

## U10360 Wurfgerät

## U10361 Halter für Wurfgerät

### Bedienungsanleitung

9/04 MH

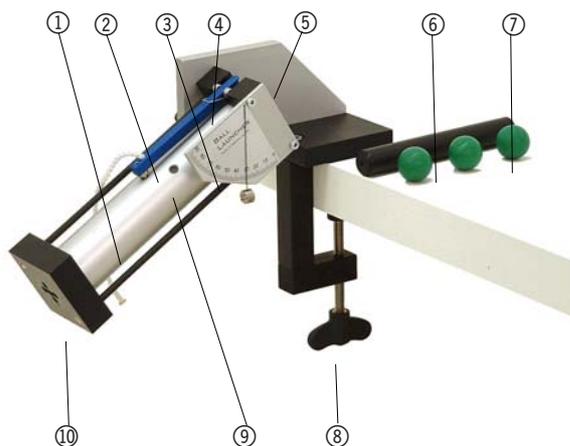


Fig. 1: Komponenten

- ① Lauf mit innenliegender Wurfmechanik
- ② Abzugshebel mit Schnur
- ③ Winkelskala
- ④ Mündung
- ⑤ Halter für Wurfgerät (U10361)
- ⑥ Ladestock
- ⑦ Kunststoffkugel 3x
- ⑧ Feststellschraube
- ⑨ Beobachtungsbohrung 3x
- ⑩ Endkappe
- ⑪ Rändelschraube M8x20 mit Kunststoffscheibe zur Befestigung des Wurfgerätes am Halter (nicht sichtbar)

#### 1. Sicherheitshinweise

- Zum Überprüfen, ob sich eine Kugel im Wurfgerät befindet und die Feder gespannt ist, sind ausschließlich die Beobachtungsbohrungen ⑨ zu nutzen. Es ist verboten, von vorn in die Mündung ④ zu sehen. Verletzungsgefahr!
- Niemals auf Menschen zielen!
- Während der Versuche ist eine Schutzbrille zu tragen.
- Das Wurfgerät immer mit entspannter Feder und ohne Kugel im Lauf lagern.
- Um ein Gefühl für die Wurfenergie zu erhalten kann eine Hand kurz vor die Mündung gehalten werden und ein Wurf in die Hand erfolgen. Die Energie ist relativ gering (wenn eine der Kunststoffkugeln von Hand 5 m weit geworfen wird passiert normalerweise auch nichts).

#### 2. Beschreibung, technische Daten

- Das Wurfgerät dient zur experimentellen Bestimmung der Wurfparabel beim horizontalen oder schiefen Wurf. Es können Winkel zwischen 0° und 90° eingestellt werden. Weiterhin können durch Variation der Federspannung 3 verschiedene Abwurfgeschwindigkeiten realisiert werden, die zu Wurfweiten von ca. 1,1 m, 2,3 m und 4,5 m bei 45° Abschusswinkel führen.

- Durch eindeutige Rastpunkte bei der Spannung der Feder ist die Reproduzierbarkeit sehr hoch. Die Standardabweichung der Wurfweiten-Messwerte liegt bei 45° Abschusswinkel unter 1%.
- Da die Befestigung des Wurfgerätes so erfolgt, dass die Drehachse der Winkelverstellung durch den Kugelmittelpunkt beim Abwurf geht, ist die Abwurfhöhe unabhängig vom Abwurfinkel.

#### 3. Bedienung und Wartung

- Das Wurfgerät kann an den Halter U10361 oder das ballistische Pendel U10362 montiert werden. Hier wird nur der Halter beschrieben - für das ballistische Pendel ist eine eigenständige Bedienungsanleitung verfügbar.
- Der Halter U10361 wird mit der Tischklemme an eine stabile Arbeitsplatte geschraubt. Dann wird das Wurfgerät wie in Fig. 1 gezeigt an dem Halter befestigt, wobei der Abwurfinkel unter Zuhilfenahme der Skala ③ eingestellt werden kann.
- Das Laden mit einer Kugel erfolgt immer bei entspannter Feder, indem die Kugel lose in den vorderen Teil des inneren Kunststoffzylinders gelegt wird. Danach wird die Kugel mit dem Ladestock in den Lauf geschoben, bis die gewünschte Federspannung erreicht ist. Das Herausziehen des Ladestocks sollte nicht zu

schnell erfolgen, da andernfalls der entstehende Sog die Kugel mitreißen könnte. Eine Kontrolle der Kugelposition darf nur durch die seitlichen Beobachtungsbohrungen erfolgen. Nie in den Lauf blicken!

- Vor dem Abwurf ist sicherzustellen, dass sich keine Personen in der Flugbahn befinden. Zum Abwurf wird kurz an der Schnur des Abzugshebels gezogen, wobei der Zug etwa senkrecht zum Hebel erfolgen sollte.
- Das Wurfgerät ist wartungsfrei und darf nicht geölt oder sonstwie verschmutzt werden. Außer im Bereich der Skala kann es ggf. mit Aceton, Ethanol (Spiritus) oder Waschbenzin gereinigt werden. Das Eintauchen in Wasser ist zu vermeiden, da die Feder rosten kann.
- Die Winkelskala kann – z. B. nach einer Demontage des Wurfgerätes – kalibriert werden. Dazu wird das Wurfgerät in eine senkrechte (90°) Position gebracht und beobachtet, ob eine vertikal abgeschossene Kugel zurück in die Mündung fällt (zur Vermeidung von Beschädigungen an der Kugel beim Auftreffen auf scharfe Kanten sollte die Kugel kurz oberhalb der Mündung mit der Hand aufgefangen werden). Wenn die Kugel nicht richtig auftrifft, wird der Abwurfwinkel korrigiert und ein neuer Versuch gestartet. Nachdem auf diese Weise die exakt senkrechte Position gefunden ist, werden die Befestigungsschrauben der Skala leicht gelöst, die Skala bis zur 90° Anzeige gedreht und wieder festgeschraubt.
- Die Aufbewahrung des Wurfgerätes sollte bei entspannter Feder und nur lose angezogener Rändelschraube ⑪ erfolgen.

#### 4. Versuchsdurchführung und Auswertung

##### 4.1 Versuchsaufbau

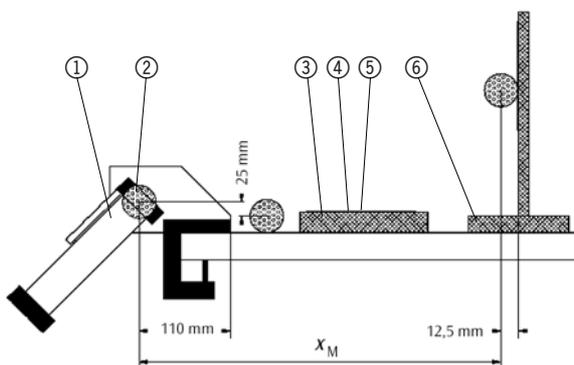


Fig. 2: Versuchsaufbau, Legende: ① Wurfgerät, ② Abwurfposition der Kugel, ③ Buch oder Brett etc. 25 mm hoch, ④ Papier, ⑤ Kohlepapier, ⑥ z. B. Tafelhalter mit Weißwandtafel

- Ein möglicher Versuchsaufbau ist in Fig. 2 schematisch (nicht maßstabsgerecht) dargestellt. Wenn die Kugel direkt auf der Arbeitsplatte landet, ist eine Abwurfhöhe von  $y_0 = 2,5$  cm zu berücksichtigen.

- Beim Wurf gegen eine vertikale Wand (z.B. Weißwandtafel U10030 an Tafelhalter U10381 montiert) ist von der horizontalen Entfernung „Abwurfpunkt bis Wand“ der Kugelradius (1,25 cm) abzuziehen, um den Entfernungsmesswert  $x_M$  zu erhalten. Der Höhenmesswert  $y_M$  ergibt sich aus der Entfernung „Aufreffpunkt an der Wand bis Tischplatte“ abzüglich 3,75 cm.

##### 4.2 Versuchsdurchführung

- Es ist zweckmäßig, bei den Versuchen die Versuchsnummer, die Federspannung (1, 2 oder 3), den Abwurfwinkel sowie die Werte  $x_M$  und  $y_M$  zu notieren. Beispiel:

Nr.	Feder- spannung	Abwurf- winkel $\varphi / ^\circ$	Wurfweite $x_M / m$	Zielhöhe $y_M / m$
1	1	45	0,20	0,166
2	1	45	0,40	0,262
3	1	45	0,60	0,293
4	1	45	0,70	0,274
5	1	45	0,80	0,244
6	1	45	1,00	0,126
7	1	45	1,14	0,0
8	2	45	2,34	0,0
9	3	45	4,60	0,0

##### 4.3 Versuchsauswertung

- Der Ursprung des Koordinatensystems wird zweckmäßigerweise in den Kugelmittelpunkt beim Abwurf gelegt. Dann gilt:

$$v_x = v_0 \cos \varphi \quad (1)$$

$$v_y = v_0 \sin \varphi \quad (2)$$

$$y = v_y t - \frac{1}{2} g t^2 \quad (3)$$

$$x = v_x t \quad (4)$$

- Aus Gl. 4 folgt direkt  $t = x / v_x$ , womit die Zeit in Gl. 3 eliminiert werden kann.
- Werden in der so erhaltenen Gleichung noch die Größen  $v_x$  und  $v_y$  unter Verwendung der Gln. 1 und 2 eliminiert, ergibt sich mit

$$y = x \tan \varphi - x^2 \frac{g}{2 v_0^2 \cos^2 \varphi} \quad (5)$$

die Gleichung der Wurfparabel. In dieser Gleichung ist nur noch die Anfangsgeschwindigkeit  $v_0$  unbekannt, da in den Versuchen die Wege  $x$  und  $y$  gemessen wurden. Wird  $v_0$  für die verschiedenen Versuche bestimmt ergibt sich:

Nr.	$v_0$ in m/s
1	3,38
2	3,37
3	3,39
4	3,36
5	3,36
6	3,35
7	3,36
8	4,80

- Die Abwurfgeschwindigkeit bei der kleinsten Feder-  
spannung beträgt also etwa 3,37 m/s. Mit diesem Wert  
kann jetzt die Wurfparabel nach Gl. 5 berechnet und  
den einzelnen Messwerten gegenübergestellt werden.  
Das Ergebnis ist in Fig. 3 dargestellt.

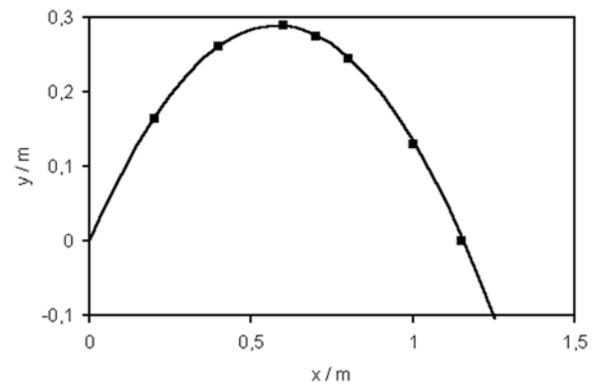


Fig. 3: Messwerte und Berechnung im Vergleich,  $x$  = Flugweite,  $y$  = Flughöhe, Symbole = Messwerte, Linie = Gleichung 5