

Versuch M16 - Freier Fall		
Name:	Mitarbeiter:	
Gruppennummer:	lfd. Nummer:	Datum:

## 1. Aufgabenstellung

### 1.1. Versuchsziel

Bestimmen Sie aus den Weg-Zeit-Messungen des Freien Falls die Fallbeschleunigung. Verschaffen Sie sich Kenntnisse zu folgenden Schwerpunkten des Versuches:

- Kinematik und Dynamik der Translation des starren Körpers
- Newtonsche Grundgesetze
- Fallgesetze

### 1.2. Messungen

1.2.1. Messen Sie die Fallzeit  $t$  für zwei verschieden geformte Körper in Abhängigkeit von der Fallhöhe  $s$  im Intervall  $20 \text{ cm} \leq s \leq 125 \text{ cm}$ . Wählen Sie verschiedene Höhen im Abstand von  $\Delta s = 15 \text{ cm}$  aus und messen Sie in jeder Position die Fallzeit fünf Mal.

### 1.3. Auswertungen

1.3.1. Berechnen Sie aus den in jeder Position gewonnenen fünf Einzelmesswerten Mittelwerte der einzelnen Fallzeiten  $\bar{t}_i$  und tragen Sie diese Werte für beide Fallkörper in Diagramme  $s = f(t)$  und  $s = f(t^2)$  ein.

1.3.2. Ermitteln Sie für das Diagramm  $s = f(t^2)$  die Regressionsgerade und bestimmen Sie aus ihrem Anstieg die Fallbeschleunigung  $g$ .

1.3.3. Ermitteln Sie die ebenfalls aus der Regressionsrechnung resultierende Unsicherheit des berechneten Wertes der Fallbeschleunigung und diskutieren Sie ihr Ergebnis im Vergleich mit dem bekannten Tabellenwert für  $g$ .

1.3.4. Diskutieren Sie auch die Unterschiede in den Ergebnissen, die mit den beiden unterschiedlich geformten Fallkörper erzielt wurden.

### 1.4. Zusatzaufgabe

Man lässt einen Stein in einen Schacht fallen. Drei Sekunden nach dem Loslassen vernimmt der Beobachter das Aufschlageräusch.

Wie tief ist der Schacht, wenn man bei der Berechnung den Luftwiderstand des fallenden Steins vernachlässigt?

Benutzen Sie  $c_{\text{Luft}} = 330 \text{ ms}^{-1}$  und  $g = 9,81 \text{ ms}^{-2}$ .

## 2. Grundlagen

### 2.1. Der freie Fall

Der freie Fall stellt ein klassisches Beispiel für eine konstante beschleunigte Bewegung dar, die sich unter dem Einfluss der Schwerkraft einstellt. Besonders einfache Formen nehmen das Weg-Zeit Gesetz und das Geschwindigkeits-Zeit-Gesetz an, wenn die Luftreibung vernachlässigbar ist, d.h. bei geringen Fallstrecken bzw. kleinen Geschwindigkeiten. Experimentelle Untersuchungen zur Fallbewegung gehen historisch besonders auf Galilei zurück.

#### Fallgesetze

- Ein frei fallender Körper erfährt eine konstante Beschleunigung
- Die Geschwindigkeit eines fallenden Körpers wächst proportional zu der Zeit
- Der zurückgelegte Weg wächst quadratisch mit der Zeit. Dabei ist definitionsgemäß die Geschwindigkeit die erste Ableitung und die Beschleunigung die zweite Ableitung des Wegs nach der Zeit.

Wird ein Körper durch eine konstante Kraft gleichmäßig beschleunigt, so ändert sich seine Geschwindigkeit nach dem Geschwindigkeits-Zeit-Gesetz:

$$v(t) = a \cdot t + v_0 \quad (1)$$

( $a$  – Beschleunigung,  $v_0$  – Geschwindigkeit des Körpers zum Zeitpunkt  $t = 0$ ). Ebenso ist sein zurückgelegter Weg eine Funktion der Zeit (Weg-Zeit-Gesetz):

$$s(t) = \frac{a}{2} \cdot t^2 + v_0 \cdot t + s_0 \quad (2)$$

( $s_0$  – zum Zeitpunkt  $t = 0$  der vor der Beschleunigung bereits zurückgelegte Weg) [1].

Beschleunigte geradlinige Bewegungen unter dem Einfluss der Erdanziehungskraft sind immer zum Erdmittelpunkt hin gerichtet. Der Betrag der Erd- bzw. Fallbeschleunigung beträgt in Meereshöhe und auf  $45^\circ$  geografischer Breite  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .

Unter Berücksichtigung der Anfangsbedingungen  $v_0 = 0$  und  $s_0 = 0$  gelten demzufolge für den freien Fall eines Körpers die Beziehungen:

$$s = \frac{g}{2} \cdot t^2 \quad (3)$$

$$v = g \cdot t \quad (4)$$

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot s} \quad (5)$$

### 2.2. Kräfte und Newtonsche Axiome

Die Ursache für Beschleunigungen bzw. Bewegungsänderungen ist das Auftreten von Kräften. Bei jeder Änderung der Geschwindigkeit eines Körpers nach Betrag und/oder Richtung wirkt eine **Beschleunigung**  $a$ , die durch eine **Kraft**  $F$  verursacht wird. Kräfte und Beschleunigungen werden durch Vektoren beschrieben. Die für den Körper charakteristische Größe, welche durch die Kraft beschleunigt wird, ist seine **Masse**  $m$ .

Isaac Newton (1642-1727) gelang es als erstem, eine grundlegende Beziehung zwischen der Kraft, der Masse und der Beschleunigung anzugeben. Die Verknüpfung zwischen der Kinematik und der Dynamik eines Bewegungsvorgangs erfolgt durch drei Axiome von Newton:

1. **Trägheitsprinzip:** Jeder Körper verharrt im Zustand der Ruhe oder der geradlinigen gleichförmigen Bewegung, wenn er nicht durch äußere Kräfte gezwungen wird, diesen Zustand zu ändern.

Danach verharrt ein Körper, der in keiner Wechselwirkung mit seiner Umgebung steht, in seinem Bewegungszustand. Man nennt dieses Beharrungsvermögen die Trägheit des Körpers und schreibt diese Eigenschaft seiner **trägen Masse** zu.

2. **Aktionsprinzip:** Ein frei beweglicher Körper der Masse  $m$  erfährt durch eine Kraft  $F$  eine Beschleunigung  $a$ , die der wirkenden Kraft proportional ist:  $F = m a$

Nach dieser Gleichung bewirkt eine an den Körper angreifende Kraft eine Änderung seines Bewegungszustandes. Der Körper sucht, aufgrund seiner trägen Masse, sich der Änderung des Bewegungszustandes zu widersetzen. Bei gegebener Kraft ist die Beschleunigung, die ein Körper erfährt, umso kleiner, je größer seiner Masse ist, er reagiert also umso träger auf die Kraft. Dieses Beharrungsvermögen kann man als eine Trägheitskraft  $F_T$  auffassen, die der äußeren angreifenden Kraft entgegen gerichtet ist und mit ihr im Gleichgewicht steht, das bedeutet  $F_T = - m a$  und  $F + F_T = 0$ . Während  $F$  eine durch die physikalischen Umstände gegebene reale Kraft bedeutet, ist  $F_T$  eine Scheinkraft, welche erst auftritt, wenn die reale Kraft eine Beschleunigung der Masse des Körpers hervorruft.

3. **Reaktionsprinzip:** Wirken zwischen zwei Körpern Kräfte, so ist die Kraft, die der Körper 1 auf Körper 2 ausübt, dem Betrag nach gleich der Kraft des Körpers 2, die auf Körper 1 wirkt, aber entgegengesetzt gerichtet, d.h.  $F_{1,2} = - F_{2,1}$  (actio = reactio).

Dieses Wechselwirkungsgesetz wird durch Erfahrungen bestätigt, z.B. bei der gegenseitigen Anziehung zweier Massen (Gravitationsgesetz) oder bei der Kraft zwischen ruhenden elektrischen Ladungen (Coulombsches Gesetz). Stehen sich z.B. zwei Personen auf je einem Skateboard gegenüber und halten die Enden eines Seiles in ihren Händen, so setzen sich beide in Bewegung aufeinander zu, obwohl nur die eine Person am Seil zieht und die zweite das andere Seilende nur fest hält.

### 3. Experiment

#### 3.1. Geräte und Materialien

- 1 - Digitalzähler (Polydigit)
- 2 - Stange mit Auffangkorb und Klemmen
- 3 - Maßstab (Lineal)
- 4 - Fallkörper



**Abb. 1** Versuchszubehör.

### 3.2. Versuchsanordnung

Mit der Versuchsanordnung zum freien Fall werden das Weg-Zeit- und das Geschwindigkeits-Zeit-Gesetz bestätigt und die Fallbeschleunigung ermittelt, indem für verschiedene Fallhöhen die Fallzeit gemessen wird.

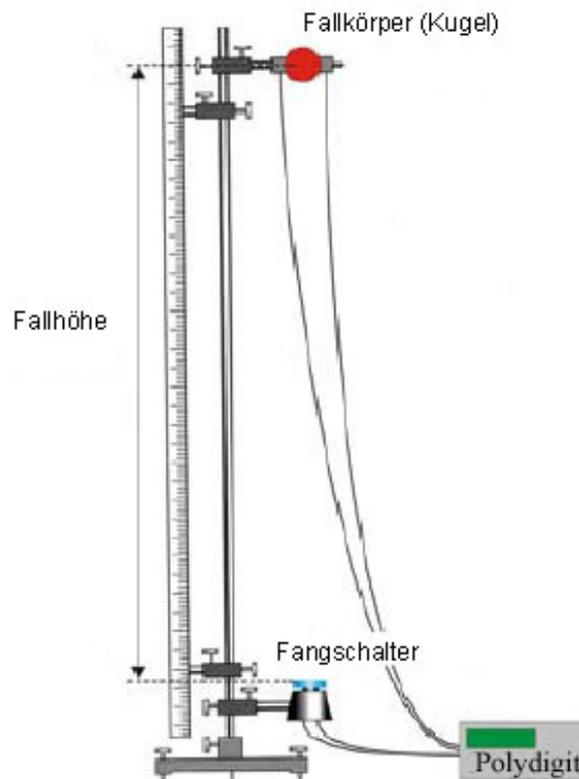


Abb. 2 Schematische Darstellung der Versuchsanordnung.

### 3.3. Hinweise zum Experiment

#### 3.3.1. Bedienung des Gerätes POLYDIGIT

Vor Beginn der Messungen soll der Digitalzähler POLYDIGIT 5 - 10 Minuten eingeschaltet sein (Einlaufzeit) und bis zum Versuchsende in Betrieb bleiben. Die sechs Drucktasten kann man neben der Einschalttaste in zwei Gruppen einteilen:

1. Funktionstasten zum Einschalten und Beenden einer Funktion (MESSEN, NULL)
2. Programmtasten zur Wahl eines internen Programms (1,0 s ; 0,1 s und 1000 Hz)

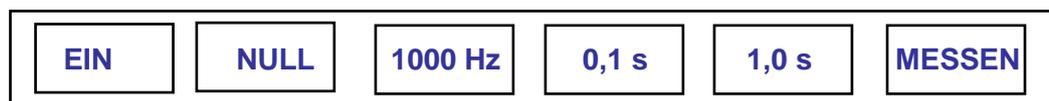


Abb. 3 Anzeige des Polydigit.

Bei der Inbetriebnahme des Gerätes (Taste „EIN“) wird gleichzeitig die Anzeige auf Null gesetzt. Während des Betriebes wird die Nullstellung durch Drücken der Taste NULL erreicht.

Um Zeitmessungen ausführen zu können, muss zusätzlich die Taste „1000 Hz“ gedrückt sein. Durch Drücken der Taste MESSEN wird der Zeitmessvorgang gestartet. Beim Versuch wird bei Betätigen der Taste MESSEN der Strom durch den Elektromagneten am oberen Ende der Fallstrecke unterbrochen und demzufolge der dort aufgehängte Fallkörper (Kugel, stromlinienförmiger Körper) freigegeben. Der Messkörper wird unter dem Einfluss der Schwerkraft beschleunigt - er fällt. Nach dem Durchfallen einer vorgegebenen Strecke wird durch den Fallkörper ein Schaltkontakt geöffnet, der den Zeitmessvorgang stoppt. Die Fallzeit wird abgelesen, die Anzeige mittels Taste NULL zurückgesetzt und damit für eine neue Messung vorbereitet. Der untere Schaltkontakt ist vor der neuen Messung wieder zu schließen. Dieser Schaltkontakt darf nicht verbogen werden und darf auch nicht klemmen!

Der Fallkörper muss den Schalthebel mittig treffen, damit der Fallkörper im Auffangbehälter landet. Mit Hilfe eines Lotes ist deshalb bei jeder Neueinstellung der Fallstrecke zu kontrollieren, ob der Schaltkontakthebel senkrecht unter dem Eisenkern des Haltemagneten positioniert ist.

#### **4. Literatur**

[1] Gerthsen, Kneser, Vogel, Physik, 12. Auflage