

I.D.34

Elektrizitätslehre und Magnetismus

Elementarmagnete-Modell und Feldlinien

Jörg Wassermann, Wermelskirchen

Illustrationen und Fotos von Jörg Wassermann; Fotos bearbeitet von Dr. Wolfgang Zettlmeier



© RAABE 2019

© Image Source / Getty Images Plus

Warum hängen die Messer wie von Geisterhand an der Wand? Magnetismus fasziniert die Menschen seit langem. Zur Erklärung magnetischer Phänomene dienen Modelle. Ihre Schüler setzen sich mit zwei Modellen der Physik auseinander: dem Modell *Elementarmagnete* und dem Modell *Feldlinien*. Sie führen einfache Versuche durch. Eine Lernerfolgskontrolle rundet die Unterrichtseinheit ab.

KOMPETENZPROFIL

Klassenstufe/Lernjahr:	5/6
Dauer:	4 Unterrichtsstunden
Kompetenzen:	1. Kenntnisse wiedergeben, Probleme lösen; 2. Phänomene beschreiben, Informationen auswählen, Modellvorstellungen verwenden, Experimentieren; 3. Wissen austauschen
Thematische Bereiche:	Elektrizitätslehre und Magnetismus, Teilbereich Magnetismus
Medien:	Texte, Abbildungen, Experimentieranleitungen

Didaktisch-methodisches Konzept

Ein wesentlicher Aspekt des Faches Physik ist das Entwickeln von und der Umgang mit Modellen. Bei Permanentmagneten begegnen uns diese beiden Modelle:

1. Das Elementarmagnete-Modell: Einen Permanentmagneten kann man sich aus Elementarmagneten aufgebaut vorstellen. Viele wesentliche Eigenschaften eines Permanentmagneten können so veranschaulicht und begründet werden. Ihre Schüler werden durch verschiedene Experimente an dieses Elementarmagnete-Modell herangeführt.
2. Auch das Konzept der magnetischen Feldlinien ist die Veranschaulichung eines nicht unmittelbar zugänglichen Phänomens. Das magnetische Feld in der Umgebung eines Permanentmagneten wird oft mithilfe von Eisenspänen oder kleinen Magnetnadeln sichtbar gemacht. Die dabei entstehenden Bilder sollen die Schüler durch Arbeitsblätter mit vielen Bildern auf Unterschiede und Gemeinsamkeiten untersuchen, um mit dieser Art der Darstellung eines Feldes vertraut zu werden.

Stationenlernen oder Anregungen für Experimente und Übungsaufgaben

Für den Bereich Magnetismus gibt es viele einführende Materialsammlungen, die sich mit den grundlegenden Phänomenen beschäftigen. Die hier vorgestellten Materialien sind Teil eines solchen **Stationenlernens**, das ursprünglich für die **Klasse 6** entwickelt wurde, aber auch schon in **Klasse 5** zum Einsatz kam. Die aus vielen Veröffentlichungen bekannten Einstiegsversuche in den Magnetismus werden in diesem Beitrag aber übersprungen zugunsten einer Schwerpunktsetzung auf die Bereiche **Feldlinien und Elementarmagnete-Modell**.

Sie können mit den Materialien dieses Beitrags also ein vorhandenes Stationenlernen erweitern. Wenn Sie ein Profulfach im NW-Bereich unterrichten, finden Sie zusätzliche Ideen für mögliche **Experimente**. Oder Sie setzen einzelne Materialien für **leistungsstarke Schüler** als weiterführende Aufgaben ein. Die vorliegenden Arbeitsaufträge eignen sich aufgrund der einfachen Formulierungen und der teilweise erhaltenen **Binnendifferenzierung** zum großen Teil für Schüler ab Klasse 5. Das beigelegte Hilfsmaterial kann passgenau verwendet oder weggelassen werden.

Aufbau der Einheit

Das **Elementarmagnete-Modell** erklärt die **ferromagnetischen Phänomene**, ohne dabei auf atomare Strukturen bzw. Vorstellungen eingehen zu müssen, die für die Schüler der Zielgruppe zu unanschaulich wären. Das Material fördert das Verständnis durch eine bildliche (**M 1**), eine materielle (**M 3**) und auch eine haptische Vorstellung (**M 2** und **M 4**) und wird durch eine Sammlung von **Multiple-Choice-Aufgaben** abgerundet (**M 5**). **Feldlinien** ermöglichen eine strukturierte Vorstellung über den Einfluss, den die Anwesenheit eines Magneten auf den ihn umgebenden Raum nimmt. Die Materialien **M 6** bis **M 8** fördern die bildliche Vorstellung des Modells.

Lernvoraussetzungen

Die Schüler müssen vorher über die folgenden Grundkenntnisse verfügen, damit sie mit diesem Material sinnvoll arbeiten können:

- Jeder Magnet hat zwei Pole: einen Nordpol und einen Südpol.
- Gleichnamige Pole stoßen sich ab, ungleichnamige Pole ziehen sich an.
- Ein Magnet kann nur Materialien anziehen, die Eisen, Kobalt oder Nickel enthalten.
- Ferromagnetische Körper werden durch Überstreichen mit einem Magneten magnetisiert.
- Durch starke Erschütterung oder starkes Erhitzen verliert ein Magnet seine magnetische Wirkung.
- Grundlagen zum Feldlinienmodell, Hinweise dazu finden Sie im nächsten Abschnitt.



Aufbau der Einheit

Das **Elementarmagnete-Modell** erklärt die **ferromagnetischen Phänomene**, ohne dabei auf atomare Strukturen bzw. Vorstellungen eingehen zu müssen, die für die Schüler der Zielgruppe zu unanschaulich wären. Das Material fördert das Verständnis durch eine bildliche (**M 1**), eine materielle (**M 3**) und auch eine haptische Vorstellung (**M 2** und **M 4**) und wird durch eine Sammlung von **Multiple-Choice-Aufgaben** abgerundet (**M 5**). **Feldlinien** ermöglichen eine strukturierte Vorstellung über den Einfluss, den die Anwesenheit eines Magneten auf den ihn umgebenden Raum nimmt. Die Materialien **M 6** bis **M 8** fördern die bildliche Vorstellung des Modells.

Lernvoraussetzungen

Die Schüler müssen vorher über die folgenden Grundkenntnisse verfügen, damit sie mit diesem Material sinnvoll arbeiten können:

- Jeder Magnet hat zwei Pole: einen Nordpol und einen Südpol.
- Gleichnamige Pole stoßen sich ab, ungleichnamige Pole ziehen sich an.
- Ein Magnet kann nur Materialien anziehen, die Eisen, Kobalt oder Nickel enthalten.
- Ferromagnetische Körper werden durch Überstreichen mit einem Magneten magnetisiert.
- Durch starke Erschütterung oder starkes Erhitzen verliert ein Magnet seine magnetische Wirkung.
- Grundlagen zum Feldlinienmodell, Hinweise dazu finden Sie im nächsten Abschnitt.

Auf einen Blick

AB = Arbeitsblatt, LEK = Lernerfolgskontrolle, SV = Schülerversuch

1./2. Stunde

Thema: Eine Modellvorstellung kennenlernen – das Elementarmagnete-Modell

M 1 (Ab/SV) Das Elementarmagnete-Modell

Benötigt: Permanentmagnet
 Zerbrochene Magnete

M 2 (Ab) Das Elementarmagnete-Modell – Ein Modellversuch

Benötigt: 10 kleine Neodym-Magnete
 zwei 5-Cent-Stücke

M 3 (Ab) Magnetisieren – erklärt mit dem Elementarmagnete-Modell

Benötigt: Reagenzgläser mit Eisenspänen und Stopfen
 Kompassnadel gelagert
 Permanentmagnet

M 4 (Ab/SV) Magnete verstärken sich und schwächen sich ab

Benötigt: Büroklammer am Faden
 Stativfuß mit Stativklammer
 Permanentmagnete

3./4. Stunde

Thema: Feldlinien visualisieren das Magnetfeld

M 5 (LEK) Aufgaben zum Elementarmagnete-Modell

M 6 Feldlinien in der Nähe eines magnetischen Pols

M 7 Magnetfeldlinien bei zwei magnetischen Polen

M 8 Magnetfeldlinien bei vielen Magneten nebeneinander

Das Elementarmagnete-Modell

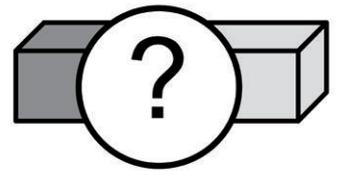
M 1

Du kannst nicht sehen, wie ein Magnet aufgebaut ist. Er sieht aus wie ein Stück Metall. Deshalb braucht man ein Modell, um seine Eigenschaften zu verstehen.

Wir suchen also ein **Modell**, das die Eigenschaften eines Magneten erklären kann.

Für Physiker ist ein Modell ein **gutes Modell**, wenn möglichst viele seiner Eigenschaften mit der Wirklichkeit übereinstimmen. Ein gutes Modell für einen Magneten kann also z. B. Folgendes erklären:

- Jeder Magnet hat einen Nordpol und einen Südpol.
- Was geschieht, wenn Eisen magnetisiert wird?
- Warum erhält man zwei Magnete, wenn ein Magnet durchbricht?
- Warum ist Eisen nicht immer magnetisch?



Schülerversuch mit Aufgabenblatt:

Vorbereitung: 5 min, Durchführung: 20 min

Materialien

Permanentmagnet

Zerbrochene Magnete



Schritt 1: Betrachte die Wirklichkeit

Aufgabe 1:

Schau dir einen ganzen Magneten genau an. Auch wenn du Lupen oder Mikroskope verwendest, siehst du nicht besser, was im Inneren des Magneten passiert. Vielleicht sind die Kratzer an der Oberfläche deutlicher zu sehen.

Schritt 2: Ein Unfall mit Folgen – Kleinteile

Wird ein Magnet versehentlich fallen gelassen, kann zerbrechen er oft in mehrere Teile.

Aufgabe 2:

Wir lassen natürlich keine Magnete fallen. Prüfe, ob die einzelnen Stücke des vorhandenen zerbrochenen Magneten sich genauso wie ein Magnet verhalten.

Tip: Wie viele Pole hat jedes Teil? Stoßen sich die Teile gegenseitig ab? Ziehen sie sich gegenseitig an? Ist es genauso wie bei zwei ganzen Magneten?

Merke: Wenn ein Magnet zerbrochen ist, lassen sich die einzelnen Teile immer noch als Magnet verwenden.

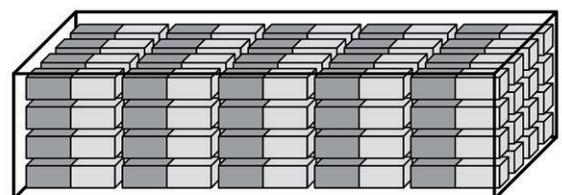
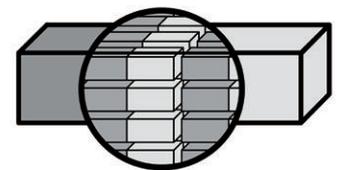


Schritt 3: Noch kleinere Teile

Stell dir vor, die Stücke des zerbrochenen Magneten werden weiter zerteilt. Und danach noch kleiner geteilt, bis in winzige Mini-Magnete. Ein Magnet besteht in unserem Modell deshalb aus ganz vielen Mini-Magneten. Diese Mini-Magnete nennt man **Elementarmagnete**, und das Modell heißt deswegen **Elementarmagnete-Modell**.

Ein Stabmagnet sieht im Elementarmagnete-Modell dann so aus wie in der Abbildung unten. Natürlich musst du dir darin noch viel, viel mehr Elementarmagnete vorstellen.

Alle Elementarmagnete sind parallel zueinander angeordnet, und ihre Pole zeigen alle in die gleiche Richtung.



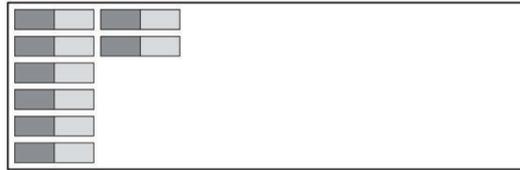
M 1a

Aufgabenblatt: Das Elementarmagnete-Modell

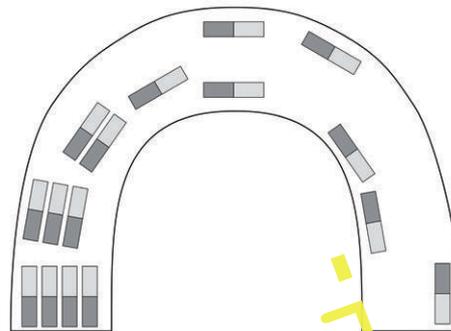
Aufgabe

Zeichne in den beiden Abbildungen jeweils die Elementarmagnete ein, wie sie im Stabmagneten und im Hufeisenmagneten angeordnet sein müssen.

Stabmagnet:



Hufeisenmagnet:

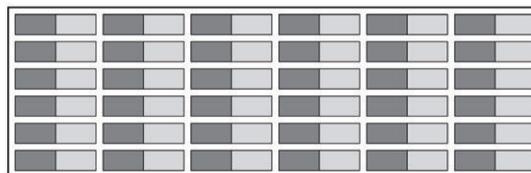


M 1b

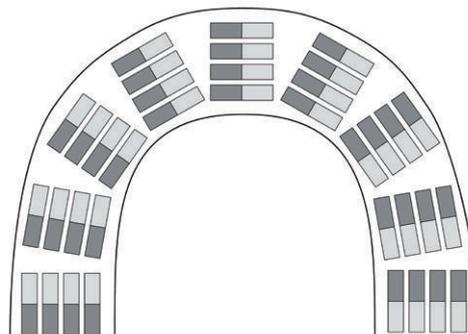
Lösungsblatt: Das Elementarmagnete-Modell

Achte darauf, dass die Elementarmagnete alle gleichgerichtet sind.

Stabmagnet:



Hufeisenmagnet:



Voransicht

M 2a

Beobachtungsbogen: Ein Magnet aus Elementarmagneten

Beobachtung 1:

Die lange Kette aus allen Elementarmagneten hat _____ Pole.

In der Mitte der Kette wird das Cent-Stück _____.

Das bedeutet, dass sich die Kette genauso wie ein großer _____ verhält.

Beobachtung 2:

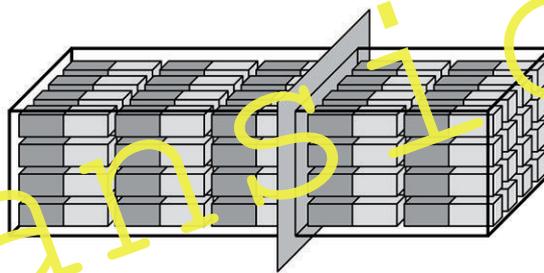
Die Kette wird in mehrere Teile geteilt.

Jedes der Teilstücke hat ebenfalls _____ Pole. Mit dem Centstück wurde geprüft:

Alle Teilstücke verhalten sich genauso _____.



Merke: Man kann sich vorstellen, dass jeder Magnet aus vielen Elementarmagneten gebildet wird, die alle parallel angeordnet sind. Wenn ein Magnet zerbricht oder geteilt wird, bestehen alle Teile immer noch aus vielen parallel angeordneten Elementarmagneten. Deshalb ist jeder dieser Teile ein Magnet.



Voransicht

hilfsbausteine		
drei	fast gar nicht angezogen	(wie ein) Nordpol
nicht angezogen	stark angezogen	etwas abgestoßen
(wie ein) Magnet	angezogen	zwei
vier	(wie ein) Stück Eisen	(wie ein) Südpol

© RAABE 2019

M 2b

Expertenkarte



Foto: Jörg Wassermann, Wermelskirchen

Die beiden Cent-Stücke werden bei dieser Anordnung stark von den Magneten angezogen. Warum aber sind anschließend die beiden Enden außerhalb der Cent-Stücke so wenig anziehend? Das ist doch immer noch ein zusammengesetzter Magnet.

Oder nicht?

Magnete verstärken sich und schwächen sich

M 4

Wenn ein Magnet anwesend ist, wirkt er anziehend auf seine eiserne Umgebung. Was passiert aber, wenn ein anderer Magnet dazukommt? Du kannst dir bestimmt vorstellen, was passiert, wenn ganz viele Elementarmagnete zusammenkommen.

Schülerversuch: Vorbereitung: 5 min, Durchführung: 10 min

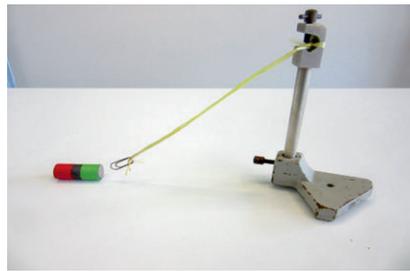
- Materialien
- Büroklammer am Faden
 - Stativfuß mit Stativklemme
 - 2 Permanentmagnete

Aufbau

Baue den Versuch wie in der Abbildung auf.

Die Büroklammer soll mit möglichst großem Abstand neben dem Magneten schweben.

Das bedeutet: Würdet ihr den Magneten nur ein kleines Stück weiter wegschieben, sollte die Büroklammer sofort herunterfallen.



Versuchsdurchführung

- Ein Partner hält den ersten Magneten gut fest, damit er sich nicht bewegt (den oberen im Bild). Der andere Partner nimmt den zweiten Magneten und nähert sich dem ersten von der Seite (wie im Bild), bis beide Magnete dicht nebeneinander sind.

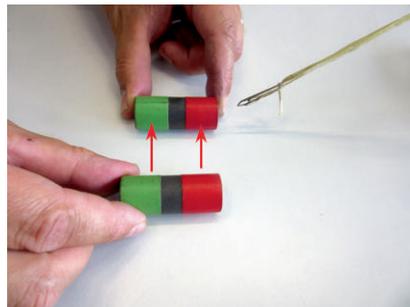
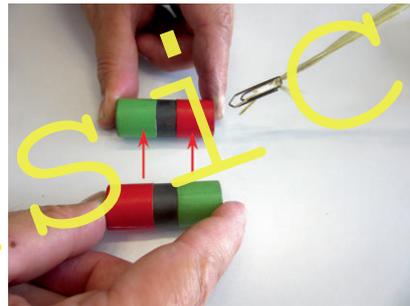
Dabei sollen ungleichnamige (verschiedene) Pole der beiden Magnete zusammenkommen.

Notiere Beobachtung 1.

- Tauscht die Plätze und wiederholt den Versuch. Der Unterschied: Diesmal sollen gleichnamige Pole der Magnete zusammenkommen. Das ist nicht ganz leicht, weil sie sich gegenseitig abstoßen. Probiert es aus!

Wenn die Magnete nebeneinanderliegen, vergrößert gemeinsam langsam den Abstand zur Büroklammer.

Notiere Beobachtung 2.



Fotos: Jörg Wassermann, Wermelskirchen

Erklärung

Überlege, was diese Beobachtungen für das Elementarmagnete-Modell bedeuten.

Magnetfeldlinien bei zwei magnetischen Polen

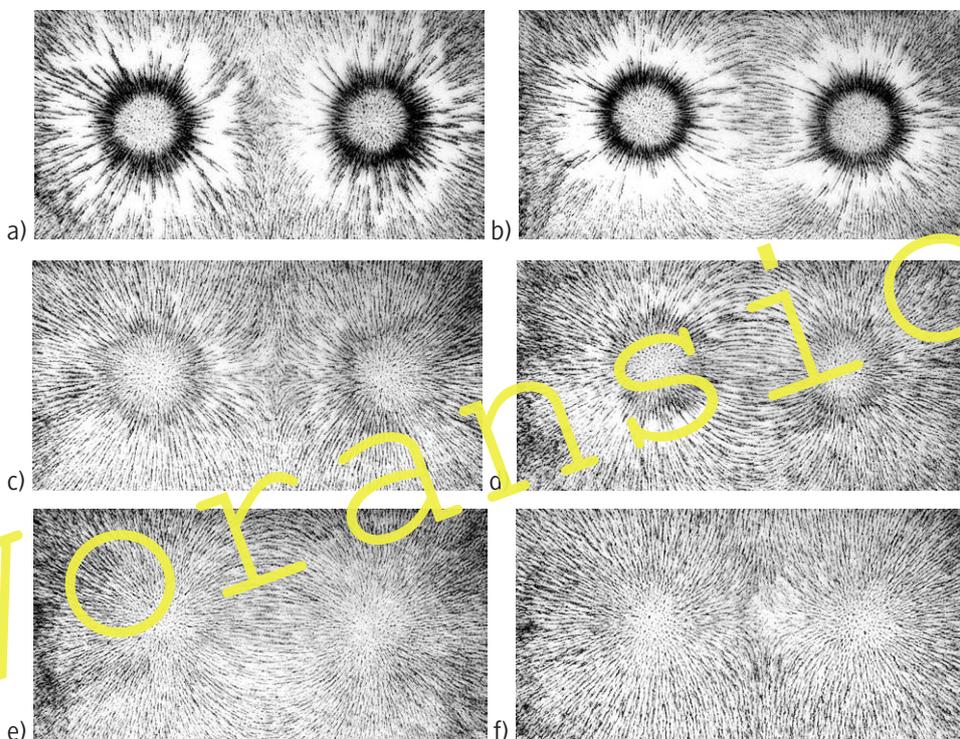
M 7

Du weißt, dass Feldlinien immer vom Nordpol zum Südpol verlaufen. Die beiden Pole scheinen also durch diese Feldlinien verbunden zu sein. Wenn sich aber zwei gleichnamige Pole begegnen, dann gehen sich die Feldlinien aus dem Weg.

Aufgaben

1. Hier siehst du sechs Bilder, auf denen jeweils die Pole von zwei verschiedenen Magneten ein Feldlinienbild erzeugen. Diese beiden Magnete wurden von unten einer Fläche mit Eisenspänen genähert.

Entscheide, ob in den Bildern zwei gleichnamige oder zwei ungleichnamige Pole genähert wurden. Die Magnete befinden sich in unterschiedlichen Abständen von den Eisenspänen.

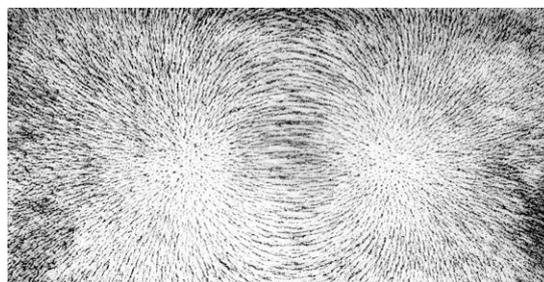


Fotos: Jörg Wassermann, bearbeitet von: W. Zettlmeier

2. Erkläre, warum du bei diesen Feldlinienbildern nicht entscheiden kannst, wo sich ein Nordpol und wo sich ein Südpol befindet.
3. In den Bildern oben wurden zwei Magnete nebeneinander unter die Eisenspäne gestellt.

Im Bild rechts wurde ein einzelner Magnet unter die Eisenspäne gelegt.

Suche ein dazu ähnliches Bild in Aufgabe 1. Begründe, dass die Feldlinien in beiden Bildern fast gleich verlaufen.



Hinweise (M 1)

Dieses Arbeitsblatt soll das Elementarmagnete-Modell zur Beschreibung des Aufbaus eines Magneten plausibel machen. Da in jeder gut sortierten Physik-Sammlung zerbrochene Magnete aufbewahrt werden und es intakte Magnete zum Vergleich gibt, sollte das Material überall zur Verfügung stehen.

Als vertiefende Maßnahme sollen auf einem zusätzlichen Arbeitsblatt anhand zweier Beispiele die fehlenden Elementarmagnete in einer Zeichnung ergänzt werden.

Hinweise (M 2)

Bei der Auswahl der Neodym-Magnete müssen Sie einen Kompromiss finden. Zu kleine Magnete gehen schnell verloren. Zu große Magnete haben dafür eine größere magnetische Wirkung, die dazu führen kann, dass die Beschichtung der Magnete nach relativ kurzer Nutzung durch viele Kollisionen absplittert. Zu kleine Magnete können verschluckt werden, an zu starken können sich die Schüler Quetschungen zuziehen.

Die besten Erfahrungen haben wir mit 1 cm langen Stabmagneten gemacht, so wie Sie sie auf den Abbildungen sehen und die über viele Quellen für wenige Euro bezogen werden können.

Sie finden für dieses Material als Hilfestellungen zum optionalen Einsatz einen Beobachtungsbogen und Hilfsbausteine.

Wenn die Schüler genau aufpassen, werden sie möglicherweise feststellen, dass bei der Elementarmagnete-Kette an den Nahtstellen eine kleine anziehende Kraft auf das Centstück wirkt. Diese Beobachtung ist in den Hilfsbausteinen angelegt. Wenn Sie darauf nicht eingehen möchten, löschen Sie die entsprechenden Textelemente vor dem Vervielfältigen.

Je schwerer die Magnete, desto weniger fällt dieses Phänomen auf, wenn versucht wird, die Magnet-Kette anzuheben. Der Effekt wird außerdem deutlich kleiner, wenn die Kanten der Magnete nicht abgerundet sind. Allerdings ist dann die Gefahr von Absplittierungen größer. Das haben wir festgestellt, als wir zunächst würfelförmige Magnete verwendet hatten.

Wir mag, kann diese kleine Anziehungskraft zum Anlass für eine Diskussion mit den Schülern über das Modell nutzen. Die Erklärung für dieses Phänomen sind die Feldlinien, die an den Übergängen nicht perfekt parallel zur Kette von einem Magneten zum anderen verlaufen und somit eine kleine Komponente in Richtung Magnet aufweisen.

Die angebotene Expertenfrage hat mehrere mögliche Antworten.

Ohne Modell: Die Cent-Stücke enthalten ferromagnetisches Material, das die magnetische Wirkung abschirmt.

Mit dem Elementarmagnete-Modell: Die Cent-Münze enthält Elementarmagnete, die sich durch die benachbarten Magnete ausrichten. Sie ordnen sich in diesem Bereich so an wie ein Hufeisenmagnet. Auch dieser hat auf der den Polen gegenüberliegenden Seite keine magnetische Wirkung.

Mit dem Feldlinienmodell: Die Feldlinien verlaufen an den beiden Enden von einem kleinen Magneten zum anderen direkt daneben. Wenn sie nun ausschließlich innerhalb der Cent-Münze verlaufen, dann gibt es hinter der Münze keine Feldlinien und damit keine Wirkung mehr.

Erwartungshorizont (M 2)

zwei / nicht angezogen / Magnet / zwei / wie ein Magnet