtungen zeigen. Die zusätzliche Trägheitskraft macht die Sache auch nicht besser, anstatt hier $F = m \cdot a$ als Umrechnungsfaktor zwischen Nettokraft und erfolgreicher Beschleunigung aufzufassen.

Dass es Verwirrung gibt zwischen Kräftegleichgewicht und „actio = reactio“ erscheint mir offensichtlich. Und ebenso offensichtlich ist die Lösung: Mit dem Elastizitätsmodul wird jeder Festkörper zur Feder. Das Seil? Eine ziemlich steife Zugfeder! Der Tisch? Ein sehr steifer Biegebalken! Damit reduziert sich die Zahl der Kräfte auf Gewichtskraft, Federkraft, Reibkräfte und später auf elektrische und magnetische Kräfte. Warum ist die Federkraft des Tisches so groß wie die Gewichtskraft des Tellers? Die sehr steife Feder stellt sich genau so ein. Und natürlich ist es auch so, der Tisch wird von dem Teller ja leicht durchgebogen. Die Kräfte sind jetzt klar, und dann können auch die reactios an die Massepunkte verteilt werden, in Ihrem Beispiel an den Finger bzw.

den verbundenen Massepunkt (Mensch).

330 Jahre nach Newton sollte so das actio-reactio-Paar von unmotivierten Kräften und unmotivierten Schülern beendet werden.

Tobias Ziegler

[1] J. Kircher, Physik für berufliche Gymnasien und Berufsoberschulen, Merkur Verlag, Rinteln (2013)

Erwiderung von Hartmut Wiesner

Das Lernen von Physik stellt enorm hohe Anforderungen an die Lehrenden und an die Lernenden. Darüber besteht Konsens. Ebenso unbestritten ist die hohe Bedeutung der Physik für unsere hochentwickelte technische Wirtschaft. Daraus folgt zwingend, dass die Lernschwierigkeiten für den Zugang zur Physik reduziert werden müssen. Die Suche nach ihren Ursachen konzentriert sich auf drei Felder: (a) Schwierigkeiten, die auf besonders komplexe Begriffe bzw. Theorien zurückzuführen sind, (b) unklare Lernangebote durch die Lehrenden und (c) Lernschwierigkeiten, die durch den Prozess der Informationsaufnahme und -verarbeitung entstehen. Im Fall (a) ist zu entscheiden, ob man auf diese Begriffe verzichtet oder ob sie aufgrund didaktischer Argumente im Stoffkanon verbleiben sollen.

In meinem Beitrag habe ich mich auf den Aspekt (c) beschränkt, wo der Fokus auf die kognitiven Prozesse der Lernenden gerichtet ist. Dieser Bereich von Lernschwierigkeiten ist erst in den letzten Jahrzehnten umfassend empirisch erforscht worden. Auf Grundlage dieser Ergebnisse war es möglich, Unterrichtskonzepte zu konstruieren, die den Lernerfolg verbessern haben. Das Wissen über die individuellen Lernprobleme (c) ist nach meiner Einschätzung die notwendige Basis für die Konstruktion erfolversprechender Lehrgänge. Aber: Dieses Wissen allein reicht nicht aus! Die Entscheidung für diese oder jene Sachstruktur, die eine Reduzierung der Lernprobleme (c) verspricht, ist zunächst auch auf mögliche lehrbedingte Schwierigkeiten (b) zu überprüfen. Darauf

habe ich nicht deutlich genug hingewiesen.

Die Anmerkungen von Herrn Ziegler zum Wechselwirkungsprinzip weisen auf diese Notwendigkeit hin. Sie belegen, dass es Beispiele dafür gibt, dass Lernangebote in sich nicht stimmig sind oder keinen klar erkennbaren roten Faden haben und folglich bei den Lernenden zu begrifflichen Unklarheiten führen. Deshalb sind die Anmerkungen von Herrn Ziegler eine wichtige Ergänzung meines Beitrags. Sie verdeutlichen am Beispiel eines auf den ersten Blick simplen physikalischen Problems allein aus der Perspektive der Sachstruktur, wie komplex für Schülerinnen und Schüler das Lernen und Anwenden von Physik ist. Lernprobleme, wie sie von ihm angesprochen werden, lassen sich zu einem erheblichen Teil durch eine sorgfältige Sachstrukturanalyse und Diskussion unter Lehrenden reduzieren bzw. vermeiden. Dies gelingt den Lehrkräften in den meisten Fällen.

Trotzdem gelingt es nicht in zufriedenstellendem Umfang, die Grundideen des Wechselwirkungsprinzips zu vermitteln. Abhilfe kann das Wissen darüber bringen, welche Wissens- und Denkstrukturen Lerner aktivieren, welche davon anknüpfungsfähig sind, welche zu Lernproblemen führen und welche Voraussetzungen nicht aktiviert werden. Wenn man z. B. weiß, dass viele Schülerinnen und Schüler bei Kraftproblemen nicht das wechselwirkende System als Ganzes mit seinen Wechselwirkungspartner und deren Relation vor Augen haben, muss das Lernangebot gezielt diesem Defizit entgegenwirken.

Der Anspruch an die Entwicklung erfolgreicher Unterrichtskonzepte wird durch die Hinweise von Herrn Ziegler sehr deutlich: Die explizite Berücksichtigung von (c) ist notwendig, aber nicht ausreichend. Gleiches gilt umgekehrt: Die alleinige Berücksichtigung von (b) führte oft nicht zu Lernangeboten, welche die Schülerinnen und Schüler in gewünschter Weise verarbeiten können, weil sie wichtige anknüpfungsfähige Vorstellungen nicht aktivieren.

Die Redaktion behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.

Dr. Tobias Ziegler,
Freiburg