

## Einleitung

Die Definition der mechanischen Arbeit  $W$ : «Mechanische Arbeit wird verrichtet, wenn ein Körper durch eine Kraft bewegt oder verformt wird.»

Unter der Bedingung, dass die Kraft  $F$  konstant in Richtung des Weges oder entgegengesetzt dazu (z.B. die Bremskraft resp. Reibungskraft) wirkt, kann die Arbeit  $W$  wie folgt berechnet werden:

$$W = F \cdot s \quad F: \text{einwirkende Kraft,} \quad s: \text{zurückgelegter Weg}$$

Wenn  $F$  eine Gewichtskraft ist und  $s$  die dabei überwundene Höhendifferenz, so spricht man von *Hubarbeit*  $W_{\text{Hub}} = m \cdot g \cdot \Delta h$ .

Falls  $F$  eine Reibungskraft ist, so spricht man von *Reibungsarbeit*  $W_R = F_R \cdot s$ .

Falls  $F$  eine beschleunigende Wirkung hat:  $F = m \cdot a$ , so spricht man auch von Beschleunigungsarbeit  $W_{\text{Beschleunigung}} = m \cdot a \cdot s = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$

## Fragestellung

In diesem Praktikum messen Sie die Kraft  $F$  während des Hochziehens eines Wagens entlang einer Wegstrecke der Länge  $s$ . Dabei überwindet der Wagen die Höhendifferenz  $\Delta h$ .

Aus der Höhendifferenz und dem Gewicht können Sie die Hubarbeit berechnen, die verrichtet wird, wenn der Wagen um eine Höhe  $\Delta h$  angehoben wird.

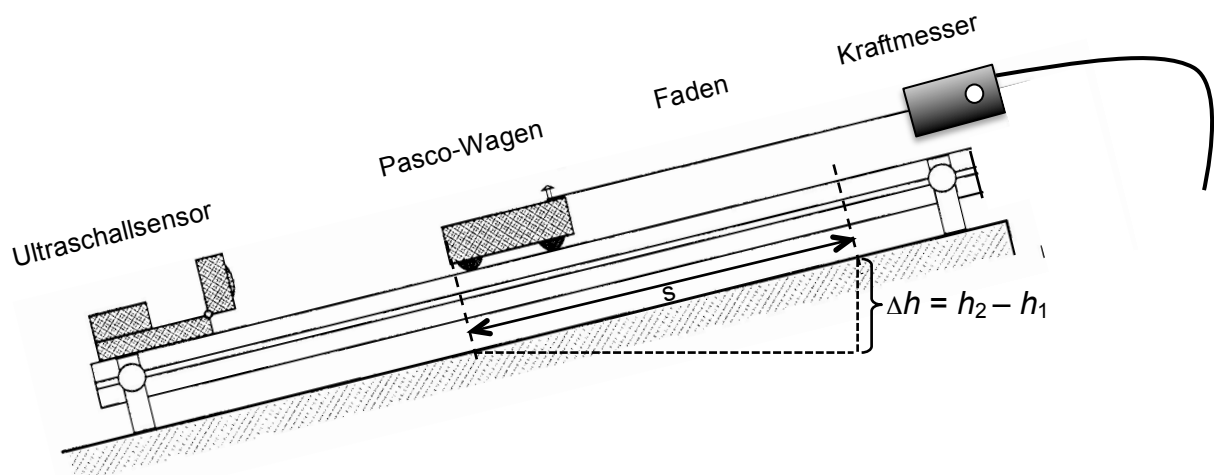
Wir bestimmen die Zugarbeit indem wir die Wegstrecke  $s$  und die zugehörige Zugkraft  $F_{\text{Zug}}$  messen:  $W_{\text{Zug}} = F_{\text{Zug}} \cdot s$ .

Wir berechnen aus Höhendifferenz und Wagenmasse  $m$  die Hubarbeit  $W_{\text{Hub}} = F_G \cdot \Delta h$ .

Schliesslich vergleichen wir die beiden Arbeiten  $W_{\text{Zug}}$  und  $W_{\text{Hub}}$  indem wir den Quotienten  $\frac{W_{\text{Zug}}}{W_{\text{Hub}}}$  berechnen. Dieser Quotient entscheidet welche Arbeit grösser, resp. kleiner ist, oder auch, ob sie evtl. gleich gross sind!

## Versuchsaufbau

Ein Wagen, an dem ein Kraftmesser befestigt ist, wird über eine Strecke  $s$  eine Pascobahn hochgezogen:



### a) Messung der Kraft $F$ entlang des Weges $s$ auf der Pascobahn

- Notieren Sie sich bei JEDER Messung eine Schätzung des Messfehlers, z.B., aufgrund der Waage wäre ein typischer Messfehler  $\pm 0.1$  g
- Verwenden Sie drei verschiedene Wagenmassen  $m_1 \approx 0.54$  kg,  $m_2 \approx 1.04$  kg resp.  $m_3 \approx 1.54$  kg. Messen Sie die genauen Wagenmassen mit der Waage!
- Ziehen Sie den Wagen sorgfältig, d.h., mit möglichst gleichförmiger Geschwindigkeit, mit dem Kraftmesser die Pascobahn hoch. Verwenden Sie dazu immer dieselbe Strecke  $s$ , so dass Sie die dabei überwundene Höhendifferenz  $\Delta h = h_2 - h_1$  bestimmen können. Wichtig ist, dass die Kraft möglichst konstant bleibt während dem Ziehen. Beachten Sie, dass die Länge der Strecke  $s$  mit dieser Messvorrichtung nicht sehr genau bestimmbar ist! Schätzen Sie auch den Messfehler für die Wegstrecke  $s$  ab!
- Messen Sie für jede Wagenmasse die mittlere Kraft  $F$  entlang des Weges dreimal!
- Schätzen Sie den Messfehler  $\Delta W$  ab für den *Mittelwert* der Arbeit  $W$  aus den jeweils 3 gemessenen Werten

Überwundene Höhendifferenz  $\Delta h$  für den jeweils zurückgelegten Weg  $s$ :

$$\Delta h = h_2 - h_1 = \dots\dots\dots$$

Wagenmasse $m$ [kg]	Weg $s$ [m]	mittlere Kraft $F$ [N]	Arbeit $W = F \cdot s$ [J]	Mittelwert Arbeit $W \pm \Delta W$ [J]
$m_1 =$				} $W_1 =$
$m_1 =$				
$m_1 =$				
$m_2 =$				} $W_2 =$
$m_2 =$				
$m_2 =$				
$m_3 =$				} $W_3 =$
$m_3 =$				
$m_3 =$				

Typische Messfehler: Masse  $\Delta m = \dots\dots\dots$ , Weg  $\Delta s = \dots\dots\dots$ , Kraft  $\Delta F = \dots\dots\dots$

Ihre Berechnungen zur Abschätzung des Messfehlers  $\Delta W$  für den Mittelwert der Arbeit:

## b) Auswertung der Messungen

In diesem Abschnitt vergleichen Sie die drei berechneten Mittelwerte der Arbeit  $W$ , d.h.  $W_1$ ,  $W_2$  und  $W_3$ , mit der Hubarbeit  $W_{\text{Hub}} = F_G \cdot \Delta h = m \cdot g \cdot \Delta h$  für die drei Wagenmassen.

Berechnen Sie nun für jeden der drei Wagenmassen  $m_1$ ,  $m_2$  und  $m_3$  die Hubarbeit:

Mittelwert der Arbeit $W_{\text{Zug}}$ [J] (obige Tabelle)	Höhendifferenz $\Delta h = h_2 - h_1$ [m]	Gewicht $F_G = m \cdot g$ [N]	Hubarbeit $W_{\text{Hub}}$ $W_{\text{Hub}} = F_G \cdot \Delta h$ [J]	Quotient $\frac{W_{\text{Zug}}}{W_{\text{Hub}}}$
$W_1 =$				
$W_2 =$				
$W_3 =$				

Schätzen Sie ab wie genau der Quotient bestimmt werden konnte! Beachten Sie: Da bei diesem Quotienten zwei gleiche Grössen in Zähler und Nenner stehen, ist der Quotient eine reine Zahl ohne Einheit.

Abschätzung des Messfehlers für den Quotienten  $\frac{W_{\text{Zug}}}{W_{\text{Hub}}}$  :

**Schlussfolgerungen aus Ihren Messungen:**