

Übungen zum Elektromagnetismus – Lösungen Serie 7

1. Von den Eisenfeilspänen zum Feldlinienbild

- (a) Jeder einzelne kleine Eisenfeilspan ist magnetisierbar und bildet in der Nähe des Permanentmagneten einen Nord- und einen Südpol aus. Wie wir es auch bei grossen Magneten beobachten können, so ziehen sich auch bei diesen kleinen Spanmagneten nun die ungleichnamigen Pole an $\Rightarrow$ Kettenbildung.
- (b) Siehe Abbildungen 7.2 und 7.6 im Skript (Seiten 54 und 56).
- (c) Siehe Abbildung 7.4 im Skript (Seite 56).

2. Das Testobjekt für Magnetfelder

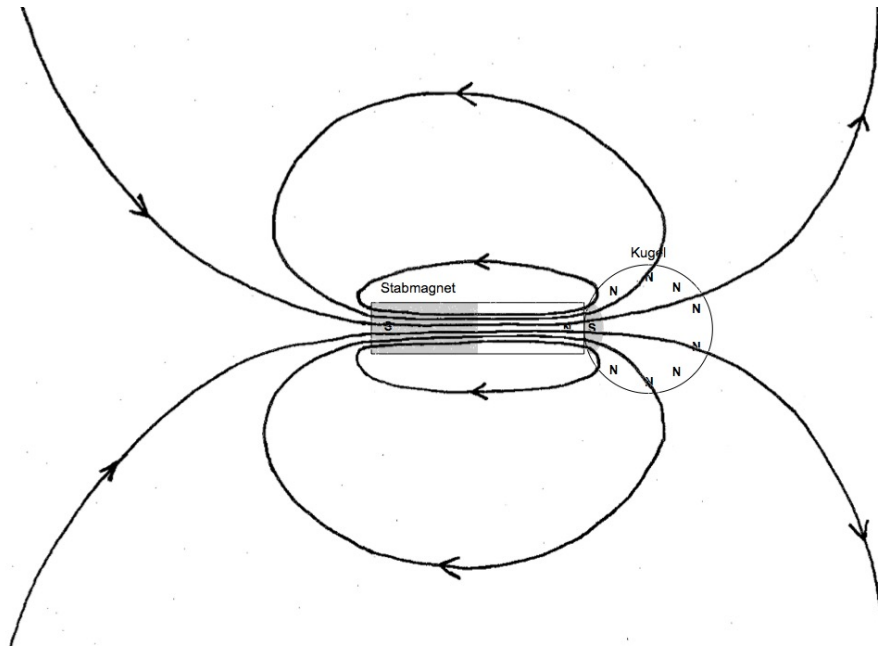
- (a) Das gesuchte Instrument ist eine **Kompassnadel** resp. – in der Ausführung, die extra für die Austestung des Magnetfeldes gemacht wird – eine **Magnaprobe**.
- (b) Die Richtung, in welche der Nordpol der Magnaprobe zeigt, entspricht der **Feldrichtung**. Die Feldstärke lässt sich allenfalls daran erkennen, wie stark sich die Kompassnadel in Feldrichtung zu drehen versucht ($\rightarrow$ d.h., wie rasch sie sich in Feldrichtung dreht).
- (c) Die Magnaprobe sollte idealerweise so klein wie möglich sein, damit sie erstens nicht träge und zweitens selber kein allzu starker Magnet ist. Letzterenfalls würde sie unter Umständen die Magnetisierung sich in der Nähe befindlicher magnetisierbarer Gegenstände beeinflussen und damit das auszutestende Magnetfeld selber verfälschen.
Ausserdem muss die Kompassnadel idealerweise im dreidimensionalen Raum frei drehbar sein. Ist sie nur horizontal drehbar (wie das im Alltag eben häufig der Fall ist), so lässt sich damit nur die horizontale Komponente der Feldrichtung ermitteln.

3. Das Erdmagnetfeld

- (a) Siehe Abbildung 7.5 im Skript (Seite 56).
- (b) Im Physikzimmer ist die Nordrichtung in etwa gegeben durch die Verbindungslinie zwischen der Zimmerecke bei der Eingangtüre und der gegenüberliegenden Zimmerecke. Die Magnetfeldlinien folgen nun dieser Richtung, sind aber zusätzlich stark geneigt. Als Beispiel sei eine Linie angeführt, welche direkt über dem Eingang durch die Zimmerdecke ins Zimmer stösst. Sie verläuft in der Nordrichtung steil nach unten in einem Winkel von gut 60° zur Horizontalen. Dies führt dazu, dass die Linie den Boden noch deutlich vor der Zimmermitte durchstösst. Alle anderen Feldlinien verlaufen parallel zu dieser Richtung.

4. Stabmagnet und Stahlkugel

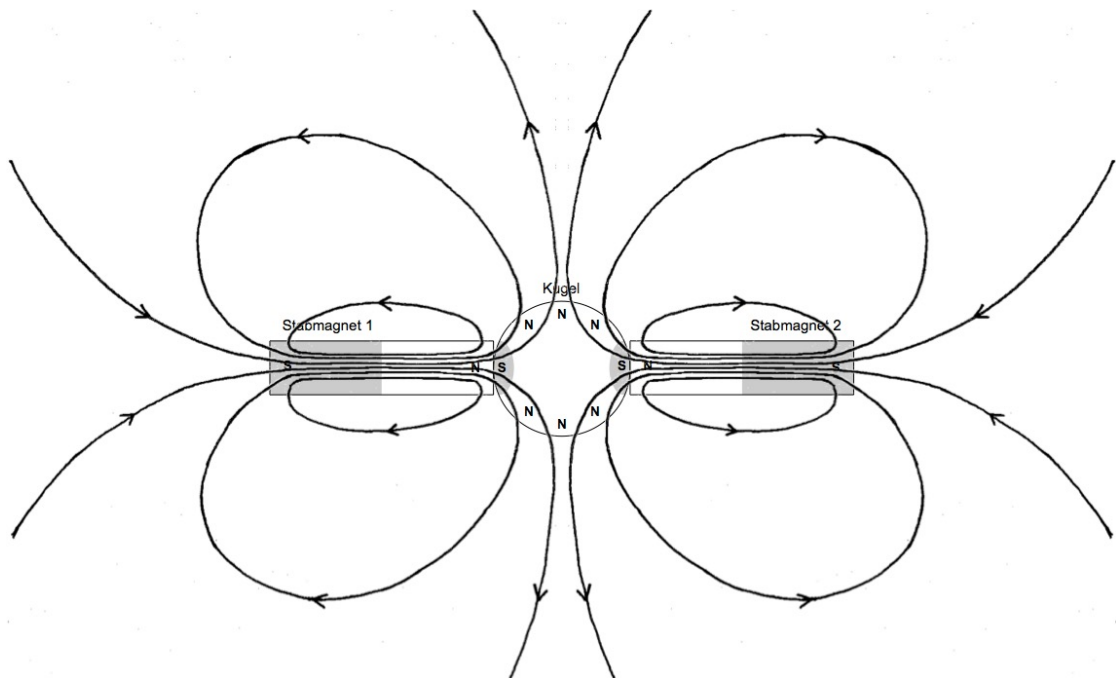
(a) Für das Feldlinienbild ergibt sich:



Die Stahlkugel beeinflusst das Magnetfeld scheinbar fast nicht.

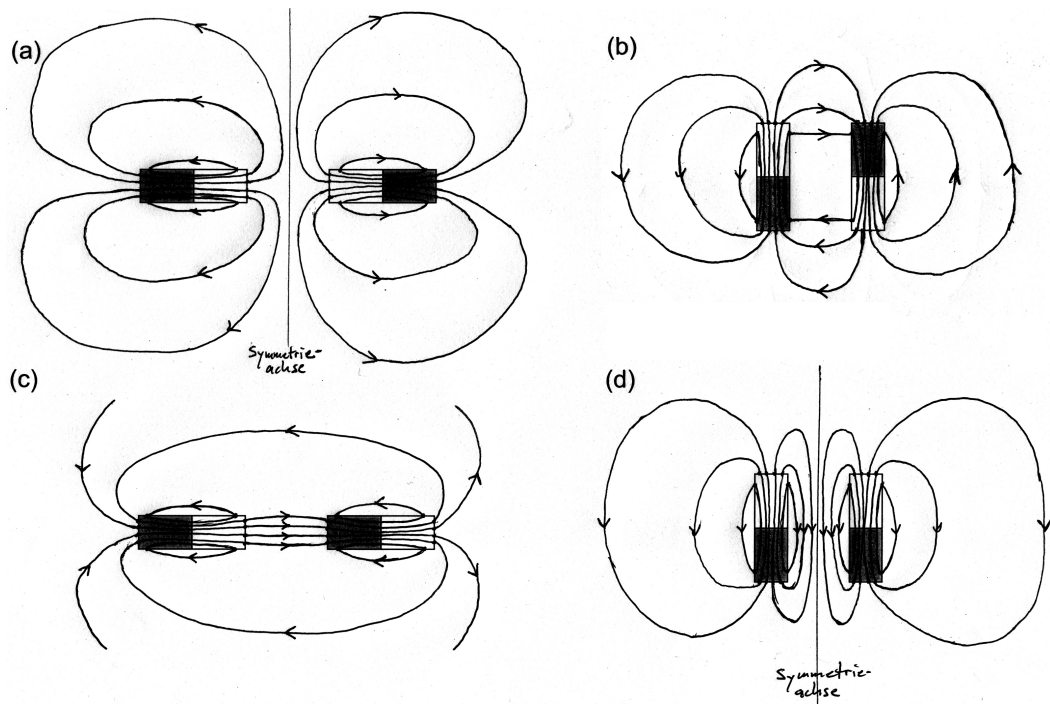
Das magnetisierbare Material nimmt das Magnetfeld in sich auf und führt es so, dass erstens die Feldlinien senkrecht in die Oberfläche ein- resp. aus ihr austreten (im Bild nicht gut umgesetzt), und dass sich zweitens der Nordpol über die Kugeloberfläche verteilt. Die erste Bedingung ist insbesondere dafür verantwortlich, dass die Linien nur sehr lokal in die Kugel eintreten, nämlich eben nur dort, wo sich der Nordpol des Stabmagneten in unmittelbarer Nähe befindet. Der Rest der Kugeloberfläche wird zum Nordpol.

(b) Stabmagnet 2 wurde so nahe an die Kugel gebracht, dass er einen genauso starken Einfluss auf die Magnetisierung der Kugel ausübt wie Stabmagnet 1. Demzufolge ergibt sich eine symmetrische Situation:



Wiederum müssten die Feldlinien senkrecht aus der Kugel aus- resp. in sie eintreten.

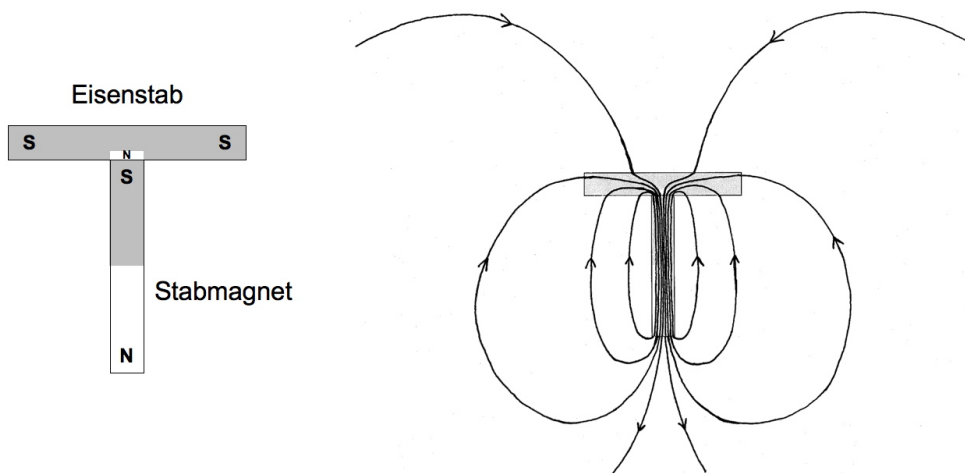
5. Verschiedene Lagen zweier Stabmagnete



- (e) Abstossung herrscht genau dann, wenn die beiden Stabmagnete keine gemeinsamen Feldlinien besitzen. Umgekehrt sind die anziehenden Situationen diejenigen, bei denen Feldlinien durch den einen und ebenso durch den anderen Stabmagneten verlaufen.

6. Das "T"

Es ergibt sich folgendes Polungs- resp. Feldlinienbild:



Das Feldlinienbild bringt deutlich zum Vorschein, dass der magnetisierte Eisenstab nur genau an der Berührungsstelle zum Stabmagneten einen sehr konzentrierten Nordpol besitzt. Sämtliche Feldlinien verlaufen durch diesen Übergang hindurch.

Der Südpol des magnetisierten Eisenstabs ist hingegen enorm **verschmiert**. Aus der ganzen restlichen Oberfläche des Eisenstabs treten Feldlinien aus, allerdings in wesentlich geringerer Konzentration.

Dies sieht man sehr schön beim Eisenfeilspanbild in Aufgabe 8. Dort haben wir nämlich genau die hier untersuchte Situation mit einem Stabmagneten, der in der Mitte an einem magnetisierbaren Metallstab haftet.

7. Nicht immer homogen. . .

- (a) Die anziehende Situation links erkennt man daran, dass Stab- und Hufeisenmagnet gemeinsame Feldlinien aufweisen. Umgekehrt sieht man in der abstossenden Situation rechts, wie sich die Magnetfeldlinien von Stab- und Hufeisenmagnet "aneinander vorbeiquetschen". Das klassische Stabmagnetfeld wird im äusseren Feld des Hufeisenmagneten zusammengedrückt.
- (b) Ja. In der anziehenden Situation könnte der Stabmagnet im Innern des Hufeisenmagneten auch einfach ein Eisenstab sein. Dieser entwickelt unter dem Einfluss des Hufeisenmagneten genau die Polung (vielleicht etwas weniger stark), die auch der Stabmagnet aufweist.

8. Magnetische Eigenschaften im Eisenfeilspanbild

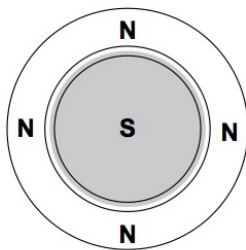
Der Schlüssel beeinflusst das Eisenfeilspanbild überhaupt nicht. Er wurde dazugelegt, ist selber aber **nicht magnetisierbar**.

Hingegen sieht man sehr schön den starken Pol am rechten Ende des waagrecht liegenden **Stabmagneten (Permanentmagnet)**. Nehmen wir der Einfachheit halber an, dies sei ein Südpol. Dann befindet sich an dessen linkem Ende ein Nordpol.

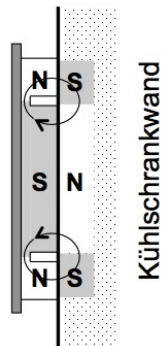
An diesem Nordpol haftet ein **magnetisierbarer Metallstab**. Dieser bildet an der Kontaktstelle einen im Eisenfeilspanbild kaum sichtbaren Südpol aus, während der ganze Rest des Stabes zum Nordpol wird. Man sieht deshalb praktisch überall Feldlinien (resp. Eisenfeilspanketten) senkrecht aus dem Stab heraustreten. Wir sagen, dass der magnetisierbare Metallstab den Nordpol des Stabmagneten **verschmiert** ($\approx$ verteilt).

9. Der Magnet am Kühlschrank

Magnet vom Kühlschrank
her gesehen



Von der Seite her
gesehen



Blick auf den Kühlschrank
(Magnet durchsichtig)

