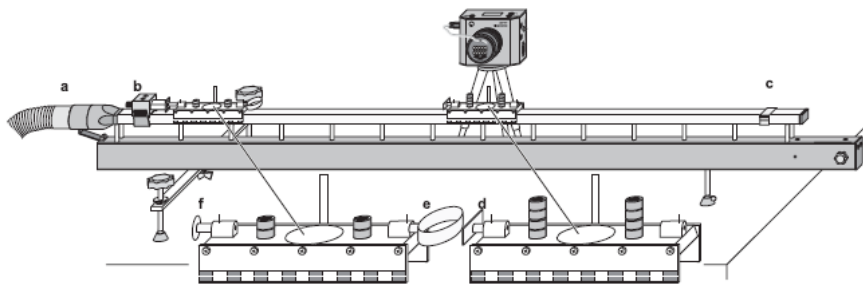


## Labor für Technische Physik

Prof. Dr.-Ing. Dieter Kraus, Dipl.-Ing. W. Pieper

### Versuch 1c:

### Impulserhaltung / Stoßgesetze



- |                                |                              |
|--------------------------------|------------------------------|
| a: Adapter für Luftversorgung  | d: Gleiter 2 mit Prallplatte |
| b: Haltemagnet mit Klemmreiter | e: Stoßfeder                 |
| c: Bremse                      | f: Gleiter 1 mit Halteplatte |

#### 1. Versuchsziele

Auf einer Luftkissenfahrbahn sollen eindimensionale Bewegungen durchgeführt und deren Weg-Zeit-Diagramme mit Hilfe einer VideoCom aufgezeichnet werden. Dabei sind elastische Stöße zwischen zwei Gleitern zu untersuchen. Ferner sollen der Impulserhaltungssatz sowie das dritte Newtonsche Axiom bestätigt werden.

#### 2. Theoretische Grundlagen

Die Newtonschen Axiome sind grundlegend für die Beschreibung der Bewegungen eines Massenpunktes. Das dritte Newtonsche Axiom (das Wechselwirkungsgesetz) besagt:

*„Die von zwei Massenpunkten aufeinander ausgeübten Wirkungen, das seien Kräfte und Momente, sind stets gleich groß und entgegengesetzt gerichtet (actio et reactio).“*

Beim zentralen, elastischen Stoß bewegen sich beide Massenschwerpunkte auf einer Geraden. Der Impuls- sowie der Energieerhaltungssatz gilt, was bedeutet, dass der Gesamtimpuls und die Gesamtenergie im geschlossenen System vor und nach dem Stoß gleich sind, daraus folgt:

$$\begin{aligned} p_1 + p_2 &= p'_1 + p'_2 \\ m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 &= m_1 \cdot v'_1 + m_2 \cdot v'_2 \\ m_1 \cdot (v_1 - v'_1) &= m_2 \cdot (v'_2 - v_2) \end{aligned} \quad (1)$$

und

$$\begin{aligned} E_1 + E_2 &= E'_1 + E'_2 \\ \frac{1}{2} m_1 \cdot v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 \cdot v_2^2 &= \frac{1}{2} m_1 \cdot v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 \cdot v_2'^2 \\ m_1 \cdot (v_1^2 - v_1'^2) &= m_2 \cdot (v_2'^2 - v_2^2). \end{aligned} \quad (2)$$

Aus (1) und (2) folgt

$$v_1 + v'_1 = v_2 + v'_2. \quad (3)$$

Setzt man diese Gleichung nun in (1) ein so ergibt sich die Geschwindigkeit nach dem Stoß zu

$$v'_1 = \frac{m_1 \cdot v_1 + m_2 (2 \cdot v_2 - v_1)}{m_1 + m_2} \quad (4)$$

und

$$v'_2 = \frac{2 \cdot m_1}{m_1 + m_2} \cdot v_1. \quad (5)$$

Für den Fall, dass der Anfangsimpuls des zweiten Körpers gleich Null ist, vereinfacht sich die Gleichung auf folgende Ausdrücke:

$$v'_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \cdot v_1 \quad (6)$$

und

$$v'_2 = \frac{2 \cdot m_1}{m_1 + m_2} \cdot v_1 \quad (7)$$

Anhand dieser Formeln kann man nun einige Spezialfälle näher betrachten. Für den Fall, dass die zwei Massen gleich groß sind ( $m_1 = m_2$ ) erhält man

$$v'_1 = 0.$$

Der gesamte Impuls wird übertragen, so dass der erste Körper nach dem Stoß ruht, d.h.

$$p'_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \cdot p_1 = 0 \quad (8)$$

und

$$p'_2 = \frac{2 \cdot m_2}{m_1 + m_2} \cdot p_1 = p_1. \quad (9)$$

Wenn dagegen die Masse des zweiten Körpers sehr viel größer als die des ersten Körpers ( $m_1 \ll m_2$ ) ist, wird der erste Körper totalreflektiert ( $v'_1 = -v_1$ ) und es gilt

$$p'_1 = v'_1 \cdot m_1 \approx \frac{-m_2}{m_2} \cdot v_1 \cdot m_1 = -p_1 \quad (10)$$

und

$$p'_2 = v'_2 \cdot m_2 \approx \frac{2m_1}{m_2} \cdot v_1 \cdot m_2 = 2p_1. \quad (11)$$

Ist die Masse des ersten Körpers sehr viel größer als die des zweiten Körpers ( $m_1 \gg m_2$ ), dann bewegt sich der erste Körper mit unveränderter Geschwindigkeit weiter ( $v'_1 = v_1$ ), d.h.

$$p'_1 = v'_1 \cdot m_1 \approx \frac{m_1}{m_1} \cdot v_1 \cdot m_1 = p_1 \quad (12)$$

und

$$p'_2 = v'_2 \cdot m_2 \approx \frac{2m_1}{m_1} \cdot v_1 \cdot m_2. \quad (13)$$

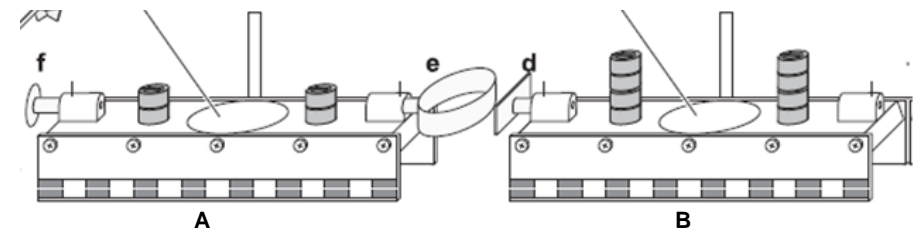
### 3. Versuchsaufbau

#### Geräteliste

1	Luftkissenfahrbahn	337 501
1	Luftversorgung	337 53
1	Leistungsstellgerät	337 531
1	VideoCom	337 47
1	Steckernetzgerät 230V / 12V / 20W	562 791
1	Kamerastativ	300 59
1	Stativstange 10cm	300 40
1	Metallmaßstab	311 02
1	Computer mit CASSY Lab	

Der Aufbau und Ausrichtung der VideoCom-Kamera, die Verzeichnungskorrektur und die Wegkalibrierung können aus dem Versuch 1a übernommen oder entsprechend des dort beschriebenen Verfahrens durchgeführt werden. Der Haltemagnet wird in diesem Versuchsteil nicht an die Videocom angeschlossen.

- Die Luftkissenbahn wieder möglichst horizontal ausrichten.
- Einen Gleiter A mit einer Halteplatte (f) und einer Stoßfeder (e) ausrüsten
- Einen zweiten Gleiter B mit einer Prallplatte (d) ausrüsten.



f: Halteplatte mit Stecker      e: Stoßfeder mit Stecker      d: Prallplatte

- Beide Gleiter auf eine Masse von jeweils 100 g aufrüsten (genaue Massen mit der Waage ermitteln), z.B.:
  - Gleiter A mit vier 1 g-Massen
  - Gleiter B mit acht 1 g-Massen .

- Im Programm „VideoCom Bewegungen“ im Fenster „Einstellungen/Wegkalibrierung“ folgende Einstellungen vornehmen:

Register „Messvorgaben“:



$\Delta t$	12,5 ms (80 fps)
Blitz	Auto
Glättung	Minimum (2 · $\Delta t$ )
Stopp der Messung	über Start / Stop-Taster

#### 4. Versuchsdurchführung

Messen sie die Weg-Zeit-Diagramme des elastischen Stoßes entsprechend der nachstehenden Messanleitung für folgende Bedingungen:

	Gleiter A	Gleiter B
a)	$m_1 = 100 \text{ g}$	$m_2 = 100 \text{ g}$
b)	$m_1 = 200 \text{ g}$	$m_2 = 100 \text{ g}$
c)	$m_1 = 100 \text{ g}$	$m_2 = 200 \text{ g}$

##### Messanleitung:

- den Gleiter A bei 0 m und den Gleiter B bei 0,6 m positionieren
- den Gleiter A leicht anstoßen und die Messung mit  oder F9 starten
- nach Ablauf des Stoßvorgangs die Messung manuell mit  oder F9 stoppen

Untersuchen sie für alle Messungen die Größen Energie, Impuls und wechselseitige Kräfte; dabei in den Formeln die tatsächliche Masse berücksichtigen.

- Zur Darstellung der Größen Energie, Impuls oder Kraft jeweils die folgenden Eintragungen im Menü „Einstellungen/Wegkalibrierung“ unter Register „Formel“ vornehmen:

##### Energie:

Größe:	Energie
Symbol:	E
Einheit:	mJ
Formeln:	$0,5 \cdot 100 \cdot v_1^2$ $0,5 \cdot 100 \cdot v_2^2$ $0,5 \cdot 100 \cdot v_1^2 + 0,5 \cdot 100 \cdot v_2^2$
	Minimum und Maximum zweckmäßig wählen

##### Impuls:

Größe:	Impuls
Symbol:	p
Einheit:	$\text{g} \cdot \text{m/s}$
Formeln:	$100 \cdot v_1$ $100 \cdot v_2$ $100 \cdot v_1 + 100 \cdot v_2$

##### Wechselseitige Kraft:

Größe:	Kraft
Symbol:	F
Einheit:	mN
Formeln:	$100 \cdot a_1$ $100 \cdot a_2$ $100 \cdot a_1 + 100 \cdot a_2$

*Hinweis:* Für eine zweckmäßigere Darstellung ist der Zoom-Modus hilfreich: Tastenkombination Alt+Z oder Kontextmenu über rechte Maustaste – Zoomen, dann mit gedrückter linker Maustaste den gewünschten Ausschnitt im Diagramm umrahmen.

#### 5. Versuchsauswertung

- Für die Messungen sind die Zeitfunktionen für die folgenden Größen grafisch darzustellen und zu erläutern:
  - Weg
  - kinetische Energie
  - Geschwindigkeit
  - Impuls
  - Beschleunigung
  - wechselseitige Kraft