

M11 Lineare Bewegungen

H. Bender, Fachhochschule Oldenburg, Ostfriesland, Wilhelmshaven, Fachbereich technik, Abteilung Photonik

Doc. 23. Januar 2002

1.1 Einführung

1.1.1 Ziel des Versuchs

Die Zusammenhänge zwischen Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse und Kraft werden am Beispiel eindimensionaler Bewegungen experimentell mit Hilfe einer Rollenfahrbahn und einer optischen, computergestützten Messung untersucht. Im Rahmen der Auswertung sollen Abschätzungen der systematischen Fehler (z.B. Reibung, Fahrbahnnebenheiten, Grenzen der Einsatzmöglichkeit der Meßanordnung) vorgenommen werden.

1.1.2 Aufgabenstellung

- Justierung der Fahrbahn
- Vertrautmachen mit dem Meßsystem.
- Versuch zur gleichförmig beschleunigten Bewegung und der Definition 1 Newton.
- Versuche auf der schiefen Ebene
- Bremsvorgänge und nicht gleichmäßig beschleunigte Bewegungen

1.1.3 Hinweis

1.2 Theorie

1.2.1 Weg, Geschwindigkeit und Beschleunigung

Die Momentangeschwindigkeit eines Massepunktes ist

$$\frac{d}{dt}(\vec{x}) = \dot{\vec{x}} = \vec{v}, \quad (1.1)$$

wobei man mit $\vec{x}(t)$ die Ortskoordinate bezeichnet. Die Beschleunigung ist die zeitliche Änderung der Momentangeschwindigkeit

$$\frac{d}{dt}(\dot{\vec{x}}) = \ddot{\vec{x}} = \vec{a}. \quad (1.2)$$

Eine Bewegung mit $\dot{\vec{x}} = \text{const}$ heißt gleichförmig. Ist $\ddot{\vec{x}} = \text{const}$ und ungleich 0, wird die Bewegung als gleichmäßig beschleunigt bezeichnet. Das Experiment zeigt, daß die Beschleunigung \vec{a} proportional zur beschleunigenden Kraft \vec{F} und umgekehrt proportional zur Masse m des beschleunigten Körpers ist:

$$\vec{a} = \vec{F} / m \quad (1.3)$$

und damit die „Grundgleichung der Mechanik“:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}. \quad (1.4)$$

Die Krafteinheit ist somit

$$[F] = 1 \frac{kgm}{s^2} = 1N \quad (1.5)$$

Bei einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung ist

$$d^2 \vec{x} / dt^2 = \vec{a} = const. \quad (1.6)$$

Durch Integration ergibt sich für die Zeitabhängigkeit von Geschwindigkeit und Ort

$$\vec{\dot{x}} = \int \vec{\ddot{x}} \cdot dt = \vec{\ddot{x}} \cdot t + \vec{\dot{x}}_0 \quad (1.7)$$

und

$$x(t) = \int \vec{\dot{x}} \cdot dt = \frac{1}{2} \cdot \vec{\ddot{x}} \cdot t^2 + \vec{\dot{x}}_0 \cdot t + \vec{x}_0. \quad (1.8)$$

Die Integrationskonstanten \vec{x}_0 und $\vec{\dot{x}}_0$ sind der Ort bzw. die Geschwindigkeit zur Zeit $t=0$.

1.3 Versuch

1.3.1 Justierung der Fahrbahn

Unter dem Zubehör der Fahrbahn befindet sich eine Wasserwaagenlibelle. Diese wird auf die Bahn oder auf einen Wagen, der sich auf der Bahn befindet, gesetzt. Mit den Rändelschrauben wird die Bahn dann waagrecht justiert.

1.3.2 Justierung der Kamera

Bei der Bewegungsaufnahme sucht die Kamera Reflexe der retroreflektierenden Folie. Wenn diese gefunden werden, wird ihre Anzahl, ihre maximale Breite in % sowie ihre Positionen im LCD-Display der Kamera angezeigt. Die Blendenöffnung des Objektivs sollte dabei minimal sein und die Entfernungseinstellung am Objektiv auf Unendlich stehen (reicht wegen der hohen Tiefenschärfe im allgemeinen aus). Zur weiteren Justierung hat sich folgende Vorgehensweise bewährt:

- jeweils einen Reflex (also insgesamt zwei Reflexe) am linken und am rechten Rand der Bewegung positionieren. Hierzu werden am günstigsten die beiden Wagen benutzt.
- Die Kamera nach Augenmaß parallel vor die Bewegung aufbauen.
- als Entfernung etwa die doppelte Weglänge wählen.
- die Höhe so wählen, daß mindestens ein Reflex im Display angezeigt wird.
- der zweite Reflex kann noch außerhalb des Sichtfeldes (Entfernung vergrößern) oder über/unter der Sichtlinie (seitlich kippen) liegen.
- letztendlich sollten beide Reflexe sicher am linken und am rechten Rand des Displays liegen - also auch eine leichte Veränderung der Justierung keine Auswirkung mehr haben.
- Fahrbahnweglänge im Programm einstellen (wird genauer vor Ort erklärt).

1.3.3 Gleichförmig beschleunigte Bewegung und Definition der Einheit 1 Newton

- Ein Wagen wird durch die konstante Gewichtskraft einer Antriebsmasse beschleunigt. Durch getrenntes Auswerten der Signale $x(t)$ und $v(t)$ soll bestätigt werden, daß die Beschleunigung konstant ist.
- Am Wagen wird eine Zusatzmasse von 500g befestigt und die Abhängigkeit zwischen der Beschleunigung des Wagens und der Gesamtmasse $M = M_{Wagen} + M_{Zusatz}$ und der beschleunigenden Kraft bestimmt.

1.3.4 Schiefe Ebene

Durch Verdrehen der Rändelschrauben soll die ursprünglich horizontale Fahrbahn als schiefe Ebene verwendet werden.

- Es soll eine experimentelle Untersuchung durchgeführt werden, ob die Beschleunigung des Wagens von seiner Masse abhängt.
- Aus der Beschleunigung des Wagens soll die Erdbeschleunigung g bestimmt werden.

1.3.5 Bremsvorgänge und nicht gleichförmig beschleunigte Bewegungen

- Es sollen die drei Diagramme $s(t)$, $v(t)$ und $a(t)$ unter Benutzung eines Auffangtellers für die Antriebsmasse aufgenommen werden.
- Bei geneigter Fahrbahn wird am unteren Ende eine Prallfeder angebracht und der Wagen am oberen Ende losgelassen. Hier sind ebenfalls die drei Diagramme $s(t)$, $v(t)$ und $a(t)$ aufzunehmen.

1.3.6 Anmerkung

1.4 Auswertung

- Aufzeigen der konstanten Beschleunigung für die Untersuchten Fälle im ersten Teil des Experiments 1.3.3 und quantitative Auswertung unter dem Aspekt der Kräfteinheit in Teil 2 des Experiments.
- Darstellung zu 1.3.4, ob die Beschleunigung des Wagens von der Masse abhängt und Bestimmung der Erdbeschleunigung g .
- Die Ergebnisse aus 1.3.5 sind für die Untersuchten Fälle zu diskutieren.

1.5 Versuchsaufbau

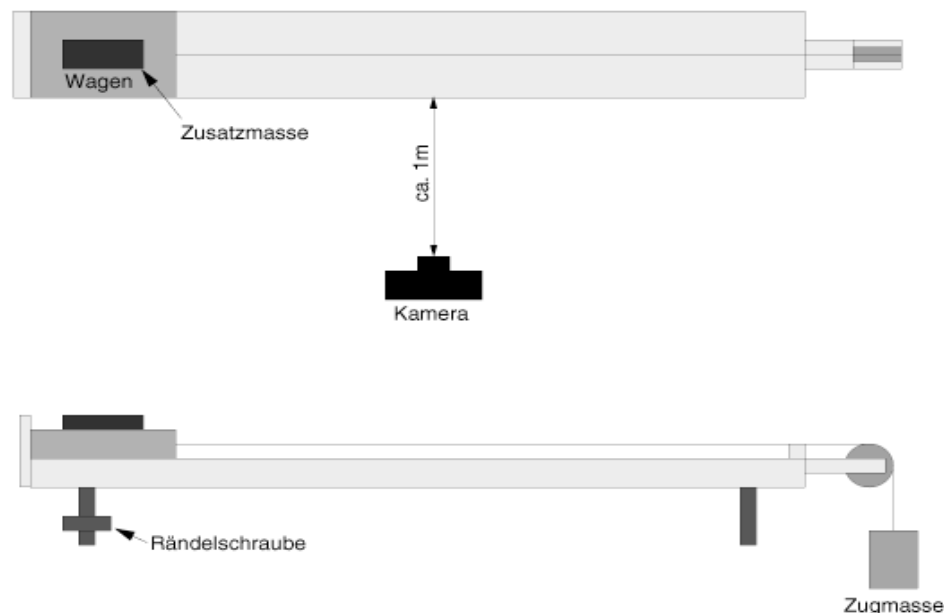


Abbildung 1.1: Fahrbahn mit Wagen und Zusatzmasse