

Experimentiervorschlag

Videoanalyse einer Bewegung

Beispiel:

Wurf eines ausgedehnten Körpers mit Markierung seines Schwerpunkts

Fragen: wie bewegt sich der Schwerpunkt

ist die Modellannahme, dass der Luftwiderstand vernachlässigbar ist, wir also einen ‘freien Wurf’ haben, hinreichend gut?

Kurzanleitung

Videoanalysen einer Bewegung eignen sich gut dazu, Schüler zu aktivieren und sich eigene Aufgaben auszudenken, Ein eigenes Video aufzunehmen und dann zu analysieren.

Ziel sollte es sein, alltägliche Dinge aufzunehmen und zu zeigen, wieweit diese mit den Modellen der Physik beschreibbar sind. Eine Aufgabe kann also darin bestehen die Grenzen von Modellen zu testen und eventuell störende Effekte wie Reibung zu berücksichtigen - wir gehen damit über die 'simplen' Beispiele der Schulphysik hinaus.

Im folgenden Beispiel werden gleich 2 Idealisierungen untersucht:

Das Video zeigt den Wurf eines komplizierten Objekts, bei dem der Schwerpunkt mit der Unterstützungsmethode ermittelt und dann farbig markiert wird. Bei der Analyse stellt sich heraus, dass offensichtlich der Luftwiderstand nicht vernachlässigt werden kann, obwohl eine Parabel an die Bewegungskurve des Schwerpunkts ganz gut angepasst werden kann.



*Fragen: - wie bestimmt man die Lage des Schwerpunkts
- welche Bahnkurve wird für den Schwerpunkt erwartet?*

Das Video Schwerpunkt.AVI ist unter Videos verfügbar.
Als Masstab wird hier die Höhe des Fussballtors benutzt 1.66 m

Anleitung für eigene Aufnahme:
Dafür sorgen, dass ein Masstab verfügbar ist. Senkrecht zur Bewegung aufnehmen möglichst parallaxenfrei. Dabei hilft ein grösserer Abstand

Abb.1: Wurfobjekt Laubsäge. Der Schwerpunkt liegt hier im freien Raum und wird mit Hilfe eines dünnen Kreppbands mit rotem Punkt angezeigt.

Die Auswertung erfolgt mit dem Programm **Tracker**. Hierzu die **KurzanleitungTrackerVideoanalyse** benutzen. Im Beispielfideo werden die Bilder 18 bis 52 genutzt (freier Fall). Die Lage des roten Schwerpunkts wird für jedes Bild von Hand bestimmt.

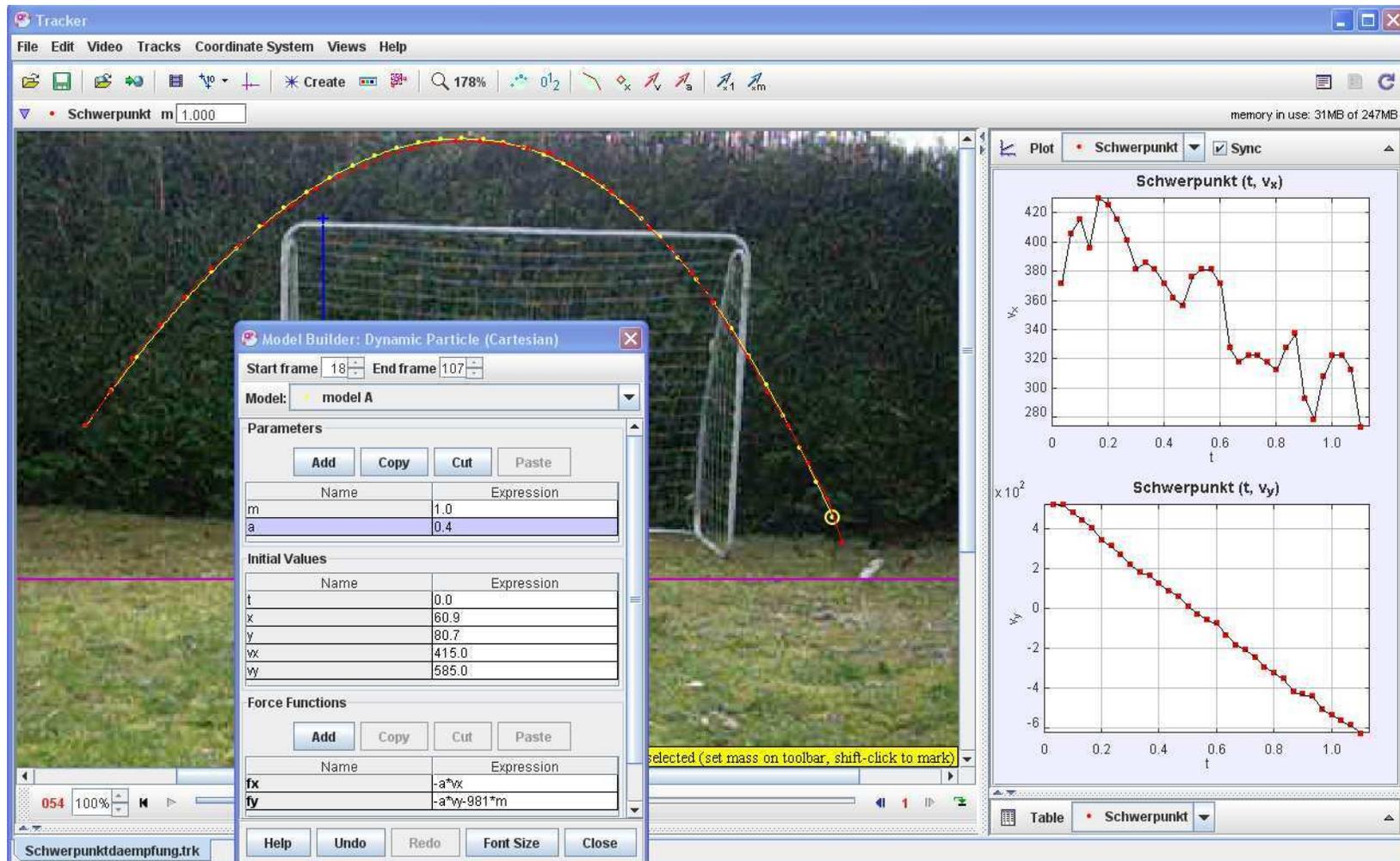


Abb.2: Analyse der Schwerpunktsbewegung. Die roten Punkte im Photo zeigen die gemessenen Lagen des Schwerpunkts(x,y) dar. Gelb die Vorhersagen eines dynamischen Modells mit Luftreibung (Fenster im Photo). Rechts sind die aus den Messungen bestimmten Diagramme $v_x(t)$ und $v_y(t)$ zu sehen.

Ergebnisse der Analyse:

1. Die 'Wurfparabeln' $y(x)$ und $y(t)$ lassen sich tatsächlich ganz gut durch eine Parabel beschreiben, wie man es für einen freien Wurf erwartet. **Allerdings ergibt sich eine 'Schwerebeschleunigung' im Fit $a = 10.54 \text{ m/s}^2$!**

Der Schwerpunkt eines komplizierten Objekts verhält sich wie ein Massenpunkt

2. Es kann kein freier Wurf sein, weil die Geschwindigkeit $v_x(t)$ während des Wurf stark abnimmt (Diagramm in Abb.2 rechts). Wir nehmen daher an, dass der Luftwiderstand nicht vernachlässigt werden kann. Eine Vorhersage der Bewegung für diesen Fall liefert die Benutzung des **dynamic particle model**. Klick auf **Track → New → dynamic particle model**.

Das Fenster im Photo zeigt die Parameter und die angenommenen Kraftkomponenten dieses Modells.

$f_x = -a \cdot v_x$; Luftreibung \sim Geschwindigkeit

$f_y = -a \cdot v_y - 981$; wir **fixieren also die Schwerebeschleunigung** auf den korrekten Wert.

Anfangsort und Geschwindigkeit werden aus der Tabelle der Messwerte abgelesen und eingesetzt.

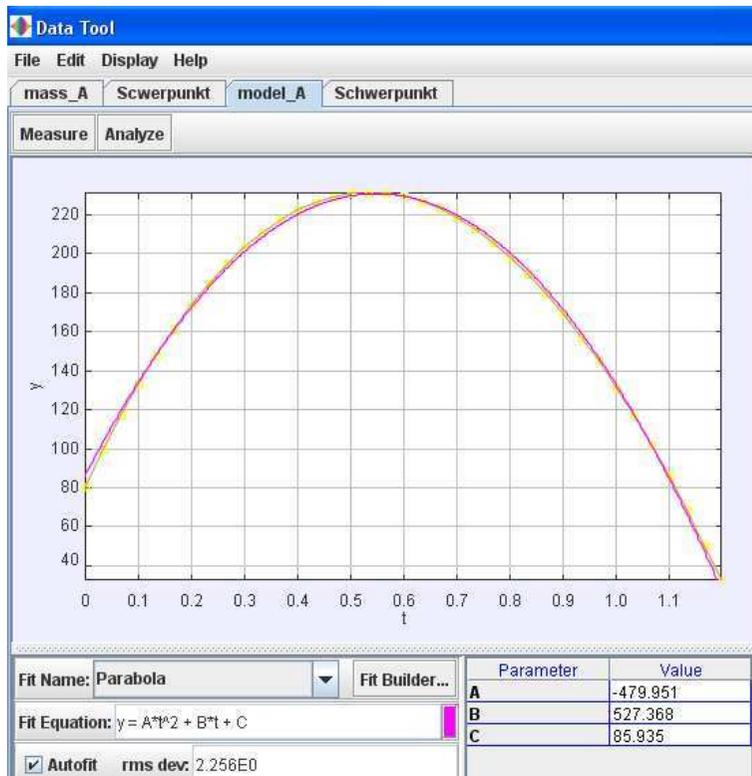
Der Reibungskoeffizient muss jetzt von Hand ausprobiert werden, bis die Bahnkurve 'passt'.

Mit einem Wert von $a=0.4$ ist das ganz gut erreicht wie die gelbe Bahnkurve im Photo Abb.2 zeigt. Schaut man sich die Vorhersage von $v_x(t)$ an, so nimmt auch diese Geschwindigkeit ab wie gemessen.

Die Bewegung dieses Objekts wird durch Luftreibung relativ stark beeinträchtigt obwohl auf den ersten Blick eine Wurfparabel ganz gut zur Bewegung zu passen scheint, wenn auch mit einem zu grossen Wert für die Schwerebeschleunigung.

(Hinweis: das Modell ist nicht perfekt – es ist zu vermuten, dass der Reibungskoeffizient in x und y nicht identisch ist).

Die beiden Modellbahnkurven werden in Abb.3 verglichen. Hier wird die gelbe Kurve aus dem Modell mit Luftreibung verglichen mit der Anpassung einer Parabel (rote Kurve). Die Abweichungen sind nicht gross!



Allerdings zeigt der Wert des Parameters A in der Parabel $y=A*t^2+B*t+C$, dass das keine Wurfparabel $y=-g/2*t^2 + v(0)*t +x(0)$ ist. Wir finden: $g = -2A = 10.55 \text{ m/s}^2$ was doch weit daneben liegt.

Abb.3: Vergleich der Vorhersage für $y(t)$ des Modells mit Luftreibung mit der einer angepassten Parabel.

Zusammenfassung: Bei diesem komplizierten Objekt bewegt sich der Schwerpunkt wie ein Massenpunkt → deswegen untersuchen Physiker so ausgiebig die Dynamik des Massenpunkts! Dieser ist für alle bewegten Körper als Bewegung seines Schwerpunkts wichtig. Für ausgedehnte, nicht zu schwere Objekte, ist in der Realität beim Wurf der Luftwiderstand nie zu vernachlässigen. **Aber: Analysieren sie mal das Video des Basketballwurfs: Dort werden sie den Effekt des Luftwiderstands nicht sehen → der freie Wurf ist dann ein gutes Modell.**