

Versuche zum Freien Fall

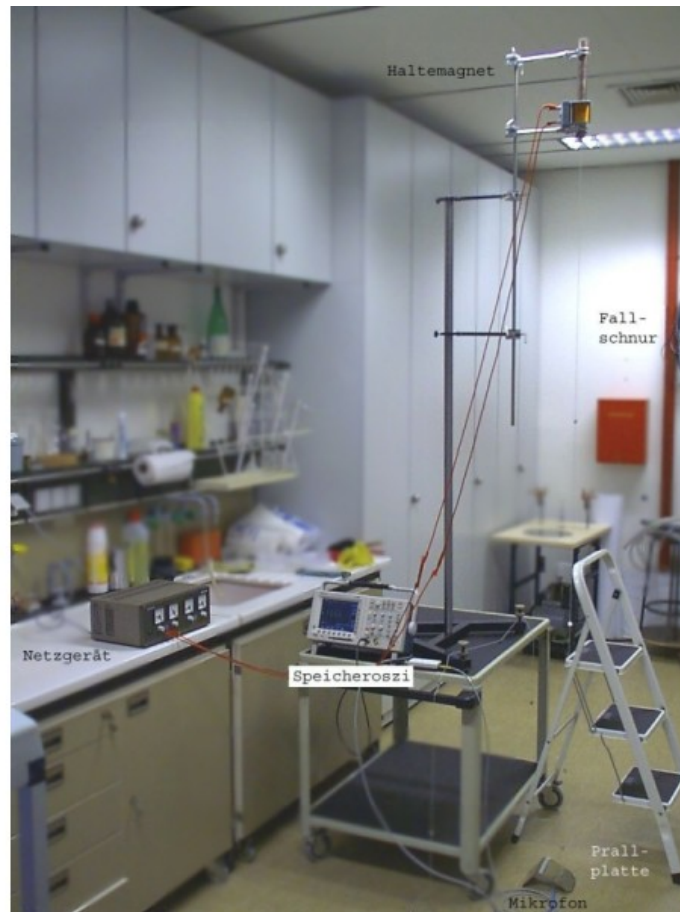


Abb. 1: Versuchsaufbau für das Fallschnur-Experiment

Geräteliste:

Fallschnur-Experiment:

Fallschnur mit kleinen Gewichten in gleichen Abständen (50 cm), Fallschnur für gleiche Zeitabstände (Gewichte in den Abständen 10 cm , 38 cm , 87 cm , 154 cm , 240 cm), Speicheroszilloskop, Haltemagnet aus Spule mit Eisenkern und Netzgerät , Prallblech, Mikrofon

Bestimmung der Erdbeschleunigung:

Aufbau zum Messen von g , Spannungsversorgung, Oszilloskop

Versuchsbeschreibungen:

Fallschnur-Experiment:

Die Fallschnur wird mit Hilfe eines Elektromagneten so über dem Prallblech justiert, dass die untere Mutter gerade das Blech berührt. Durch ausschalten des Magneten fallen die Muttern auf das Blech. Mit dem Mikrophon werden die einzelnen Aufschläge aufgenommen und die Zeitabstände mit dem Oszilloskop abgebildet.

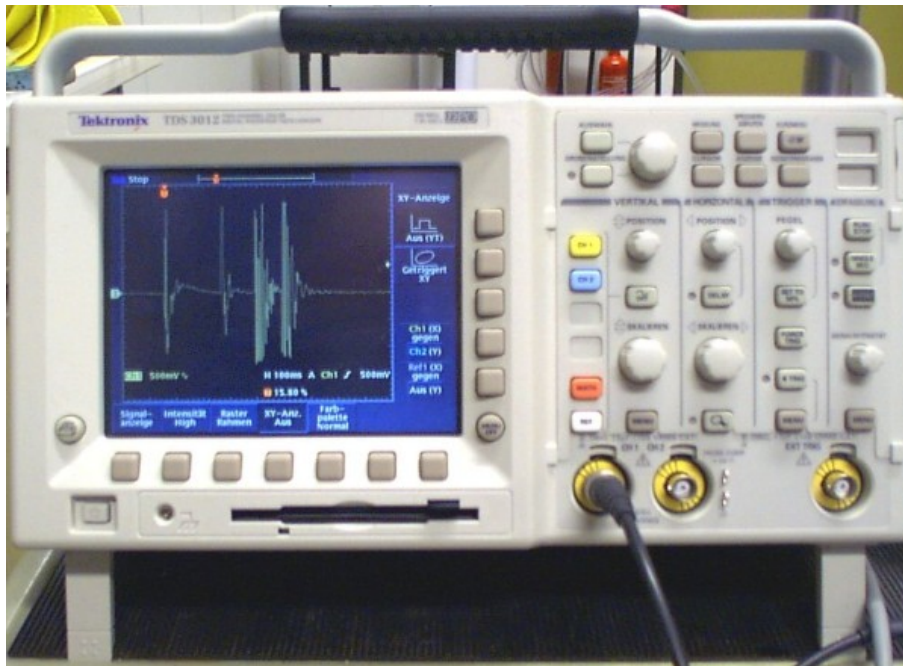


Abb. 2: Oszilloskopanzeige bei der Fallschnur mit Gewichten in gleichmäßigen Abständen

Messung der Erdbeschleunigung:

Mit einem weiteren Versuchsaufbau kann die Größe der Erdbeschleunigung bestimmt werden. Eine Kugel fällt und das Lösen aus der Halterung unterbricht einen Stromkreis, der beim Aufprall wieder geschlossen wird.

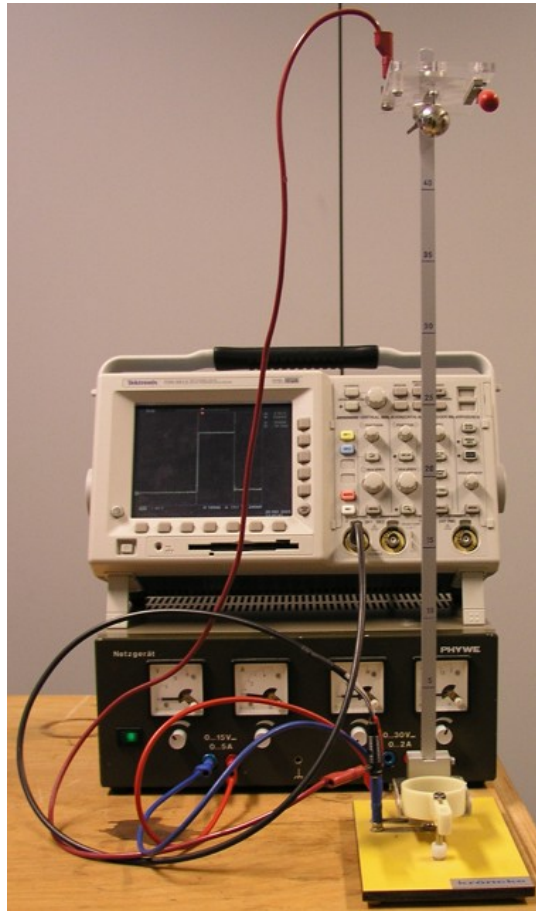


Abb. 3: Aufbau zur Bestimmung von τ .

Zur Zeitmessung wird der zeitliche Verlauf der Spannung mit dem Oszilloskop aufgenommen.

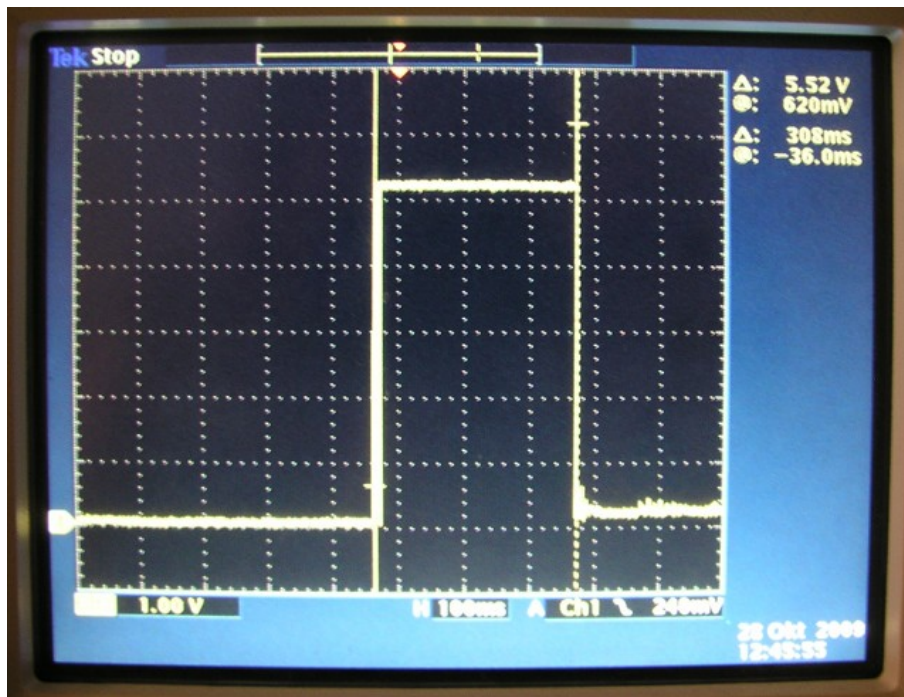


Abb. 4: Messsignal zur Bestimmung von g

Bemerkungen:

Das Fallschnur-Experiment ist eine Möglichkeit gleichmäßig beschleunigte Bewegung anschaulich zu machen. Mit dem Experiment zur Bestimmung von g kann die Erdbeschleunigung mit einfachen Mitteln relativ genau bestimmt werden.

Aus der Gleichung für den freien Fall eines Objektes unter Vernachlässigung des Luftwiderstands, mit x als Höhe des Massepunktes

$$x(t) = x_0 + v_0 t - \frac{1}{2} g t^2 ,$$

lässt sich mit $v_0 = 0$ und $x_0 = 2,5 \text{ m}$ die Erdbeschleunigung zu $g = 2 \cdot \frac{x_0}{t^2}$ mit dem gemessenen Parameter t bestimmen.

Die Befestigung der Gewichte an einer der beiden Fallschnüre mit den Abstandsbedingungen $x_i = g \cdot \frac{t_i^2}{2}$ und $t_{i+1} - t_i = \text{const.}$, demonstriert die quadratische Abhängigkeit der Messwerte (Abb. 5).

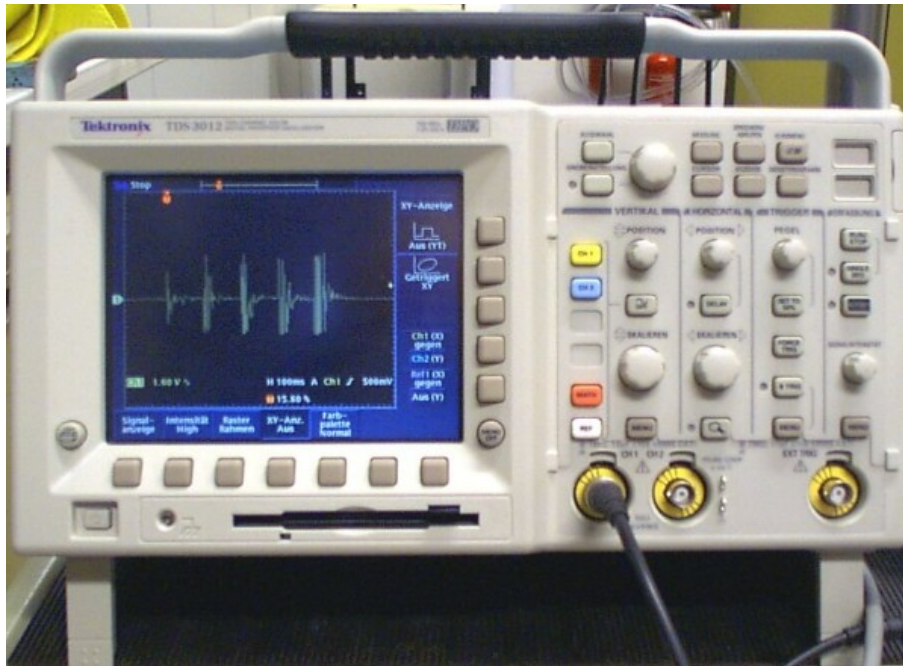


Abb. 5: Oszilloskopanzeige bei der Fallschnur mit Gewichten in Abständen proportional zu t^2 .

Das Fallschnur-Experiment wird bei 100ms pro Teilung mit der „Single Seq“ Taste eingefangen. Die Zeitabstände für die Schnur mit den t^2 Abständen liegen bei 140ms .

Anhang:

Die Standardabweichung von g

Zur Bestimmung der Erdbeschleunigung werden Zeitsignale um 300ms herum aufgenommen. Dazu ist ein Messbereich von 100ms pro Teilung am Oszilloskop einzustellen und kurz vor Auslösen der Kugel die Taste „single seq“ zu betätigen. Die Dauer des Zeitsignals kann mittels der senkrechten Cursor-Balken bestimmt werden. Bei einer Fallhöhe von $0,46\text{m}$ und einer gemessenen Zeit von 308ms resultiert nach

$$g = 2 \frac{\Delta x}{(\Delta t)^2}$$

ein Wert von $g = 9,7 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Der Abstand Δx zwischen der Unterseite der Kugel und der Fangplattform muss gut vermessen werden. Der Stab in der Kugel trägt eine Markierung, damit nicht die ganze Länge eingeführt werden muss. Bei Messungenauigkeiten von

$\Delta x \approx \pm 1 \text{ mm}$ und $\Delta t \approx \pm 5 \text{ ms}$ liegt der gemessene Wert innerhalb der unten berechneten Standardabweichung von $\sigma_g = 0,17 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Berechnung der Standardabweichung:

$$\sigma_g = \sqrt{(\sigma_t)^2 \left(\frac{d g(x, t)}{d t} \right)^2 + (\sigma_x)^2 \left(\frac{d g(x, t)}{d x} \right)^2}$$

mit $\Delta x = x_0 - x$, $\Delta t = t_0 - t$ und den jeweiligen Ableitungen:

$$\frac{d g}{d x} = \frac{d}{d x} \left(2 \frac{x_0 - x}{(t_0 - t)^2} \right) = \frac{-2}{(t_0 - t)^2}$$

$$\frac{d g}{d t} = \frac{d}{d t} \left(2 \frac{x_0 - x}{(t_0 - t)^2} \right) = \frac{4(x_0 - x)}{(t_0 - t)^3}$$

Einsetzen mit den Werten für die Messung $\Delta x = x_0 - x = 0,5 \text{ m}$ (als maximale Fallhöhe) und $\Delta t = t_0 - t = 308 \text{ ms}$ als gemessene Zeit für diese Höhe.

$$\sigma_g = \sqrt{5 \cdot 10^{-6} \text{ s}^2 \cdot \frac{16 \cdot 0,25 \text{ m}^2}{0,308 \cdot 10^{-18} \text{ s}^6} + 1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \frac{4}{0,308 \cdot 10^{-12} \text{ s}^4}} = 0,17 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$