

228 Zentralkraft und Zentripetalkraft

ZUSAMMENFASSUNG

Bei der Benutzung der Bezeichnungen Zentralkraft und Zentripetalkraft geht es oft etwas durcheinander. Der Name Zentripetalkraft ist wohl eher überflüssig.

Gegenstand

Was versteht man unter einer Zentripetalkraft? Hier einige Antworten:

1. „Die Zentripetalkraft ist diejenige Kraft, durch die die Körper zu einem Punkt, der als Zentrum fungiert, gezogen oder gedrückt werden oder auf irgendeine Art dorthin tendieren.“ (Newton)

2. „Da wir nun aus dem Auftreten jeder Beschleunigung auf das Wirken einer Kraft schließen müssen, so erkennen wir, dass zur Aufrechterhaltung einer krummlinigen Bewegung eine nach dem Krümmungszentrum gerichtete Kraft nötig ist, welche wir messen durch Diese Kraft nennt man Zentralkraft, auch wohl Zentripetalkraft, ihr Betrag C ist: ...“ (Helmholtz)

3. „Damit oder wenn ein Körper mit der Masse m eine gleichförmige Kreisbewegung ausführt, muß auf ihn eine Kraft vom Betrag

$$F = m \frac{v^2}{r} = m\omega^2 r$$

wirken, die immer zu einem festen Punkt, dem Zentrum, hinzeigt (Zentripetalkraft).“ (Gerthsen)

4. „... Diese Kraft heißt Zentripetalkraft. Beachten Sie, dass die Zentripetalkraft keine neue Kraftart darstellt. Sie ist lediglich ein Name für die Kraft, die die Zentripetalbeschleunigung erzeugt, und damit eine Kreisbewegung ermöglicht.“ (Tipler)

5. „Die zum Drehzentrum gerichtete Zentripetalkraft, die einen Körper der Masse m mit der Geschwindigkeit v auf einem Kreis mit dem Bahnradius r hält, ist

$$F = -m\omega^2 r .“$$

(Schulbuch)

6. „Für diese zum Zentrum gerichtete Kraft sind auch die Bezeichnungen Zentralkraft oder Zentripetalkraft üblich.“ (Schulbuch)

Mängel

Es gibt zu viele Bezeichnungen für Kräfte. Die meisten sind überflüssig. Oft sind sie auch nicht eindeutig.

1. Meist werden die Bezeichnungen Zentripetalkraft und Zentralkraft so verwendet:

Eine Zentralkraft ist eine Kraft die, von dem Körper aus gesehen, auf den sie wirkt (Körper A), zu einem anderen Körper B hin gerichtet ist. Die Impulsänderung von A ist dabei entgegengesetzt zu der von B. Sie steht im Allgemeinen nicht senkrecht zur Bewegungsrichtung von A.

Als Zentripetalkraft bezeichnet man eine Kraft oder eine Kraftkomponente, die senkrecht zur Bewegungsrichtung steht. Während der betrachtete Körper seine Bahn durchläuft weist der Kraftvektor nicht unbedingt auf einen festen Punkt. Es lässt sich im Allgemeinen nicht ein Körper angeben, der sie ausübt und dabei seinen Impuls entsprechend ändert.

Im Fall einer Kreisbewegung kann die Zentripetalkraft eine Zentralkraft sein. Daher werden beide Begriffe oft identifiziert, siehe die Zitate 2 und 6.

Bei einem rotierenden Ring wird man zwar von einer Zentripetal-, aber eher nicht von einer Zentralkraft sprechen.

2. Man kann es machen wie im Gerthsen und einigen anderen Büchern: Man benutzt die Bezeichnung Zentripetalkraft nur für gleichförmige Kreisbewegungen. Es ist dann aber nicht recht einzusehen, warum man die Querkomponente der Kraft nicht immer Zentripetalkraft nennen soll. Wenn ein Auto eine kurvenreiche Strecke fährt, also nicht auf einer Kreisbahn, so spricht man durchaus von den Zentrifugalkräften (die im Bezugssystem des Autos auftreten). Warum soll die Gegenkraft hier ihren Namen nicht behalten?

3. Tipler betont, die Zentripetalkraft sei keine „neue Kraftart“. Wie entscheidet man aber, ob zwei Kräfte verschiedener Art sind? Wir können helfen: Wenn man bedenkt, dass das Wort Kraft für Impulsstromstärke steht, kann man es klarer sagen. Zwei verschiedene Kraftarten liegen vor, wenn die Leiter der Impulsströme unterschiedlicher Natur sind, also etwa eine elastische Feder oder ein elektrisches Feld oder ein Gravitationsfeld...

4. Es ist ungeschickt zu sagen,

$$F = -m\omega^2 r \tag{1}$$

sei die Zentripetalkraft. Man sagt besser, die Formel

$$\frac{dp}{dt} = m\omega^2 r \tag{2}$$

gestatte es, die Impulsänderung des betrachteten Körpers zu berechnen, denn alle drei Größen auf der rechten Seite der Gleichung (1) sind Größen, die den Körper und seinen Zustand beschreiben. Erst das zweite Newtonsche Gesetz sagt uns, dass diese Impulsänderung durch eine Kraft (also einen Impulszufluss) zustande kommt.

5. Es geht in unserem Zusammenhang immer um eine Impulsänderung, und den damit verbundenen Impulstransport. Dieser kann entweder konvektiv oder konduktiv geschehen. Gleichung (2) macht darüber keine Aussage. Sie gibt nur die Impulsänderung an, nicht den Impulsstrom. Nach ihr wäre auch ein konvektiver Impulstransport eine Zentripetalkraft, wenn man also zum Beispiel den Körper mit Hilfe eines von außen kommenden Wasserstrahls auf seiner Bahn hält.

Herkunft

Newton selbst hat die Bezeichnung Zentripetalkraft eingeführt. Man kann sein Vorgehen verstehen: Bei ihm ging es an erster Stelle um die Bahn von Mond und Planeten, und da war es wohl bequem für ihn, ein eigenes Wort einzuführen. Man muss auch bedenken mit welcher Umständlichkeit er das, was wir heute klassische Mechanik nennen, auf 500 Seiten ausbreitet.

Entsorgung

Die Bezeichnung Zentralkraft ist insofern nützlich, als sie etwa gestattet, elektrische von magnetischen Kräften zu unterscheiden.

Durch die Bezeichnung Zentripetalkraft dagegen wird nichts klarer und es wird nichts kürzer. Um zwischen der Längs- und der Querkomponente einer Kraft zu unterscheiden, brauchen wir die Bezeichnung nicht.

Einen Vorteil mag sie für manch einen allerdings doch haben: Wenn man zu einem nicht physikalisch Gebildeten spricht, so macht es doch viel mehr Eindruck zu sagen, die Erde übe auf den Mond eine Zentripetalkraft aus, statt einfach zu sagen die Erde ziehe am Mond.