

### Motivation

Computerunterstützte Messwerterfassung – mit den von Lehrmittelfirmen angebotenen PC-Messsystemen, mit der Soundkarte oder mit Taschenrechnern (CAS-Rechnern) mit zugehörigen Sensoren – ist aus dem modernen Physikunterricht nicht mehr wegzudenken. Insbesondere in Verbindung mit einfachen, von Schülerinnen und Schülern mit Alltagsmaterialien selbst aufgebauten und durchgeführten Experimenten, lässt sich die Attraktivität des sonst eher „trockenen“ Mechanikunterrichts der Sekundarstufe II durch Einsatz solcher Messwerterfassungssysteme erheblich steigern.

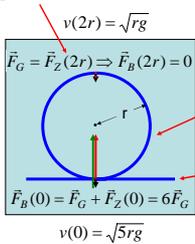
### Kreisbewegung einmal anders – Messungen an der Looping Bahn

#### Kräfte beim Looping:

→ Überlagerung von Gewichtskraft und Zentripetalkraft

→ **Größte Kraft auf die Bahn am tiefsten Punkt der Bahn: sechsfache Gewichtskraft** – sowohl für Schülerinnen und Schüler als auch für Studierende sehr überraschend.

Geschwindigkeit so gewählt, dass Wagen im höchsten Punkt der Bahn ( $h = 2r$ ) nicht abstürzt: Zentripetalkraft wird durch Gewichtskraft aufgebracht.



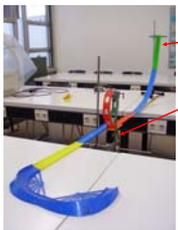
Wagen wird nach unten beschleunigt. Auf beliebiger Höhe  $h$ :

$$v(h) = \sqrt{5rg - 2gh}$$

Am tiefsten Punkt der Bahn ( $h = 0$ ) Geschwindigkeit und Zentripetalkraft maximal. Bahn (bzw. Halterung) muss Zentripetalkraft liefern und zusätzlich die Gewichtskraft kompensieren.

siehe auch [1], [2]

#### Versuchsaufbau mit der Looping-Bahn („Darda-Bahn“)



Variation der Starthöhe, so dass Wagen Looping gerade passieren kann.

**Kraftmesser**, Messwertaufnahme mit TI-Voyage 200 + Interface CBL2

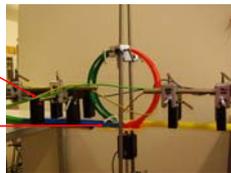
Looping liegt locker auf dem Kraftmesser auf und wird im oberen Teil durch Stativmaterial seitlich stabilisiert.



#### Bestimmung der Geschwindigkeiten mit Hilfe von Gabellichtschranken.

$v(2r)$  im höchsten Punkt des Loopings

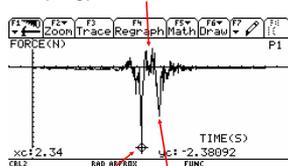
$v(0)$  bei Einfahrt ins Looping.



Messung der Gewichtskraft des Wagens mit Kraftmesser und Waage konsistent: 0.322 N bzw. 0.32 N (32.6 g)

#### Ergebnisse

Kraft im oberen Loopingpunkt 0



Kraft bei Einfahrt ins Looping. Hier: 2.38 N

Kraft bei Ausfahrt wegen Abnahme von  $v$  (Reibung) kleiner.

	Messung	„Theorie“
$F_B(0)$	$2.01 \pm 0.1$ N	$\geq 1.92$ N
$v(0)$	$2.37 \pm 0.01$ m/s	$\geq 2.34$ m/s
$v(2r)$	$1.09 \pm 0.02$ m/s	$\geq 1.05$ m/s

Loopingradius  $r = 0.112$  m

Anzahl Messungen > 20

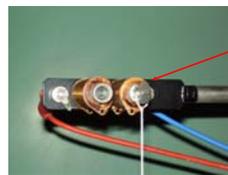
Wegen Reibung müssen Kraft und Geschwindigkeiten größer als die theoretischen Minimalwerte sein.

### Fallschnur und Soundkarte – eine preiswerte Alternative zum Fallgerät

Fallschnüre zur Demonstration der quadratischen Abhängigkeit der Fallzeit vom Fallweg beim freien Fall werden häufig benutzt [3], [4]. Problem für die genaue Messung des Weg-Zeit-Gesetzes bzw. der Erdbeschleunigung: der Startzeitpunkt muss exakt bekannt sein.

Im folgenden wird eine einfache, preiswerte Methode zur genauen Messung von Startzeitpunkt und Aufschlagzeiten der fallenden Körper beschrieben.

#### Versuchsaufbau: Fallgerät mit elektromagnetischem Starter

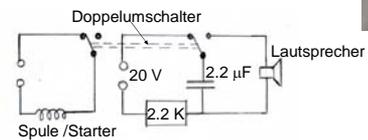


Oberes Ende einer Fallschnur (z. B. mit 4 oder 5 M8-Muttern im Abstand von 30 cm) oder einzelne Metallkugel werden zunächst vom Elektromagneten („Starter“) gehalten.

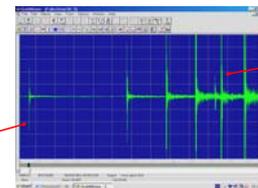
Unteres Ende wird auf einer Holzplatte festgeschraubt.

Lautsprecher und Computermikrofon befinden sich in unmittelbarer Nähe.

Gleichzeitig mit dem Abschalten der Starter-Spannung wird ein Kondensator über den Lautsprecher entladen (siehe Schaltplan).



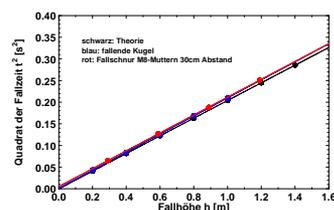
Das laute Knacken des Lautsprechers wird vom Computer als Beginn der Fallzeit aufgezeichnet.



Nachfolgend wird das Aufschlagen der fallenden Körper registriert.

Aufzeichnung und Auswertung erfolgt mit der Shareware „Goldwave“ [5].

#### Ergebnisse



Quadratische Auftragung der Fallzeit über der Fallhöhe. Geraden: lineare Regression.

Einzelne fallende Kugel ( $g = 9.6$  m/s<sup>2</sup>) und Fallschnur ( $g = 9.7$  m/s<sup>2</sup>) führen zu vergleichbar guten Ergebnissen für  $g$ . Die Fallschnur bietet den Vorteil, das Weg-Zeit-Gesetz des freien Falls mit einer einzigen Messung zu verifizieren. Aufwändige Variation der Fallhöhe entfällt.

#### Literatur

- [1] J. Becker, Darda-Bahn im Mechanikunterricht der Oberstufe, Unterrichtsmaterialien Physik, Stark Verlag
- [2] Hammer, Knauth, Kühnel, Physik 11, Oldenbourg Verlag, München 1996
- [3] Physikalische Freihandversuche, Band 1, Aulis Verlag, Köln 2004
- [4] [http://www.physik.uni-muenchen.de/leifiphysik/web\\_ph11/heimversuche/](http://www.physik.uni-muenchen.de/leifiphysik/web_ph11/heimversuche/)
- [5] <http://www.goldwave.com>