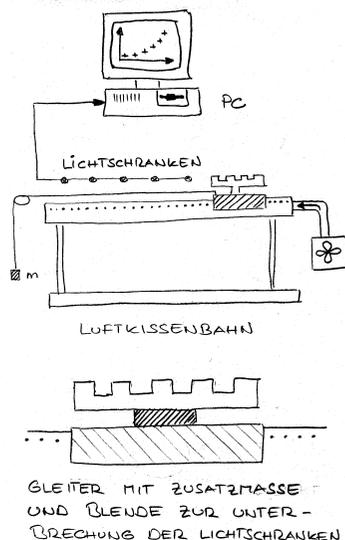


## LINEARE BEWEGUNGEN

## GPI

**Stichworte**

Newtonsche Bewegungsgleichung;

Bewegungsgesetz bei konstanter (Antriebs-) Kraft und geschwindigkeitsproportionaler Reibungskraft; Reibung, Wirbelstromdämpfung.

**Ziele des Versuchs**

Diskussion der Newtonschen Bewegungsprinzipien und der Bewegungsgleichung. Untersuchung linearer Bewegungen eines Massenpunktes. Herleitung des Bewegungsgesetzes (Lösung der Bewegungsgleichung) für konstante und geschwindigkeitsproportionale Kräfte.

Betrachtung von Reibungseinflüssen. Abhängigkeit der Reibungskräfte von den Bewegungsgrößen.

Umgang mit computergestützten Experimentier- und Messsystemen (CASSY-Lab-System; siehe Skript im allgemeinen Teil der Praktikumsanleitung).

**Literatur**

[1]: Kapitel 1.3, 1.6, 7.4.4

**Aufgaben**

1. Justierung der Fahrbahn und des Messsystems.
2. Untersuchung von Bewegungen bei konstanter Kraft: Aufnahme von Weg-/Geschwindigkeits-/Beschleunigungs-Zeit-Messungen für verschiedene Kombinationen von Masse (Gleiter) und Zugkraft (Anhängegewicht) und Überprüfung des Bewegungsgesetzes in Abhängigkeit dieser Parameter.
3. Untersuchung von Bewegungen unter Berücksichtigung einer geschwindigkeits-proportionalen Dämpfungskraft (magnetische Wirbelstromdämpfung). Berechnung der Dämpfungskonstanten aus der Zeitkonstanten der Bewegung und aus der Grenzgeschwindigkeit.

**Physikalische Grundlagen**

Der Gleiter auf der Luftkissenfahrbahn ist ein starrer Körper, der durch die Schiene geführt wird und keine Rotationsbewegungen ausführen kann. Die Bewegung ist damit eindimensional und wird durch Anwendung der Bewegungsgleichung auf den Schwerpunkt vollständig beschrieben.

Unter Annahme einer konstanten Kraft  $F$  ist die Herleitung des Bewegungsgesetzes durch Integration der Bewegungsgleichung vergleichsweise einfach. Unter zusätzlicher Berücksichtigung einer geschwindigkeitsproportionalen Reibungskraft erhält die Bewegungsgleichung die Form:

$$F - \delta v = ma = m \frac{dv}{dt} \quad (1)$$

Die Integration (nach Trennung der Variablen) liefert das Geschwindigkeits-Zeit-Gesetz. Unter Annahme der Anfangsbedingung  $v_0 = v(t=0) = 0$  erhält man:

$$v(t) = \frac{F}{\delta} \left( 1 - e^{-\frac{\delta}{m}t} \right) \quad (2)$$

Verdeutlichen Sie sich die Aussage dieses Gesetzes.

Was folgt im Grenzfall **für t?** Diskutieren Sie die Zeitkonstante und die Grenzgeschwindigkeit.

**Darstellung der physikalischen Grundlagen**

(zur Vorbereitung als Teil des Berichts): Allgemeine Darstellung und Erläuterung der Bewegungsprinzipien bzw. der Bewegungsgleichung.

Wesentlicher Inhalt der Einführung im Bericht soll die oben geschilderte Herleitung des Bewegungsgesetzes unter Einfluss der konstanten, beschleunigenden Kraft und der Reibungskräfte sein.

**Apparatur und Geräte**

Luftkissenbahn mit Gleiter und Zusatzmassen. Umlenkrolle. M5-Muttern als Anhängegewichte zur Ausübung einer konstanten Zugkraft. Permanentmagnete zur Wirbelstromdämpfung.

Lichtschrankschiene und rechnergestütztes Messsystem (CASSY-Lab-System) zur Datenerfassung (Geschwindigkeits-Zeit-Wertepaare) und Auswertung.

**Versuchsdurchführung und Auswertung**

Die Geschwindigkeits-Zeit-Messungen werden mit einer Lichtschrankschiene und mit dem rechnergestützten Mess- und Auswertesystem CASSY-Lab durchgeführt. Hinweise zur Bedienung des Rechners und zum Aufruf des Programms siehe Skript CASSY-Lab-System im allgemeinen Teil der Praktikumsanleitung. Weitere Hinweise auf die Mess- und Auswertemöglichkeiten und auf die Datenausgabe werden durch das Programm selbst gegeben.

**Hinweis:** *Hard- und Software der Ausrüstung (Bahnverfolgung) sind empfindlich gegen Störeinflüsse, und das Programm stürzt gelegentlich aus unerklärlichen Gründen ab. Problematisch ist insbesondere der **Datentransfer** der Messdaten aus dem Zwischenspeicher des Interface-Einschubs in den Rechner während der Menü-Funktion "Datentransfer". **Während dieser Phase darf das Gebläse nicht ein- oder ausgeschaltet werden.***

**Zu Aufgabe 1**

Vor Beginn der Messungen müssen Fahrbahn und Lichtschrankenschiene sorgfältig horizontal ausgerichtet werden. Ein Gleiter auf der Fahrbahn sollte (bei laufendem Gebläse) in Ruhe bleiben. Bedingt durch die hohe Empfindlichkeit der Apparatur und durch innere Verspannungen der Schiene kann nur eine beste, aber keine perfekte Justierung erreicht werden. Verbleibende Abweichungen können durch das Messprogramm berücksichtigt werden (Kalibrierfunktion). Testen Sie die Justierung ausgiebig durch Aufnahme von "kräftefreien" Bewegungsabläufen (Anstoßen des Gleiters).

Neben den Reibungskräften können Störungen durch Turbulenzen auch bei zu großen Luftförderleistungen auftreten. Im Platzskript sind empfohlene Einstellungen für das Gebläse angegeben.

**Zu Aufgabe 2**

Die Masse des Gleiters kann durch Zusatzgewichte verändert werden. Zur Realisierung von Zugkräften sind Faden und eine Umlenkrolle und kleine Muttern als Anhängengewichte vorhanden; die Masse der Muttern ist am Versuchsplatz angegeben. Zur Auswertung können grafische Darstellungen  $s(t^2)$ ,  $v(t)$  und  $a(t)$  und zusätzlich eine Wertetabelle von  $v(t)$  auf dem Drucker ausgegeben werden.

Zur Überprüfung der Bewegungsgleichung sind die Ergebnisse der Messungen in geeigneter Weise grafisch darzustellen und zu diskutieren.

**Zu Aufgabe 3**

Mit ein oder zwei Permanentmagneten, die in die Vertiefungen auf der Oberseite des Gleiters eingelegt werden, kann eine Wirbelstromdämpfung der Bewegung bewirkt werden. In Vorversuchen sind dabei geeignete Messumstände zu untersuchen (Masse des Gleiters, Zugkraft bzw. Anhängemasse, Zahl der Dämpfungsmagnete).

Nach Gleichung (2) kann die Dämpfungskonstante aus der Grenzgeschwindigkeit und aus den Zeitkonstanten des Exponentialterms bestimmt werden. Zur Auswertung der Messung werden dazu das  $v(t)$ -Diagramm und für die logarithmische Auswertung die  $v(t)$ -Wertetabelle

ausgedruckt.

Für die logarithmische Darstellung und Auswertung muss die Grenzgeschwindigkeit  $V_g$  von den Messwerten abgezogen werden. Ein erster Schätzwert ergibt sich aus den Daten für große Zeiten. Kriterium für einen konsistenten Wert für  $V_g$  ist darüber hinaus die Linearität der logarithmischen Darstellung. Liegen die Werte für große Zeiten zu hoch, so wurde zu viel abgezogen (zu großer Schätzwert für  $V_g$ ), liegen sie zu tief, entsprechend umgekehrt zu wenig.

Dieser Test ist sehr empfindlich und verlangt unter Umständen eine iterative Durchführung der logarithmischen Darstellung (Bleistift).

**Ergänzende Fragen**

1. Die zu beschleunigende Masse ist in erster Näherung die des Gleiters. Welchen Einfluss auf die Beschleunigung haben:
  - die Anhängengewichte?
  - die Umlenkrolle?

Im Ansatz der Bewegungsgleichung bei geschwindigkeitsproportionaler Dämpfung wird die bewegungserhaltende Zugkraft als konstant angenommen. Ist dies bei der gegebenen experimentellen Durchführung verwirklicht?