



STIFTUNG
GIERSCH

Arbeitsheft: Mathematische Modellbildung mit Newton-II

Auf den folgenden Seiten finden Sie erprobte Unterrichtsmaterialien für den Einsatz des mathematischen Modellbildungsprogramms „Newton-II“ im Mechanikunterricht der gymnasialen Oberstufe. Die Unterlagen wurden im Rahmen eines Schülerlabors an der Goethe-Universität Frankfurt zum Thema „Dynamik“ entwickelt und waren Teil einer Forschungsstudie. Unterstützt wurde dies durch die gemeinnützige Stiftung GIER SCH.

Mathematische Modellbildung mit „Newton-II“

Stand: 28.04.2020

Entwickelt und erstellt von

Jannis Weber und Prof. Dr. Thomas Wilhelm

Gefördert durch

Stiftung GIER SCH

Software

Newton-II

<https://did-apps.physik.uni-wuerzburg.de/Newton-II/ueberNewton-II/>

Videos

<http://www.thomas-wilhelm.net/dynamik.htm>

Heft mit Anleitung und Hinweisen

http://www.thomas-wilhelm.net/Dynamik/Anleitung_Newton-II.pdf

Weitere Informationen finden Sie unter

www.thomas-wilhelm.net/dynamik.htm

Lizenz



veröffentlicht unter der Creative Commons Lizenz CC BY-NC-SA 3.0 DE

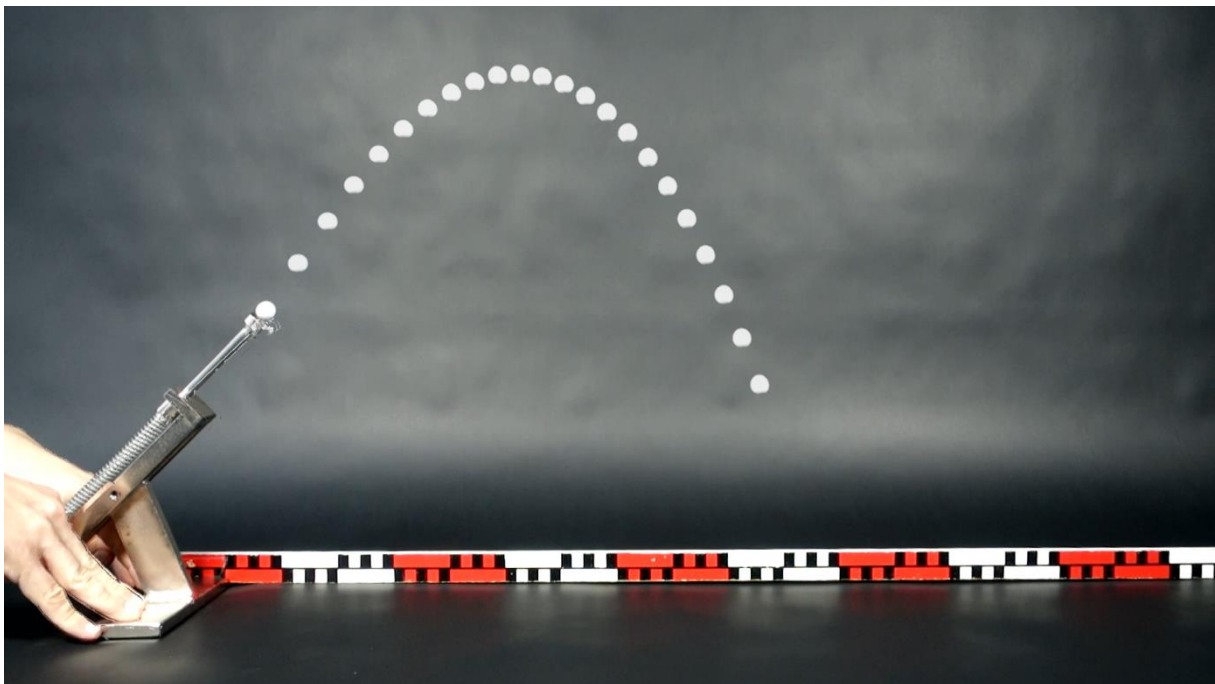
Namensnennung – nicht kommerziell – Weitergabe unter gleichen Bedingungen



STIFTUNG
GIERSCH

Goethe-Schülerlabor Physik

Dynamik



Name: _____

Was bedeuten die Symbole?



Die Aufgabe soll schriftlich beantwortet werden.



Führe ein Experiment durch.



Nutze den Computer.

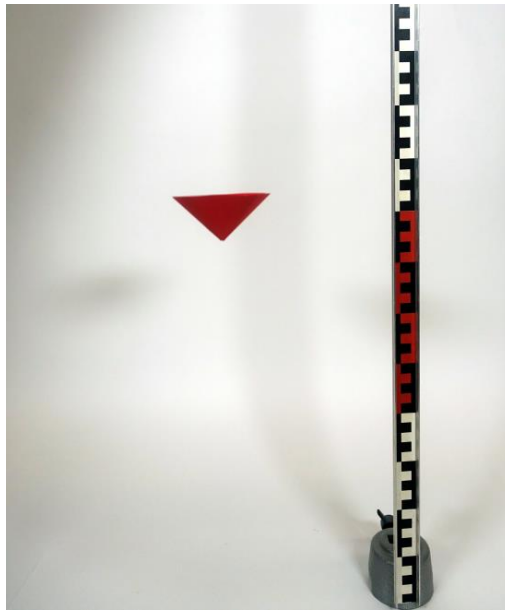
Inhalt

Einstieg – Fallkegel	5
Station 1 – Wagen	9
Station 2 – Katapult	14
Station 3 – Kreisbewegung	22

Einstieg – Fallkegel



Zunächst wird ein Fallkegel fallen gelassen



Beschreibe die Bewegung! Was kannst du über die Geschwindigkeit des Kegels sagen?



Mache dir Gedanken, welche Kräfte in welcher Richtung auf den Körper wirken. Versuche diese zu benennen.

1. Kraft:

Richtung:

2. Kraft:

Richtung:

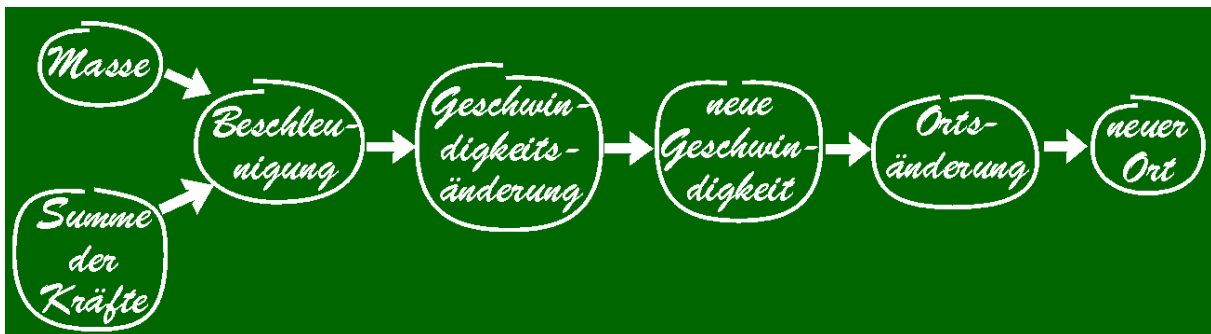


Nun wirst du ein Programm zur Berechnung von solchen Bewegungen kennen lernen. Es nennt sich Newton-II.

Damit das Programm die Bewegung berechnen kann, musst du alle angreifenden Kräfte, die Masse und die Anfangsbedingungen angeben.

Masse Fallkegel: $m = 0,00103\text{kg}$

Nachdem die Bewegung in der gesamten Gruppe modelliert wurde, sollst du das Programm in den folgenden Stationen selbst bedienen. Achte deshalb auf die einzelnen Schritte. Du findest in dem Hilfeheft außerdem eine Bedienungsanleitung. Das Programm berechnet zu einem Zeitpunkt aus den **Kräften** und der **Masse** des Objekts die **Beschleunigung**. Aus der Beschleunigung wird durch Bestimmung der **Geschwindigkeitsänderung** im nächsten Zeitintervall die **neue Geschwindigkeit** berechnet und aus der Geschwindigkeit durch Bestimmung der **Ortsänderung** im nächsten Zeitintervall der **neue Ort** zum nächsten Zeitpunkt. Diese Berechnung wird sehr oft für viele kleine Zeitintervalle wiederholt, bis der ganze Ablauf berechnet ist.



Betrachte nach der Modellierung zunächst das **Ort-Zeit-Diagramm (t-s-Diagramm)**.



Wie du merkst, ist es schwierig zu beurteilen, ob das Modell gut oder schlecht ist, wenn man keinen direkten Vergleich mit der Realität hat. Um diesen Vergleich mit der Realität zu haben, kann man in das Programm aber Messwerte einlesen, die zum Beispiel durch die Analyse eines Videos gewonnen wurden.

Füge die Vergleichsdaten ein und passe deine Modellierung möglicherweise an!



Betrachte nun die Geschwindigkeit des Fallkegels im **Geschwindigkeit-Zeit-Diagramm**. Warum ist diese am Ende der Bewegung konstant? Versuche immer mit den wirkenden Kräften zu argumentieren.



Welche Kraft führt dazu, dass der Kegel im letzten Abschnitt der Bewegung nicht mehr beschleunigt, sondern sich mit einer konstanten Geschwindigkeit bewegt?



Welche Aussagen lassen sich über folgende Größen über den **gesamten Ablauf** der Bewegung treffen?

Die Gewichtskraft...	<input type="checkbox"/> ist konstant ($\neq 0$). <input type="checkbox"/> ist Null. <input type="checkbox"/> ändert sich.
Die Luftreibungskraft...	<input type="checkbox"/> ist konstant ($\neq 0$). <input type="checkbox"/> ist Null. <input type="checkbox"/> ändert sich.
Die Summe aller Kräfte...	<input type="checkbox"/> ist konstant ($\neq 0$). <input type="checkbox"/> ist Null. <input type="checkbox"/> ändert sich.
Die Beschleunigung...	<input type="checkbox"/> ist konstant ($\neq 0$). <input type="checkbox"/> ist Null. <input type="checkbox"/> ändert sich.

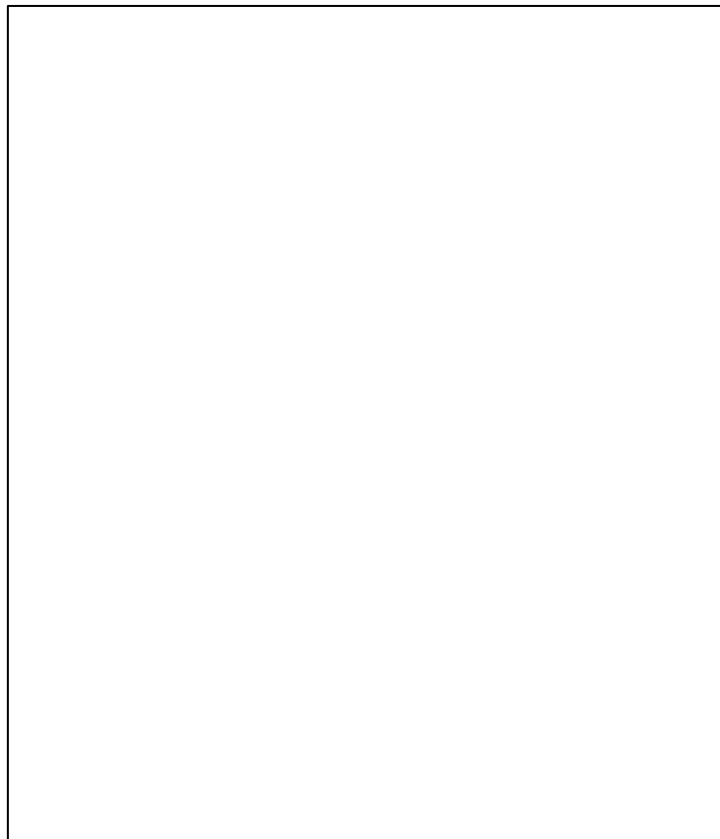


Welche Aussagen lassen sich über folgende Größen über die Bewegung mit **konstanter Geschwindigkeit** im letzten Abschnitt treffen?

Die Gewichtskraft...	<input type="checkbox"/> ist konstant ($\neq 0$). <input type="checkbox"/> ist Null. <input type="checkbox"/> ändert sich.
Die Luftreibungskraft...	<input type="checkbox"/> ist konstant ($\neq 0$). <input type="checkbox"/> ist Null. <input type="checkbox"/> ändert sich.
Die Summe aller Kräfte...	<input type="checkbox"/> ist konstant ($\neq 0$). <input type="checkbox"/> ist Null. <input type="checkbox"/> ändert sich.
Die Beschleunigung...	<input type="checkbox"/> ist konstant ($\neq 0$). <input type="checkbox"/> ist Null. <input type="checkbox"/> ändert sich.



Zeichne abschließend ein Standbild von dem Fallkegel während er sich mit einer **konstanten Geschwindigkeit** bewegt und zeichne die wirkenden Kräfte als Pfeile (in Richtung der jeweiligen Kraft) ein.



Station 1 – Wagen

Im vorliegenden Versuch, sollst du eine Bewegung eines Wagens auf einer Fahrbahn untersuchen.



Dazu siehst du vor dir eine Fahrbahn aufgebaut. Auf dieser steht ein Wagen, an dem eine Schnur befestigt ist. Diese Schnur läuft über eine Umlenkrolle und ist mit einem Gewicht verbunden.

Beobachte, wie sich der Wagen verhält, wenn er losgelassen wird.



Beschreibe die Bewegung.



Welche Kräfte wirken während der Bewegung auf den Wagen?



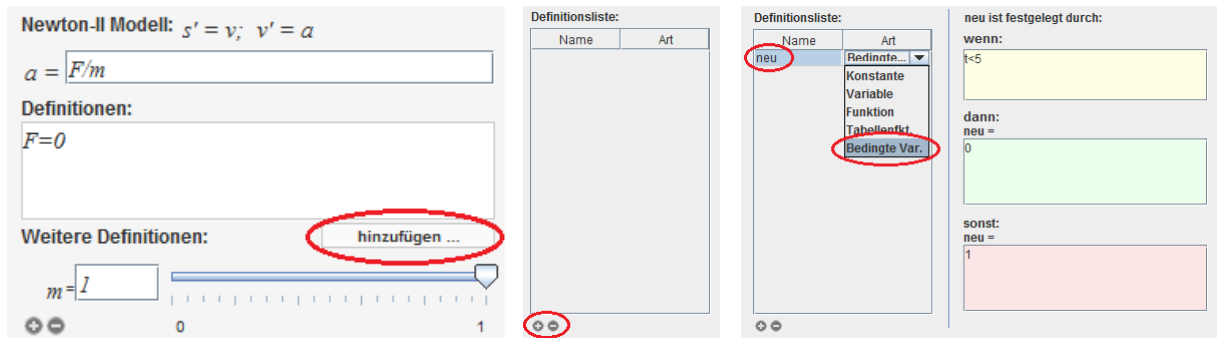
Modelliere nun eine **eindimensionale** Bewegung mit den Kräften, die du dir überlegt hast (zunächst **ohne Reibung**). Überprüfe dann, ob die modellierte Bewegung mit dem übereinstimmt, was du beim Durchführen beobachtet hast. Wenn nicht, versuche die Modellierung zu verbessern.

Masse Wagen: $m_W = 0,49781kg$

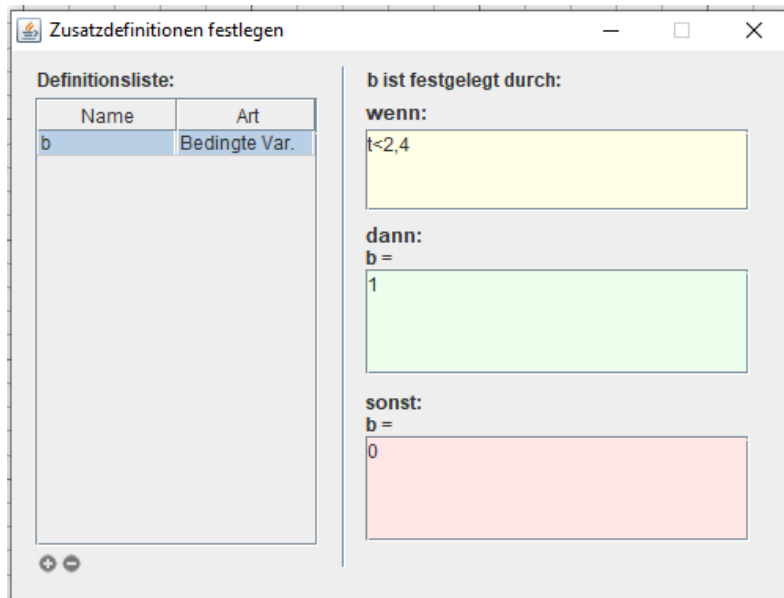
Masse Zuggewicht: $m_Z = 0,01715kg$

Masse Gesamt: $m_{Ges} = 0,51496kg$

Hinweis: Möglicherweise brauchst du zum Modellieren der Bewegung eine bedingte Variable. Dazu kannst du neben *weitere Definitionen* auf *hinzufügen* klicken und durch das kleine Plus im nächsten Fenster eine Variable hinzufügen. Unter dem Reiter *Art* kannst du eine *bedingte Variable* einstellen. Links daneben kannst du die Variable benennen.



Das Gewicht kommt nach **2,4 Sekunden** auf dem Boden auf.



In der Modellierung kannst du die Variable dann mit der Kraft multiplizieren.

Beispielsweise $F = m_Z \cdot 9,81 \cdot b$.



Was fällt dir bei der modellierten Bewegung auf? Skizziere den **Geschwindigkeits-Zeit-Graphen** und den **Beschleunigungs-Zeit-Graphen (des Modells)**.

Markiere jeweils die Stelle, an der das Gewicht auf dem Boden aufkommt.

Geschwindigkeits-Zeit-Graph ($v(t)$)



Beschleunigungs-Zeit-Graph ($a(t)$)





Im Ordner *Dynamik – Modellbildung* und dann *Wagen* findest du bereits eine Datei mit Messdaten dieses Versuchs. Importiere die Tabelle und überprüfe, ob dein Modell mit der realen Bewegung übereinstimmt. Passe es möglicherweise an.

Hinweis: Dazu musst du möglicherweise Rollreibung ergänzen. Rollreibung ist abhängig von der Normalkraft zwischen Wagens und Bahn, also von seiner Gewichtskraft.

$$F_R = \mu \cdot m_{\text{Wagen}} \cdot g$$



Warum wird der Wagen am Anfang der Bewegung schneller? Argumentiere mit Kräften!



Warum rollt der Wagen am Ende mit einer nahezu konstanten Geschwindigkeit? Argumentiere mit Kräften!



Warum ist die Geschwindigkeit in Realität aber dennoch nicht ganz konstant? Argumentiere mit Kräften!



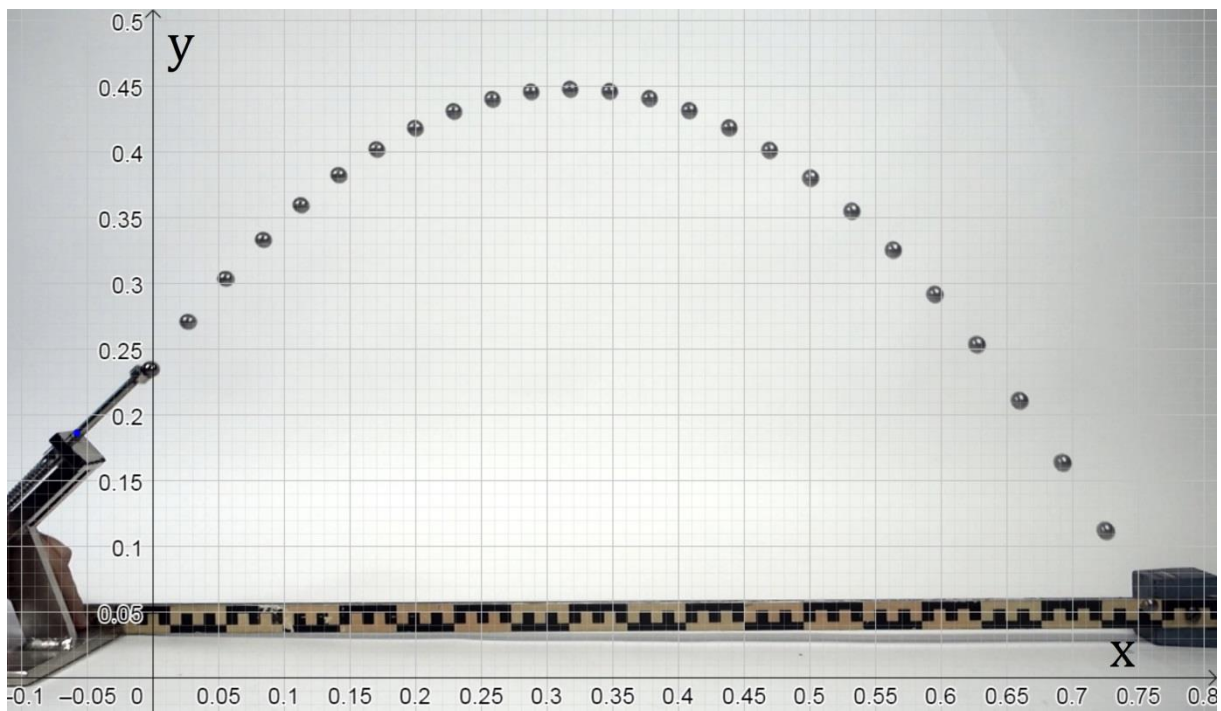
Welche Aussagen lassen sich über folgende Größen bei der Bewegung mit **konstanter Geschwindigkeit** im letzten Abschnitt treffen (unter Vernachlässigung der Reibung)?

Die Summe aller Kräfte...	<input type="checkbox"/> ist konstant ($\neq 0$). <input type="checkbox"/> ist Null. <input type="checkbox"/> ändert sich.
Die Beschleunigung...	<input type="checkbox"/> ist konstant ($\neq 0$). <input type="checkbox"/> ist Null. <input type="checkbox"/> ändert sich.
Die Geschwindigkeit...	<input type="checkbox"/> ist konstant ($\neq 0$). <input type="checkbox"/> ist Null. <input type="checkbox"/> ändert sich.

Station 2 – Katapult



Vorne findest du ein Katapult. Lasse die zugehörige Kugel von dem Katapult fliegen.





Überlege dir zunächst, welche **Kräfte** während der Bewegung durch die Luft **nach Verlassen des Katapults** auf die Kugel wirken und in welche Richtung. Dazu ist es hilfreich, die x -Richtung (**parallel** zur Erdoberfläche) und die y -Richtung (**senkrecht** zur Erdoberfläche) zu trennen.

Kraft/Kräfte in x -Richtung:

Kraft/Kräfte in y -Richtung:



Modelliere am Computer den Schuss, indem du dir überlegst, welche Kräfte **nach dem Abwurf** wirken und die unten angegebenen Anfangsbedingungen wählst. Gehe zunächst davon aus, dass keine Luftreibung vorhanden ist. Passe deine Vermutungen über die wirkenden Kräfte so lange an, bis die Bewegung realistisch aussieht. Achte dabei darauf, die richtigen Diagramme zu verwenden.

Hinweis: Du benötigst hier eine **zweidimensionale** Bewegung.

Masse Stahlkugel: $m = 0,0112\text{kg}$

Anfangsbedingungen: $x(t_0) = 0$, $y(t_0) = 0,235\text{m}$, $v_x(t_0) = 1,48\frac{\text{m}}{\text{s}}$, $v_y(t_0) = 2,25\frac{\text{m}}{\text{s}}$



Im Ordner *Dynamik – Modellbildung* und dann *Katapult Stahl* findest du bereits eine Datei mit Messdaten dieses Versuchs. Importiere die Tabelle und überprüfe, ob dein Modell mit der realen Bewegung übereinstimmt. Passe es möglicherweise an.



Betrachte nun die Geschwindigkeiten in Abhängigkeit der Zeit in x -Richtung ($v_x(t)$ -Diagramm) und in y -Richtung ($v_y(t)$ -Diagramm).



Wie ändert sich die Geschwindigkeit in x -Richtung und wie in y -Richtung? Woran liegt das? Argumentiere mit Kräften!

x -Richtung:

y -Richtung:



Fertige eine Zeichnung von einem Standbild von der Kugel während der Bewegung (nach Verlassen des Katapults) an und zeichne alle wirkenden Kräfte als Pfeile (in Richtung der Kraft) ein.



Welche Aussagen zur Kugel lassen sich über folgende Größen bei der Bewegung treffen? (**Ohne Luftreibung**)

x-Richtung

Die Summe aller Kräfte...	<input type="checkbox"/> ist konstant ($\neq 0$). <input type="checkbox"/> ist Null. <input type="checkbox"/> ändert sich.
Die Beschleunigung...	<input type="checkbox"/> ist konstant ($\neq 0$). <input type="checkbox"/> ist Null. <input type="checkbox"/> ändert sich.
Die Geschwindigkeit...	<input type="checkbox"/> ist konstant ($\neq 0$). <input type="checkbox"/> ist Null. <input type="checkbox"/> ändert sich.

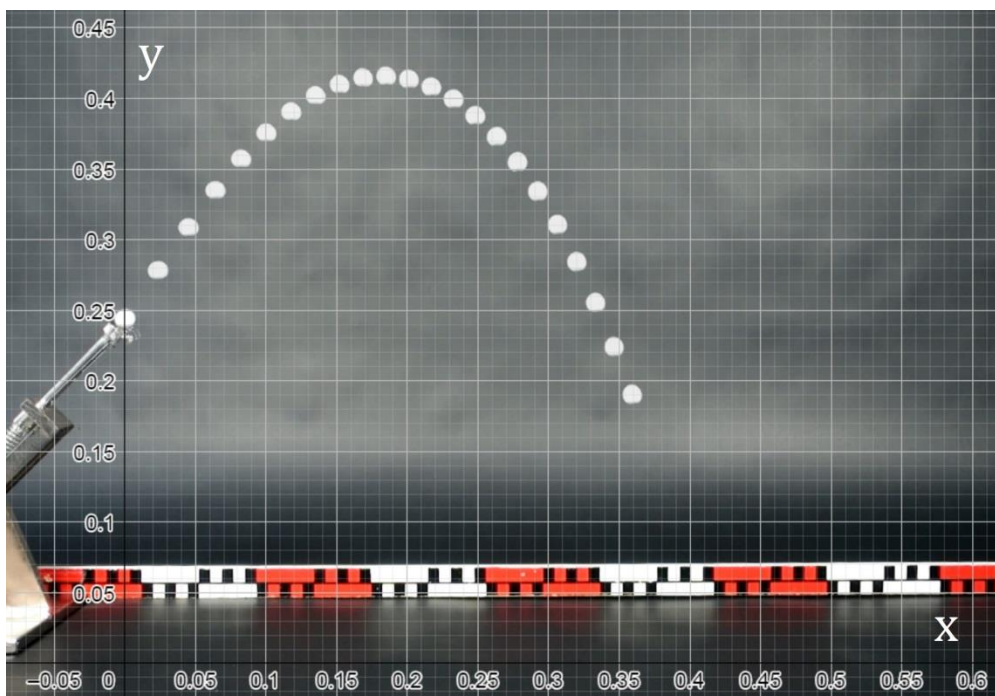
y-Richtung

Die Summe aller Kräfte...	<input type="checkbox"/> ist konstant ($\neq 0$). <input type="checkbox"/> ist Null. <input type="checkbox"/> ändert sich.
Die Beschleunigung...	<input type="checkbox"/> ist konstant ($\neq 0$). <input type="checkbox"/> ist Null. <input type="checkbox"/> ändert sich.
Die Geschwindigkeit...	<input type="checkbox"/> ist konstant ($\neq 0$). <input type="checkbox"/> ist Null. <input type="checkbox"/> ändert sich.

Zusatzaufgabe:



Außerdem liegt eine gleich große Styroporkugel bereit. Vermute, welche der beiden Kugel weiter fliegt. Lasse dann auch die Styroporkugel fliegen.





Modelliere den Wurf nun **mit Luftreibung** und beobachte was sich verändert. Probiere dazu verschiedene Proportionalitätskonstanten für die Luftreibung aus. Dabei kannst du wieder von $F_R = k \cdot v^2$ ausgehen.

Hinweis: Das Tempo v ergibt sich durch $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$. Im Programm kannst du das eingeben als $v = \text{sqrt}(vx^2 + vy^2)$.

Für den Anteil der Luftreibung an den Bewegungsrichtungen ist die jeweilige Geschwindigkeit entscheidend. Falls du hier nicht weiterkommst, kannst du im Hilfeheft auf Seite 8 schauen.

Masse Styroporkugel: $m = 0,00005\text{kg}$

Anfangsbedingungen: $x(t_0) = 0\text{m}$, $y(t_0) = 0,23\text{m}$, $v_x(t_0) = 1,45\frac{\text{m}}{\text{s}}$, $v_y(t_0) = 2,73\frac{\text{m}}{\text{s}}$



Welche Kräfte wirken nun auf den Ball während der Bewegung?

Kraft/Kräfte in x -Richtung:

Kraft/Kräfte in y -Richtung:



Stelle nun die Masse der Styroporkugel ein. Wie ändert sich nun die Geschwindigkeit in x -Richtung und wie in y -Richtung? Woran liegt das? Argumentiere mit Kräften!

x -Richtung:

y -Richtung:



Ergänze die oben angefertigte Zeichnung durch die Luftreibung.



Warum fliegt die Styroporkugel weniger weit, als die Metallkugel?



Welche Aussagen zur Kugel lassen sich über folgende Größen bei der Bewegung treffen? **(Mit Luftreibung)**

x-Richtung

Die Summe aller Kräfte...	<input type="checkbox"/> ist konstant ($\neq 0$). <input type="checkbox"/> ist Null. <input type="checkbox"/> ändert sich.
Die Beschleunigung...	<input type="checkbox"/> ist konstant ($\neq 0$). <input type="checkbox"/> ist Null. <input type="checkbox"/> ändert sich.
Die Geschwindigkeit...	<input type="checkbox"/> ist konstant ($\neq 0$). <input type="checkbox"/> ist Null. <input type="checkbox"/> ändert sich.

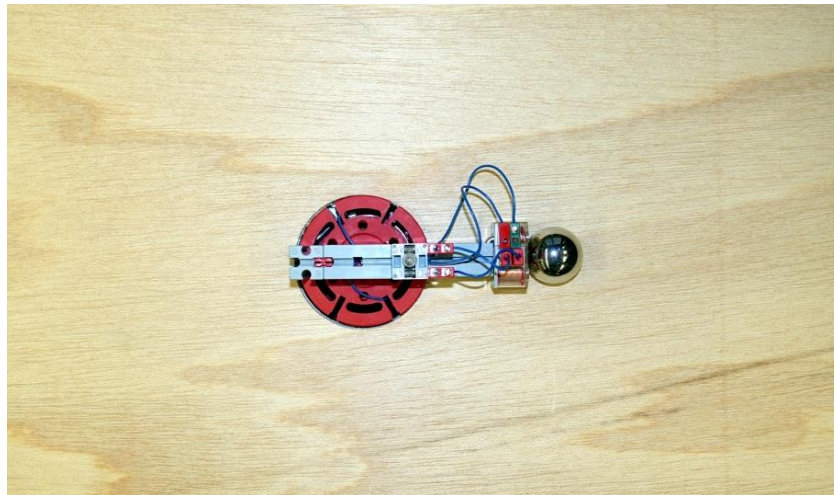
y-Richtung

Die Summe aller Kräfte...	<input type="checkbox"/> ist konstant ($\neq 0$). <input type="checkbox"/> ist Null. <input type="checkbox"/> ändert sich.
Die Beschleunigung...	<input type="checkbox"/> ist konstant ($\neq 0$). <input type="checkbox"/> ist Null. <input type="checkbox"/> ändert sich.
Die Geschwindigkeit...	<input type="checkbox"/> ist konstant ($\neq 0$). <input type="checkbox"/> ist Null. <input type="checkbox"/> ändert sich.

Station 3 – Kreisbewegung



Führe den vor dir aufgebauten Versuch durch und beschreibe, was du beobachten kannst.



Welche Kräfte wirken auf die Stahlkugel, während sie Kontakt zu dem Elektromagneten hat?



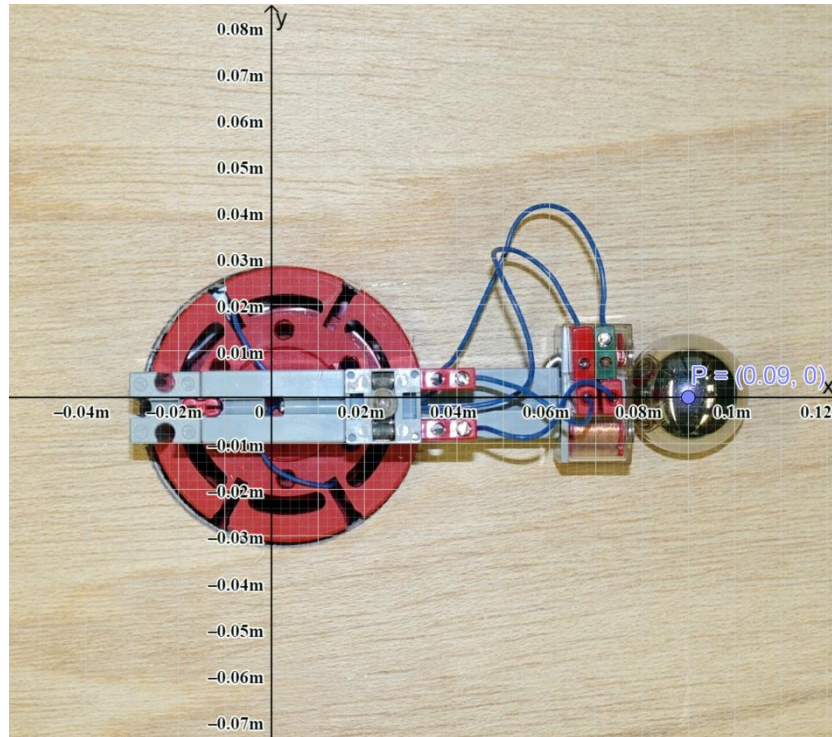
Stelle dir nun vor, du beobachtest den Vorgang exakt von oben und die Tischplatte ist die Koordinatenebene. Der Mittelpunkt der Drehbewegung ist der Ursprung des Koordinatensystems. **Modelliere die beobachtete Bewegung.** Beginne dazu zunächst mit der Kreisbewegung am Anfang. Überlege dir, in welche Richtung die Kraft des Magneten auf die Kugel immer wirkt und leite den Zusammenhang über Winkelbeziehungen her. Wenn du weitere Hilfe benötigst, schau im Hilfeheft auf Seite 10.

Hinweis: Das Tempo v ergibt sich durch $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$. Im Programm kannst du das eingeben als $v = \text{sqrt}(vx^2 + vy^2)$.

Es ist sinnvoll bei $x = 0,09 \text{ m}$, $y = 0 \text{ m}$, $v_x = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ und $v_y = 0,279 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ zu beginnen (siehe Bild unten).

Masse Kugel: $m = 0,07165 \text{ kg}$

Wenn du nicht weiterkommst, **kannst du die fertige Modellierung öffnen** und die folgenden Aufgaben damit bearbeiten.



$x(t) =$	<input type="text" value="0,09"/>	$y(t) =$	<input type="text" value="0"/>
$v_x(t_0) =$	<input type="text" value="0"/>	$v_y(t_0) =$	<input type="text" value="0,279"/>
$t_0 =$	<input type="text" value="0"/>	$dt =$	<input type="text" value="0,01"/>
$\Delta t =$	<input type="text" value="6,9"/>	$n =$	<input type="text" value="690"/>
Abbrechen, wenn: <input type="text"/>			



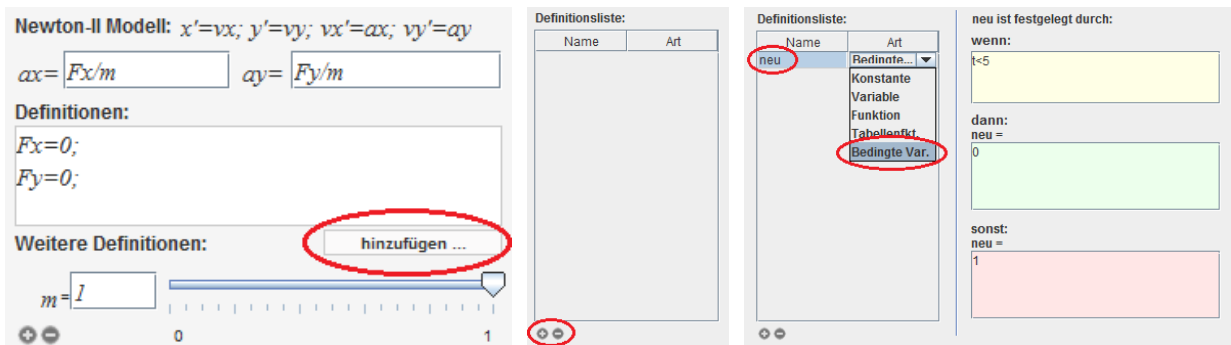
Was passiert in dem Moment, in dem der Magnet abgeschaltet wird und der Kontakt zum Elektromagneten verloren geht. Welche Kräfte wirken dann auf die Kugel?



Modelliere nun den gesamten Vorgang.

Hinweis: Möglicherweise brauchst du zum Modellieren der Bewegung eine bedingte Variable. Dazu kannst du neben *weitere Definitionen* auf *hinzufügen* klicken und durch das kleine Plus im nächsten Fenster eine Variable hinzufügen. Unter dem Reiter *Art* kannst du eine *bedingte Variable* einstellen. Links daneben kannst du die Variable benennen.

Beispiel:



The screenshot shows a software interface for modeling a Newton-II model. It includes input fields for acceleration components $a_x = F_x/m$ and $a_y = F_y/m$, a section for definitions ($F_x=0$, $F_y=0$), and a slider for mass $m = J$. A red circle highlights the 'hinzufügen ...' button. To the right, a 'Definitionenliste' table is shown with columns 'Name' and 'Art'. A dropdown menu is open, showing options like 'Konstante', 'Variable', 'Funktion', 'Tabellenfkt.', and 'Bedingte Var.', with 'Bedingte Var.' selected and circled in red. Further right, a conditional logic section is visible with 'wenn: $t < 5$ ', 'dann: neu = 0', and 'sonst: neu = 1'.



Wie bewegt sich die Stahlkugel weiter, nachdem sie den Kontakt zum Magneten verloren hat? Woran liegt das? Versuche mit Kräften zu argumentieren.



Welche Aussagen zur Kugel lassen sich über folgende Größen im **ersten Abschnitt** der Bewegung mit Kontakt zum Magneten treffen?

Hinweis: Die Zentripetalkraft ist die Kraft, die bei einer Kreisbewegung in die Mitte zeigt und dafür sorgt, dass sich das Objekt auf einer Kreisbahn bewegt (hier vom Elektromagneten ausgeübt).

Der Betrag der Zentripetalkraft...	<input type="checkbox"/> ist konstant ($\neq 0$). <input type="checkbox"/> ist Null. <input type="checkbox"/> ändert sich.
Die Richtung der Zentripetalkraft...	<input type="checkbox"/> ist konstant ($\neq 0$). <input type="checkbox"/> ist Null. <input type="checkbox"/> ändert sich.
Die Zentripetalkraft...	<input type="checkbox"/> ist konstant ($\neq 0$). <input type="checkbox"/> ist Null. <input type="checkbox"/> ändert sich.
Die Summe aller Kräfte...	<input type="checkbox"/> ist konstant ($\neq 0$). <input type="checkbox"/> ist Null. <input type="checkbox"/> ändert sich.
Die Beschleunigung...	<input type="checkbox"/> ist konstant ($\neq 0$). <input type="checkbox"/> ist Null. <input type="checkbox"/> ändert sich.
Die Geschwindigkeit...	<input type="checkbox"/> ist konstant ($\neq 0$). <input type="checkbox"/> ist Null. <input type="checkbox"/> ändert sich.



Welche Aussagen lassen sich über folgende Größen über die Bewegung mit **konstanter Geschwindigkeit** im letzten Abschnitt ohne Kontakt zum Magneten treffen?

Die Summe aller Kräfte...	<input type="checkbox"/> ist konstant ($\neq 0$). <input type="checkbox"/> ist Null. <input type="checkbox"/> ändert sich.
Die Beschleunigung...	<input type="checkbox"/> ist konstant ($\neq 0$). <input type="checkbox"/> ist Null. <input type="checkbox"/> ändert sich.
Die Geschwindigkeit...	<input type="checkbox"/> ist konstant ($\neq 0$). <input type="checkbox"/> ist Null. <input type="checkbox"/> ändert sich.



Zusatzaufgabe: Skizziere nun den **Beschleunigungs-Zeit-Graphen** in x -Richtung und in y -Richtung und **markiere** jeweils, wo die Kugel den Kontakt zum Elektromagneten verliert.

x -Richtung ($a_x(t)$)



y -Richtung ($a_y(t)$)

