

Altlasten der Physik (63) Die rücktreibende Kraft

F. Herrmann

Gegenstand

Für einen mechanischen harmonischen Schwinger, bei dem ein Körper eine Hin- und Herbewegung macht, ist die Kraft auf den Körper proportional zur Auslenkung. Dass dieser Aussage große Bedeutung beigemessen wird, sieht man daran, dass sie oft, und besonders in Schulbüchern, als Merksatz formuliert wird. Hier zwei Beispiele:

- 1) „Eine freie mechanische Schwingung ist genau dann harmonisch, wenn sie dem linearen Kraftgesetz $F = -D s$ genügt. s gibt die Elongation aus der Gleichgewichtslage an.“
- 2) „Definition: Eine periodische Bewegung, die durch die Rückstellkraft F hervorgerufen wird, für die ein lineares Kraftgesetz in der Form $\vec{F} = -D \vec{y}$ gilt, heißt harmonische Schwingung.“

Mängel

1. Die Sätze stellen eine Strenge zur Schau, der sie nicht ganz gerecht werden. Zu 1): Es gibt auch freie harmonische Schwingungen, für die nicht die Kraft zur Auslenkung, sondern das Drehmoment zum Winkel proportional ist. Ohne das „genau dann“ würde man über diesen Mangel wohl eher hinwegsehen. Zu 2): Auch auf einen Kolben, der von einem Schwungrad (oder sogar von einem Motor) über eine Pleuelstange hin und her bewegt wird, wirkt eine Kraft, für die ein (nahezu) lineares Kraftgesetz gilt.
2. Ein Merksatz tritt uns immer mit einem hohen Anspruch entgegen: „Was ich aussage, ist wichtig!“ Die oben zitierten Aussagen verdienen diesen Wichtigkeitsstatus aber nicht. Wir bemerken zunächst, dass an demselben Schwinger noch zwei andere Größen proportional zueinander sind, nämlich Impuls und Geschwindigkeit. Die beiden Beziehungen

$$\vec{p} = m \vec{v}$$

und

$$\vec{F} = -D \vec{y}$$

haben, was den mathematischen Formalismus betrifft, eine analoge Bedeutung. Sie charakterisieren die beiden Teile, aus denen das System besteht, im Sinne der Physik vollständig: die erste den Körper und die zweite die Feder. Zum Aufstellen der Differenzialgleichung braucht man außer ihnen nur noch die Impulserhaltung. Dass man der einen der beiden Proportionalitäten einen Merksatz widmet, der anderen aber nicht, mag man damit erklären, dass die Gültigkeit der ersten Gleichung als selbstverständlich vorausgesetzt werden kann, denn um Abweichungen von ihr zu beobachten, muss sich ein

Körper mit relativistischer Geschwindigkeit bewegen. Die Proportionalität als Bedingung für die harmonische Bewegung herauszustellen, würde pedantisch wirken. Aber wie steht es denn mit dem anderen Term? Wenn man den Schwinger vorstellt als ein Gerät, das aus Körper und Feder besteht, so ist auch die zweite Gleichung eine Selbstverständlichkeit, denn wer denkt schon daran, die Feder zu überdehnen. Eine gute Methode, Abstand zu einem mechanischen Problem zu gewinnen, besteht darin, das Problem in ein elektrisches zu übersetzen.

Tatsächlich schwingt auch der elektrische Schwingkreis nur dann harmonisch, wenn zwei lineare Beziehungen gelten, die die beiden Konstituenten des Schwingkreises, den Kondensator und die Spule, charakterisieren:

$$Q = C U$$

und

$$n \Phi = L I$$

Zum Aufstellen der Differenzialgleichung braucht man, außer diesen beiden, nur noch die Ladungserhaltung. Hier ist es nun besonders leicht, die Proportionalitäten zu verletzen: Wenn man entweder einen Elektrolytkondensator verwendet, oder eine Spule mit einem Eisenkern, der in die Sättigung gerät. Trotzdem kommt wohl kaum jemand auf die Idee, zu formulieren: „Eine freie elektrische Schwingung ist genau dann harmonisch, wenn ...“. Und warum nicht? Weil die Aussagen keinen Merksatz wert sind.

3. Braucht die Kraft beim Schwinger unbedingt einen eigenen Namen? Müssten wir dann nicht konsequenterweise auch die Spannung am Kondensator eines Schwingkreises benennen, etwa „Entladespannung“?

Herkunft

Die Aussagen stellen nur eines von vielen Beispielen dafür dar, dass die Mechanik eine Extrawurst bekommt. Ihre alte Vormachtstellung ist nach wie vor unangefochten.

Entsorgung

Allgemein: Man tut gut daran, nicht dort Strenge vorzutäuschen, wo sie nicht vorhanden ist. Merksätze sind gut. Lehrsätze dagegen, die sich zu anspruchsvoll geben, sind unredlich.

Konkret: Man mache aus dem Merk- einen Nebensatz.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Friedrich Herrmann, Abteilung für Didaktik der Physik, Universität, 76128 Karlsruhe