

# Beschleunigung beim Bungee-Sprung

In diesem Experiment werden Sie die Beschleunigungen untersuchen, die während eines Bungee Sprungs auftreten. In Abbildung 1 ist der Beschleunigungs-Zeit-Graph eines tatsächlichen Bungee Sprungs abgebildet, wo der Springer zunächst nach oben sprang und anschließend senkrecht nach unten fiel. Die positive Richtung auf dem Graphen ist aufwärts.

Zwei Sekunden lang steht der Springer zur Vorbereitung des Sprungs auf der Plattform. An diesem Punkt beträgt die Beschleunigung  $0 \text{ m/s}^2$ . In der nächsten kurzen Zeitperiode neigt sich der Springer nach unten und drückt sich dann nach oben ab. Beide Beschleunigungen zeigen auf dem Graphen nach oben. Zwischen ca. 2.5 und 4.5 Sekunden fällt der Springer frei und die Beschleunigung beträgt ca.  $-9.8 \text{ m/s}^2$ .

Sobald das Bungee-Seil gespannt ist, ändert sich die Beschleunigung. Das Seil übt jetzt eine nach oben wirkende Kraft auf den Springer aus. Schließlich steigt die Beschleunigung an, obwohl der Springer noch immer fällt. Die maximale positive Beschleunigung entspricht dem maximal gespannten Bungee-Seil.

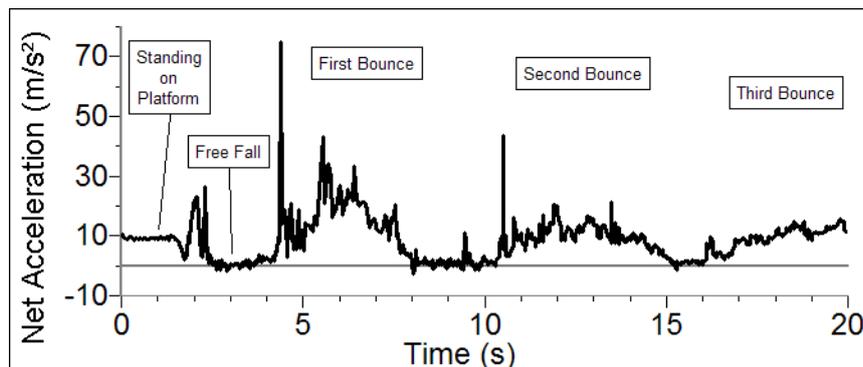


Abbildung 1

In unserem Experiment ersetzt ein Holzstück oder eine Puppe den Springer und ein Gummiband das Bungee-Seil. Ein am „Springer“ befestigter Beschleunigungsmesser wird zur Anzeige der Beschleunigungen verwendet.

## LERNZIELE

- Mithilfe eines Beschleunigungsmessers die Bewegung des Bungee-Springers von direkt vor dem Sprung bis zu einigen Schwingungen nach dem Sprung analysieren
- Bestimmen, wo in der Bewegung die Beschleunigung maximal und minimal ist
- Den Labor-Sprung mit einem tatsächlichen Sprung vergleichen

## MATERIAL

Computer  
Vernier Computerschnittstelle  
Logger *Pro*  
Vernier Beschleunigungsmesser **oder**  
WDSS

Bungee-Springer (Holzstück oder kleine Puppe)  
Bungee-Seil (langes, flexibles Gummiband)  
Standfuß

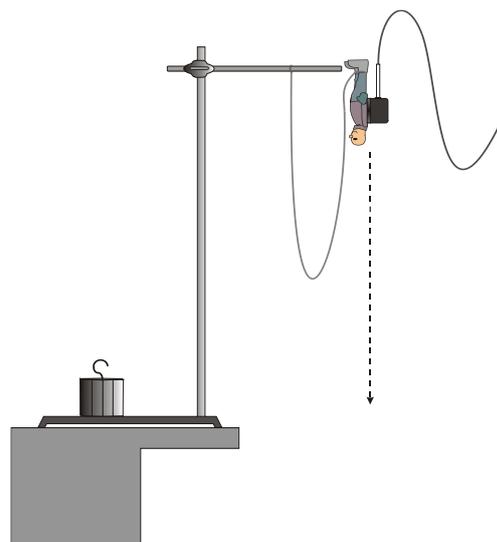
## VORBEREITENDE FRAGEN

1. Denken Sie über die Kräfte nach, die am niedrigsten Punkt des Sprungs auf den Bungee-Springer wirken. Zeichnen Sie ein Kräfte diagramm zu den auf den Springer wirkenden Kräften. Die Kraftvektoren mit dem größeren Betrag sollten durch längere Pfeile dargestellt werden. Beschriften Sie die Kraftvektoren.
2. Analysieren Sie den Graphen eines echten Bungee-Sprungs, wie in Abbildung 1. Markieren Sie auf dem Graphen die niedrigste Position während des Sprungs.
3. Wie hoch war die Beschleunigung an diesem Punkt? War die Beschleunigung nach oben oder unten gerichtet?
4. Markieren Sie den Zeitpunkt, wo der Springer den höchsten Punkt während des ersten Sprungs erreicht hat.
5. Wie hoch war der Betrag der Beschleunigung zu diesem Zeitpunkt? War die Beschleunigung nach oben oder unten gerichtet?
6. Wie lange wurde das Bungee-Seil im echten Bungee-Sprung benutzt? Hinweis: Überlegen Sie, wie lange der Springier fiel, bevor das Seil begann, an ihm zu ziehen.

## VORGEHENSWEISE

### Teil I Der Sprung – Schritt für Schritt

1. Verbinden Sie den Beschleunigungsmesser mit Kanal 1 der Schnittstelle. Befestigen Sie ein kleines Holzstück oder eine kleine Puppe (Ihr Springer) am Beschleunigungsmesser. Der Pfeil am Beschleunigungsmesser sollte nach oben zeigen (zum Haken, wenn Sie ein Holzstück verwenden oder zu den Füßen der Puppe).
2. Verbinden Sie das Gummiband mit dem Haken am Holzstück oder den Füßen der Puppe. Das andere Ende verbinden Sie mit einer unbeweglichen Stütze, am besten aus Stativmaterial. Passen Sie die Länge des Gummibandes an, damit Holzstück oder Puppe nicht den Boden berühren, wenn sie fallen gelassen werden.



3. Öffnen Sie die Datei "07 Bungee Jump" aus dem Ordner *Physik mit Vernier*. Der Beschleunigungsmesser ist so kalibriert, dass er nur in vertikaler Richtung misst, 0 Beschleunigung in Ruhe und  $-9.8 \text{ m/s}^2$  im freien Fall.
4. Halten Sie den Bungee-Springer unbewegt auf dem Tisch, so dass der Pfeil des Beschleunigungsmessers nach oben zeigt. Drücken Sie auf  , um diesen Status als Null zu definieren.
5. Drücken Sie zum Starten der Datenerfassung auf  . Lassen Sie den Springer nicht los. Sobald die Datenerfassung beendet ist, wählen Sie einen geeigneten Bereich des Graphen durch Ziehen mit der Maus aus. Bestimmen Sie die durchschnittliche Beschleunigung durch Drücken auf den Statistik-Knopf  . Die Beschleunigung sollte nahe 0 liegen. Dieser Wert repräsentiert die Beschleunigung des Springers vor dem Sprung.
6. Wiederholen Sie Schritt 5, lassen Sie dieses Mal aber den Springer los, damit er frei fällt. Achten Sie darauf, dass der Pfeil nach oben zeigt. Fangen Sie den Springer wenn das Seil noch locker ist. Bestimmen Sie die durchschnittliche Beschleunigung während des Falls. Sie sollte nahe bei  $-9.8 \text{ m/s}^2$  liegen.
7. Lassen Sie den Springer am Bungee-Seil hängen. Ziehen Sie ihn ca. 5 cm nach unten und lassen Sie ihn los. Sie erzeugen eine Auf-und-ab-Schwingung ähnlich wie bei der Masse an der schwingenden Feder. Drücken Sie auf  und beobachten Sie den Graphen. Bestimmen Sie den Punkt in der Bewegung, wo die Beschleunigung positive Richtung aufweist sowie den maximalen Betrag. Tritt dies auf, wenn sich der Springer am Boden, in der Mitte oder an der Spitze der Schwingung befindet?

## Teil II Ein vollständiger Sprung

8. Heben Sie den Bungee-Springer auf die Höhe des Standfußes, wie in Abbildung 2 zu sehen ist. Das Bungee-Seil sollte lose daneben hängen und das Kabel des Beschleunigungsmessers sollte nicht im Sprungbereich hängen. Achten Sie darauf, dass der Pfeil des Beschleunigungsmessers nach oben zeigt. Der Verbindungspunkt zwischen Bungee-Seil und Springer sollte ebenfalls nach oben zeigen.
9. Drücken Sie zum Starten der Datenerfassung auf  . Warten Sie eine Sekunde und lassen Sie dann den Bungee-Springer los, so dass er möglichst ohne Drehung senkrecht nach unten fällt. Lassen Sie den Springer ein paar Mal federn. Achten Sie darauf, dass das Datenkabel immer noch locker hängt, wenn der Springer den niedrigsten Punkt erreicht.
10. Wiederholen Sie die Messungen, bis Sie eine ausreichende Menge an Daten erfasst haben. Ein erfolgreicher Lauf sollte möglichst keine Drehung beinhalten, einen Bereich freien Falls bevor das Seil am Springer zieht und ein paar Federungen, wobei die erste Federung so hoch sein sollte, dass das Seil sich wieder lockert. Der Beschleunigungsgraph des Labor-Sprungs sollte dem Graphen des echten Bungee-Sprungs ähneln. Drucken oder skizzieren Sie Ihren finalen Graphen.

## DATEN TABELLE

Zeit (s)	Beschleunigung ( $\text{m/s}^2$ )	Richtung der Bewegung (auf oder ab)

## ANALYSE

1. Untersuchen Sie die Daten durch Drücken auf den Knopf zur Untersuchung  und bewegen Sie den Mauszeiger zur Bestimmung der Beschleunigung zu acht verschiedenen Punkten des Graphen. Achten Sie darauf, dass Sie Punkte während der anfänglichen Ruhe auswählen, während des freien Falls, wenn das Seil gespannt ist und bei verschiedenen Federungen. Markieren Sie die Richtung der Bewegung durch *auf*, *ab* und *in Ruhe*.
2. Führen Sie die gleiche Analyse wie beim echten Sprung in den vorbereitenden Fragen jetzt bei Ihrem Bungee-Sprung durch.
3. Wie gut lässt sich der Laborsprung mit dem echten Sprung vergleichen? Diskutieren Sie Gemeinsamkeiten und Unterschiede.
4. Wie könnten Sie die Übereinstimmung zwischen Laborsprung und echtem Sprung verbessern?

## ERWEITERUNGEN

1. Platzieren Sie während eines Sprungs einen Bewegungsdetektor auf den Boden. Untersuchen Sie die Daten des Bewegungsdetektors für den Sprung (Ortsgraph und Geschwindigkeitsgraph). Inwieweit stimmen diese Daten mit den Daten des Beschleunigungsmessers überein? Welcher Sensor ist Ihrer Meinung nach besser zur Analyse des Sprungs geeignet? Begründen Sie Ihre Antwort.
2. Filmen Sie den Laborsprung oder einen echten Bungee-Sprung. Schauen Sie sich den Film an und vergleichen Sie den Beschleunigungsgraphen mit dem Video des Sprungs.

3. Wiederholen Sie das Experiment mit einem Springer anderer Masse. Wo liegen die Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den beiden Datensätzen? Diskutieren Sie einige Maßnahmen, die von Betreibern kommerzieller Bungee-Sprünge durchgeführt werden, um die Sicherheit von Springern unterschiedlichen Gewichts sicherzustellen.
4. Verbinden Sie das Bungee-Seil mit einem Kraftsensor, um die Zugspannung des Seils während des Sprungs zu untersuchen.
5. Informieren Sie sich, welche Beschleunigungen auf die Astronauten in Raumfähren während Start und Wiedereintritt wirken. Wie lassen sich die von den Astronauten erlebten Beschleunigungen mit der vom Bungee-Springer erlebten maximalen Beschleunigung vergleichen?