

# Ballwurf

Wirft ein Jongleur einen Ball senkrecht hoch in die Luft, wird der Ball langsamer, bis er den Gipfel seines Weges erreicht hat. Auf dem Weg nach unten wird der Ball wieder schneller. An seinem Geschwindigkeitsgraphen würde man diese Änderungen erkennen. Gibt es ein mathematisches Modell zu den Geschwindigkeitsänderungen? Wie sieht das entsprechende Modell zum Graphen des Weges aus? Wie sähe der Beschleunigungsgraph aus?

In diesem Experiment werden Sie mithilfe eines Bewegungsdetektors die Weg-, Geschwindigkeits- und Beschleunigungsdaten für einen senkrecht nach oben geworfenen Ball erfassen. Die Analyse der Graphen dieser Bewegung wird die obigen Fragen beantworten.

## LERNZIELE

- Erfassen von Orts-, Geschwindigkeits- und Beschleunigungsdaten eines Balles, der senkrecht nach oben geworfen wird und wieder hinunter fällt
- Analyse der Weg-Zeit-, Geschwindigkeit-Zeit- und Beschleunigung-Zeit-Graphen
- Bestimmung der bestmöglichen Anpassungsgleichungen für den Weg-Zeit-Graphen und den Geschwindigkeit-Zeit-Graphen.
  - Bestimmung der durchschnittlichen Beschleunigung aus dem Beschleunigungs-Zeit-Graphen

## MATERIAL


Computer  
Vernier Computerschnittstelle  
Logger *Pro*


Vernier Bewegungsdetektor  
Volleyball oder Basketball  
Drahtkorb

## VORBEREITENDE FRAGEN


1. Denken Sie über die Bewegungsänderungen nach, denen ein Ball unterliegt, der sich auf und ab bewegt. Skizzieren Sie Ihre Prognose für den Weg-Zeit-Graphen. Beschreiben Sie in Worten, was dieser Graph bedeutet.
2. Skizzieren Sie Ihre Prognose für den Geschwindigkeits-Zeit-Graphen. Beschreiben Sie in Worten, was dieser Graph bedeutet.
3. Skizzieren Sie Ihre Prognose für den Beschleunigungs-Zeit-Graphen. Beschreiben Sie in Worten, was dieser Graph bedeutet.






## VORGEHENSWEISE

1. Verbinden Sie den Bewegungsdetektor mit dem DIG/SONIC 1 – Kanal der Schnittstelle. Besitzt der Bewegungsdetektor einen Auswahlschalter, stellen Sie diesen auf *normal*. 
2. Platzieren Sie den Bewegungsdetektor auf dem Boden und bedecken Sie ihn zum Schutz mit einem Drahtkorb.

3. Öffnen Sie die Datei "06 Ball Toss" aus dem Ordner *Physik mit Vernier*.
4. In diesem Schritt werden Sie einen Ball über dem Bewegungsdetektor senkrecht nach oben werfen und ihn zurück fallen lassen. Dies könnte etwas Übung verlangen. Halten Sie den Ball direkt über den Bewegungsdetektor. Drücken Sie zum Starten der Datenerfassung auf . Sie werden ein Klicken vom Detektor hören. Warten Sie eine Sekunde, dann werfen Sie den Ball senkrecht nach oben. Achten Sie darauf, dass Sie nach dem Loslassen so schnell wie möglich Ihre Hände aus dem Erfassungsbereich des Detektors entfernen. Ein Wurf 0,5 m über dem Bewegungsdetektor sollte gut gelingen. Die besten Ergebnisse erhalten Sie, wenn Sie den Ball über dem Bewegungsdetektor fangen und halten.
5. Untersuchen Sie den Weg-Zeit-Graphen. Wiederholen Sie Schritt 4, wenn Ihr Graph keinen Bereich gleichmäßiger Ortsänderung aufweist. Wenn Sie nicht sicher sind, sprechen Sie mit Ihrem Lehrer ab, ob Sie die Datenerfassung wiederholen sollen.

## ANALYSE


1. Drucken oder zeichnen Sie die drei Bewegungsgraphen. Die aufgezeichneten Graphen sind recht komplex und es ist wichtig, verschiedene Bereiche jedes Graphen zu identifizieren. Drücken Sie zur Untersuchung auf den Knopf zur Untersuchung  und bewegen Sie die Maus zur Beantwortung der folgenden Fragen über jeden der Graphen. Notieren Sie Ihre Antworten direkt auf den ausgedruckten oder gezeichneten Graphen.
  - a) Identifizieren Sie den Bereich, wo der Ball geworfen wurde, sich aber noch in Ihren Händen befand:
    - Untersuchen Sie den Geschwindigkeitsgraphen und identifizieren Sie diesen Bereich. Markieren Sie ihn auf dem Graphen.
    - Untersuchen Sie den Beschleunigungsgraphen und identifizieren Sie den gleichen Bereich. Markieren Sie ihn auf dem Graphen.
  - b) Identifizieren Sie den Bereich, wo der Ball frei fällt:
    - Markieren Sie auf jedem Graphen den Bereich, wo der Ball sich in freiem Fall aufwärts bewegt hat.
    - Markieren Sie auf jedem Graphen den Bereich, wo der Ball sich in freiem Fall abwärts bewegt hat.
  - c) Bestimmen Sie Ort, Geschwindigkeit und Beschleunigung an speziellen Punkten:
    - Entscheiden Sie anhand des Geschwindigkeitsgraphen, wo der Ball seine maximale Geschwindigkeit hatte als er gerade losgelassen wurde. Kennzeichnen Sie die Stelle und notieren Sie den Wert auf dem Graphen.
    - Ermitteln Sie anhand des Weg-Zeit-Graphen die maximale Höhe des Balls während des freien Falls. Kennzeichnen Sie die Stelle und notieren Sie den Wert auf dem Graphen.
    - Wie hoch war die Geschwindigkeit des Balls am Gipfel seiner Bewegung?
    - Wie hoch war die Beschleunigung des Balls am Gipfel seiner Bewegung?
2. Die Bewegung eines Objektes im freien Fall wird modelliert durch  $y = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$ , wobei  $y$  die vertikale Position ist,  $v_0$  die Anfangsgeschwindigkeit,  $t$  die Zeit und  $g$  die durch die Erdanziehungskraft verursachte Beschleunigung (9.8 m/s<sup>2</sup>). Es handelt sich um eine quadratische Gleichung, deren Graph eine Parabel darstellt. Ihr Weg-Zeit-Graph sollte parabelförmig sein. Um eine quadratische Gleichung an Ihre Daten anzupassen, fahren Sie mit gedrückter Maustaste über den Bereich des Ortsgraphen, der parabelförmig ist und heben diesen Bereich hervor.

3. Drücken Sie auf den Knopf zur Kurvenanpassung , wählen Sie *Quadratic fit* aus der Liste der Modelle und drücken Sie auf . Untersuchen Sie die Anpassung der Kurve an Ihre Daten und drücken Sie auf  um zum Hauptgraphen zurück zu kehren.
4. Wie genau stimmt der Koeffizient des  $t^2$ -Terms in der Kurvenanpassung mit  $\frac{1}{2}g$  überein?
5. Der Geschwindigkeitsgraph sollte linear sein. Zur Anpassung einer Geraden an die Daten fahren Sie zur Markierung mit gedrückter Maustaste über den frei fallenden Bereich der Bewegung und drücken anschließend auf den Knopf zur linearen Anpassung .
6. Wie genau stimmt der Koeffizient des  $t$  Terms in der Anpassung mit dem bekannten Wert für  $g$  überein?
7. Der Beschleunigungsgraph sollte mehr oder weniger konstant sein. Fahren Sie mit gedrückter Maustaste über den drei fallenden Bereich der Bewegung und drücken Sie auf .
8. Wie genau stimmt die durchschnittliche Beschleunigung mit den in den Schritten 4 und 6 gefundenen Werten für  $g$  überein?
9. Nennen Sie Gründe, weshalb sich Ihre Beschleunigungswerte des Balls von dem bekannten Wert für  $g$  unterscheiden könnten.

## ERWEITERUNGEN

1. Bestimmen Sie die Konstanz Ihrer Beschleunigungswerte und vergleichen Sie Ihre Messung von  $g$  mit dem bekannten Wert für  $g$ . Wiederholen Sie dazu das Ballwurf-Experiment weitere fünf Mal. Passen Sie jedes Mal eine Gerade an den frei fallenden Bereich des Geschwindigkeitsgraphen an und notieren Sie die Steigung dieser Geraden. Bilden Sie den Durchschnittswert Ihrer sechs Steigungen für einen finalen Wert Ihrer Messungen für  $g$ . Erklären Sie die Streuung in Ihren sechs Messungen eine etwaige Abweichung zwischen Ihrem Durchschnittswert und dem bekannten Wert für  $g$ ?
2. Der in diesem Experiment verwendete Ball ist groß und leicht genug, dass die Beschleunigung durch Auftrieb und Luftwiderstand beeinflusst werden kann. Führen Sie die gleichen Anpassungen und statistischen Analysetechniken erneut durch, aber diesmal für jede Hälfte der Bewegung separat. Wie lassen sich die angepassten Kurven der Aufwärtsbewegung mit denen der Abwärtsbewegung vergleichen? Erklären Sie mögliche Unterschiede.
3. Führen Sie die Experimente zusätzlich mit einem Strandball oder ähnlichem sehr leichten und großen Ball durch. Beantworten Sie die Fragen von Punkt 2 erneut.
4. Verwenden Sie einen kleineren, dichten Ball, bei dem Auftrieb und Luftwiderstand keine Rolle spielen. Vergleichen Sie die Ergebnisse mit den Ergebnissen des größeren, weniger dichten Balls.
5. Statt einen Ball nach oben zu werfen, lassen Sie ihn fallen und auf den Boden prallen. (Positionieren Sie den Bewegungsdetektor über dem Ball.) Prognostizieren Sie, wie die drei Graphen aussehen werden und analysieren Sie anschließend die resultierenden Graphen mit denselben Techniken wie bei den vorherigen Experimenten.
6. Wiederholen Sie die quadratischen und linearen Anpassungen mit den Ortsgraphen, verwenden Sie dieses Mal aber die Zeitverschiebung aus den Kurvenanpassungsoptionen. Interpretieren Sie die konstanten und linearen Terme der

quadratischen Anpassung. Was bedeuten sie? Was sind die Einheiten jedes Terms?

7. Wiederholen Sie die lineare Anpassung beim Geschwindigkeitsgraphen mit dem Statistik-Knopf . Wählen Sie in diesem Dialog die lineare Anpassung und aktivieren Sie die Zeitverschiebung. Interpretieren Sie den y-Achsenabschnitt der linearen

A  
n  
p  
a  
s  
s  
u  
n  
g  
·

W  
a  
s

b  
e  
d  
e  
u  
t  
e  
t

e  
r  
?

W  
a  
s

s  
i  
n  
d

s  
e  
i  
n  
e

E  
i  
n  
h  
e  
i  
t  
e