

Das Grundgesetz der Mechanik (2. NEWTON'sches Axiom)

Das Grundgesetz der Mechanik beschreibt die Wirkung einer Kraft auf die Bewegung eines Körpers. Es spielt bei der Beschreibung von Bewegungen und Bewegungsänderungen von Punktmassen eine zentrale Rolle. Bei der experimentellen Erarbeitung oder Bestätigung des Gesetzes wird häufig ein Vorgehen gewählt, bei dem man in mehreren Teilversuchen die Kraft und die Masse konstant hält und die Beschleunigung indirekt ermittelt. Das ist nicht nötig, denn mithilfe der TI-Nspire™ Lab Station, bestehend aus der Vernier DataQuest™ Applikation und dem TI-Nspire™ Lab Cradle, ist eine direkte Messung von beschleunigender Kraft und erzielter Beschleunigung während eines dynamischen Vorgangs möglich.

Dabei kommen ein Kraftsensor und ein Beschleunigungssensor zum Einsatz. Letzterer ähnelt den Beschleunigungssensoren in Mobiltelefonen. Da in der Kinematik ausreichend Erfahrungen im Messen von Beschleunigungen auf herkömmlichem Wege gesammelt wurden, ist der Einsatz von rechnergestützter Messtechnik zu rechtfertigen, auch wenn das Messgerät selbst eine Blackbox bleibt.

Versuchsaufbau



Versuch mit Kraft- und Beschleunigungssensor

Material

- verschiedene Massestücke (z. B. 0,5 kg, 1 kg, 2 kg)
- (Taschen-)Computer mit Messwerterfassung (hier TI-Nspire™ CX mit Lab Cradle™)
- Kraftsensor (z. B. Dual-Range Force Sensor, DFS-BTA)
- Beschleunigungssensor - **Pfeil nach oben** (z. B. Low-g-Accelerometer, LGA-BTA), Klebeband
oder
- Ultraschallbewegungssensor (z. B. CBR 2™)

Versuchsdurchführung

Ein Massestück wird mehrfach angehoben, dabei kurzzeitig beschleunigt und wieder abgesenkt. Die beschleunigende Kraft und die Beschleunigung werden gleichzeitig gemessen. Das Experiment wird mit verschiedenen Massestücken durchgeführt.

Vorbereitung: 5 min, Durchführung: 25 min (mit Auswertung)

Einstellungen

- Messmodus: Time Based (zeitbasiert)
- Messzeit: z. B. 3 s
- Messrate: z. B. 50 Messungen pro Sekunde
- Ch1: Beschleunigungssensor
- Ch2: Kraftsensor (Messbereich: 50 N)

Hinweise

Anstelle des Beschleunigungssensors kann auch ein Ultraschallbewegungssensor (z. B. CBR 2TM) zur Messung der Beschleunigung eingesetzt werden. Der Sensor müsste unter dem anzuhebenden Massestück platziert werden. Alternativ könnte auch ein Experimentierwagen mit verschiedenen Beladungen durch Ziehen beschleunigt werden. Die Ergebnisse sind etwas ungenauer als beim beschriebenen Verfahren. Weitere Varianten wären die gleichzeitige Messung von Kraft und Beschleunigung bei der Schwingung eines Feder-Masse-Pendels oder beim Sprung auf einer Kraftplatte.

Tipps und Tricks

Beim Befestigen des Beschleunigungssensors ist darauf zu achten, dass der Richtungspfeil senkrecht nach oben zeigt. Der Beschleunigung- und der Kraftsensor müssen in der DataQuest-Applikation auf Null gestellt werden, damit nur die beschleunigende Kraft gemessen wird. Dies sollte durchgeführt werden, während das Massestück bereits am Kraftsensor hängt, aber noch nicht bewegt wird. Das Klebeband dient nur als Sicherheit. Alternativ können die beiden Sensoren auch einfach in eine Hand genommen werden.

Auswertung

Die Graphen im $F(t)$ - und $a(t)$ -Diagramm zeigen ähnliche Verläufe. In das $F(a)$ -Diagramm (vgl. Lösungsblatt) ließe sich eine Ursprungsgerade als Ausgleichsgerade einzeichnen. Nun bestimmt man entweder durch händisches Anpassen oder über eine Regression die Gleichung einer solchen Geraden. Es zeigt sich, dass ihre Steigung der Masse des beschleunigten Körpers entspricht.

