

## Altlasten der Physik (65) Haftreibung

F. Herrmann

### Gegenstand

Wenn in der Mechanik die Reibung eingeführt wird, unterscheidet man Haft-, Gleit- und Rollreibung. In einem schon etwas älteren Nachschlagewerk habe ich unter dem Stichwort Reibungskraft gefunden: „Außer dem Widerstand des umgebenden Mediums tritt bei Bewegungen die Reibung als energiezehrender Widerstand auf. [...]“

Man unterscheidet folgende Reibungsarten:

- Gleitreibung: Sie wirkt bei einer Bewegung [...]
- Haftreibung: Sie wirkt bei ruhendem Körper [...]
- Rollreibung: Sie tritt auf, wenn der Körper auf der Unterlage rollt [...]

Auch wenn die Klassifizierung nicht so deutlich herausgestellt wird wie hier, so werden doch auch in vielen anderen Lehrbüchern im Mechanikteil die drei Reibungsarten genannt. Manchmal werden auch die entsprechenden Kräfte mit Namen versehen: Gleitreibungskraft, Haftreibungskraft und Rollreibungskraft.

### Mängel

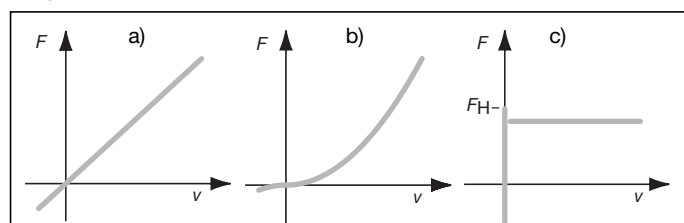
Wahrscheinlich verspürt jeder bei diesem Thema ein gewisses Unbehagen. Man kann sich auch kaum vorstellen, dass es dem Autor unseres Zitats nicht aufgefallen ist, dass die Haftreibung gar nicht zu den Erscheinungen zählt, die er als Reibung definiert: nämlich als energiezehrenden (in anderen Worten: dissipativen oder irreversiblen) Prozess. Irgend etwas stimmt hier also nicht.

Man könnte versuchen, Remedur zu schaffen, indem man die Reibung nicht als „energiezehrenden“ Prozess bezeichnet. Nun ist aber die Dissipation wohl derjenige Aspekt der Reibung, auf den man bei einer Definition am wenigsten verzichten möchte. Dass die drei Erscheinungen nicht so recht für eine Klasseneinteilung geeignet sind, sieht man auch so: Es wird suggeriert: Reibung sei entweder Haft- oder Gleit- oder Rollreibung. Aber was wird hier eigentlich klassifiziert? Drei verschiedenartige Systeme, bei denen je ein anderer Reibungstyp auftritt? Oder drei Zustandsbereiche eines einzigen Systems? Weder das eine noch das andere, sondern mal so und mal so. Haft- und Gleitreibung gehören zu ein und demselben System, etwa dem Klotz auf der Unterlage. Gleit- und Rollreibung dagegen gehören zu verschiedenen Systemen, dem Klotz, der gleitet bzw. dem Rad, das rollt.

### Herkunft

Klasseneinteilungen sind ein wichtiges Mittel, gedankliche Ordnung in die Vielfalt der Phänomene zu bringen. Jeder

**Abb. 1: Reibung: viskose Reibung (a), turbulente Reibung (b) und Reibung zwischen zwei festen Körpern (c)**



kennt die „drei Wirkungen des elektrischen Stroms“, die „drei Möglichkeiten des Wärmetransports“, die „vier fundamentalen Wechselwirkungen“ und anderes. Die Versuchung, auf diese Art eine Ordnung zu erlangen, ist aber manchmal so groß, dass man sich zu Abstrichen an der gedanklichen Klarheit verleiten lässt.

### Entsorgung

Die Unstimmigkeit ist wohl vielen bewusst. Wahrscheinlich, damit der Bruch mit der alten Gewohnheit nicht zu krass ist, wird etwa in [1] im Zusammenhang mit dem Haften das Wort Reibung in Anführungszeichen gesetzt. Wir würden empfehlen, das Wort Reibung in diesem Zusammenhang gar nicht erst zu benutzen. Wenn man Reibungsvorgänge klassifizieren will, so bietet sich ein anderes Verfahren an [2]. Bei jedem Reibungsvorgang, an dem zwei Körper beteiligt sind, bewegt sich der eine relativ zum anderen, und die Körper üben Kräfte aufeinander aus.

Ist  $F$  der Betrag dieser Kräfte, und  $\Delta v$  die Geschwindigkeitsdifferenz, so ist die pro Zeit dissipierte Energie:  $P = \Delta v F$ . Diese Gleichung ist das mechanische Analogon von  $P = UI$ . Angewendet auf einen elektrischen Widerstand sagt uns die letztere Gleichung, wie viel Energie im Widerstand dissipiert wird. So wie man den elektrischen „Reibungsvorgang“ durch eine  $I$ - $U$ -Kennlinie charakterisiert, so charakterisiert man auch den mechanischen Reibungsvorgang oder den mechanischen Widerstand am besten durch die  $F$ - $\Delta v$ -Kennlinie. Und man klassifiziert die Reibungsvorgänge danach, wie die Kennlinie aussieht.

1. Im einfachsten Fall ist der Zusammenhang linear, Abb. 1a. Diesem Vorgang entspricht in der Elektrizitätslehre das *Ohm'sche* Gesetz. Er liegt vor, wenn sich zwischen den beiden Körpern ein viskoses Medium, ein Schmiermittel zum Beispiel, befindet. Ein schönes Beispiel ist der Stoßdämpfer beim Auto oder der Türdämpfer. Ein Stoßdämpfer ist übrigens gut für ein Schulexperiment geeignet.
2. Wenn das Medium eine turbulente Bewegung macht, so ändert sich  $F$  quadratisch mit  $\Delta v$ , Abb. 1b. Ein Beispiel ist die Luftreibung eines Fahrzeuges.
3. Haft- und Gleitreibung gehören bei dieser Einteilung zu ein und derselben Kennlinie, Abb. 1c. Allerdings hat diese eine Singularität. Zum Wert  $\Delta v = 0$  gehört nicht ein eindeutiger Wert der Kraft, sondern die Kraft kann alle Werte von  $-F_H$  bis  $+F_H$  annehmen. Als Anwendung wird man nicht nur das Haften und Rutschen eines Autos diskutieren, sondern vor allem auch Bremse und Kupplung. Bei allen drei Klassen handelt es sich um echte Reibungsvorgänge, denn es wird Energie dissipiert, d. h. Entropie erzeugt.

### Literatur

- [1] Dorn-Bader, Physik Sek II, Schroedel Verlag, 2000, S. 39.  
 [2] Gerthsen-Kneser-Vogel, Physik, Springer-Verlag, 1977, S. 30.

### Anschrift des Verfassers:

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