

## 25. Elektronische Präzisionswaage: Funktionsprinzip

Klassenstufe	Oberthemen	Unterthemen	Anforderungs- niveau	Durchführungs- niveau	Vorlauf Vorbereitung Durchführung
SI	Magnetismus	Permanentmagnet Elektromagnet	● ●	■	- ca. 15 min. ca. 15 min.

Am Modell einer elektronischen Präzisionswaage wird die Massenbestimmung durch elektromagnetische Kraftkompensation gezeigt.

### Materialien

- Netzgerät 0 ... 25 V –
- Amperemeter 1 A –
- Stabmagnet
- Spule (z. B. 1200 Windungen)
- Schnur und Klebeband
- Kraftmesser (die Empfindlichkeit ist je nach Masse des Stabmagneten zu wählen)
- 2 Stativstangen
- Tischklemme
- Stativklemme
- Massestücke
- 3 Kabel

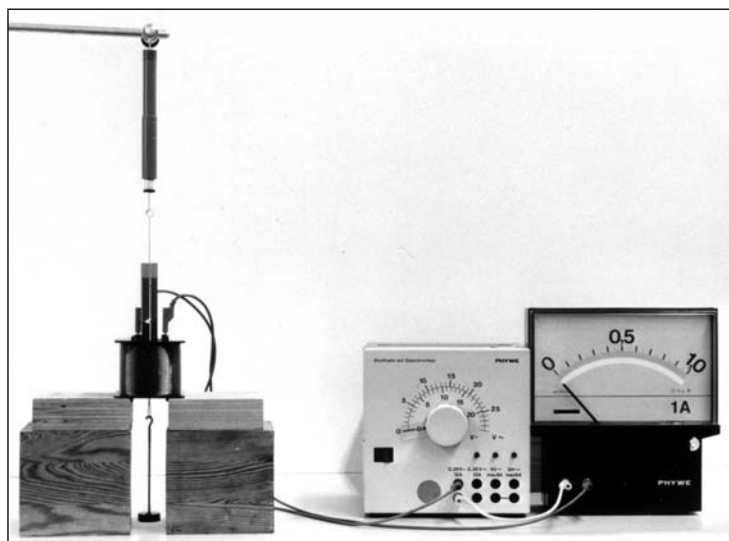


Abb. 1: Gesamtansicht des Versuchs

### Vorbereitung

Die Schnur wird zu einer Schlaufe verknotet und anschließend mit dem Klebeband in Längsrichtung am Magneten befestigt, so daß an den beiden Polen des Magneten Aufhänger entstehen, um den Magneten auf der einen Seite an dem Federkraftmesser einzuhängen und auf der anderen Seite Massestücke anzubringen.

Damit die zu messenden Massenstücke an dem in die Spule hineinragenden Stabmagneten angehängt werden können, wird die Spule auf Klötzen gelagert.

Die Spule selbst wird mit dem Netzgerät zur Spannungsregulierung und einem Amperemeter zum Ablesen des Kompensationsstroms in Reihe geschaltet.

### Durchführung/Ergebnis

Zu Beginn des Versuchs demonstriert man kurz die Funktionsweise der Waage. Dazu kennzeichnet man die Ausgangslage des Stabmagneten, was bei Verwendung eines Federkraftmessers kein Problem darstellt. Nun hängt man ein Massestück an und beobachtet die Ausdehnung des

Federkraftmessers. Durch die Regelung des Spulenstroms und der damit verbundenen Änderung des Spulenmagnetfelds ( $I \sim B$ ) führt man den Stabmagneten in seine Ausgangslage zurück. Durch die magnetische Kraft wird die Gewichtskraft kompensiert. Ist den Schülern und Schülerinnen das Funktionsprinzip klar geworden, kann man zur Eichung der Waage übergehen. Dazu wird für bekannte Massestücke jeweils der Strom gemessen, der zum Zurückführen des Stabmagneten in seine Ausgangslage notwendig ist. Die Ergebnisse stellt man in einer Tabelle und einem Diagramm dar (Abb. 2). Aus den Meßwerten ermittelt man den Umrechnungsfaktor von Stromstärke auf die Masse, um im Anschluß an die Eichung den Schülern und Schülerinnen Gelegenheit zu geben, mit dieser selbst gebauten Waage die Masse einiger Gegenstände zu bestimmen.

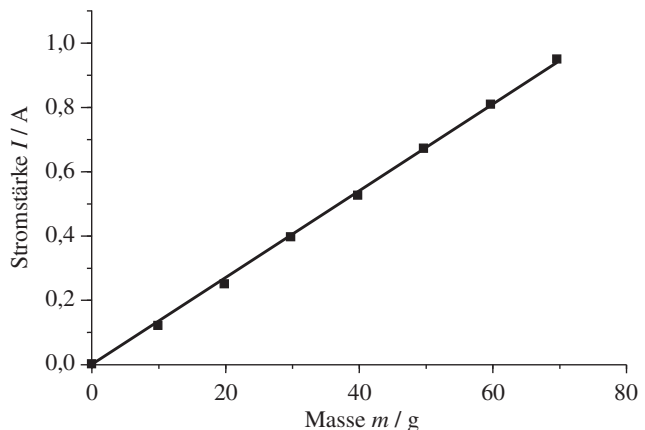


Abb. 2: Stromstärke zur Kompensation als Funktion der angehängten Masse

### Funktionsweise

Zur Massenbestimmung nutzt man die entgegengesetzt gerichteten Magnetfelder von Spule und Stabmagnet aus. Wird der Stabmagnet durch die Gewichtskraft der angehängten Masse aus der Ruhelage ausgelenkt, so wird er durch die magnetische Kraft der stromdurchflossenen Spule wieder zurückgeführt. Je größer die angehängte Masse ist, um so größer muß das Magnetfeld zur Kompensation der Gewichtskraft sein und um so stärker muß damit auch der Spulenstrom gewählt werden. Dadurch erhält man einen direkten Zusammenhang zwischen Spulenstrom und angehängter Masse.

### Hinweis

Um eine exakte Messung zu erreichen, muß darauf geachtet werden, daß sich die untere Kante des Stabmagneten während der gesamten Messung in gleichen Abständen um die Spulenmitte bewegt, da die Kraftwirkung im Bereich  $\pm 1$  cm um die Spulenmitte weitestgehend konstant ist, während sie an den Spulenrändern deutlich abnimmt. Dies läßt sich durch die größere Feldliniendichte in der Mitte gegenüber den Spulenrändern erklären.

### Abschätzung

Vergleicht man für verschiedene Gegenstände die Meßwerte, die das Modell bzw. eine echte Präzisionswaage anzeigt, so läßt sich daraus die Genauigkeit des Waagen-Modells abschätzen. Bei exaktem und sorgfältigem Vorgehen lassen sich die Massen mit einer Abweichung von ca. 10 % vom Meßwert der echten Präzisionswaage bestimmen.

### Methodischer Einsatz

Der Versuch kann im Themengebiet Magnetismus/Elektromagnet in der Mittelstufe als technisches Anwendungsbeispiel eingesetzt werden.

Neben dem Einsatz als Demonstrationsversuch<sup>1</sup> läßt sich dieses Experiment auch als Versuch in Gruppenarbeit durchführen.

<sup>1</sup> Für Facharbeit geeignete Version beschreibt F. Wörten: Zwei Experimente zur Waage, Praxis der Naturwissenschaften - Physik 3/1996, S. 7-9.