

218 Erdbeschleunigung und Ortsfaktor

ZUSAMMENFASSUNG

Die Bezeichnungen Erd- oder Fallbeschleunigung für die Größe g legen nahe, dass sich der Wert von g auf einen Körper bezieht. Tatsächlich beschreibt er eine Eigenschaft von etwas, das unabhängig vom fallenden Körper existiert: das Gravitationsfeld.

Gegenstand

Das \vec{g} in der Gleichung

$$\vec{F} = m \cdot \vec{g}$$

begegnet uns gewöhnlich unter einem oder mehreren der folgenden Namen:

Erdbeschleunigung, Fallbeschleunigung, Schwerebeschleunigung, Ortsfaktor

Manchmal wird betont, dass mit der Bezeichnung Ortsfaktor der Betrag des g -Vektors gemeint ist.

Mängel

1. Wir schreiben die Gleichung zunächst für die vertikalen Komponenten F und g der Vektoren \vec{F} und \vec{g} und vertauschen im Produkt die Reihenfolge der Faktoren:

$$F_s = g \cdot m. \quad (1)$$

So sagt uns die Gleichung, dass die Schwerkraft proportional zur (schweren) Masse ist. Wenn die Masse gegeben ist, können wir die Schwerkraft berechnen. g ist der Proportionalitätsfaktor. Da der Proportionalitätsfaktor vom Ort abhängt, bezeichnet man ihn oft, vor allem in Schulbüchern, als Ortsfaktor. (Ich habe übrigens keine analoge Bezeichnung in anderen Sprachen gefunden.) Die gute Absicht dabei ist zu erkennen. Man möchte nicht die Beschleunigung im Namen haben.

Wenn man nun g Ortsfaktor nennt, weil sein Wert vom Ort abhängt, so könnte man mit demselben Recht auch den Betrag der elektrischen Feldstärke Ortsfaktor nennen; und warum nicht auch Druck, Temperatur und andere Größen, deren Werte sich auf einen Punkt beziehen und damit vom Ort abhängen? Die Bezeichnung Ortsfaktor für g bringt also etwas zum Ausdruck, was nicht charakteristisch für g ist.

2. Für einen frei fallenden Körper, also einen Körper, auf den nur die Schwerkraft F_s wirkt, gilt

$$F_s = m \cdot a$$

wo m die träge Masse ist. Mit Gleichung (1) folgt daraus:

$$a = g.$$

Die Beschleunigung des Körpers beim Fallvorgang ist also gleich dem Proportionalitätsfaktor g in Gleichung (1). Daher kommt es, dass g von a den Namen Beschleunigung geerbt hat. Um sie von anderen Beschleunigungen zu unterscheiden, nennt man das g Erd- oder Schwere- oder Fallbeschleunigung. Nun gilt Gleichung (1) aber auch wenn nichts beschleunigt wird, oder wenn, wie beim Fallen mit Reibung, die Beschleunigung einen anderen Wert hat als g . Soll man wirklich g Beschleunigung nennen, nur weil bei einem speziellen Vorgang, nämlich dem freien Fall, sein Wert mit der Beschleunigung übereinstimmt? Wohl eher nicht.

3. Man kann Gleichung (1) auch anders lesen: als *Definitionsgleichung* der Vektorgröße \vec{g} . Man bestimmt \vec{g} aus den leicht messbaren Größen \vec{F} und m . Der Körper dient jetzt nur noch dazu, eine Eigenschaft der Umgebung der Erde auszumessen: Wir messen m und \vec{F} , dividieren \vec{F} durch m , und erhalten \vec{g} . Wenn wir dasselbe mit einem anderen Körper machen, der eine andere Masse hat, bekommen wir denselben Wert. Das \vec{g} beschreibt also etwas, was mit dem Körper gar nichts zu tun hat. Womit hat es aber etwas zu tun? Es charakterisiert eine Eigenschaft von einem (unsichtbaren) Gebilde, das sich in der Umgebung der Erde befindet, und das wir Gravitationsfeld nennen. Entsprechend wird man der Größe auch einen Namen geben, der sich auf dieses Gebilde bezieht: Gravitationsfeldstärke.

Kommt uns das nicht bekannt vor? Natürlich. Genau so gehen wir um mit der Gleichung

$$\vec{F} = Q \cdot \vec{E} \quad (2)$$

Wir verwenden sie, um die Verteilung der Größe \vec{E} im Raum auszumessen – eine Größe, die etwas beschreibt, was mit der „Probeladung“ Q nichts zu tun hat. \vec{E} beschreibt das elektrische Feld, das auch dann da ist, wenn sich weit und breit keine Probeladung befindet.

4. g kann wegtransformiert oder hintransformiert werden. Sein Wert ist bezugssystemabhängig. An einem Ort dicht über der Erdoberfläche in einem relativ zur Erde ruhenden Bezugssystem ist $g = 9,8$ N/kg. In einem frei fallenden Bezugssystem am selben Ort ist $g = 0$.

Diese Eigenschaft hat g gemeinsam mit vielen anderen physikalischen Größen: mit der Geschwindigkeit, dem Impuls und der kinetischen Energie, aber auch mit der elektrischen und magnetischen Feldstärke. Allerdings wird die Einsicht in diese Tatsache beim Gravitationsfeld erschwert durch die Einführung einer ganzen Reihe von Zusatzbezeichnungen: Multipliziert mit m , so entstehen „Scheinkräfte“, „ g -Kräfte“, „Beschleunigungskräfte“. Das hat zur Folge, dass man aus den Augen verliert, dass man es immer mit ein und derselben physikalischen Größe zu tun hat, die, wie auch viele andere Größen, je nach Bezugssystem einen anderen Wert annimmt.

5. Zur Maßeinheit. Die Einheit m/s^2 ist natürlich korrekt, aber nicht schön, denn sie legt nahe, g als Beschleunigung zu interpretieren. Eine Alternative wäre N/kg. Das folgt direkt aus Gleichung (1). Viel schöner ist das aber auch nicht, denn die Feldstärke hat zwar manchmal etwas mit einer Kraft zu tun, aber eben nur dann, wenn man einen Probekörper ins Feld bringt. Versuchen wir daher, uns an der Elektrodynamik orientieren. Wie steht es denn mit der Maßeinheit der elektrischen Feldstärke? Man verwendet bekanntlich V/m, hätte aber ebenso gut auch N/C benutzen können. Auch hier ist die eine Maßeinheit nicht berechtigter oder zweckmäßiger als die andere. Aber was würden wir uns denn wünschen? Wenn die Größe eine intrinsische Eigenschaft des Feldes beschreibt, sollte sie dann nicht eine eigene Einheit bekommen? Gewiss; aber das hat sie nun mal nicht. Schauen wir aber noch mal kurz auf den Magnetismus. Welche Überraschung! Hier gibt es gleich zwei eigene Einheiten zur Beschreibung des Feldes: das Gauss und das Tesla. Wir sehen auch hier: Die Entwicklung der Physik war und ist wohl etwas eratisch.

Herkunft

Newton war um 1700. Damals gab es noch keine Felder (auch wenn sie Newton gut in den Kram gepasst hätten). Also ist damals ein Umgang mit der Gravitation (wie mit der ganzen Mechanik) entstanden oder erfunden worden, der mit Fernwirkungen operiert, und in dem kein Hinweis auf die Eigenschaften von dem enthalten ist, das sich zwischen den gravitierenden Körpern befindet. Da konnte natürlich das g nicht eine Eigenschaft von etwas ausdrücken, das sich zwischen den Körpern befindet. Es konnte nur interpretiert werden, als ein Faktor, der sich auf einen Körper bezieht; also ohne Körper kein g . Da war die Bezeichnung Erdbeschleunigung natürlich nahe liegend.

Entsorgung

Man führt g ein über

$$\vec{F} = m \cdot \vec{g}$$

oder zunächst auch über

$$F = m \cdot g$$

so wie man \vec{E} über

$$\vec{F} = Q \cdot \vec{E}$$

einführt und man nennt es Gravitationsfeldstärke.

Es stellt sich heraus, dass die Beschleunigung eines frei fallenden Körpers gleich dieser Feldstärke ist. Das haben wir der Gleichheit von schwerer und träger Masse zu verdanken, die im Rahmen der klassischen Mechanik nicht als Identität, sondern als ein überraschendes, fast ungläubliches aber doch zu akzeptierendes Ergebnis der Beobachtung erscheint. Das sollte man ansprechen.