

Weg-Zeit- und Geschwindigkeits-Zeit-Diagramme geradliniger Bewegungen

Aufzeichnung und Auswertung mit CASSY

Versuchsziele

- Aufzeichnung von Weg-Zeit-Diagrammen gleichmäßig beschleunigter Bewegungen auf einer Luftkissenfahrbahn.
- Überprüfung der Weg-Zeit- bzw. Geschwindigkeit-Zeit-Beziehung bei konstanter Beschleunigung.
- Bestätigung des zweiten *Newtonschen* Axioms.

Versuchsbeschreibung

Ein Wagen konstanter Masse m wird mit unterschiedlichen Kräften F beschleunigt. Die ermittelten Beschleunigungen a in Abhängigkeit von den beschleunigenden Kräften F aufgetragen ergibt F proportional a (mit m als Proportionalitätsfaktor) und bestätigt damit die *Newtonsche* Bewegungsgleichung $F = m \cdot a$.

Alternativ kann auch die beschleunigende Kraft F konstant gehalten und die Masse m variiert werden. Dies ergibt m proportional $1/a$ (mit F als Proportionalitätsfaktor).

Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau ist in Abb. 1 dargestellt. Zunächst wird die Luftkissenfahrbahn in Betrieb genommen und die Versorgungsspannung des Haltemagneten so eingestellt, dass der Wagen gerade noch festgehalten wird. Der Wagen wird durch 1-g-Massestücke beschleunigt, die am Übertragungsfaden hängen. Der Übertragungsfaden wird um den Bewegungsaufnehmer geführt, der über die obere Buchse der BMW-Box am Sensor-CASSY angeschlossen ist.

Die 1-g-Massestücke werden auch beschleunigt und zählen deshalb mit zur beschleunigten Masse m . Wenn die Masse m konstant gehalten werden soll, dann müssen die Massestücke, die gerade nicht am Faden hängen, dafür auf dem Wagen stecken.

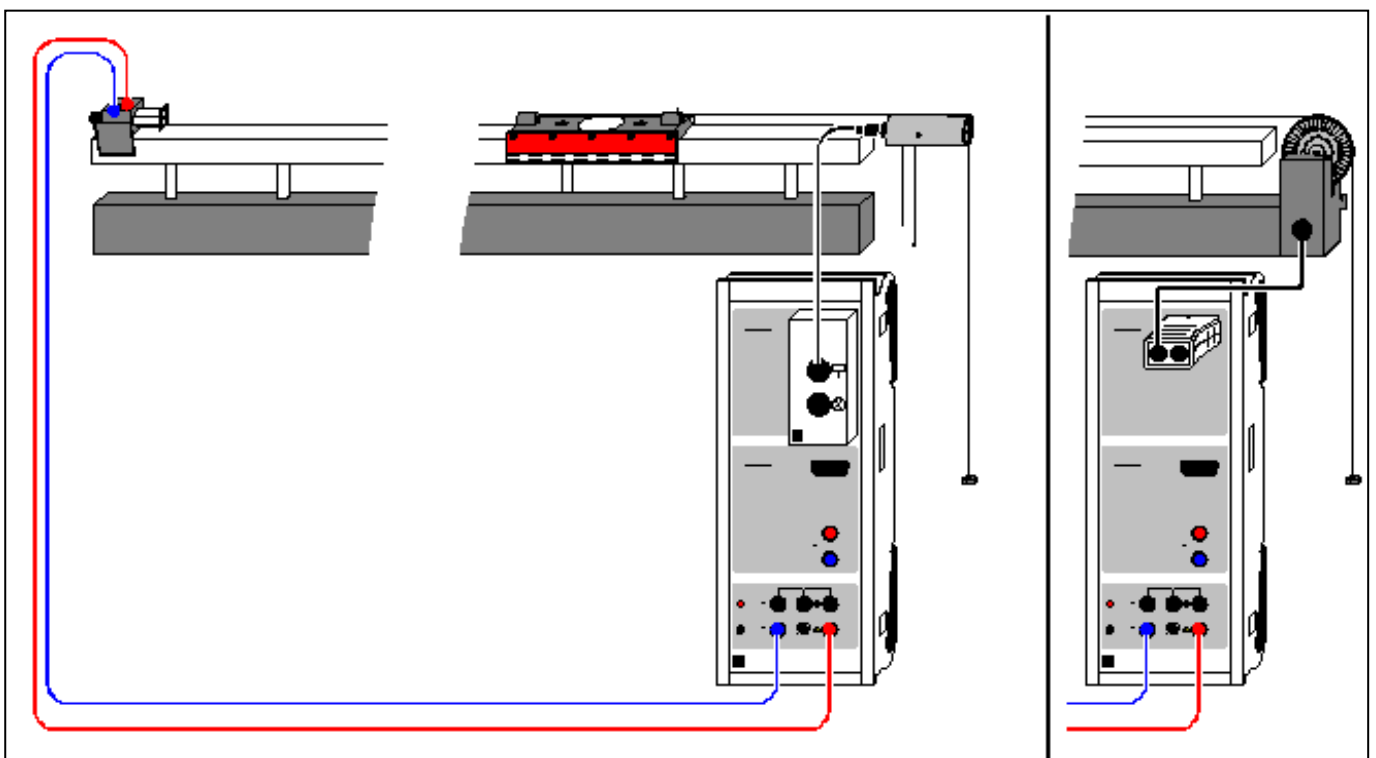



Abb. 1: Versuchsaufbau: Weg-Zeit- und Geschwindigkeits-Zeit-Diagramme geradliniger Bewegungen auf einer Luftkissenfahrbahn.

Geräte

1 Sensor-CASSY	524 010/13
1 CASSY Lab 2.....	524 220
oder	
1 BMW-Box	524 032
1 Bewegungsaufnehmer.....	337 631
1 Timer S	524 074
1 Kombi-Lichtschranke	337 462
1 Kombi-Speichenrad	337 464
1 Luftkissenfahrbahn	337 501
1 Luftversorgung.....	337 53
1 Leistungsstellgerät.....	667 823
1 Verbindungskabel, 6-polig	501 16
1 Paar Kabel, 100 cm, rot und blau	501 46
1 PC mit Windows XP/Vista/7	

Versuchsdurchführung

Der ruhende Wagen wird durch an einem Faden hängende 1-g-Massestücke beschleunigt. Während der Bewegung auf der Luftkissenfahrbahn wird die Entfernung des Wagens von seiner Anfangsposition zu verschiedenen Zeiten aufgenommen.

- Einstellungen in CASSY Lab laden.
- Maximal fahrbare Wegstrecke s_{A1} in Stoppbedingung des [Messparameterfensters](#) (**Fenster** → **Messparameter anzeigen**) eingeben (aktuell $s_{A1} > 0,8$ für 0,8 m)
- Eventuell Zeitintervall (aktuell 200 ms) im [Messparameterfenster](#) anpassen (längeres Intervall hat weniger Messwerte und weniger Streuungen in $a(t)$ zur Folge)
- Gegebenenfalls Vorzeichen der Wegmessung invertieren ($s \leftrightarrow -s$ in [Einstellungen sA1](#))
- Wagen vom Haltemagneten festhalten lassen
- Wegnullpunkt definieren (→ **0** ← in [Einstellungen sA1](#))
- Messung mit  starten. Eine Fehlmessung kann durch [Messung](#) → [Aktuelle Messreihe löschen](#) wieder aus der Tabelle entfernt werden.
- Messung mit veränderten Parametern (andere beschleunigende Kraft oder andere beschleunigte Masse) wiederholen. Dazu Wegnullpunkt wieder neu definieren.

Auswertung

Zusätzlich zu den $s(t)$ -Diagrammen werden die $v(t)$ - und $a(t)$ -Diagramme berechnet. Sie stehen auf den weiteren Darstellungsseiten zur Verfügung und brauchen nur angeklickt zu werden. Als Auswertungen bieten sich Parabel- und Geradenanpassung sowie Mittelwertberechnung an.

Zur Bestätigung der *Newtonschen* Bewegungsgleichung muss eine weitere Tabelle gefüllt werden, die auf der Newton-Seite der Darstellung schon vorbereitet ist. Nach der Bestimmung eines Beschleunigungswertes als Mittelwert eines $a(t)$ - oder als Steigung eines $v(t)$ -Diagramms kann dieser mit der Maus aus der Statuszeile in die Tabelle gezogen werden (Drag & Drop). Der Parameter Kraft F bzw. Masse m wird direkt über die Tastatur in die Tabelle eingetragen. Bereits während der Tabelleneingabe entsteht das gewünschte Diagramm. Die Achsen können nach Anklicken mit der rechten Maustaste leicht umgerechnet oder umskaliert werden (z. B. $a \rightarrow 1/a$).

Als weitere Auswertung ist es möglich, durch zusätzliche Formeln z. B. die kinetische Energie mit der geleisteten Arbeit zu vergleichen. Die kinetische Energie ist

$E = 0.5 * m * v^2$ (m als Zahlenwert eingeben)

und die geleistete Arbeit berechnet sich zu

$W = F * s_{A1}$ (F als Zahlenwert eingeben).

Messbeispiel

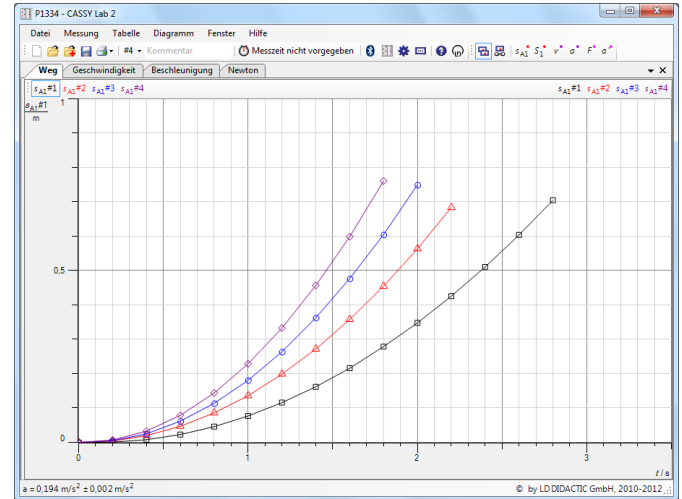


Abb. 2: Weg-Zeit-Diagramm der gleichmäßig beschleunigten Bewegung bei konstanter Masse mit den Beschleunigungen $a = 0,194 \text{ m/s}^2$; $a = 0,291 \text{ m/s}^2$; $a = 0,387 \text{ m/s}^2$ und $a = 0,484 \text{ m/s}^2$ (von links nach rechts).

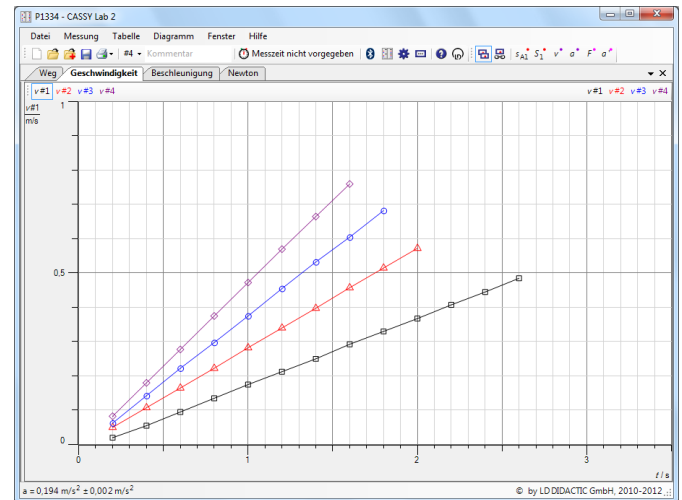


Abb. 3: Geschwindigkeit-Zeit-Diagramm. Die Werte wurden durch Differentiation der in der Abb. 2 dargestellten Werte erhalten.

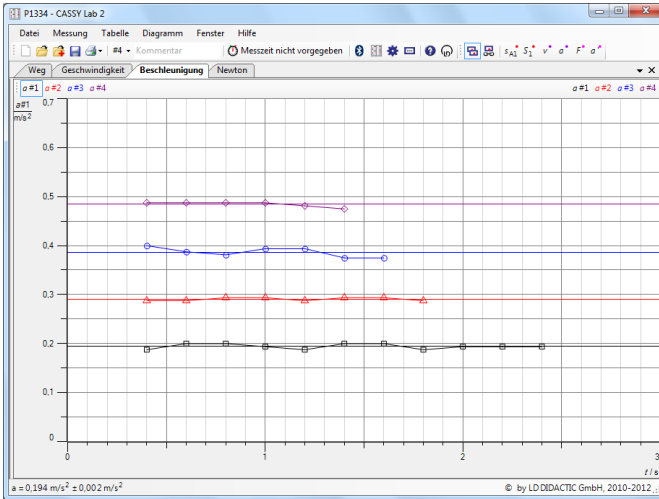


Abb. 4: Die durch Differentiation der in der Abb. 3 dargestellten Werte erhaltenen Beschleunigungen. Die durchgezogene Linie zeigt den Mittelwert an. Die Mittelwerte lauten $a = 0,194 \text{ m/s}^2$; $a = 0,291 \text{ m/s}^2$; $a = 0,387 \text{ m/s}^2$ und $a = 0,484 \text{ m/s}^2$ (von unten nach oben).

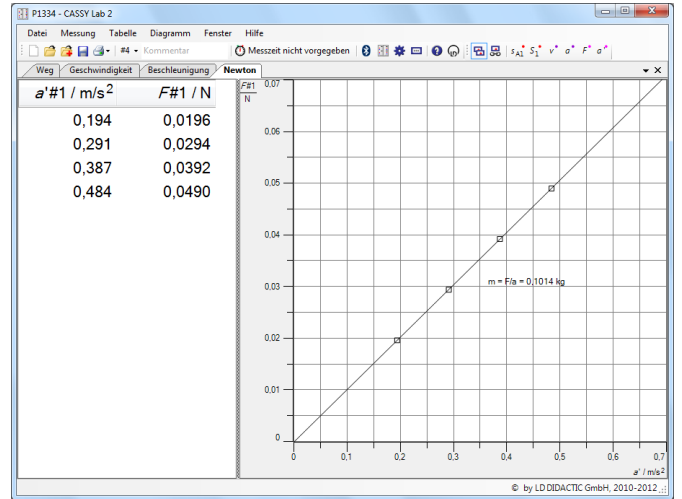


Abb. 5: Die gemessene Kraft in Abhängigkeit der Beschleunigung. Die durchgezogene Linie ist die durch die Geradenanpassung erhaltene Kurve. Links sind die gemessenen Werte zu sehen.

Die Gerade bedeutet, dass die Kraft F proportional zur Beschleunigung a ist. Die Proportionalitätskonstante ist gerade gleich der (bewegten) Gesamtmasse m . Somit wird durch das Experiment das zweite Newtonsche Axiom $F = m \cdot a$ bestätigt.