

## Beschreibung und Zielsetzung der Schülerexperimente

Die Lernenden sollen die erworbenen Kompetenzen aus dem vorigen Unterricht einüben.

**Voraussetzungen:** Die Lernenden ...

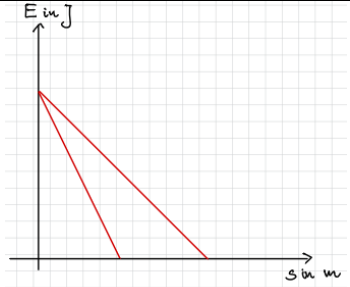
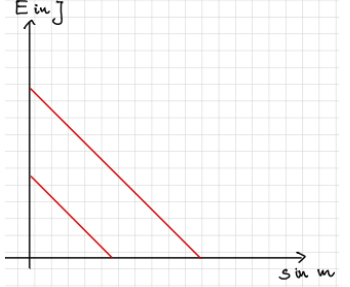
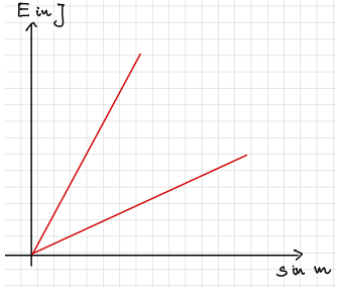
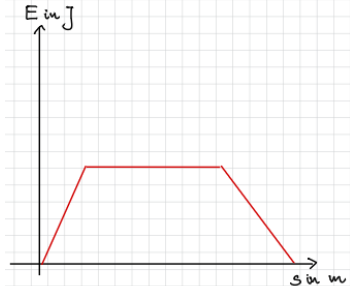

- ... zeichnen  $s$ - $E$ -Diagramme.
- ... berechnen die Kraft als Steigung im  $s$ - $E$ -Diagramm.
- ... verwenden die Einheit  $\frac{\text{J}}{\text{m}}$ .
- ... nutzen die Energieänderung pro Strecke für Argumentationen.
- ... erklären die Änderung von Energiebeträgen in der Energieform Höhenenergie situationsbezogen.
- ... beschreiben Energieumwandlungen.

## Hinweise und Tipps zur Realisierung der Schülerexperimente:

- Die „echten“ Werte für die Energie müssen durch die Lehrkraft materialbezogen angepasst werden.
- Sinnvoll ist es, „veraltete und ausgemusterte“ Sammlungs-Smartphones für die Messungen mit Phyphox zu verwenden.
- Der experimentelle Aufbau zu Station 2 beruht auf der bekannten Idee „Nagel in Styropor schlagen“, ist aber durch die punktuelle Krafteinwirkung geeigneter.
- Günstig wäre es, wenn „Lineare Funktionen“ in Mathematik bereits unterrichtet wurde.
- Bei Station 4 ist für die Qualität der Ergebnisse des Versuchs die Gestaltung des „Modellschneehaufens“ entscheidend.
- Die Stationen sind so gestaltet, dass das Erzeugen der  $s$ - $E$ -Diagramme nicht live mit technischen Hilfsmitteln erfolgt.
- Die 5 Stationen sind darauf ausgerichtet, verschiedene Diagramme zu erzeugen, die aus Variation einer der drei auftretenden Größen  $E$ ,  $s$  und  $F$  resultieren.

# Energieänderung als Wirkung einer Kraft

## Arbeit an Lernstationen zu Anwendungen in Kontexten

Station Nummer	Überschrift	Diagramm
1	Die Runaway-lane	
2	Untersuchungen am Rammbären	
3	Mit dem Rad einen Hang hinab rollen	
4	Schlitten auf dem Eis	
5	An der Ampel anhalten	

# Station 1: Die Runaway-lane

## Information:

An steilen Gefällestrassen neben Autobahnen gibt es manchmal „Notwege“, die Fahrzeuge benutzen sollen, deren Bremsen nicht mehr greifen (Abb.1). Auf dem Verkehrsschild sieht es so aus, als würden solche Strecken immer ansteigen. Das muss nicht sein, auch der Notweg auf dem Bild ist horizontal. So etwas baust Du an dieser Station in einem Modellversuch nach.

## Aufgabe:

- Baue die Gefällestrasse und den Notweg so auf, wie es die Abbildung 2 zeigt.
- Versuch A:**  
Lass die Kugel dreimal von der Markierung 1 starten und miss die Strecke auf dem Notweg bis zum Stillstand. Bilde den Mittelwert Deiner Messwerte und trage den Wert in die Tabelle ein.

- Zeichne ein  $s$ - $E$ -Diagramm für Versuch A.  
**Hinweis:** Trage die Werte für  $E$  und  $s$  auf den Achsen ein.

- Versuch B:**  
Die Kugel soll nun auf dem anderen Untergrund gebremst werden. Beschreibe, wie sich Dein Diagramm ändern wird. Zeichne deine Vermutung in Dein Diagramm ein.

- Führe Versuch B durch. Miss wieder die Strecke bis zum Stillstand dreimal, bilde den Mittelwert und trage ihn als  $s$  in das Diagramm auf der Achse ein.
- Begründe anhand Deines Diagramms, welchen Belag du für den „Notweg“ auswählen würdest.



Abb. 1: Notweg an der Autobahn



Abb. 2: Modellversuch (andere Abbildung)

Versuch A		Versuch B	
Energie $E$ in mJ	Strecke $s$ in cm	Energie $E$ in mJ	Strecke $s$ in cm
1,5	0	1,5	0
0		0	

Tabelle 1: Tabellen mit Messwerten

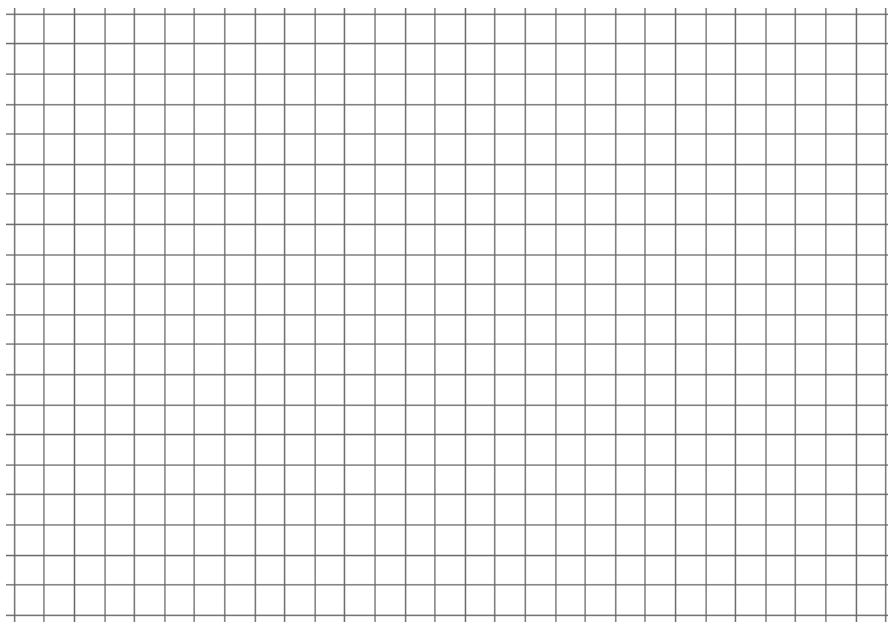


Abb. 3:  $s$ - $E$ -Diagramm

### Information:

Du weißt bereits, dass einem angehobenen Gegenstand eine gewisse Energiemenge zukommt. Diese sogenannte „Höhenenergie“ kann man beim Betrieb von Rammhären nutzen. Dies sind Maschinen, die Pfähle oder ähnliche Gegenstände in die Erde rammen. Dies ist zum Beispiel notwendig, wenn ein Flussufer für eine Hafenanlage mit Spundwänden befestigt werden soll. Das Einrammen solcher Wände soll in einem Modellversuch untersucht werden.



**Abb. 1:** Spundwände zur Absicherung von Bau gruben

### Aufgabe:

- a. Baue den Modellversuch auf, so dass du wie in der Anleitung den „Rammhären“ auf die „Spundwand“ fallen lassen kannst. **Hinweis:** Verwende die Anleitung.

**b. Versuch A:**

Lass den Rammbär aus einer Höhe von 20 cm über der Oberkante der Spundwand fallen. Miss die Strecke, um die die Wand runtergedrückt wurde und trage den Wert in die Tabelle ein.

- c. Zeichne ein  $s$ - $E$ -Diagramm für Versuch A.

**Hinweis:** Trage die Werte für  $E$  und  $s$  auf den Achsen ein.

**d. Versuch B:**

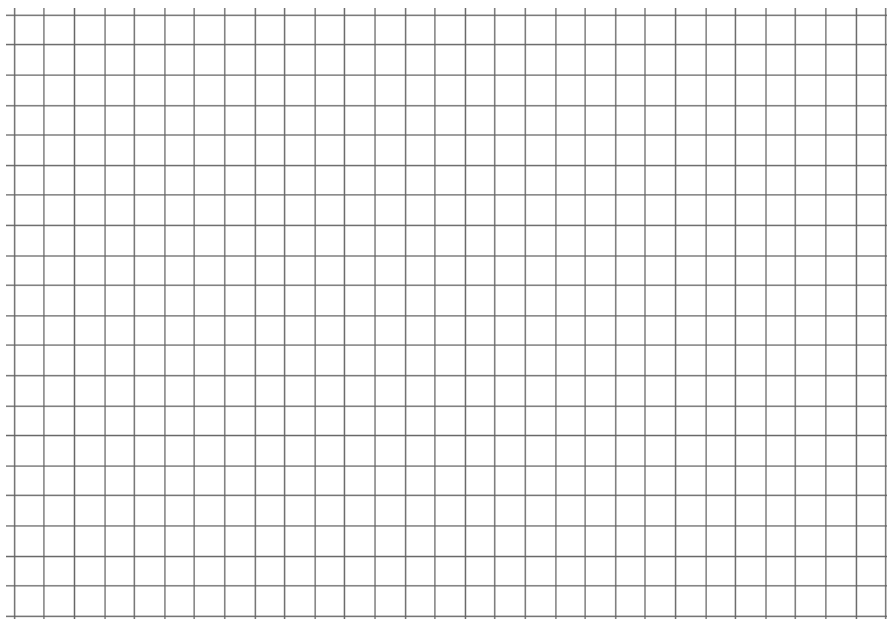
Der Rammbär soll nun aus 10 cm über der Oberkante der Wand fallen gelassen werden. Beschreibe, wie sich dein Diagramm ändern wird. Zeichne deine Vermutung in Dein Diagramm ein.

- e. Führe Versuch B durch. Miss wieder die Strecke, um die die Wand runtergedrückt wurde. Trage den Wert in die Tabelle ein und trage ihn als  $s$  in das Diagramm auf der Achse ein.
- f. Beurteile anhand deines Diagramms, ob der Rammbär immer mit der gleichen Kraft abgebremst wurde.

Versuch A	
Energie $E$ in mJ	Strecke $s$ in cm
1,5	0
0	

Versuch B	
Energie $E$ in mJ	Strecke $s$ in cm
0,75	0
0	

Tabelle 1: Tabellen mit Messwerten



**Zusatz:** Erläutere die Veränderung des Diagramms, wenn in Versuch B der Rammbär aus gleicher Höhe fallen gelassen wird, aber doppelt so viel wiegt.

**Abb. 2:**  $s$ - $E$ -Diagramm

## Station 2: Untersuchungen an Rammbären - Anleitung Modellversuch



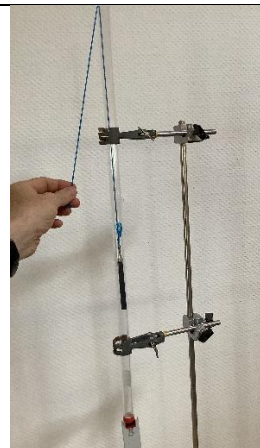
**1** Positioniere die „Spundwand“ unter dem Plexiglasrohr.



**3** Befestige den Rammbären am Faden.



**2** Führe die Oberkante der Spundwand an das untere Ende der Plexiglasröhre.



**4** Führe den Rammbären am Faden bis auf die vorgegebene Höhe (messen!).



**5** Lasse den Faden los.  
„Eindringtiefe“ messen.

### Station 3: Mit dem Rad einen Hang hinab rollen

**Information:** An dieser Station untersuchen wir an einem fertigen Diagramm, wie ein ungebremstes Fahrrad einen Hang hinabrollen würde. Wir lassen dazu eine Kugel als Modell für das Fahrrad aus geringer Höhe eine Rampe hinab rollen. Das könnte so aussehen.

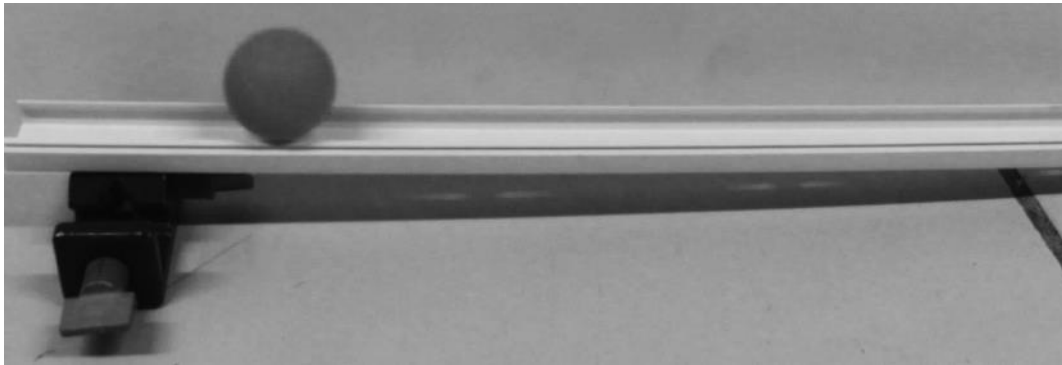


Abbildung 1: Ball auf einer Rampe

Von diesem Vorgang haben einige Oberstufen-Schüler:innen eine Video-Aufnahme gemacht und daraus ein Weg-Energie Diagramm zu dem Versuch erstellt:

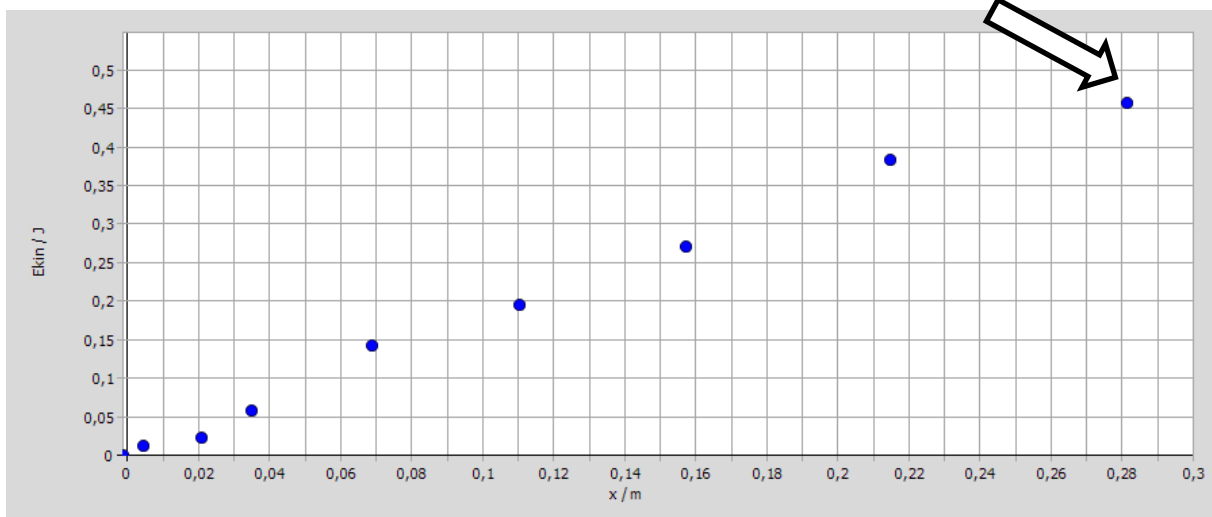


Abbildung 2: s-E-Diagramm zu dem Versuch mit dem Ball auf der Rampe

#### Aufgabe:

- Beschreibe das Diagramm im Vergleich zum s-E-Diagramm zu dem Demonstrationsversuch mit der Fahrbahn vor dem Stationenlernen.
- Erkläre die Bedeutung des markierten Punktes im Bezug auf die Kugel.
- Begründe, warum es sinnvoll ist, eine Ausgleichsgerade zu den Messwerten zu zeichnen. Zeichne eine sinnvolle Ausgleichsgerade ein.
- Erkläre, warum dieses Diagramm im Verlauf so anders aussieht als in dem Demonstrationsversuch mit der Fahrbahn vor dem Stationenlernen.
- Versuch A (zu dem Diagramm in Abbildung 2)**  
Berechne die Kraft, die auf den Ball wirkt. Verwende dazu die Angaben aus dem Diagramm in Abb. 2.  
**Hinweise:** Steigungsdreieck,  $\Delta E$  und  $\Delta s$  geeignet ablesen,  $F$  berechnen mit  $F = \frac{\Delta E}{\Delta s}$
- Versuch B:** Die Rampe soll nun flacher aufgebaut werden.  
Beschreibe, wie sich dein Diagramm ändern wird.  
Zeichne deine Vermutung in dein Diagramm ein. Begründe deine Vermutung.



## Station 4: Schlitten auf dem Eis

### Information:

An dieser Station stellen wir uns vor, dass wir einen Schlitten auf dem Eis anschieben. Dann lassen wir ihn gleiten. Die Fahrt endet in einem Schneehaufen.

Das stellen wir im Modell durch einen kleinen Wagen dar. Der Wagen wird angestoßen und rollt dann aus.

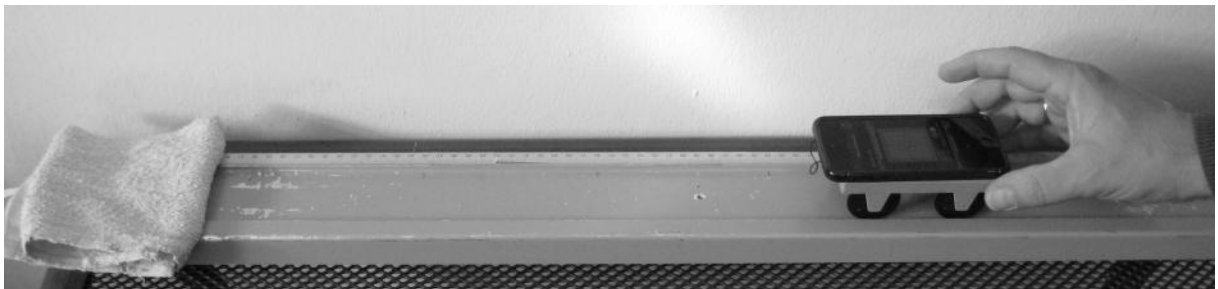


Abbildung 1: Modellversuch zur Schlittenfahrt

Von diesem Vorgang haben einige Oberstufen-Schüler:innen eine Video-Aufnahme gemacht und daraus ein Weg-Energie Diagramm zu dem Versuch erstellt:

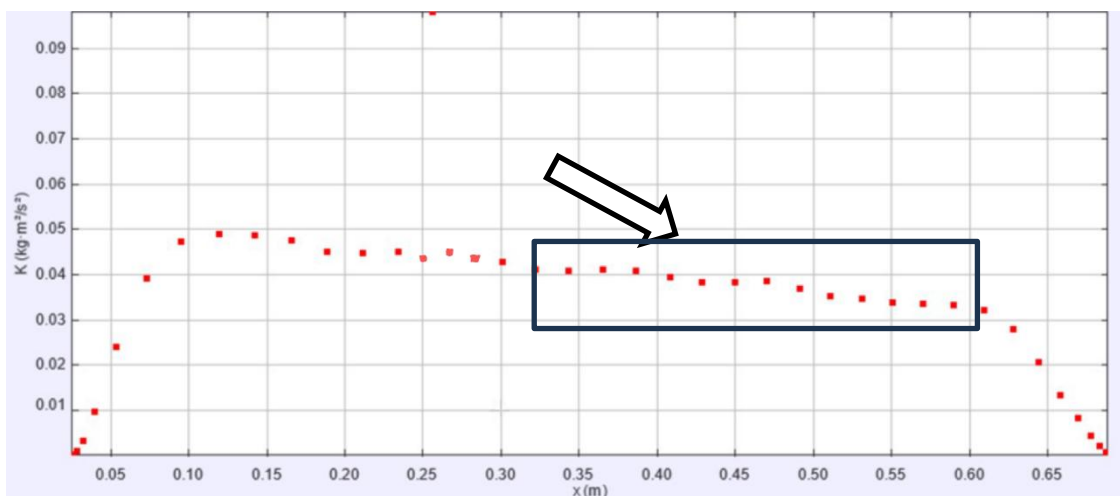


Abbildung 2: s-E-Diagramm zu dem Modellversuch mit dem Schlitten

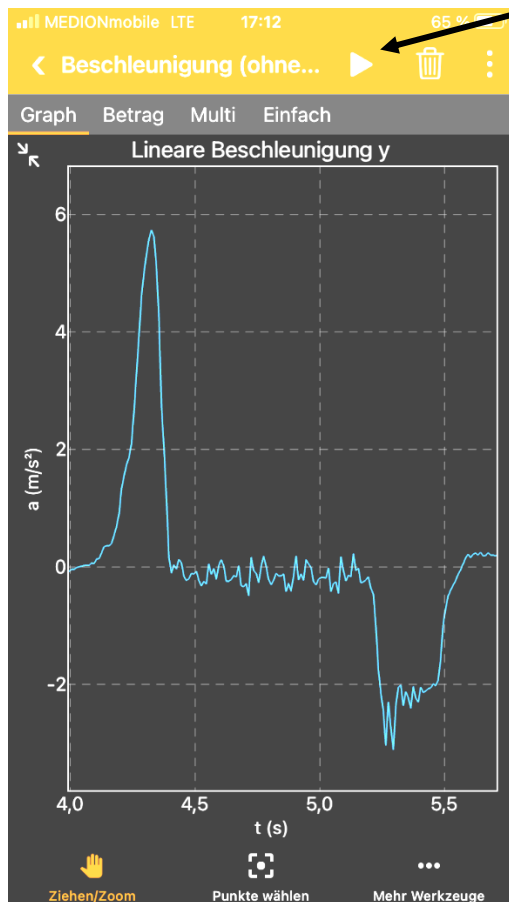
- Versuch A:** Führe das Experiment ohne eingeschaltetes Smartphone durch.
- Vergleiche das Diagramm in Abb. 2 mit dem s-E-Diagramm zu dem Demonstrationsversuch mit der Fahrbahn vor dem Stationenlernen.
- Teile das Diagramm in 3 sinnvolle Abschnitte ein (Markierungen im Diagramm setzen). Beschreibe die Bewegung des Schlittens in den drei Abschnitten.
- Erkläre die Bedeutung der markierten Punkte im Bezug auf den Schlitten.
- Versuch B:** Schalte das Smartphone ein und starte die App. Schiebe den Wagen erneut an.
- Stelle möglichst viele Beziehungen her zwischen der Kurve aus der App und dem oben abgebildeten Diagramm. Verwende dazu den Begriff Kraft.
- Stelle eine Vermutung darüber auf, wie sich das Ergebnis beider Messungen verändern würde, wenn es vorher auf dem Eis neu geschneit hat, bevor du den Schlitten anschiebst.

## Station 4: Schlitten auf dem Eis

### Zusatzblatt für Lehrkräfte und/oder als Ergänzungsmaterial:

Musterergebnis einer Messfahrt:

Play-Button zum Starten



**Abbildung:** Screenshot einer Fahrt, aufgenommen mit Phyphox. Der blau dargestellte Graph ist ein Maß für die Kraft in Fahrtrichtung. s-E-Diagramm mit Tracker aufgenommen.



**Abbildung:** Befestigung eines „ausgemusterten“ Smartphones mithilfe von Klebestreifen.



## Station 5: An der Ampel mit dem Fahrrad bremsen

### Information:

An dieser Station stellen wir uns vor, dass jemand mit dem Fahrrad einen Hang herunterfährt. Am Ende des Hangs geht es ein Stück weit entlang einer ebenen Strecke bis zu einer roten Ampel. Vor der Ampel soll der Fahrradfahrer zum Stehen kommen.

Den Fahrradfahrer stellen wir im Modellversuch durch ein Massestück auf einem kleinen Wagen dar, der eine schräge Rampe herunterfährt. Sobald dieser auf die ebene Strecke rollt, wird er durch einen aufgestellten Bremsklotz gleichmäßig abgebremst. Dieser Bremsklotz entspricht dem gleichmäßigen Ziehen der Handbremse.

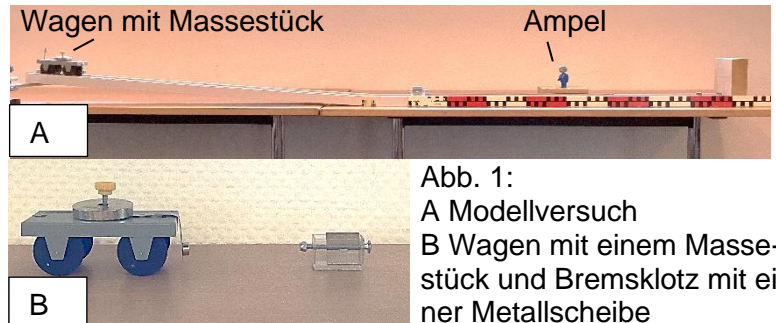


Abb. 1:  
A Modellversuch  
B Wagen mit einem Massestück und Bremsklotz mit einer Metallscheibe

#### a. Versuch A:

Baue den Versuch wie in Abb. 1 auf. Das aufgelegte Massestück stellt den Fahrer dar.

- b. Lass den Wagen dreimal von ganz oben starten und miss jeweils die Strecke  $s$  vom Beginn des Bremsvorgangs bis zum Stillstand des Wagens. Bilde den Mittelwert Deiner Messwerte und trage den Wert in die Tabelle ein.

- c. Zeichne ein  $s$ - $E$ -Diagramm für Versuch A (Abb. 2).

**Hinweis:** Trage die Werte für  $E$  und  $s$  auf den Achsen ein.

#### d. Versuch B:

Der Fahrradfahrer nimmt seinen Freund auf dem Gepäckträger mit, sodass die Masse ca. auf das 1,75-fache der vorherigen steigt. Begründe, dass die Bewegungsenergie des Wagens zu Beginn der ebenen Strecke nun 0,14 J beträgt.

- e. Stelle eine begründete Vermutung darüber auf ...

(1) ...wie sich das Ergebnis des Versuches verändert, wenn beim Bremsen auf den Wagen die gleiche Kraft wie zuvor ausgeübt wird.

(2) ...wie die Versuchsdurchführung verändert werden muss, damit der Wagen wieder vor der Ampel zum Stehen kommt.

- f. Überprüfe Deine Vermutungen im Versuch. Befestige dafür zwei Massestücke auf dem Wagen. Miss wieder die Strecke  $s$  bis zum Stillstand dreimal, bilde den Mittelwert und trage ihn in die Tabelle ein.

Die Bremskraft kannst du erhöhen, indem du den Bremsklotz mit den Metallscheiben beschwerst.

- g. Stelle die beiden Ergebnisse aus Versuch B zusätzlich im  $s$ - $E$ -Diagramm dar. Verwende dazu unterschiedliche Farben.

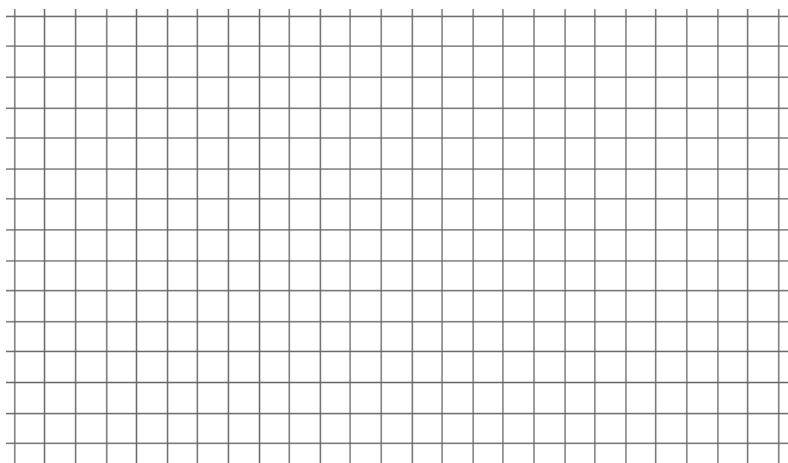
Versuch A	
Energie $E$ in J	Strecke $s$ in cm
0,08	0
0	

Tabelle 1: Tabelle mit Messwerten

Versuch B(1)	
Energie $E$ in J	Strecke $s$ in cm
0,14	0
0	

Versuch B(2)	
Energie $E$ in J	Strecke $s$ in cm
0,14	0
0	

Tabelle 2: Tabellen mit Messwerten

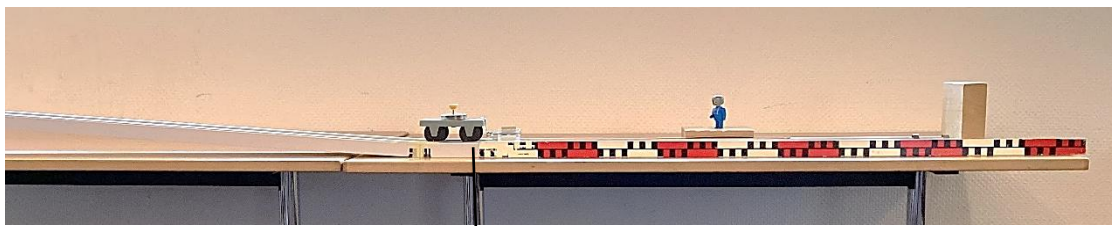


**Zusatz:** Bestimme anhand der drei Graphen die Kraft, mit welcher der Wagen in den drei Versuchsteilen abgebremst wird.

### **Hinweise für Lehrkräfte zum Versuch:**

Die Energien auf dem AB müssen im Vorfeld von der Lehrkraft an die entsprechende Versuchssituation (Anfangshöhe, Masse des Wagens inkl. Massestück) angepasst und die Ampel an einer geeigneten Stelle platziert werden!

Um den Wagen nach der schiefen Ebene möglichst gleichmäßig abbremsen zu können, wurde hier ein Bremsklotz mit einer Filzunterlage verwendet, der durch Metallplättchen beschwert werden kann. Dieser liegt zu Beginn der Versuchsdurchführung an einer bestimmten Position auf der ebenen Strecke hinter der schiefen Ebene. An dem Wagen ist ein Eisenblech mit einem Magneten befestigt, sodass sich der Wagen und der Bremsklotz nach dem Stoß gemeinsam weiterbewegen können (s. Abb. 1).



Wagen mit Bremsklotz