

# Experiment mit magnetischen Monopolen

Martin Lieberherr, MNG Rämibühl, Rämistrasse 54, 8001 Zürich

## Einleitung

Bis jetzt ist noch nie ein freier Südpol oder ein isolierter Nordpol gefunden worden. Magnetische Pole treten immer als Dipole auf. Trotzdem ist es manchmal nützlich, so zu tun, als ob magnetische Monopole existieren. Beispielsweise treten die Analogien zwischen Elektro- und Magnetostatik deutlicher hervor. Weiter kann die Existenz eines einzigen Monopols erklären, dass die elektrische Ladung quantisiert ist, d.h. dass es eine Elementarladung gibt. Das motiviert natürlich die Suche nach magnetischen Monopolen.

## Theorie

Nach "Magnetic monopoles, Galilean invariance, and Maxwell's equations"

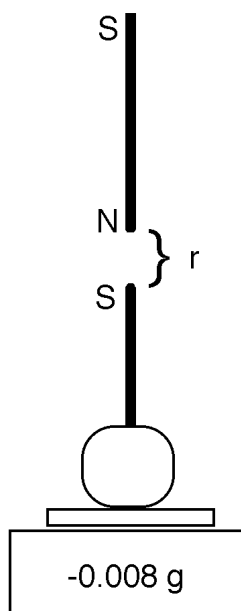
F.S. Crawford, Am. J. Phys. 60 (2), Feb. 1992, p. 109-114, erzeugen magnetische Monopole B-Felder, die ihrerseits auf andere magnetische Monopole Kräfte ausüben:

$$B_1 = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q_{m1}}{r^2} \quad \text{und} \quad F_{12} = q_{m2} B_1 \quad \text{d.h.} \quad F_{12} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q_{m1} q_{m2}}{r^2}$$

Das Kraftgesetz ist analog zu jenem für elektrische Punktladungen und auch von Coulomb gefunden worden.  $q_m$  ist die sogenannte Polstärke.

## Experiment:

Ich nahm zwei gerade Eisendrähte von 165 mm Länge und magnetisierte sie permanent, indem ich sie einige Male an einem Magneten entlangstrich. Die Drähte hatten 1.0 mm Durchmesser. Einen der Drähte steckte ich vertikal in ein Stück Plastilin und stellte ihn auf eine elektronische Laborwaage. Den anderen Draht montierte ich in einen Halter, so dass ich den vertikalen Abstand der Drahtenden verstellen konnte (Figur 1).



Figur 1: Aufbau zur Messung der Kraft zwischen den Enden der Stabmagnete. Die Waage wurde vor der Montage des oberen Drahtes auf Null gestellt. Den Abstand  $r$  der Drahtenden habe ich mit einem einfachen Massstab gemessen. Die Drahtenden wurden nicht speziell bearbeitet, d.h. sie wiesen zum Teil noch Grate vom Abklemmen auf. Der Abstand gilt für die Spitzen. Stehen sich ungleichnamige Pole gegenüber, so zeigt die Waage eine negative Masse an.

Streut man Eisenfeilspäne über die Drähte, so bilden sich praktisch nur an den Enden Bärte. Meine Hoffnung war, dass die Drahtenden wie Monopole aufeinander wirken. Da bei 40 mm Abstand kein Effekt mehr messbar war, ist der Einfluss der weiter entfernten Pole sicher vernachlässigbar.

Tabelle 1: Abstände der Drähte und Anzeigen der Waage.  
 Die Abstandsmessung ist auf  $\pm 0.5$  mm, die Massenangabe auf  $\pm 0.1$  mg genau (etwa einfache Standardabweichung). Die Indices bezeichnen, ob sich gleichnamige oder ungleichnamige Pole gegenüberstehen. Das Vorzeichen der Wägung habe ich unterdrückt.

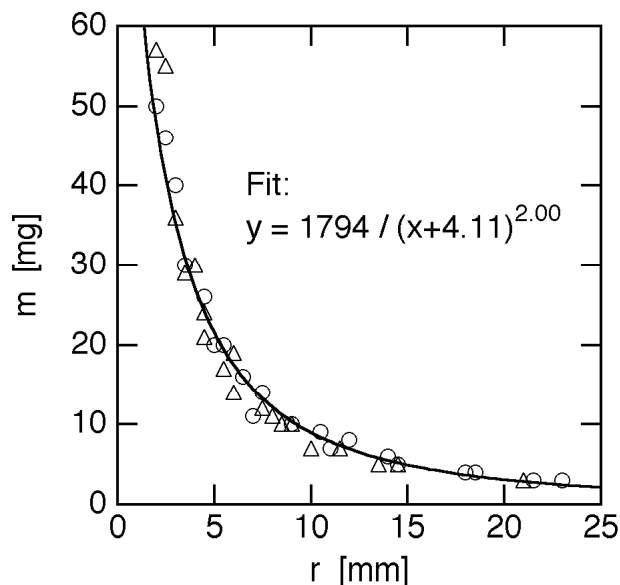
| $r_u$<br>[mm] | $m_u$<br>[mg] | $r_g$<br>[mm] | $m_g$<br>[mg] |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 9             | 10            | 23            | 3             |
| 6             | 14            | 18            | 4             |
| 4.5           | 21            | 10.5          | 9             |
| 3.5           | 29            | 7.5           | 14            |
| 2             | 57            | 4.5           | 26            |
| 13.5          | 5             | 2.5           | 46            |
| 10            | 7             | 18.5          | 4             |
| 8.5           | 10            | 14            | 6             |
| 7.5           | 12            | 12            | 8             |
| 5.5           | 17            | 9             | 10            |
| 4.5           | 24            | 6.5           | 16            |
| 3             | 36            | 5.5           | 20            |
| 2.5           | 55            | 3.5           | 30            |
| 21            | 3             | 2             | 50            |
| 14.5          | 5             | 21.5          | 3             |
| 11.5          | 7             | 14.5          | 5             |
| 8             | 11            | 11            | 7             |
| 6             | 19            | 7             | 11            |
| 4             | 30            | 5             | 20            |
|               |               | 3             | 40            |

Wir wollen die Grössenordnung der mittleren Polstärke der Magnete im Experiment abschätzen: ( $F = m g$ )

$$q_m = \sqrt{\frac{4 \mu_0 \mu_0^2}{L_0}}$$

$$\approx \sqrt{\frac{4 \cdot 10^{-5} \text{ kg} \cdot 10 \text{ m} \cdot 10^{-2} \text{ m}}{4 \cdot 10^{-7} \text{ V} \cdot 3 \text{ A}^{-1} \text{ m}^{-1}}} = 0.3 \text{ A m}$$

Stellt man die Rohdaten von Tabelle 1 doppelt logarithmisch dar, so liegen die Punkte recht schön auf einer Geraden, d.h. das Abstandsgesetz ist ein Potenzgesetz. Leider stellt sich heraus, dass die Potenz nicht -2 sondern -1.25 ist. Durch systematisches Probieren findet man, dass ein umgekehrt quadratisches Abstandsgesetz resultiert, wenn man zu den gemessenen Abständen jeweils ca. 4 mm dazuzählt (Fig. 2). Dies ist gar nicht weit hergeholt, denn ich habe mich bei der Abstandsmessung auf die äussersten Drahtspitzen konzentriert und die Pole müssen nicht unbedingt zuäusserst sitzen.



Figur 2: Anzeige der Waage vs. gemessene Abstände nach Tabelle 1. Bei den eingezeichneten Dreiecken stehen sich ungleichnamige Pole gegenüber, bei den Kreisen gleichnamige. Die Ausgleichsfunktion (Fit) wurde so bestimmt, dass ein umgekehrt quadratisches Abstandsgesetz resultiert. Dazu mussten die gemessenen Abstände um 4.11 mm vergrössert werden. Mit der Korrektur beträgt der Korrelationskoeffizient 0.989.