

Name: _____

Schiefer Wurf – quantitative Videoanalyse

[experilyser hier herunterladen](#)

Geschwindigkeit, Beschleunigung, Energie

Ein Volleyballspiel besteht aus einer Abfolge schiefer Würfe (Abb. 1). Egal, ob ein Ball geworfen, geschlagen oder geschossen wird, die Flugbahn des Körpers ist parabelförmig. Die Bewegung eines Körpers, der unter einem beliebigen Winkel gegenüber der Horizontalen geworfen wird, nennt man einen **schiefen Wurf**. Während des Flugs wirkt die Erde auf den Körper mit der Gewichtskraft ein und beschleunigt den Körper konstant senkrecht nach unten. Kann vom Luftwiderstand abgesehen werden, findet keine weitere Beschleunigung statt. Insbesondere ändert sich die Geschwindigkeit nicht in horizontaler Richtung.

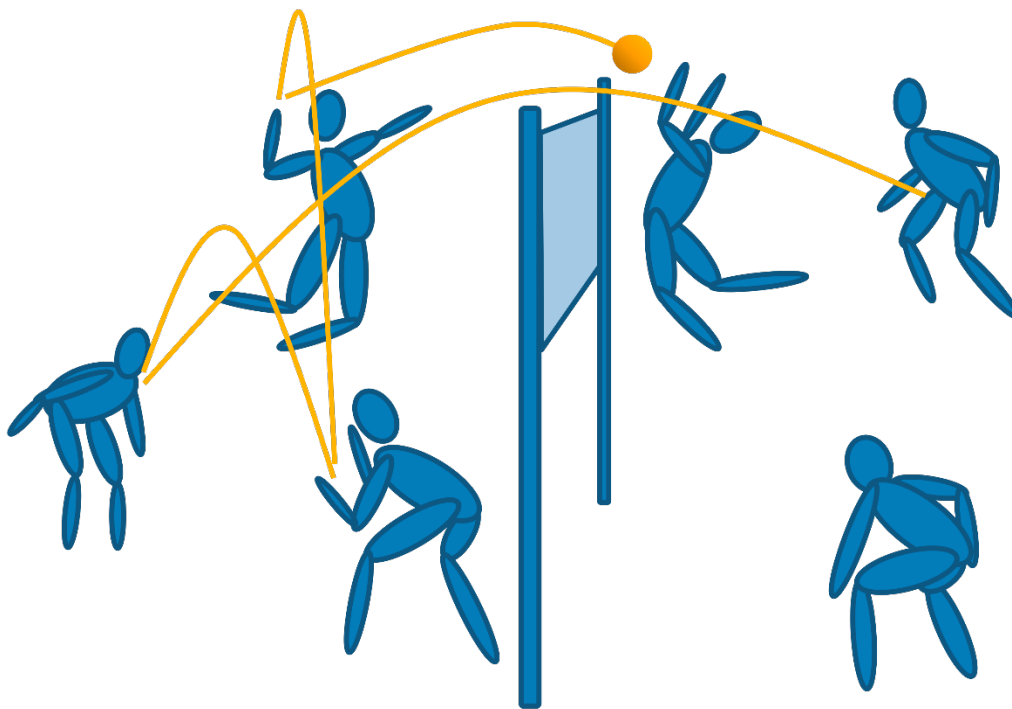


Abbildung 1 © Bardo Diehl

Merksatz

Der schiefe Wurf lässt sich durch eine gleichförmige Bewegung in horizontaler Richtung und durch einen senkrechten Wurf beschreiben.

Die Bewegungsgleichungen der gleichförmigen Bewegung in der x-Koordinate und die Gleichungen der gleichmäßig beschleunigten Bewegung in der y-Koordinate beschreiben zusammen den schiefen Wurf.

Name: _____

1 Auswertung mit Videoanalyse



Abbildung 2

Im Folgenden sollen zunächst wesentliche Aussagen über den schiefen Wurf experimentell bestätigt werden:

Ein Schüler wirft vom linken Bildrand einen gelben, 300 g schweren Softball nach rechts. Beide roten Pfosten stehen 3,00 m auseinander und sind 1,00 m hoch. Das Video wurde mit 30 Bildern pro Sekunde aufgenommen (Abb. 2).

Lade das Video herunter und speichere die Datei im Unterordner „Kinematics“ des Ordners „LabCamera“ der Videoanalyse-App **eXperilyser**.

Starte mit der App die Analyse der Bewegung. Öffne anschließend den **Diagramm-Viewer**.

Hinweis: Das Videoanalyseprogramm legt den Ursprung des Koordinatensystems exakt in die Bildmitte.

[Hier kannst du das Video herunterladen.](#)



Tipps zur Video-App [gibt es hier](#)

Name: _____

Aufgaben**1. Horizontale Bewegung vor dem Aufprall**

- 1.a *Die Bewegung des schiefen Wurfs in horizontaler Richtung verläuft gleichförmig.*
Bestätige diese Aussage anhand des Zeit-Ort-Diagramms.
- 1.b Bestimme aus diesem Diagramm die Geschwindigkeit in x-Richtung.
Vergleiche diesen Wert mit dem Zeit-Geschwindigkeits-Diagramm.
Gib die prozentuale Abweichung an.
- 1.c Untersuche beide Diagramme nach Effekten von Luftreibung.

2. Vertikale Bewegung vor dem Aufprall

- 2.a *Die Bewegung eines schiefen Wurfs in vertikaler Richtung ist eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung.*
Bestätige dies begründet anhand des Zeit-Geschwindigkeits-Diagramms.
- 2.b *Beim schiefen Wurf wird der Körper mit der Fallbeschleunigung g in Richtung zur Erde beschleunigt.*
Ermittle aus dem t - v -Diagramm die Beschleunigung in y -Richtung. Interpretiere das Vorzeichen im physikalischen Kontext.
Ermittle die prozentuale Abweichung des Betrags von $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.
Hinweis: Die Punkte auf dem Graphen im t - v -Diagramm haben einen zeitlichen Abstand von $1/30 \text{ s}$.
- 2.c *Die vertikale Bewegung des schiefen Wurfs entspricht einem senkrechten Wurf mit Anfangsgeschwindigkeit.*
Ermittle die Anfangsgeschwindigkeit der vertikalen Bewegung.
Hinweis: Videoanalyseprogramme berechnen die Geschwindigkeiten aus Zeiten und Orten benachbarter Bilder. Daher können Anfangs- und andere Randwerte nie exakt angegeben werden. Man kann diese Messungenauigkeit verringern: Verlängere (extrapoliere) den Verlauf des Graphen bis zu diesen Randstellen und lies den Wert ab.

3. Bewegungsgleichungen

- 3.a *Der schiefe Wurf wird durch das Gleichungssystem beschrieben, das sich aus der x - und y -Koordinate ergibt:*

	Beschleunigung	Geschwindigkeit	Ort
Gleichförmige Bewegung	$a_x = 0$	$v_x = v_{0x}$	$s_x = v_{0x} \cdot t + s_{0x}$
Senkrechter Wurf	$a_y = -g$	$v_y = -g \cdot t + v_{0y}$	$s_y = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 + v_{0y} \cdot t + s_{0y}$

Erstelle die Gleichungen, die sich mit den Werten aus der Videoanalyse ergeben.
Nutze aber für die Beschleunigung den exakten Wert.

- 3.b Beim Aufprall des Balls auf dem Boden verläuft der Graph im t - s_y -Diagramm wie nachträglich eingezeichnet spitz zu (Abb. 3).

Hinweis: Mit einer Videoanalyse werden nur die Messpunkte einer Bilderfolge erfasst, aber nicht Messpunkte, die dazwischen liegen. Der Graph des Programms verbindet die Messpunkte der einzelnen Bilder und schneidet folglich die Spitze ab.

Entnimm der Abbildung den Zeitpunkt, an dem der Ball auf dem Boden aufspringt, und wie tief unterhalb der vom Programm gewählten x -Achse der Ball aufprallt.

Überprüfe anhand der Bewegungsgleichungen die Zuverlässigkeit der abgelesenen Werte.

Berechne die Geschwindigkeit und den Winkel, mit denen der Ball auftrifft.

Überprüfe den Einfallswinkel anhand der Spurpunkte.

Erkläre, warum man den Einfallswinkel nicht in Abb. 2 ablesen kann.

Name: _____

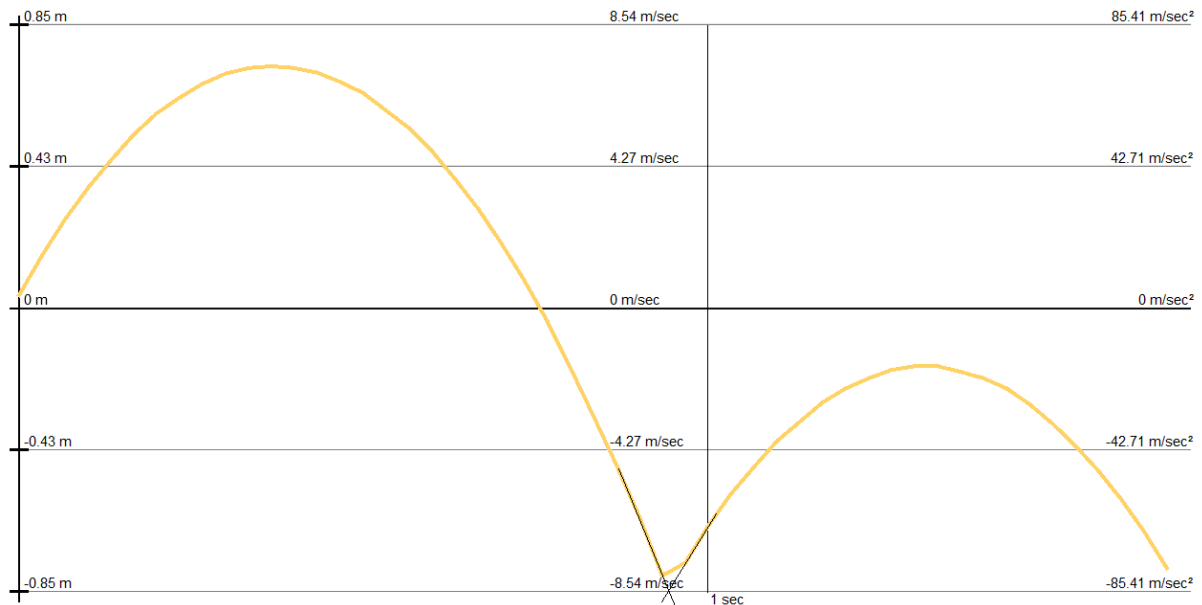


Abbildung 3

4. Energieerhaltung

- Formuliere den Energieerhaltungssatz in Worten.
- Berechne die kinetische Energie unmittelbar vor dem Aufprall.
- Ermittle aus den Messdaten die Gesamtenergie an der höchsten Stelle und vergleiche sie mit der Energie vor dem Aufprall.
- Bestimme die Energie des Balls in der Phase nach dem Aufprall. Berechne den Anteil der ursprünglichen Energie, die durch den Aufprall in thermische Energie umgewandelt wird.

5. Experiment

Es gibt viele Bewegungen im Alltag, in denen eine Flugbahn zu beobachten ist: ein Weitsprung vom Trampolin, der Kopfsprung ins Wasser, der Flug eines farbigen Federballs, der Wurf des Basketballs in den Korb, der Sprung einer Katze von der Mauer...

Wähle eine Bewegung mit einer Flugbahn. Markiere eine Stelle des Körpers mit einer einfarbigen Fläche, deren Farbe sich von der Umgebung deutlich abhebt und während der ganzen Bewegung gut sichtbar ist. Teste, ob der Versuchsaufbau für eine Videoanalyse geeignet ist. Verbessere gegebenenfalls die Bedingungen.

- Beschreibe den Versuchsaufbau und die Durchführung mit einer Skizze. Vergiss nicht den Maßstab im Bild. Positioniere die Kamera senkrecht zur Bewegungsrichtung und fixiere sie.
Weitwinklereinstellungen der Kamera können den Maßstab verzerren und zu fehlerhaften quantitativen Auswertungen führen. Wenn möglich vermeide solche Einstellungen.
- Nimm ein Video des Experiments auf und speichere diese Datei im Ordner „Kinematics“.
Dann kannst du das Video gegebenenfalls mehrfach ansehen und auswerten.
- Werte die Graphen so weit wie möglich aus. Begründe, in wie weit diese Bewegung durch das ideale Modell des schiefen Wurfs beschrieben werden kann.