

10. Induktion mit mehreren Spulen

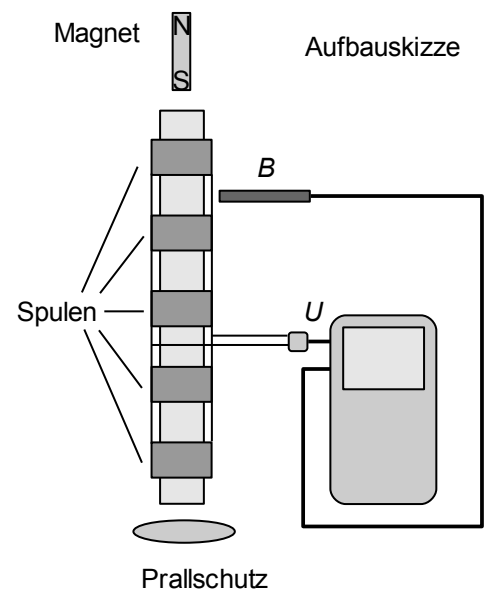
Lässt man einen Magneten durch eine Spule fallen, so entsteht eine Induktionsspannung. Die Größe dieser Spannung und die Breite des Spannungsimpulses hängen dabei von der Fallgeschwindigkeit des Magneten ab. Fällt der Magnet also durch mehrere, untereinander angebrachte Spulen, so führt die Veränderung in der Fallgeschwindigkeit zu einer systematischen Veränderung der Induktionsspannung.

Im Versuch wird ein Fallrohr aus Kunststoff mit 5 parallel geschalteten, fest angebrachten Spulen verwendet. Diese Anordnung kann man sich aber auch leicht selbst bauen, indem man mehrere gleiche Spulen z. B. auf ein Installationsrohr für Elektroleitungen auffädelt und als Abstandshalter jeweils eine leere Toilettenpapierrolle einfügt. Der kleine Stabmagnet muss beim Aufprall z. B. durch ein untergelegtes Tuch geschützt werden.

Der optionale Magnetfeldsensor sorgt für eine zuverlässige Triggerung.

Aufbau:

- Spulenanordnung
- Tuch als Aufprallschutz
- kurzer Stabmagnet
- Spannungssensor (Eingang 1)
- optional:* Magnetfeldsensor (Eingang 2)



Durchführung:

Einstellungen:

- Messrate: 600 Messungen pro Sekunde
- Messdauer: 1 s
- optional:* Triggerung mit Magnetfeldsensor (Eingang 2)
- Zunahme über den Schwellenwert
- Schwellenwert: 1 mT
- Vorspeicherung: 50 %

Durchführung:

Fallrohr senkrecht an Stativmaterial montieren und Prallschutz unterlegen.

Messung starten.

Magnet durch das Rohr fallen lassen.

So lange wiederholen, bis sich für die Spannung eine Darstellung wie in Bild 10.1 ergibt.

Auswertung:

1. Es ist $U_i = -n \cdot \frac{d\Phi}{dt}$, d.h. $\int_{t_1}^{t_2} U_i dt \sim \Phi$.

Da immer derselbe Magnet verwendet wurde, muss auch der magnetische Fluss bei jeder Spule derselbe sein.

2. Um diese Proportionalität nachzuweisen, wird in einer neuen Spalte im Messmodul zunächst der Betrag der Induktionsspannung $|U_i|$ berechnet (Bild 10.2, Spalte C).

3. Dann in einer neuen Grafik $|U_i|$ gegen die Zeit darstellen (Bild ähnlich 10.4).

4. Durch Wahl des Fensterausschnittes den Bildausschnitt auf die relevanten Teile beschränken.

5. Das Intervall um den linken Peak wählen (zugeordnet der ersten Spule) und die Fläche numerisch bestimmen (Bild 10.3). Mit allen anderen Peaks ebenso verfahren (Bild 10.4).

6. Im Beispiel ergab sich die folgende Tabelle:

Peak	1	2	3	4	5	Mittelwert
Integral	0,0169	0,0178	0,0175	0,0169	0,0169	0,0172

Obwohl die Peaks immer schmaler und höher werden, bleibt der magnetische Fluss (annähernd) konstant.

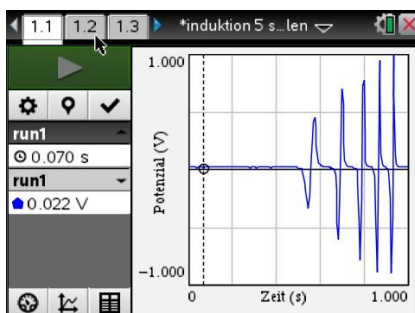


Bild 10.1

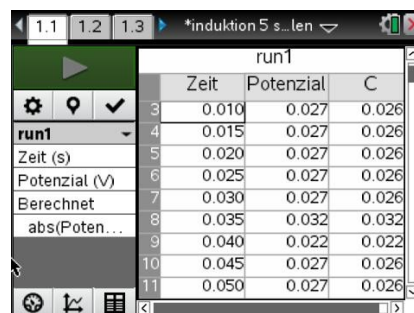


Bild 10.2

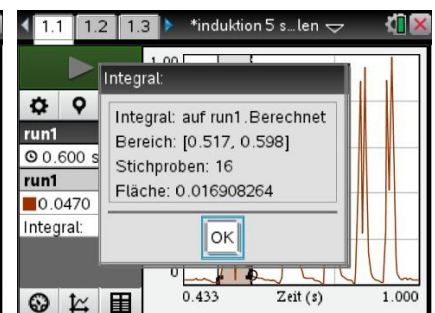


Bild 10.3

7. Aus den Daten lässt sich auch ein ungefährer Wert für die Fallbeschleunigung bestimmen. Dazu werden die oberen Peaks der Induktionsspannung abgelesen und an die Tabellenkalkulation übertragen. Führt man eine lineare Regression durch, so wird für maximale Induktionsspannungen der Zusammenhang $U_i \sim v$ gut bestätigt (Bild 10.5).

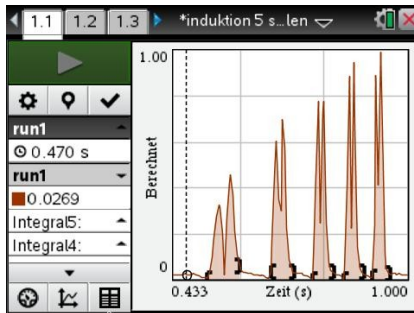


Bild 10.4

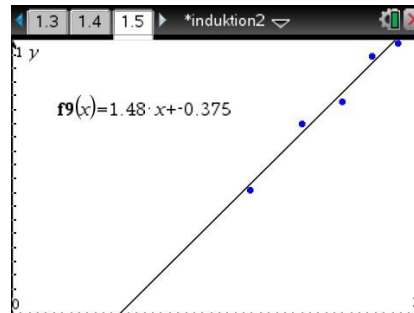


Bild 10.5

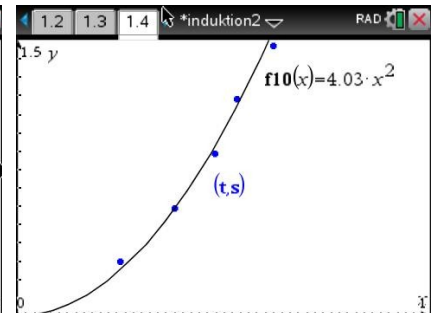


Bild 10.6

8. Die Spulen sind gleichmäßig angeordnet; es ist $\Delta s = 0,295$ m. Zusammen mit den Zeiten der Nulldurchgänge der Induktionsspannung (Spulenmitte) erhält man eine (t,s) -Tabelle, deren grafische Darstellung durch den Graphen einer quadratischen Funktion ($f_{10}(x)$; Bild 10.6) gut approximiert werden kann. Im Koeffizienten von x^2 verbirgt sich die Fallbeschleunigung, aber nur mit dem ungenauen Wert $8,06 \text{ m/s}^2$.

t/s	0,247	0,379	0,478	0,553	0,619
s/m	0,295	0,59	0,885	1,18	1,475