Spiralcurriculum

Magnetismus

Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen

Band 1: Elementarbereich

Band 2: Primarbereich

Band 3: Sekundarbereich

CLAUDIA VON AUFSCHNAITER
RITA WODZINSKI

Ermöglicht durch
Deutsche Telekom Stiftung

Deutsche Telekom Stiftung

Die Entwicklung des Spiralcurriculums wurde durch die Deutsche Telekom Stiftung ermöglicht.

Wir danken der Weidigschule Butzbach für die Unterstützung bei der Erprobung der Unterrichts.

Mitarbeit am Ordner: Matthias Elm (Kap. 4.1). Jan Fleischhauer (Kap. 5), Nadine Henn (Kap. 5), Mathias Ihne (Kap. 4.1 und 5), Peter Jens Klar (Kap. 4.1), Anke Ordemann (Kap. 5), Annabel Pötzl (Kap. 5.2.6), Andreas Vorholzer (Kap. 3.3.2)

Die zum Ordner gehörende Materialkiste ist bei der Caritas-Werkstatt Lünen erhältlich:
E-Mail: magnetismus@caritas-coesfeld.de
Fon: 02306 9801-2901
Fax: 02306 9801-2949

Die für den Unterricht benötigten Magneten sind beim Magnetladen erhältlich (www.magnetladen.de).

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

IMPRESSUM

Claudia v. Aufschnaiter, Rita Wodzinski
Spiralcurriculum Magnetismus: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen.
Band 3: Sekundarbereich
In der Reihe: Spiralcurriculum Magnetismus: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen.
Ein Curriculum vom Kindergarten bis zur 7. Klasse.
Herausgegeben von Kornelia Möller
3. Auflage 2020 (1. Auflage 2013 und 2. Auflage 2014 Friedrich Verlag)

Alle Rechte vorbehalten.

Redaktion: Julia Menz, Hannover
Realisation: Ansgar Klemm, Hannover
Illustrationen: Hendrik Kranenberg, Drolshagen
Technische Zeichnungen: Nadine Henn, Ansgar Klemm
Druck: WIRmachenDRUCK GmbH
Printed in Germany

Vorwort

Wie gelingt es, möglichst allen Kindern und Jugendlichen die MINT-Kompetenzen zu vermitteln, die sie für ihren weiteren erfolgreichen Bildungsweg brauchen? Das ist eine der Leitfragen, an der sich die Aktivitäten der Deutsche Telekom Stiftung orientieren, wenn sie neue Projekte für erfolgreiches MINT-Lehren und -Lernen entwickelt.
Mit unserem Vorhaben „MINTeinander“ wollen wir nicht nur dazu beitragen, Kindern und Jugendlichen MINT-Kompetenzen zu vermitteln. Wir gehen hier noch einen Schritt weiter, indem wir dafür sorgen, dass sie diese Kompetenzen systematisch und aufeinander aufbauend, also spiralförmig, entwickeln können. Damit dies gelingt, sind in den unterschiedlichen Bildungseinrichtungen – Kindertagesstätten, Grund- und weiterführenden Schulen – Lehr- und Lerninhalte notwendig, die altersgerecht angelegt und übergreifend aufeinander abgestimmt sind.
Wie groß das Interesse an solchen Spiralcurricula ist, hat uns der bundesweite Wettbewerb gezeigt, über den wir die ersten Materialien verteilt haben. Mehr als 750 Einrichtungen haben sich für die Informationen und Schulungen beworben, die das Projektkonsortium unter Leitung von Professorin Kornelia Möller, Direktorin des Seminars für Didaktik des Sachunterrichts an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, in mehrjähriger Arbeit konzipiert hat.
Die nun vorliegende erste Materialsammlung und die didaktische Begleithandreichung, mit denen wir die pädagogischen Fachkräfte und Lehrpersonen unterstützen, widmen sich dem Thema „Magnetismus“. Zurzeit entstehen zusätzlich Materialien und Handreichungen für die Themen „Schwimmen und Sinken“ sowie „Mechanik“.
Wir wünschen allen Fach- und Lehrkräften und natürlich allen Kita-Kindern, Schülerinnen und Schülern viel Freude beim Ausprobieren und Entdecken, beim mi(n)teinander Lehren und Lernen.

Dr. Ekkehard Winter
Geschäftsführer Deutsche Telekom Stiftung

1 Einleitung: Das Spiralcurriculum **5**

2 Lernen in den Naturwissenschaften **11**
2.1 Ziel naturwissenschaftlicher Bildung 11
2.2 Lernen als Veränderung von Vorstellungen 11
2.3 Die Bedeutung der Strukturierung von Lerngelegenheiten 12

3 Das Thema Magnetismus in einem bildungsstufenübergreifenden Curriculum **15**
3.1 Magnetismus als Gegenstand naturwissenschaftlicher Bildung 15
3.2 Naturwissenschaftliche Bildung von Anfang an 16
3.2.1 Inhaltbezogene Kompetenzen zum Thema Magnetismus 17
3.2.2 Prozessbezogene Kompetenzen in den Naturwissenschaften 22

4 Das Thema Magnetismus im Sekundarbereich **31**
4.1 Fachlicher Hintergrund 31
4.1.1 Phänomene des Magnetismus 31
4.1.2 Modelle zum Magnetismus 36
4.1.3 Magnetische Felder ohne Permanentmagneten 43
4.2 Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten 44

5 Unterricht in der Sekundarstufe I (klassenstufe 5 bis 7) **47**
5.1 Zum Aufbau des Unterrichts 47
5.2 Darstellung der Unterrichtssequenzen 49
5.2.1 Lernstandsdiagnostik zum Einstieg in den Unterricht 49
5.2.2 Sequenz 1 „Was wir schon über Magneten wissen“ 53
5.2.3 Sequenz 2 „Magneten wirken durch etwas hindurch“ 101
5.2.4 Sequenz 3 „Die Ausrichtung von Magneten“ 127
5.2.5 Sequenz 4 „Das Modell der Elementarmagneten“ 157
5.2.6 Sequenz 5 „Der Elektromotor“ 197
5.2.7 Lernstandsdiagnostik zum Abschluss des Unterrichts 233

6 Anhang **239**
6.1 Materiallisten 240
6.1.1 Magneten und Kompasse 240
6.1.2 Inhalt der Materialkisten zum Spiralcurriculum Magnetismus. Sekundarbereich (Caritas Werkstätten Nordkirchen) 241
6.1.3 Weitere Experimentiermaterialien 241
6.2 Literaturverzeichnis 245
6.3 Literaturempfehlungen 248
6.4 Bildquellenverzeichnis 248

Download Material:
Sie können die Downloadmaterialien auf www.spiralcurriculum-magnetismus.de erreichen. Bitte geben Sie den Downloadcode **d14998ew** in die Suchzeile ein und klicken Sie auf *Suche*. Sie werden dann automatisch zum Downloadmaterial weitergeleitet.

1 Einleitung: Das Spiralcurriculum Magnetismus

1 Das Spiralcurriculum Magnetismus: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen

Ein Curriculum vom Kindergarten bis zum Anfangsunterricht in der Sekundarstufe I (Kl. 5 bis 7)

Das Spiralcurriculum zum Thema Magnetismus ist bildungsstufenübergreifend für den Kindergarten bis zur Sekundarstufe I (Klassen 5 bis 7) konzipiert. Es zielt darauf ab, die Entwicklung naturwissenschaftlicher Kompetenzen von Anfang an stufengerecht zu fördern und die Übergänge vom Kindergarten in die Grundschule und von der Grundschule in die Sekundarstufe zu erleichtern. Neben dem Erwerb inhaltsbezogener Kompetenzen zum Themenfeld Magnetismus steht die systematische Heranführung an naturwissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen im Zentrum des Spiralcurriculums.
Leitendes Prinzip ist das durch pädagogische Fachkräfte bzw. Lehrkräfte angemessen begleitete forschende Lernen. Das dem Spiralcurriculum zugrunde liegende Lernverständnis geht davon aus, dass Wissen nicht „vermittelt“ werden kann, sondern von den Lernenden gemeinsam aktiv konstruiert werden muss. Gerade jüngere Lernende sind dabei darauf angewiesen, Wissen auf der Basis konkreter Erfahrungen zu entwickeln – das Spiralcurriculum ermöglicht daher in allen Bildungsbereichen entsprechende Handlungs- und Experimentiererfahrungen. Gleichzeitig benötigen Lernende für die Entwicklung von Wissen die gezielte Unterstützung der Fachkräfte bzw. Lehrkräfte. Entsprechende Vorschläge, z. B. zur Strukturierung der Inhalte oder zur Gestaltung gemeinsamer Gespräche, sind zentraler Bestandteil der vorgelegten Materialien.
Drei aufeinander abgestimmte Materialpakete für den Elementar-, Primar- und Sekundarbereich unterstützen die pädagogischen Fachkräfte des Kindergartens sowie die Lehrkräfte darin, die angestrebten Ziele zu erreichen. Sie wurden nach dem Prinzip der KiNT-Klasse(n)kisten auf der Basis von Forschungsergebnissen entwickelt und in der jeweiligen Bildungsstufe vielfach erprobt. Auch naturwissenschaftlich weniger erfahrene pädagogische Fachkräfte bzw. Lehrkräfte können mit Hilfe dieser Materialpakete kompetenzfördernde Lernsituationen in den entsprechenden Bildungsbereichen gestalten.

Jedes Materialpaket besteht aus
- einem Handbuch für die jeweilige Bildungsstufe sowie
- einer bzw. mehreren dazugehörigen Materialkisten.

Die Handbücher enthalten leicht verständliche Hintergrundinformationen, methodische und didaktische Hinweise sowie sorgfältig ausgearbeitete Vorschläge für die Gestaltung von Lernsituationen. Alle vorgeschlagenen Sequenzen orientieren sich an stufenübergreifend formulierten Kompetenzrastern, die in den Handbüchern ausführlich erläutert werden. Dabei werden sowohl inhaltsbezogene Kompetenzen zum Themenbereich Magnetismus als auch prozessbezogene Kompetenzen zum naturwissenschaftlichen Arbeiten und Denken berücksichtigt.
In den Materialkisten befinden sich Materialien, die für die Durchführung der vorgeschlagenen Sequenzen benötigt werden, in der Regel in den Institutionen aber nicht vorhanden sind. Das Materialangebot ist exakt auf die in den jeweiligen Handbüchern vorgeschlagenen Sequenzen abgestimmt, um die Organisation der entsprechenden Lernsituationen zu erleichtern.
Im Primar- und im Sekundarbereich beginnen die Unterrichtseinheiten mit Sequenzen, in denen Gelegenheit zum Wiederholen bzw. Erarbeiten vorangegangener Kompetenzen gegeben wird. So kann der Unterricht auch in solchen Klassen stattfinden, die bisher keine oder kaum Erfahrungen mit dem Spiralcurriculum hatten.

Die Materialpakete im Überblick

Materialpaket Elementarbereich
Mirjam Steffensky, Ilonca Hardy

Das Bildungsangebot
Die Materialien für den Elementarbereich enthalten vielfältige Bildungsangebote für Kinder zwischen vier und sechs Jahren mit insgesamt neun aufeinander abgestimmten Sequenzen zum Thema Magnetismus. Die Kinder entdecken Magneten[1] im Alltag, beschreiben die Wirkung von Magneten bei verschiedenen Materialien, erfahren Anziehung und Abstoßung und klassifizieren Mag-

[1] In diesem Handbuch wird der Begriff „Magnet“ nach Duden dekliniert; diese Form der Deklination deckt sich nicht in allen Fällen mit der verbreiteten alltagssprachlichen Verwendung.

neten nach unterschiedlichen Merkmalen. Durch Gelegenheiten zum Erproben, Beobachten, Überprüfen und Sortieren lernen die Kinder grundlegende Aspekte des naturwissenschaftlichen Arbeitens und Denkens in einem erfahrungsreichen Kontext kennen.

Das Handbuch

Das Handbuch enthält die detaillierte Beschreibung der Sequenzen, fachliche und didaktische Hintergrundinformationen, Vorschläge für die Diagnose von Kompetenzen bei Kindern mit unterschiedlichen Lernvoraussetzungen sowie Anregungen für eine integrierte Sprachförderung.
Damit können pädagogische Fachkräfte auch ohne naturwissenschaftliches Vorwissen altersspezifische Bildungsangebote zum Thema Magnetismus umsetzen.

Die Materialkiste

Die Materialkiste für den Elementarbereich enthält die wichtigsten für die Umsetzung der Bildungsangebote benötigten Materialien: sämtliche Alltagsmagneten, Materialien zum spielerischen Erkunden der Durchwirkung von Magneten, Materialquader zum Entdecken magnetischer Eigenschaften, Alltagsmaterialien mit „versteckten“ Magneten sowie Spielelemente zum Erfahren der Abstoßung und Anziehung von Magneten. Es müssen nur einige wenige, in jedem Haushalt vorhandene, Gegenstände ergänzt werden. Das Material reicht für Gruppen mit bis zu 15 Kindern aus. Zudem wird detailliert beschrieben, welche Materialien zusätzlich beschafft werden müssen, um mit größeren Kindergruppen arbeiten zu können.
Eine Liste mit den in den einzelnen Boxen enthaltenen Materialien befindet sich im Anhang des Handbuches.

Materialpaket Primarbereich

Kornelia Möller, Hans-Peter Wyssen,
Anja Hirschmann, Mareike Bohrmann,
Torben Wilke

Das Bildungsangebot

Die Materialien für die Klassenstufen 1/2 und 3/4 umfassen insgesamt 15 Unterrichtssequenzen zum Magnetismus. Die Kinder finden in den Klassenstufen 1/2 zunächst heraus, welche Materialien von Magneten angezogen werden, untersuchen anschließend die Pole bei unterschiedlichen Magneten, entdecken, wie Magneten aufeinander reagieren, leiten die Polregel ab, magnetisieren einen Eisendraht und erfahren etwas über die Entdeckung des natürlichen Magnetismus. In den Klassenstufen 3/4 bestimmen sie mit unterschiedlichen Verfahren die Stärke von Magneten, bauen einen Kompass, orientieren sich mit Hilfe des Kompasses, erfahren etwas über den Erdmagnetismus und stellen einen Elektromagneten her. In Hinblick auf naturwissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen lernen die Kinder das Formulieren von Fragen, das Aufstellen und Überprüfen von Vermutungen, das Durchführen und selbstständige Planen von Versuchen, das Begründen, Schlussfolgern und Vorhersagen, das Dokumentieren sowie das Entwickeln kontrollierter Experimente. Auf der Basis der eigenen Forschertätigkeit wird zudem das Nachdenken über Naturwissenschaft angebahnt.

Das Handbuch

Das Handbuch enthält neben den detailliert beschriebenen Unterrichtssequenzen und den benötigten Hintergrundinformationen auch Arbeitsblätter für die Hand der Kinder, Anregungen zur Differenzierung, Versuchsbeschreibungen, Vorlagen für Folien, Lesetexte, Aufgaben zur Diagnose der erworbenen Kompetenzen, einen Vorschlag für das Führen eines Forschertagebuches sowie Beobachtungstabellen für das Diagnostizieren erreichter Kompetenzen im Unterricht. Es ist so gestaltet, dass Lehrkräfte auch ohne naturwissenschaftliches Vorwissen einen kompetenzorientierten Unterricht zum Thema Magnetismus durchführen können.

Die Materialkisten

Die Materialkisten für den Primarbereich umfassen je zwei hohe Boxen für die Klassenstufen 1/2 und 3/4 sowie drei eingesetzte flache Boxen. Sie enthalten (fast) alles, was für die Umsetzung der im Handbuch vorgeschlagenen 15 Lernsequenzen notwendig ist: Sämtliche für den Unterricht benötigte Magneten (auch in Klassenstärke), Materialquader zum Erkunden magnetischer Eigenschaften, Materialien für den Bau eines Elektromagneten und eines Kompasses, Demonstrationsexperimente sowie weitere für die Durchführung von Versuchen und Experimenten benötigte Vorrichtungen bzw. Kleinteile. Lediglich einfach zu beschaffende Verbrauchsmaterialien, wie Tesafilm, Bindfaden usw., müssen die Lehrkräfte selbst besorgen. In den Handbüchern sind die jeweils aus den Materialkisten benötigten Materialien sowie die selbst zu beschaffenden Materialien zu jeder Sequenz detailliert aufgelistet. Das Material reicht für den Unterricht in Klassen mit bis zu 32 Kindern.
Eine Liste mit den in den einzelnen Boxen enthaltenen Materialien befindet sich im Anhang des Handbuches.

Materialpaket Sekundarbereich

Claudia von Aufschnaiter, Rita Wodzinski

Das Bildungsangebot

Die Materialien für die Klassenstufen 5 bis 7 umfassen fünf Unterrichtssequenzen im Umfang von je einer Doppelstunde, welche die in der Primarstufe entwickelten Kompetenzen aufgreifen, vertiefen und erweitern. Dazu gehören sowohl die grundlegenden Eigenschaften von Magneten als auch Aspekte des Erdmagnetismus. In Hinblick auf naturwissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen werden das Prinzip der Variablenkontrolle eingeführt sowie das Modellieren am Beispiel der Elementarmagneten thematisiert. Die Schülerinnen und Schüler bauen zudem einen einfachen Elektromotor und entwickeln so ihre in der Primarstufe gemachten Erfahrungen zum Elektromagnetismus weiter. Die Unterrichtsmaterialien betonen das selbstständige Arbeiten der Schülerinnen und Schüler und bieten vielfältige Möglichkeiten der Differenzierung.

Das Handbuch

Das Handbuch enthält eine umfassende Aufbereitung der fachlichen Grundlagen, die zum Teil über die in den Sequenzen thematisierten Inhalte hinausgeht, um vertiefende Einblicke zu ermöglichen. Die Sequenzen werden detailliert im Ablauf beschrieben und durch vorbereitete Arbeitsblätter sowie Lehrmaterialien ergänzt. Es werden zudem Vorschläge für eine Eingangs- und eine Abschlussdiagnostik gemacht. Das Handbuch ist so angelegt, dass es auch von fachfremd unterrichtenden Lehrkräften genutzt werden kann.

Die Materialkisten

Die zwei Boxen für den Sekundarbereich I enthalten bis auf Magneten, Kompasse und einige leicht verfügbare Kleinteile alle Materialien, die für die Durchführung der Unterrichtssequenzen notwendig sind. Hierzu gehören insbesondere Stäbe, Quader und Platten aus unterschiedlichen Materialien, die für die Untersuchung der Eigenschaften von Magneten, der Abschwächung der

Bezug der Materialpakete Spiralcurriculum Magnetismus

MIRJAM STEFFENSKY, ILONCA HARDY
Materialkiste zum Spiralcurriculum Magnetismus:
Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Elementarbereich.
Bestellnummer: 500-1-01063
Caritas-Werkstatt Lünen

KORNELIA MÖLLER, HANS-PETER WYSSEN, ANJA HIRSCHMANN,
MAREIKE BOHRMANN, TORBEN WILKE
Materialkisten zum Spiralcurriculum Magnetismus:
Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Primarbereich.
Bestellnummer: 500-1-01064
Caritas-Werkstatt Lünen

CLAUDIA VON AUFSCHNAITER, RITA WODZINSKI
Materialkisten zum Spiralcurriculum Magnetismus:
Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Sekundarbereich.
Bestellnummer: 500-1-01065
Caritas-Werkstatt Lünen

Die zu den Materialkisten gehörenden Handbücher sind ebenfalls für jede Bildungsstufe separat über die Caritas-Werkstätten Lünen zu beziehen.

Handbuch Magnetismus Elementarbereich Bestellnummer: 500-1-08579
Handbuch Magnetismus Primarbereich Bestellnummer: 500-1-08580
Handbuch Magnetismus Sekundarbereich Bestellnummer: 500-1-08581

Bezug durch:
Caritas-Werkstatt Lünen
Fon 02306 9801-2901
Fax 02306 9801-2949
magnetismus@caritas-coesfeld.de

magnetischen Wirkung und für Experimente zum Modell der Elementarmagneten notwendig sind. Ebenfalls enthalten sind Spulen und zugehörige Halterungen für Experimente zum Elektromagnetismus. Die Materialien wurden so zusammengestellt, dass sie auch für andere physikalische Themenfelder nutzbar sind (z. B. elektrische Leitfähigkeit). Es wurde bewusst darauf verzichtet, die Kiste mit Magneten, Kompassen und anderen Kleinteilen zu bestücken, da diese entweder an Schulen vorhanden sind oder sich sehr leicht aus anderen Quellen beschaffen lassen. Entsprechende Anbieter sind im Handbuch vermerkt. Alle Materialien sind so zusammengestellt, dass sie Kleingruppenarbeit mit je drei Schülerinnen und Schülern bis zu einer Klassengröße von 33 Lernenden ermöglichen.
Eine Liste mit den in den einzelnen Boxen enthaltenen Materialien befindet sich im Anhang des Handbuches.

Zum Aufbau des Handbuchs

Die bildungsstufenübergreifenden Kapitel des Handbuchs – Kapitel 2 und 3

Die Kapitel 2 und 3 wenden sich an alle Bildungsbereiche. Sie stellen Ziele und lernpsychologische Grundlagen des Spiralcurriculums dar (Kap. 2), begründen, warum das Thema Magnetismus für eine Bearbeitung in allen drei Bildungsbereichen geeignet ist (Kap. 3.1), und schlagen vor, wie im Elementar-, Primar- und Sekundarbereich Kompetenzen und das zugrunde liegende Wissen spiralförmig aufgebaut werden können (Kap. 3.2).
Kapitel 2 „Lernen in den Naturwissenschaften“ umreißt die dem Spiralcurriculum zugrunde liegenden Ziele der naturwissenschaftlichen Bildung (Kap. 2.1) und die psychologischen Grundlagen des Lernens von Naturwissenschaften (Kap. 2.2). Daran anschließend wird beschrieben, wie Lernsituationen strukturiert werden können, um forschendes Lernen zu unterstützen und die Entwicklung naturwissenschaftlicher Bildung zu fördern (Kap. 2.3).
Kapitel 3 „Das Thema Magnetismus in einem bildungsstufenübergreifenden Curriculum“ stellt das Thema Magnetismus als Lerngegenstand vor. Zunächst wird begründet, warum das Thema Magnetismus in allen Bildungsbereichen fruchtbare Lernprozesse ermöglichen kann, was das Thema für Kinder interessant und bedeutsam macht und welche Potenziale es für forschend-entdeckende Lernsituationen bietet (Kap. 3.1). Kapitel 3.2 unterscheidet als zentrale Bereiche einer naturwissenschaftlichen Grundbildung das inhaltsbezogene sowie das prozessbezogene Wissen und die jeweils dazugehörenden Kompetenzen als Indikatoren für ein anwendungsbezogenes, flexibles Wissen. Die inhaltsbezogenen Kompetenzen beziehen sich auf das Themengebiet „Magnetismus“, die prozessbezogenen Kompetenzen sind inhaltsunspezifisch formuliert. Im Bereich des prozessbezogenen Wissens bzw. der prozessbezogenen Kompetenzen wird unterschieden zwischen naturwissenschaftlichen Arbeits- und Denkweisen sowie Überlegungen zum Wesen der Naturwissenschaft und ihrer Erkenntnisweisen (Natur der Naturwissenschaften).
Die Teilkapitel 3.2.1 und 3.2.2 listen in Tabellen Kompetenzen auf, die nach unseren Voruntersuchungen von Lernenden im jeweiligen Bildungsbereich in der Regel erreicht werden können, ohne die Lernenden zu unter- bzw. zu überfordern. Die den einzelnen Bildungsbereichen zugeordneten Kompetenzen bauen aufeinander auf und ermöglichen so eine kontinuierliche Vertiefung bzw. Erweiterung von Kompetenzen.
Im Kapitel 3.2.1 finden sich die inhaltsbezogenen Kompetenzen zum Themenfeld Magnetismus. Dazu gehört z. B. im Elementarbereich das Benennen von Alltagsgegenständen mit Magneten, im Primarbereich das Herstellen und Beschreiben der Funktionsweise eines Kompasses und im Sekundarbereich das Nutzen des Elementarmagneten-Modells zum Beschreiben von Eigenschaften des Magnetismus.
Kapitel 3.2.2 listet in der dort vorhandenen Tabelle zwölf unterschiedliche Arbeits- und Denkweisen in den Naturwissenschaften auf, z. B. das Beobachten, Bilden von Vermutungen/Hypothesen, Argumentieren/Begründen usw. Für jeden Bildungsbereich wird angegeben, welche Kompetenzen auf der jeweiligen Niveaustufe erreicht werden können. Da die prozessbezogenen Kompetenzen inhaltsunspezifisch formuliert sind, lassen sich die angegebenen Kompetenzstufungen auch dem Unterricht in anderen Inhaltsfeldern zugrunde legen.
Eine weitere Tabelle gibt eine Übersicht über Kompetenzen, die ein angemessenes Verständnis über die Merkmale der Naturwissenschaften, die Forschungsmethoden und die Bedingtheiten von Naturwissenschaften vorbereiten können. Diese reflexive Metaebene – also das Nachdenken über Naturwissenschaften – findet in der Didaktik immer stärkere Beachtung. Allerdings ist die Entwicklung eines Verständnisses über die Besonderheiten der Naturwissenschaften ein langwieriger Prozess, der erst nach zunehmender Generalisierung auf der Basis von erfahrenen Einzelfällen erreicht werden kann. Die angegebenen Kompetenzen wurden deshalb nicht einzelnen Niveaustufen zugeordnet; sie fungieren ledig-

lich als Orientierung für erste Schritte in Richtung eines angemessenen Wissens über Naturwissenschaften.
In den für jeden Bildungsbereich vorgeschlagenen Sequenzen (Kap. 5) findet sich zu Beginn jeweils eine Auflistung der in der Lerneinheit verfolgten Kompetenzen und des diesen Kompetenzen zugrunde liegenden Wissens. Diese ermöglicht eine konsequente Kompetenzorientierung der vorgeschlagenen Lernsituationen.

Der Unterricht zum Thema Magnetismus in der Sekundarstufe I – Kapitel 4 bis 6

Im Kapitel 4.1 werden zunächst die fachlichen Grundlagen vorgestellt, die für die Gestaltung von Lernsituationen im Sekundarbereich bedeutsam sind. Die Darstellung der fachlichen Grundlagen beginnt mit einer Beschreibung der Phänomene (Kap. 4.1.1) und wendet sich dann den zugehörigen Modellen (Kap. 4.1.2) sowie dem Erdmagnetismus und dem Elektromagnetismus zu (Kap. 4.1.3). Kapitel 4.2 gibt eine Übersicht über Schülervorstellungen, die das Lernen im Themenbereich Magnetismus erschweren können.
Kapitel 5 beginnt mit einer Einführung in den für die Sekundarstufe I vorgeschlagenen Unterricht und seinen Aufbau (Kap. 5.1). Das Kapitel 5.2.1 stellt ein Verfahren der Eingangsdiagnostik vor, dessen Ergebnisse genutzt werden können, um in Sequenz 1 Schülerinnen und Schüler unterschiedliche, binnendifferenzierende Aufgabenpakete zuzuweisen. Die dann folgenden Kapitel 5.2.2 bis 5.2.6 enthalten für jede Sequenz detaillierte Beschreibungen des Unterrichtsablaufes sowie alle Schülerarbeitsblätter und Unterrichtsmaterialien für die Lehrkraft. Kapitel 5.2.7 stellt Aufgaben für die Diagnostik vor, die auch als Klassenarbeit am Ende des Unterrichts eingesetzt werden können.
In Kapitel 6.1 (Anhang) werden die für den Unterricht benötigten Experimentiermaterialien aufgeführt, aufgeschlüsselt nach Magneten und Kompassen (Kap. 6.1.1), den in den Materialkisten befindlichen Materialien (Kap. 6.1.2) sowie weiteren benötigten Experimentiermaterialien (Kap. 6.2.3 und 6.1.4). Kap. 6.2 enthält Angaben zur verwendeten Literatur, Kap. 6.3 Literaturempfehlungen.

Materialkisten Sekundarbereich. Spiralcurriculum Magnetismus: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen.

Herausgegeben von Kornelia Möller

www.caritas-coesfeld.de/magnetismus
magnetismus@caritas-coesfeld.de

Box 1

Box 2

2 Lernen in den Naturwissenschaften

2 Lernen in den Naturwissenschaften

2.1 Ziele naturwissenschaftlicher Bildung

Lernen in den Naturwissenschaften schließt in allen Bildungsstufen neben dem Aufbau von inhaltsbezogenem Wissen auch das Aneignen naturwissenschaftlicher Arbeits- und Denkweisen ein. Die Kinder sollen lernen, wie man in den Naturwissenschaften Phänomenen auf den Grund geht und wie man Erkenntnisse gewinnt. Sie sollen dabei auch eine erste Vorstellung davon bekommen, was naturwissenschaftliches Arbeiten bedeutet, wie Forscherinnen und Forscher vorgehen und welche Tätigkeiten dabei wichtig sind. Dieses Wissen wird auch als prozessbezogenes Wissen bezeichnet.

Beide Bereiche, also das inhaltsbezogene sowie das prozessbezogene Wissen, sind zentrale Bestandteile einer naturwissenschaftlichen Grundbildung. Naturwissenschaftliche Grundbildung (häufig auch als „Scientific Literacy“ bezeichnet) wird auch in Bildungsplänen der verschiedenen Bildungsstufen als Ziel naturwissenschaftlicher Bildungsprozesse benannt.

Naturwissenschaftliche Grundbildung soll Menschen dazu befähigen, an einer von Naturwissenschaften und Technik geprägten Welt teilzuhaben, zum Beispiel Debatten, in denen naturwissenschaftliche Inhalte aufgegriffen werden, zu verfolgen und eine eigene Position einzunehmen. Neben dem Wissen gehören zur naturwissenschaftlichen Grundbildung auch die Bereitschaft, das Interesse und das Selbstvertrauen, sich mit naturwissenschaftlichen Themen und Phänomenen auseinanderzusetzen. Diese Aspekte sind eine wichtige Voraussetzung für eine freiwillige und länger andauernde Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Themen.

Die Entwicklung einer solchen naturwissenschaftlichen Grundbildung wird als ein lebenslanger Prozess verstanden, der in der frühen Kindheit beginnt, z. B. mit ersten explorativen Erkundungen der Umgebung, und der dann im Elementarbereich und in der Schule zunehmend systematisch unterstützt wird.

Dieser Prozess endet (idealerweise) nicht mit der Schulzeit, sondern setzt sich in der freiwilligen Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Inhalten fort.

Gerade aus diesem Grund sind die Förderung des Interesses, der Bereitschaft zur Auseinandersetzung und des Zutrauens in die eigenen Fähigkeiten wichtige Bestandteile einer naturwissenschaftlichen Grundbildung.

2.2 Lernen als Veränderung von Vorstellungen

Lernende jeden Alters haben zu Beginn eines Lernprozesses bereits eigene Vorstellungen. Diese haben sich meist aufgrund von Beobachtungen und Erfahrungen, durch bestimmte Formulierungen, über Informationen (Medien, Eltern, Geschwister, Mitschüler …) oder durch Meinungen herausgebildet. So zeigen Untersuchungen, dass selbst Kinder im Alter von drei bis vier Jahren bereits plausible Annahmen über das Zustandekommen natürlicher Phänomene, wie z. B. Schatten, Wind oder Verdunstung, besitzen. Diese werden häufig gestützt durch Beobachtungen in der natürlichen Umwelt, sind jedoch wissenschaftlich oft nicht oder nur begrenzt tragfähig. Beispielsweise verknüpfen Kinder das Gewicht eines Gegenstandes häufig mit dem „gefühlten Gewicht“ in der Hand. Entsprechend nehmen sie an, dass ein Reiskorn nichts wiege, da man sein Gewicht in der Hand nicht spüren kann. Erst mit zunehmender Erfahrung wird den Kindern klar, dass Gewicht eine Eigenschaft von Materie ist, die auch dann sinnvoll angegeben werden kann, wenn der Gegenstand auf der Hand nicht spürbar ist.

Bereits vorhandene Vorstellungen bestimmen wesentlich den Verlauf und das Ergebnis von Lernprozessen. Nicht selten sind sie Ursache von Lernschwierigkeiten, wenn die naturwissenschaftlichen Vorstellungen im Widerspruch zu den eigenen Vorstellungen stehen (vgl. Kap. 4.2 Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten).

Der Übergang von den vorhandenen Vorstellungen zu den wissenschaftlichen Vorstellungen ist kein einfacher und vor allem kein geradliniger Prozess. Scheinbare Rückschritte, zwischenzeitliche Unzufriedenheit oder ein unreflektiertes Nebeneinander verschiedener Vorstellungen sind häufig während eines Lernprozesses zu beobachten. So kann ein Kind nach einer Unterrichtseinheit zum Schwimmen und Sinken von Gegenständen zwar durchaus korrekt angeben, dass nicht das Gewicht eines Gegenstandes entscheidet, ob der Gegenstand schwimmt oder sinkt. Dennoch kann es sein, dass dasselbe Kind in einer Situation mit neuen, nicht im Unterricht behandelten, Gegenständen erneut das Gewicht als einen wichtigen Faktor zur Erklärung des Schwimm- oder Sinkverhaltens anführt.

Der Aufbau und die Weiterentwicklung der eigenen Vorstellungen werden wesentlich durch den Austausch von Vorstellungen im Gespräch (sog. *Ko-Konstruktionen*) beeinflusst. Lernende sollten

daher Gelegenheiten bekommen, ihr individuelles Verständnis von Phänomenen im Gespräch darzulegen und ihre Vorstellungen zu begründen. Auf diese Weise können unterschiedliche Sichtweisen und Beobachtungen zu grundlegenden Phänomenen erkannt und ggf. gegenübergestellt werden.
Der bewusste Einsatz sozialer Lernsituationen in Partner- und Gruppenarbeiten kann zusätzlich soziale und sprachliche Kompetenzen fördern. Kinder lernen in solchen Lernsituationen in vielfältiger Weise voneinander; sie übernehmen z. B. Sprechweisen, Formulierungen oder bestimmte Vorgehensweisen, wandeln diese ab und gelangen dadurch zu neuen Vorstellungen. Die so erworbenen Fähigkeiten helfen auch bei der Bewältigung von sozialen Situationen oder bei Prozessen des selbstgesteuerten Lernens.

Eine Lernumgebung, die Lernenden helfen möchte, ihre vorhandenen Vorstellungen in Richtung angemessenerer Vorstellungen zu verändern, sollte zusammenfassend folgende Merkmale haben:

- selbstständiges Denken und forschend-entdeckendes Lernen fördern
- die kognitive Aktivität der Lernenden durch anregendes und hilfreiches Lernmaterial fördern
- die Ideen, Erklärungen und Vorstellungen, welche die Kinder in den Unterricht hineinbringen, berücksichtigen
- gemeinsame Denkprozesse im Gespräch, beispielsweise in Kleingruppen, fördern
- Möglichkeiten bieten, individuell erarbeitete Vorstellungen in verschiedenen Anwendungen und Beispielen zu festigen
- Reflexionsprozesse fördern

2.3 Die Bedeutung der Strukturierung von Lerngelegenheiten

In vielen konstruktivistischen Ansätzen wird die Rolle der Fach- bzw. Lehrkraft häufig als die eines Moderators und Lernbegleiters beschrieben. Die Fach- bzw. Lehrkraft soll sich weitgehend passiv verhalten und den Lernenden Raum lassen für eigene Lernwege. Forschungsergebnisse zeigen aber, dass es wesentlich darauf ankommt, dass die Fach- bzw. Lehrkraft eine sehr aktive Rolle einnimmt. Dabei geht es nicht darum, fertige Erklärungen an die Kinder zu vermitteln, sondern das Denken der Lernenden durch geeignete Strukturierungen zu unterstützen.
Die angemessene Strukturierung von Lernumgebungen durch die Fach- bzw. Lehrkraft erfüllt nach Vygotsky die Funktion eines Gerüstes, das den Lernenden ermöglicht, Aufgaben mit Unterstützung zu lösen, die sie allein noch nicht lösen können. Hat das Kind die entsprechenden Fähigkeiten aufgebaut, sollte die Strukturierung zurückgenommen und das Gerüst langsam abgebaut werden. Ähnlich wie bei der frühen Eltern-Kind-Interaktion soll die Fach- bzw. Lehrkraft also den Aufbau neuer Handlungs- und Denkweisen unterstützen, zu denen das Kind allein noch nicht fähig wäre. Ziel der Unterstützung ist, dass das Kind anschließend die Aufgabe selbstständig lösen kann. Diese Unterstützung ist sowohl im gemeinsamen Gespräch denkbar, indem beispielsweise die Vorstellungen unterschiedlicher Kinder verglichen und beispielhaft offengelegt werden, als auch in der individuellen Lernbegleitung in Einzelarbeitsphasen.

Anregung und Strukturierung von Lernprozessen in Gesprächen

Welche Möglichkeiten hat die Fach- bzw. Lehrkraft, Lernprozesse anzuregen und zu strukturieren? Wichtig ist, die Kinder immer wieder aufzufordern und zu ermutigen, eigene Gedanken zu äußern und zu begründen. Den Kindern muss glaubhaft versichert werden, dass jede Idee wichtig ist, auch wenn sie sich am Ende als unzutreffend erweist.
In der Lehr-Lernsituation gibt es verschiedene Möglichkeiten, das Denken der Kinder anzuregen und Lernsituationen inhaltlich so zu strukturieren, dass möglichst alle dem Geschehen folgen können. Bewährte Vorgehensweisen sind:

- das Zurückspiegeln von kindlichen Äußerungen
- das Einfordern von Begründungen und Belegen
- das Herausstellen von Unterschieden oder Widersprüchen zwischen unterschiedlichen Äußerungen
- das Ermutigen zum Weiterdenken
- das Anregen von Transferüberlegungen
- das Unterstützen beim Formulieren, Darstellen und Notieren von Ideen
- das Verstärken wichtiger Aussagen
- das Zusammenfassen wichtiger Erkenntnisse
- das Vereinbaren von Gesprächsregeln

Anregung und Strukturierung von Lernprozessen durch Lernaufgaben

Auch Lernaufgaben bieten gute Möglichkeiten, Lernprozesse anzuregen, zu strukturieren und zu unterstützen. Wichtig ist dabei, das Anforderungsniveau einer Aufgabe passend zu wählen. So ist z. B. wesentlich, ob eine Aufgabenstellung lediglich das Abrufen von zuvor gelernten Fakten oder aber die eigenständige Untersuchung und Bewer-

tung einer Situation durch geeignete naturwissenschaftliche Verfahren verlangt. Zu beachten ist zudem, dass die Auswahl passender Aufgaben nicht unabhängig vom Vorwissen der Lernenden möglich ist. Bei Lernaufgaben sollten deshalb auch Möglichkeiten der Differenzierung vorgesehen werden.
Lernaufgaben können einen Lernprozess strukturieren, indem Teilaufgaben in eine geeignete Abfolge gebracht werden, die für den Aufbau von Kompetenzen hilfreich ist. Bei der Gestaltung von Lernaufgaben sind folgende Fragen zu klären:

- In welche Teilaspekte kann eine komplexe Fragestellung sinnvoll untergliedert werden?
- Welches Vorwissen, welche Kompetenzen sind nötig, um bestimmte Teilaspekte der Aufgabe zu bearbeiten?
- Welche Lernschwierigkeiten sind auf Seiten der Lernenden zu erwarten?
- Wie kann man den Lernschwierigkeiten in Teilaufgaben gezielt begegnen?
- Wie lassen sich die Lernwege der Kinder durch eine geeignete Sequenzierung von Teilaufgaben strukturieren?

Von der Einschätzung der Lernwege und Lernschwierigkeiten wird abhängen, welche Abfolge von Lernaufgaben sich anbietet und wie eine ergänzende individuelle Unterstützung der Lernprozesse aussehen kann.

Die im Handbuch dargestellten Lernsituationen zum Thema Magnetismus: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen greifen diese grundlegenden Überlegungen zum Lernen auf. Sie berücksichtigen bereits vorhandene Vorstellungen und mögliche Lernschwierigkeiten, sind sequentiell aufgebaut und enthalten Hinweise auf anregende und strukturierende Maßnahmen der Fach- bzw. Lehrkraft.

3 Das Thema Magnetismus in einem bildungsstufen-übergreifenden Curriculum

3 Das Thema Magnetismus in einem bildungsstufenübergreifenden Curriculum

3.1 Magnetismus als Gegenstand naturwissenschaftlicher Bildung

Das Thema Magnetismus eignet sich für naturwissenschaftliche Bildung vom Elementarbereich bis zum Sekundarbereich, da es in allen Bereichen ergiebige und fruchtbare Lernsituationen ermöglicht. Im Folgenden werden mögliche Zugänge und Kontexte aufgezeigt.

Phänomenen des Magnetismus begegnen Kinder in ihrer Alltagswelt in vielen Bereichen – von Magnetspielzeugen, über Kühlschrank- und Tafelmagneten bis hin zu Magnetverschlüssen an Taschen, Türen und Schmuck, um nur einige der zahlreichen Anwendungen zu nennen. Die Tatsache, dass sich bei Magneten eine Wirkung beobachten und fühlen lässt, die keine sichtbare Ursache hat, ist für Kinder und Erwachsene gleichermaßen faszinierend. Auch die Wirkung über die Distanz hinweg ist spannend und erzeugt einen großen Anreiz, um mit Magneten zu spielen, ihre Wirkung zu spüren und ihre Eigenschaften zu erkunden.

In der Technik wird die magnetische Wirkung vielfach genutzt, meist unter Verwendung von Elektromagneten anstelle der aus dem Alltag bekannteren Dauermagneten. Generatoren, Elektromotoren und Lautsprecher sind Beispiele aus dem täglichen Umfeld. Anwendungen, wie der Magnetresonanztomograph, die Magnetschwebebahn oder die elektronische Datenspeicherung, zeigen, dass der Magnetismus auch bei modernen technischen Entwicklungen eine bedeutende Rolle spielt. Die fundamentale Bedeutung des Magnetismus zeigt sich ebenfalls darin, dass die elektromagnetische Kraft neben der Gravitationskraft und den beiden Kräften im Zusammenhang mit den atomaren Wechselwirkungen zu den vier bekannten in der Natur wirkenden Grundkräften zählt.

Auch aus wissenschaftshistorischer Perspektive bietet der Magnetismus viele interessante Anknüpfungspunkte für naturwissenschaftliche Bildung. Erforscht wird der Magnetismus seit der Antike. Mit der Verbreitung des Kompasses in Europa im 13. Jahrhundert wurde die Navigation auf See wesentlich vereinfacht. Als erste wissenschaftliche Veröffentlichung gilt eine Arbeit von William Gilbert um 1600. Die Entdeckung des Elektromagnetismus schließlich geht auf Oerstedt zurück, der 1820 durch Zufall entdeckt haben soll, dass eine Magnetnadel in der Nähe eines stromdurchflossenen Leiters abgelenkt wird.

Auch wenn der Magnetismus bereits seit langem erforscht wird, sind bis heute viele mit dem Magnetismus zusammenhängende Fragen nicht geklärt, wie zum Beispiel die Entstehung des Erdmagnetismus, die Orientierung von Tieren mit Hilfe des Magnetsinns oder die Wirkung von Magnetfeldern und elektromagnetischer Strahlung auf Menschen.

Magnetismus stellt daher ein für Physik, Technik, Geografie und Biologie sehr relevantes, in vielen Bereichen äußerst spannendes und bis heute intensiv beforschtes Gebiet dar. Am Thema Magnetismus können zudem grundlegende naturwissenschaftliche Konzepte wie Eigenschaften von Materie und Wechselwirkungen erarbeitet werden.

Die im Spiralcurriculum vorgeschlagenen Lernsituationen zum Themenfeld Magnetismus greifen die Neugier der Kinder auf: Bereits im Elementarbereich können Kinder spielerisch magnetische Eigenschaften erkunden; der Primarbereich knüpft hier an und baut systematisch grundlegendes Wissen zu den Phänomenen des Magnetismus auf. In weiterführenden Schulen wird dieses Wissen z. B. für die Erarbeitung der Funktionsweise eines Elektromotors genutzt und durch die Untersuchung magnetischer Felder erweitert. Die Erarbeitung technischer, biologischer und historischer Aspekte bietet sich ebenfalls an.

Die bisherigen Ausführungen zeigen, dass das Thema Magnetismus eine große Alltagsnähe aufweist und für die Naturwissenschaften einen zentralen Inhaltsbereich darstellt, der in vielen technischen Anwendungen eine Rolle spielt. Es bietet dadurch unterschiedliche Zugänge und Kontexte, die für altersgemäße Bildungsangebote im Elementar-, Primar- und Sekundarbereich genutzt werden können.

Darüber hinaus besitzt das Themenfeld Magnetismus besondere didaktische und unterrichtsmethodische Potenziale. Insbesondere eignet es sich gut für forschend-entdeckend angelegte Lernsituationen. Viele grundlegende Versuche lassen sich mit vertretbarem Materialaufwand als Schülerversuche durchführen. Auch Kinder mit geringen Vorerfahrungen können so zentrale Vorstellungen zum Thema Magnetismus entwickeln. Das breite Themenspektrum und die unterschiedlichen Schwierigkeitsgrade der zu erarbeitenden Aspekte bieten zudem gute Möglichkeiten zur individuellen Förderung und zur eigenständigen Vertiefung des Themas.

Die Vielzahl an relativ leicht zu realisierenden Schülerversuchen zum Magnetismus bietet darüber hinaus gute Voraussetzungen für das Erlernen naturwissenschaftlicher Arbeits- und Denkweisen. Im Elementarbereich kann das Beobachten sowie das Vergleichen und sprachliche Beschreiben von Beobachtungen in den Mittelpunkt gestellt werden. Im Primarbereich lässt sich das Planen, Durchführen und Dokumentieren von Versuchen, das Schlussfolgern und Begründen sowie das Entwickeln fairer Experimente thematisieren. Die systematische Kontrolle von Variablen sowie die Bildung und Prüfung von Modellen zur Erklärung der magnetischen Wirkung können sich im Sekundarbereich anschließen. Bereits im Grundschulbereich lassen sich darüber hinaus wichtige Elemente eines Verständnisses von Wissenschaft anbahnen, wie das Bewusstsein, dass wissenschaftliche Erkenntnisse nicht abgeschlossen sind und sich in ständiger Entwicklung befinden.

Da das Thema Magnetismus in fast allen Bundesländern in den Bildungs- bzw. Lehrplänen des Elementar-, Primar- und Sekundarbereichs erscheint, ist die Notwendigkeit einer curricularen Abstimmung offensichtlich. Das „Spiralcurriculum Magnetismus: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen“ setzt hier an: Es schlägt – auf der Basis vorangegangener Untersuchungen – eine inhaltlich sinnvolle Abfolge von Bildungsinhalten vom Elementarbereich bis in die ersten drei Jahre des Sekundarbereichs vor. Naturwissenschaftliches Wissen wird so in den jeweiligen Bildungsstufen in aufeinander aufbauenden Lernsituationen entwickelt, differenziert und erweitert. Der Aufbau inhaltlichen Wissens über den Magnetismus wird dabei mit der systematischen Förderung naturwissenschaftlicher Arbeits- und Denkweisen verknüpft.

3.2 Naturwissenschaftliche Bildung von Anfang an

Die Ziele naturwissenschaftlicher Bildungsprozesse orientieren sich national und international an den Vorstellungen von „Scientific Literacy“ (Scientific Literacy lässt sich mit dem Begriff „naturwissenschaftliche Grundbildung“ übersetzen, vgl. Kapitel 2). Zu einer solchen Grundbildung im Sinne von Scientific Literacy gehören:

- Naturwissenschaftliches *Wissen* sowie die *Fähigkeit*, dieses Wissen in verschiedenen Kontexten anwenden zu können
- *Wissen* über charakteristische Eigenschaften der Naturwissenschaften, insbesondere die Art und Weise, wie in den Naturwissenschaften Erkenntnisse gewonnen werden, sowie die *Fähigkeit*, naturwissenschaftlich zu arbeiten und darüber zu reflektieren
- Die *Bereitschaft*, sich mit naturwissenschaftlichen Themen zu beschäftigen und sich kritisch reflektierend damit auseinanderzusetzen

Naturwissenschaftliches Wissen lässt sich in *inhaltsbezogenes Wissen* und *prozessbezogenes Wissen* differenzieren. Inhaltsbezogenes Wissen bezieht sich auf naturwissenschaftliche Konzepte und Zusammenhänge; prozessbezogenes Wissen umfasst Wissen über die Art und Weise, wie Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftler denken und arbeiten, sowie Wissen darüber, was das Wesen bzw. die Natur der Naturwissenschaften kennzeichnet.
Naturwissenschaftliches Wissen und naturwissenschaftliche Bildung lassen sich nicht direkt beobachten. Aus diesem Grunde haben wir direkt beobachtbare und konkrete Verhaltensweisen formuliert, die als Indikator für das angestrebte anwendungsbezogene und flexible individuelle Wissen zu verstehen sind. Diese Verhaltensweisen bezeichnen wir als Kompetenzen. Die Kompetenzen beziehen sich – analog zum naturwissenschaftlichen Wissen – sowohl auf die Inhalte als auch auf die Prozesse. Wir bezeichnen diese beiden Bereiche im Folgenden als inhaltsbezogene bzw. prozessbezogene Kompetenzen. Die prozessbezogenen Kompetenzen schließen neben der Fähigkeit, naturwissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen anzuwenden, auch die Fähigkeit ein, über Naturwissenschaften und deren Arbeitsweisen zu reflektieren.
Die nachfolgende Übersicht stellt die Kompetenzen und das zugehörige Wissen dar (vgl. Tabelle, S. 17).

In den beiden folgenden Teilkapiteln werden die inhaltsbezogenen (zum Themenbereich Magnetismus) und prozessbezogenen Kompetenzen vorgestellt, die nach Erfahrungen aus ersten Untersuchungen im Elementar-, Primar- und Sekundarbereich erreichbar sind. Das zugeordnete Wissen wird dabei knapp skizziert, um die Bedeutung des Wissens im Zusammenspiel mit den Kompetenzen zu betonen. Weitere Konkretisierungen hinsichtlich des Wissens und zugeordneter Kompetenzen finden sich in den Ausführungen zu den vorgeschlagenen Sequenzen.
Die für die jeweiligen Bildungsbereiche vorgeschlagenen Kompetenzen bauen aufeinander auf. Damit wird Anschlussfähigkeit der Bildungsprozesse gewährleistet und eine kontinuierliche Kompetenzentwicklung ermöglicht.
Neben inhaltsbezogenen und prozessbezogenen Kompetenzen ist auch der Ausbau von motiva-

Naturwissenschaftliches Wissen	Naturwissenschaftliche Kompetenzen	Konkretisierungen für die drei Bildungsstufen
Inhaltsbezogenes Wissen	**Inhaltsbezogene Kompetenzen** Naturwissenschaftliches Wissen anwenden	Kap. 3.2.1
Prozessbezogenes Wissen Wissen über naturwissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen Wissen über die Natur der Naturwissenschaft (Metaebene)	**Prozessbezogene Kompetenzen** Naturwissenschaftlich denken und arbeiten Über Naturwissenschaften und naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren (Metaebene)	Kap. 3.2.2

Inhalts- und prozessbezogenes Wissen und zugeordnete Kompetenzen

tionalen, sozialen und sprachlichen Kompetenzen ein bedeutender Gegenstand naturwissenschaftlicher Bildung. Diese Aspekte haben bei der Gestaltung der Lernmaterialien durchweg eine wichtige Rolle gespielt; sie werden allerdings hier nicht gesondert aufgeführt.

3.2.1 Inhaltsbezogene Kompetenzen zum Thema Magnetismus

Die im Folgenden aufgeführte Liste benennt inhaltsbezogene Kompetenzen (**IK**) für den Elementarbereich, den Grundschulbereich und die Jahrgangsstufen 5 bis 7 zum Themenbereich Magnetismus, wie sie in den von uns vorgeschlagenen Sequenzen angestrebt werden. Unter der Voraussetzung, dass die Kompetenzen in entsprechenden Lernsituationen gezielt adressiert werden, können die aufgeführten Kompetenzen von Kindern des jeweiligen Bildungsbereichs in der Regel erreicht werden.

Die Kompetenzen sind nach thematischen Aspekten des Themenfeldes Magnetismus unterteilt, um einen schnellen Überblick über die verschiedenen Bereiche des Themenfeldes zu ermöglichen. Die Reihenfolge der thematischen Aspekte orientiert sich an einer inhaltlich aufeinander aufbauenden Struktur; sie ist aber nicht so zu verstehen, dass erst alle Kompetenzen eines thematischen Aspekts erarbeitet werden müssen, bevor ein anderer Aspekt begonnen werden kann.

Jeder inhaltliche Bereich wird eingeleitet durch eine Beschreibung des inhaltsbezogenen Wissens, das den aufgeführten Kompetenzen zugrunde liegt. Diese Auflistung dient der Orientierung der Fach- bzw. Lehrkräfte. Präzisierungen finden sich in den Beschreibungen der einzelnen Sequenzen. Die in einer Zeile aufgeführten Kompetenzen bauen aufeinander auf: Kompetenzen, die weiter rechts in einer Zeile stehen, sind entweder Differenzierungen zuvor gemachter Kompetenzen oder Erweiterungen. Verfügen Schülerinnen und Schüler im Primar- bzw. Sekundarbereich nicht über die Kompetenzen, die dem vorhergehenden Bildungsbereich zugeordnet sind, so sind diese zunächst aufzubauen.

In den Beschreibungen der Sequenzen werden zu Beginn diejenigen Kompetenzen explizit aufgeführt, zu deren Entwicklung die jeweilige Sequenz einen Beitrag leisten soll. Dabei wird die Nummerierung der Kompetenzen aus der Tabelle aufgegriffen, um die entsprechenden Kompetenzen in der Tabelle zu identifizieren und sich einen Eindruck über die vorauslaufenden Kompetenzen zu verschaffen.

Naturwissenschaftliches Wissen anwenden – Konkretisierung in Niveaustufen (Bereich Magnetismus)

Nr.	Kompetenzen Elementarbereich	Zusätzliche Kompetenzen Grundschulbereich	Zusätzliche Kompetenzen Klasse 5–7
	Die Kinder …	Die Schülerinnen und Schüler …	Die Schülerinnen und Schüler …
	Wechselwirkung von Magneten mit Materie Es gibt Gegenstände, auf die ein Magnet wirkt, und andere, auf die ein Magnet nicht wirkt. Das Material ist dabei entscheidend. Gegenstände aus Eisen, Kobalt und Nickel werden i. A. von Magneten angezogen. Ausnahmen bilden z. B. bestimmte Edelstahlsorten, die, obwohl sie Eisen enthalten, nicht von einem Magneten angezogen werden. Gegenstände, die von Magneten angezogen werden, nennt man magnetisierbar. Die Stellen stärkster Anziehung bezeichnet man als Pole eines Magneten. Pole treten immer paarweise auf. Man bezeichnet sie als Nord- und Südpol. Die Hälfte des Magneten, auf der der Nordpol liegt, ist oft rot, die Hälfte, auf der der Südpol liegt, oft grün markiert. Ein Magnet wirkt nicht nur in unmittelbarem Kontakt mit einem magnetisierbaren Gegenstand, sondern auch auf Distanz. Die Wirkung von Magneten ist unterschiedlich stark. Aus der Größe lassen sich keine Schlussfolgerungen über die Stärke der Wirkung ableiten. Die Wirkung eines Magneten lässt sich durch magnetisierbare Materialien abschwächen. Durch nichtmagnetisierbare Materialien geht die magnetische Wirkung (nahezu) ungehindert hindurch.		
IK 1	• benennen ausgewählte Materialien[1] und geben dazugehörige wahrnehmbare Eigenschaften an. • geben an, dass nur manche Gegenstände von Magneten angezogen werden. • benennen metallische Gegenstände, die angezogen werden, und Gegenstände aus Materialien, die nicht angezogen werden. • benennen Gegenstände, die aus Metall sind, aber nicht angezogen werden.	• geben an, dass Magneten nicht nur Gegenstände anziehen, sondern auch von diesen angezogen werden. • unterscheiden systematisch zwischen Gegenstand und Material. • geben für verschiedene Materialien an, ob sie von einem Magneten angezogen werden oder nicht. • unterscheiden eisenhaltige Metalle von nicht eisenhaltigen Metallen und geben eisenhaltige Materialien als angezogene Materialien an.	• geben Nickel und Kobalt neben Eisen als angezogene Materialien an. • nennen Beispiele von Gegenständen aus Eisen, die nicht angezogen werden (Legierungsaspekt). • nutzen die Anziehung durch einen Magneten systematisch, um Gegenstände zu identifizieren, die Eisen enthalten.
IK 2	• benennen exemplarisch Gegenstände des Alltags, in denen Magneten vorkommen.	• unterscheiden verschiedene Magnetformen und benennen diese.	
IK 3		• geben an, dass Magneten nicht an allen Stellen gleich stark anziehen und bezeichnen die Stellen stärkster Anziehung als Pole. • geben an, dass die Hälfte des Magneten, auf der der Nordpol liegt, oft rot (bzw. dunkel) und die Hälfte, auf der der Südpol liegt, oft grün (oder gar nicht) markiert ist.	• bestimmen experimentell die Lage von Polen.

[1] Es wird von *Material* gesprochen, da für Schülerinnen und Schüler dieser Begriff vermutlich leichter zu erschließen ist als der Begriff *Stoff*.

Nr.	Kompetenzen Elementarbereich	Zusätzliche Kompetenzen Grundschulbereich	Zusätzliche Kompetenzen Klasse 5–7
	Die Kinder …	Die Schülerinnen und Schüler …	Die Schülerinnen und Schüler …
		• bestimmen die Stärke der Anziehung eines Magneten mit unterschiedlichen Verfahren und geben an, dass aufgrund der Größe eines Magneten keine Rückschlüsse auf die Stärke seiner Wirkung möglich sind. • unterscheiden künstliche von natürlichen Magneten.	
IK 4	• geben Beispiele an, in denen ein Magnet über die Distanz bzw. durch einen Gegenstand hindurch wirkt.	• geben an, dass Magneten auch über die Distanz wirken. • stellen einen Zusammenhang zwischen der Stärke eines Magneten und seiner Anziehung über die Distanz her.	• benennen Materialien, mit denen sich die Fernwirkung von Magneten abschwächen lässt und stellen eine Verbindung zur Anziehung dieser Materialien durch einen Magneten her.
	Wechselwirkungen von Magneten untereinander Die beiden Pole eines Magneten verhalten sich unterschiedlich, wenn man sie nacheinander demselben Pol eines weiteren Magneten nähert. Man bezeichnet die Pole von Magneten als gleichnamig, wenn sich diese bei Annäherung des Magneten an den Pol eines anderen Magneten im Hinblick auf Anziehung/Abstoßung gleich verhalten, und als ungleichnamig, wenn sie sich ungleich verhalten. **Polregel:** Magneten zeigen eine anziehende Wirkung, wenn zwei ungleichnamige Pole einander genähert werden. Magneten zeigen eine abstoßende Wirkung, wenn zwei gleichnamige Pole einander genähert werden.		
IK 5	• beschreiben, dass sich zwei Magneten nicht nur anziehen, sondern auch abstoßen können. • führen Anziehung und Abstoßung auf die unterschiedliche Art sie zusammenzuführen zurück.	• geben an, dass die beiden Pole eines Magneten unterschiedlich auf den Pol eines weiteren Magneten wirken. • formulieren eine Regel, welche die wechselseitige Anziehung bzw. Abstoßung von Magneten beim Zusammenbringen von gleichnamigen bzw. ungleichnamigen Polen beschreibt. • nutzen gezielt die Anziehung und Abstoßung von Magneten, um Spielgeräte o. Ä. in ihrer Funktion zu beschreiben, zu erfinden und herzustellen.	• nutzen Kenntnisse über die Eigenschaften von Magneten, um diese von unmagnetisierten Metallstücken zu unterscheiden. • kombinieren zwei Stabmagneten gezielt, um deren anziehende Wirkung zu verstärken bzw. abzuschwächen.
	Modellvorstellungen zum Magnetismus Man kann einen Gegenstand aus magnetisierbarem Material zu einem Magneten machen, indem man ihn mit einem Magneten in gleicher Richtung überstreicht (bzw. ihn in die Nähe eines starken Magneten bringt). Die Magnetisierung geht durch Erschütterung oder Erhitzen (teilweise) verloren. Im Elementarmagneten-Modell stellt man sich vor, dass ein magnetisierbarer Gegenstand viele kleine, frei drehbare Elementarmagneten enthält. Dieses Modell kann einige Phänomene beschreiben und vorhersagen, insbesondere die Magnetisierung und das Entstehen neuer Magneten bei Teilung. Das Modell passt aber nicht in allen Punkten auf die Wirklichkeit und darf nicht mit ihr verwechselt werden. Die Erde kann man sich vereinfacht wie einen Stabmagneten vorstellen. Dieses Modell ist geeignet, um die Orientierung von Kompassnadeln im Magnetfeld der Erde zu erklären. Die Ursache des Erdmagnetismus erklärt das Modell nicht.		

Nr.	Kompetenzen Elementarbereich	Zusätzliche Kompetenzen Grundschulbereich	Zusätzliche Kompetenzen Klasse 5–7
	Die Kinder …	Die Schülerinnen und Schüler …	Die Schülerinnen und Schüler …
IK 6		• beschreiben Verfahren, mit denen eisenhaltige Gegenstände magnetisiert und entmagnetisiert werden können. • nutzen die Vorstellung, dass die Erde magnetische Pole hat, um die Ausrichtung einer magnetischen Kompassnadel in Nord-Süd-Richtung zu begründen.	• nutzen das Modell der Elementarmagneten, um Beobachtungen zum Magnetismus (u. a. Durchbrechen von Magneten, Hintereinanderlegen von Stabmagneten, Magnetisierung und Zerstörung magnetischer Wirkungen) zu beschreiben.
	Erdmagnetismus und Kompass Die Erde verhält sich selbst wie ein Magnet mit einem magnetischen Südpol in der Nähe des geografischen Nordpols und einem magnetischen Nordpol in der Nähe des geografischen Südpols. Frei drehbar gelagerte Magneten richten sich deshalb in Nord-Süd-Richtung aus. Dieses Phänomen nutzt man beim Kompass. Die Nadel eines Kompasses ist ein kleiner Magnet, der drehbar gelagert ist. Der Nordpol einer Kompassnadel ist als der Pol definiert, der nach Norden, also zum magnetischen Südpol, zeigt. Der magnetische Nordpol der Erde befindet sich in der Nähe des geografischen Südpols. Er befindet sich nicht konstant an einer Stelle der Erde, sondern verlagert seinen Ort ständig. Die Abweichung der Kompassnadel von der exakten geografischen Nord-Süd-Richtung bezeichnet man als Missweisung.		
IK 7		• beschreiben, dass sich drehbar gelagerte Magneten immer in gleicher Weise (Nord-Süd-Richtung) ausrichten. • führen die Benennung der Pole eines Magneten auf seine Ausrichtung nach den Himmelsrichtungen zurück.[2] • beschreiben Beispiele zur Orientierung von Tieren mit Hilfe des Erdmagnetismus.	• schließen aus der Ausrichtung von frei drehbar gelagerten Magneten, dass sich die Erde selbst wie ein Magnet verhält und ihr magnetische Pole zugewiesen werden können. • unterscheiden zwischen den magnetischen und geografischen Polen der Erde. • begründen aus der historischen Entwicklung heraus, warum der in Richtung der geografischen Nordhälfte der Erde zeigende Pol des Magneten als Nordpol bezeichnet wird.
IK 8		• geben an, dass Kompassnadeln selbst Magneten sind, bei denen die Hälfte, auf welcher der Nordpol liegt, üblicherweise rot (oder in anderer Weise) markiert ist. • stellen selbst einen Kompass mit geeigneten Verfahren her. • beschreiben einen Kompass als Gerät, das die Orientierung im Raum unterstützt, und nutzen den Kompass zur Orientierung auf dem Schulgelände.	• nutzen Kompasse zur Orientierung im Raum. • führen die Missweisung (Deklination) von Kompassnadeln auf die unterschiedliche Lage der geografischen und magnetischen Pole zurück.

[2] Diese Kompetenz setzt voraus, dass die Schülerinnen und Schüler bereits mit den Himmelsrichtungen vertraut sind und diese im Klassenzimmer o. Ä. zuweisen können.

Nr.	Kompetenzen Elementarbereich	Zusätzliche Kompetenzen Grundschulbereich	Zusätzliche Kompetenzen Klasse 5–7
	Die Kinder …	Die Schülerinnen und Schüler …	Die Schülerinnen und Schüler …
	Magnetfelder Den Raum um einen Magneten bezeichnet man als magnetisches Feld oder Magnetfeld. Das Vorhandensein eines magnetischen Feldes lässt sich aus der Anordnung von Eisenfeilspänen um einen Magneten oder Magnetkonfigurationen erschließen.		
IK 9			• nutzen den Begriff des Magnetfeldes zur Beschreibung magnetischer Wirkungen um einen Magneten herum.[3] • erschließen aus Anordnungen von Eisenfeilspänen oder Magnetnadeln um einen oder mehrere Magneten herum die Lage der Pole eines Magneten bzw. die Art der Wechselwirkung zwischen zwei Magneten (Anziehung/Abstoßung).
	Elektromagnetismus In der Umgebung eines stromdurchflossenen Drahtes zeigen sich magnetische Wirkungen. Wickelt man den Draht zu einer Spule auf, erhält man einen Elektromagneten. Ein Eisenkern in einer Spule verstärkt die magnetische Wirkung. Ein einfacher Elektromotor besteht aus einer drehbar gelagerten, stromdurchflossenen Spule und einem Magneten. Die regelmäßige Änderung der magnetischen Polung der Spule und die damit verbundene Anziehung und Abstoßung zwischen der stromdurchflossenen Spule und dem Magneten führt zu einer Drehung.		
IK 10		• bauen einen einfachen Elektromagneten. • benennen Unterschiede zwischen Dauer- und Elektromagneten und geben Beispiele für die technische Nutzung an. • geben die Geschichte der Entdeckung der elektromagnetischen Wirkung durch Oerstedt und Ampère wieder.	• benennen Bestandteile eines Elektromagneten und Bedingungen seiner Funktion. • leiten Vor- und Nachteile eines Elektromagneten im Vergleich zu Stabmagneten ab. • geben typische Einsatzmöglichkeiten von Elektromagneten an.
IK 11			• beschreiben den Aufbau und die Funktionsweise eines einfachen Elektromotors. • geben typische Einsatzmöglichkeiten von Elektromotoren an.

[3] Über die Benennung hinaus werden keine Kompetenzen bezüglich des Magnetfeldes als unsichtbare Entität angestrebt.

3.2.2 Prozessbezogene Kompetenzen in den Naturwissenschaften: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen

Während sich thematische Zuschnitte beim inhaltsbezogenen Wissen bzw. bei inhaltsbezogenen Kompetenzen vergleichsweise leicht finden lassen, stößt man bei dem Versuch der Unterscheidung verschiedener naturwissenschaftlicher Arbeits- und Denkweisen auf zwei grundlegende Schwierigkeiten:

- Naturwissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen sind sehr vielfältig und können unterschiedlich miteinander verknüpft sein. So kann das Beobachten einerseits als eigenständige naturwissenschaftliche Arbeitsweise verstanden werden. Gleichzeitig ist kein Experimentieren ohne Beobachtungen möglich. Eine klare Trennung verschiedener Arbeits- und Denkweisen ist deshalb nur bedingt möglich.
- Jede naturwissenschaftliche Arbeits- und Denkweise kann in ihrer Komplexität sehr stark variieren. Dies führt dazu, dass das Formulieren einer naturwissenschaftlichen Frage oder das Planen einer Untersuchung auf allen Bildungsstufen eine sehr sinnvolle Aufgabenstellung darstellt. Die Komplexität muss dabei jedoch der jeweiligen Bildungsstufe angepasst werden.

Wie sich entsprechende Arbeits- und Denkweisen unterscheiden und beschreiben lassen und wie die damit zusammenhängenden Kompetenzen schrittweise aufgebaut werden können, ist Gegenstand der aktuellen Diskussion in den Didaktiken der Naturwissenschaften. Im Zusammenhang mit grundlegender naturwissenschaftlicher Bildung lassen sich folgende zentrale naturwissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen unterscheiden[4]:

- Fragen stellen
- Vermutungen / Hypothesen bilden
- Begründen und Argumentieren
- eine Untersuchung planen
- einen Versuch / ein Experiment aufbauen / durchführen
- Beobachten
- Messen
- Dokumentieren / Protokollieren / Daten aufbereiten
- Ordnen / Vergleichen / Systematisieren
- Interpretieren / Schlussfolgern / Generalisieren
- Modellieren
- Arbeitsprozesse und -ergebnisse bewerten

Die Auflistung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, umreißt aber die aus unserer Sicht zentralen Felder naturwissenschaftlichen Arbeitens. Die verschiedenen Tätigkeiten werden im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess meist nicht isoliert ausgeführt, sondern aufeinander bezogen. Dabei findet sich jedoch nicht nur die oft genannte „klassische“ Abfolge des Experimentierens – Frage, Hypothese, Planung, Durchführung und Auswertung –, sondern es treten auch zahlreiche andere Wege der Erkenntnisgewinnung auf. So findet man nicht nur bei Kindern, sondern auch in der Wissenschaft Formen des Explorierens, bei denen sich Fragen und Vermutungen erst aufgrund von Erfahrungen und Beobachtungen ergeben. Erkenntnisgewinnung setzt folglich nicht zwangsläufig eine Frage oder Vermutung voraus. Erkenntnisse können zudem auch gewonnen werden, ohne neue Experimente durchzuführen, z. B. indem die Ergebnisse verschiedener Untersuchungen miteinander verglichen und systematisiert werden. Auch kann das Beobachten als eigenständiger Weg der Erkenntnisgewinnung verstanden werden. Diese Arbeitsweise ist z. B. in der Biologie verbreitet. Die Beobachtung wird in diesem Fall von einer Fragestellung geleitet. Beobachtungssituationen werden dazu planvoll hergestellt. Auch das Dokumentieren der Beobachtungen und das Schlussfolgern sind in das Vorgehen implizit eingeschlossen. Das Modellieren beschreibt ganz allgemein die Übertragung von beobachteten Phänomenen und Zusammenhängen in ein Gedankengebäude. Gleichzeitig kann das Modellieren aber auch als ein kleiner Schritt innerhalb eines größeren Erkenntnisweges verstanden werden.

Der Begriff des *Experiments* wird in didaktischem Kontext in unterschiedlicher Bedeutung verwendet. So wird gelegentlich schon die Demonstration oder die Erzeugung eines Phänomens als Experiment bezeichnet. Wir verwenden den Begriff in einem engeren Sinne und bezeichnen mit *Experiment* einen Weg der Erkenntnisgewinnung, bei dem Versuchsbedingungen gezielt verändert werden, um eine Annahme zu prüfen. Von *Versuchen* sprechen wir, wenn mit Materialien/Gegenständen in bestimmter Weise agiert wird, um z. B. ein bestimmtes Phänomen zu erzeugen, daran Beobachtungen zu machen und Schlussfolgerungen abzuleiten. Wenn ganz allgemein Wege der Erkenntnisgewinnung bezeichnet werden sollen, verwenden wir im Folgenden den Begriff *Untersuchung*.

[4] In den Bildungsstandards für die naturwissenschaftlichen Fächer der weiterführenden Schulen werden prozessbezogene Kompetenzen in die drei Kompetenzbereiche Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung unterteilt. Die nachfolgenden Überlegungen orientieren sich an den drei Bereichen, ohne diese jedoch explizit zu trennen.

In der nachfolgenden Tabelle wird jede der oben aufgelisteten naturwissenschaftlichen Arbeits- und Denkweisen zunächst kurz charakterisiert und das dazugehörige Wissen skizziert. Anschließend wird für jede naturwissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen konkretisiert, welche prozessbezogenen Kompetenzen (**PK**) realistisch angestrebt werden können. Die Kompetenzen sind auf verschiedenen Niveaustufen formuliert, um zunehmende Fähigkeiten über die Bildungsbereiche hinweg beschreiben zu können. Grob lassen sich die Niveaustufen den drei im Projekt beteiligten Bildungsbereichen (Elementarbereich, Primarbereich und Anfangsunterricht im Sekundarbereich) zuordnen. Dabei sind Angaben in höheren Niveaustufen als Differenzierung bzw. Erweiterung der vorherigen Kompetenzbeschreibungen zu verstehen. Die vorgenommene Nummerierung von PK 1 bis PK 12 wird ebenso wie bei den inhaltsbezogenen Kompetenzen (IK) in den einzelnen Sequenzen aufgegriffen, damit die dort thematisierten Kompetenzen der Tabelle zugeordnet werden können.

Die prozessbezogenen Kompetenzen können in ihrer Vielfalt selbstverständlich nicht vollständig mit dem Thema Magnetismus abgedeckt werden. In den vorgeschlagenen Sequenzen werden die darin angestrebten Kompetenzen mit Verweis auf die Tabelle aufgelistet. Die Tabelle gibt den Rahmen vor und bietet Orientierung, um die angestrebten Kompetenzen verorten und den naturwissenschaftlichen Arbeits- und Denkweisen in den Lernsituationen der jeweiligen Bildungsstufe gerecht werden zu können.

Naturwissenschaftlich arbeiten und denken – Konkretisierung in Niveaustufen

Nr.	Kompetenzen Elementarbereich	Zusätzliche Kompetenzen Grundschulbereich	Zusätzliche Kompetenzen Klasse 5–7
	Die Kinder …	Die Schülerinnen und Schüler …	Die Schülerinnen und Schüler …
	Fragen stellen Fragen bilden den Ausgangspunkt jeder zielgerichteten wissenschaftlichen Untersuchung. Die Frage beeinflusst in hohem Maße die Planung einer Untersuchung. Fragen sind jedoch nicht nur Ausgangspunkt, sondern oft auch das Ergebnis einer Untersuchung. In Bereichen, in denen kaum Erfahrungen vorliegen, kann unsystematisches Probieren und Herantasten erforderlich sein, um Fragen zu erzeugen.		
PK 1	• formulieren Fragen zu einem naturwissenschaftlichen Thema, die einem naturwissenschaftlichen und/oder allgemeineren Kontext entspringen.	• formulieren spezifische Fragen zu einem naturwissenschaftlichen Thema, die in einem naturwissenschaftlichen Kontext relevant sind. • leiten Fragen explizit aus Beobachtungen, Erfahrungen oder Vorwissen ab.	• formulieren Fragen, die sich mit naturwissenschaftlichen Verfahren untersuchen lassen. • benennen Merkmale von Fragen, die sich mit naturwissenschaftlichen Verfahren untersuchen lassen und unterscheiden diese von Fragen, die sich nicht naturwissenschaftlich prüfen lassen.
	Vermutungen / Hypothesen bilden In der Wissenschaft bezeichnet eine Hypothese eine Annahme, die mit theoretischen (bzw. aus Generalisierungen gewonnenen) Überlegungen begründet werden kann. Die Annahme kann z. B. die Vorhersage über den Ausgang eines Experiments betreffen, sich aber auch auf komplexe Zusammenhänge zwischen Variablen beziehen. Sind es lediglich Einzelerfahrungen, aus denen eine Annahme abgeleitet wird, handelt es sich streng genommen nicht um eine Hypothese, sondern um eine Vermutung. Fehlen empirische Erfahrungen gänzlich, um die Annahme zu stützen, spricht man von einer Idee. Annahmen (Ideen, Vermutungen, Hypothesen) lassen sich in Untersuchungen prüfen. Ideen können so in Vermutungen oder (durch Generalisierung von empirischen Erfahrungen) in Hypothesen überführt werden. Wird eine Hypothese in einem Experiment bestätigt, stützt das Experiment die zugrunde gelegten theoretischen Überlegungen (bzw. Generalisierungen). Das bedeutet jedoch nicht, dass die Annahme oder die zugrunde gelegten Überlegungen damit als sicher gelten können. Es könnte z. B. die Annahme stimmen, nicht aber die Überlegungen, aus der sie abgeleitet wurde. Wird die Hypothese nicht bestätigt, ist ggf. eine Präzisierung oder Überarbeitung der theoretischen Überlegungen erforderlich.		

Nr.	Kompetenzen Elementarbereich	Zusätzliche Kompetenzen Grundschulbereich	Zusätzliche Kompetenzen Klasse 5–7
	Die Kinder …	Die Schülerinnen und Schüler …	Die Schülerinnen und Schüler …
PK 2	• äußern Ideen und einfache Vermutungen über ein zu erwartendes Ereignis.	• formulieren Vermutungen zu Fragen oder Beobachtungen. • unterscheiden zwischen Vermutung und einfachem Raten.	• geben selbstständig angemessene Begründungen für Vermutungen und Hypothesen an.
	Begründen und Argumentieren Vermutungen, Hypothesen, Schlussfolgerungen oder Entscheidungen sollten von einer Begründung begleitet werden. Gründe können sich dabei auf eigene Erfahrungen, aus Untersuchungen gewonnene Daten oder theoretische Überlegungen beziehen. Die Naturwissenschaften sind dadurch gekennzeichnet, dass die verwendeten Gründe oft auf Daten zurückgehen; entsprechende empirische Belege werden auch als „Evidenz“ bezeichnet. Die Verknüpfung einer Aussage (Vermutung bzw. Hypothese, Schlussfolgerung oder Generalisierung) mit Gründen wird oft als Argumentation aufgefasst. Um andere zu überzeugen, kommt es darauf an, stichhaltige Argumente zu finden und geeignet vorzutragen.		
PK 3	• verwenden erste Ansätze von Begründungen, basierend auf Vorwissen, Erfahrungen oder Beobachtungen.	• begründen Vermutungen durch Vorwissen, Erfahrungen oder Beobachtungen. • geben Belege für die Rechtfertigung von Aussagen an und unterscheiden zwischen belegten und nicht belegten Aussagen. • begründen gezogene Schlussfolgerungen. • prüfen Begründungen und setzen ggf. Gegenargumente ein.	• verwenden geeignete Belege zur Begründung einer Aussage. • erkennen ungeeignete Belege bei der Begründung einer Aussage. • widerlegen unzureichende Argumentationen durch Gegenargumente.
	Eine Untersuchung planen Die sorgfältige Planung einer Untersuchung kann wesentlich dazu beitragen, die Effektivität und die Aussagekraft einer Untersuchung zu erhöhen. Die Planung einer Untersuchung ist dabei eng mit der Fragestellung verknüpft. Nicht selten muss während der Planung der Untersuchung die Fragestellung präzisiert werden. Bei der Planung eines Experiments ist festzulegen, welche Variablen verändert werden sollen (unabhängige Variablen) und welche untersucht werden sollen (abhängige Variablen). Zusätzlich ist zu klären, welche weiteren Faktoren den Ausgang der Untersuchung beeinflussen könnten. In einfachen Experimenten achtet man darauf, dass möglichst nur eine Variable gezielt verändert wird (Variablenkontrolle). Wenn es sich nicht vermeiden lässt, mehrere Variablen gleichzeitig zu verändern, müssen mögliche Einflüsse durch weitere Untersuchungen überprüft werden. Die Überlegungen zur Planung einer Untersuchung werden ergänzt durch einen Ablaufplan, der die Durchführung der Untersuchung gedanklich vorwegnimmt. Die Dokumentation der Planung einer Untersuchung ermöglicht die kritische Kontrolle des Vorgehens und trägt dazu bei, die Qualität der Untersuchung und ihrer Ergebnisse zu beurteilen.		
PK 4	• machen erste Vorschläge für einfache Untersuchungen.	• entwerfen einfache Versuche zur Beantwortung von Fragen und überlegen Arbeitsschritte zur Realisierung. • beurteilen, ob ein Versuch zur Prüfung einer Vermutung bzw. Beantwortung einer Frage geeignet ist. • entwerfen mit Hilfe kontrollierte Experimente zu einfachen Fragen. • benennen und unterscheiden bei Untersuchungen vorkommende Forschertätigkeiten.	• erkennen Fehler im Zusammenhang mit der Variablenkontrolle. • begründen die Notwendigkeit der Variablenkontrolle. • entwerfen selbstständig kontrollierte Experimente zu einfachen Fragen.

Nr.	Kompetenzen Elementarbereich	Zusätzliche Kompetenzen Grundschulbereich	Zusätzliche Kompetenzen Klasse 5–7
	Die Kinder …	Die Schülerinnen und Schüler …	Die Schülerinnen und Schüler …
		• geben als eine Möglichkeit des Vorgehens bei Untersuchungen das Arbeiten in einem Forscherkreislauf an.	
	Einen Versuch / ein Experiment aufbauen / durchführen Die Durchführung eines Versuchs oder eines Experiments erfordert, dass ein Plan möglichst präzise und sorgfältig ausgeführt wird. Auch der sachgerechte Umgang mit Geräten und Materialien ist unabdingbar, damit die Untersuchung zuverlässige Daten ergibt. In der Praxis schützt der sachgerechte Umgang mit Geräten auch vor unbedachten Beschädigungen oder vor Verletzungen. Anmerkung: Häufig wird Material dazu genutzt, um ein bestimmtes Phänomen zu erzeugen und daraus Schlussfolgerungen zu ziehen. Dann spricht man von einem Versuch. Wenn das Vorgehen dagegen von einer bestimmten Fragestellung geleitet wird und gezielt bestimmte Beobachtungssituationen hergestellt werden, um diese Fragestellung zu klären, spricht man von einem Experiment.		
PK 5	• führen einfache Versuche nach Anleitung durch.	• bauen einfache Versuche oder Experimente nach Plan auf. • führen einfache Versuche oder Experimente durch.	• wählen Versuchsmaterial und Geräte sachgerecht aus. • bauen einen geplanten Versuch bzw. ein geplantes Experiment sachgerecht auf. • führen einen Versuch / ein Experiment sachgerecht durch.
	Beobachten Wissenschaftliches Beobachten ist (im Gegensatz zu zufälligen Alltagsbeobachtungen) immer zielgerichtet. Damit kann das Beobachten als eine eigenständige Erkenntnismethode verstanden werden. Beim Beobachten werden im Vergleich zum Experimentieren keine Variablen gezielt verändert. Beobachten ist darüber hinaus auch ein Teilschritt beim Experimentieren. Beobachtungen können durch das Vorwissen und die Erwartungen beeinflusst sein. Deshalb ist eine kritische Distanz zu den eigenen Beobachtungen wichtig. Beobachtungen sollten deshalb auch mehrfach wiederholt werden, um die Zuverlässigkeit zu erhöhen. Um Beobachtungen vergleichen und nachprüfen zu können, sind die Bedingungen, unter denen die Beobachtungen durchgeführt werden, festzuhalten und offenzulegen. Standardisierte Prozeduren und Beobachtungsinstrumente unterstützen die Vergleichbarkeit von Daten.		
PK 6	• beobachten einzelne Merkmale zielgerichtet über einen kürzeren Zeitraum. • nennen den Beobachtungsfokus bei gezielten Beobachtungen.	• beobachten zielgerichtet, auch über einen längeren Zeitraum. • trennen zu beobachtende Ereignisse von Nebenereignissen.	• unterscheiden bei Beobachtungen zwischen wahrnehmbaren Ereignissen und Deutungen. • geben die Randbedingungen für die gemachte Beobachtung an. • begründen die Notwendigkeit einer Dokumentation der Randbedingungen bei einer Beobachtung.
	Messen Das Messen ist eine vielfach verwendete Vorgehensweise, um Beobachtungen zu quantifizieren und deren Vergleichbarkeit zu erhöhen. Jedes Messverfahren verlangt die Festlegung einer Maßeinheit. Messergebnisse können dann als Vielfache der Einheit mit einem Zahlenwert beschrieben werden. Für viele Messgrößen gab es in der Geschichte der Wissenschaft unterschiedliche Einheiten. Heute sind die gängigen Einheiten international festgelegt. Bei Messungen müssen Messunsicherheiten bedacht und möglichst minimiert werden.		
PK 7	• vergleichen Größen qualitativ (größer / kleiner, leichter / schwerer).	• nutzen Messgeräte sachgerecht (richtiges Anlegen der Messgeräte, richtiges Ablesen …). • beschreiben die Bedeutung des Abgelesenen. • interpretieren die angegebenen Einheiten.	• messen sorgfältig. • schätzen sorgfältiges Messen als ein wichtiges Verfahren zur Reduzierung von Messunsicherheiten ein.

Nr.	Kompetenzen Elementarbereich	Zusätzliche Kompetenzen Grundschulbereich	Zusätzliche Kompetenzen Klasse 5–7
	Die Kinder …	Die Schülerinnen und Schüler …	Die Schülerinnen und Schüler …
	Dokumentieren / Protokollieren / Daten aufbereiten Das sorgfältige Dokumentieren einer Untersuchung ist unverzichtbar, um die Untersuchung reproduzieren zu können und deren Ergebnisse sowie abgeleitete Schlussfolgerungen nachprüfbar und transparent zu machen. Dazu trägt auch eine übersichtliche und an der Fragestellung orientierte Aufbereitung der Daten in Tabellen oder grafischen Darstellungen bei. Die Aufbereitung der Daten soll dazu beitragen, die Schlussfolgerungen aus der Untersuchung nachvollziehbar zu machen.		
PK 8	• fertigen Zeichnungen von ihren Beobachtungen an und ordnen sie bildhaft in Tabellen.	• dokumentieren eine Untersuchung durch Sprache und Zeichnung mit Hilfe bzw. auf Arbeitsblättern mit vorgegebener Struktur. • strukturieren die Darstellung einer Untersuchung und ihres Ergebnisses selbstständig. • entwickeln und nutzen Symbole zur Dokumentation. • geben Kriterien für eine gute Dokumentation an.	• notieren im Rahmen der Dokumentation alle relevanten Parameter und deren Manipulation in nachvollziehbarer Weise. • wählen zielgerichtet angemessene Darstellungsformen aus.
	Vergleichen / Ordnen / Systematisieren Ein typisches Vorgehen, um Komplexität zu reduzieren und mögliche Zusammenhänge zu erschließen, ist das Vergleichen und Ordnen. Die Einteilung von Materialien hinsichtlich ihrer Eigenschaften ist ein einfaches Beispiel einer Ordnung. Das Periodensystem der Elemente ist ein weiteres Beispiel einer naturwissenschaftlichen Ordnung. Auch bei wissenschaftlichen Untersuchungen sind das Vergleichen, Ordnen und Systematisieren wichtige Verfahrensschritte, um aus einer Untersuchung Schlussfolgerungen zu ziehen. Nicht selten führt das Ordnen zusätzlich zu neuen Fragen. Das Vergleichen mehrerer Objekte oder Daten setzt das Festlegen von Vergleichskriterien voraus, die häufig durch die zugrunde liegende Fragestellung beeinflusst sind. Unterschiedliche Vergleichskriterien führen dementsprechend zu unterschiedlichen Ordnungen.		
PK 9	• benennen selbstständig mögliche Ordnungskriterien für Alltagsgegenstände. • vergleichen Gegenstände anhand eines vorgegebenen oder selbst entwickelten Kriteriums.	• benennen Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Beobachtungen, Ereignissen und Objekten. • nehmen Ordnungen nach unterschiedlichen Kriterien vor.	• nehmen selbstständig Ordnungen vor und benennen die jeweiligen Ordnungskriterien. • vergleichen unterschiedliche Ordnungen hinsichtlich ihrer Angemessenheit.
	Interpretieren / Schlussfolgern / Generalisieren Ziel naturwissenschaftlichen Arbeitens ist es, generalisierte Aussagen über Zusammenhänge zu treffen. Das Prüfen der Generalisierbarkeit einer Aussage, d. h. die Frage, inwieweit ein gefundener Zusammenhang auf andere Bereiche verallgemeinerbar oder gar allgemeingültig ist, bildet den Ausgangspunkt vieler naturwissenschaftlicher Untersuchungen. Ein einfaches Beispiel generalisierter Aussagen sind Wenn-dann- und Je-desto-Beziehungen: Aus Einzelbeobachtungen wird auf einen Zusammenhang geschlossen, der für einen bestimmten Bereich Gültigkeit besitzt. Andere Beispiele für generalisierte Aussagen sind naturwissenschaftliche Gesetze. Erschlossene Zusammenhänge bzw. Gesetze ermöglichen das Vorhersagen von Ereignissen. Um Aussagen über Zusammenhänge bzw. Gesetze zu gewinnen, müssen die Daten aus naturwissenschaftlichen Untersuchungen interpretiert werden. Dabei ist zwischen Daten und Interpretationen zu unterscheiden. Die Zuverlässigkeit einer Schlussfolgerung aus empirischen Daten hängt von der Qualität aller Teilschritte einer Untersuchung ab.		
PK 10	• formulieren erste Generalisierungen im Sinne von einfachen Wenn-dann-Beziehungen aufgrund von Beobachtungen.	• unterscheiden zwischen Daten und Interpretation an gegebenen Beispielen.	• trennen systematisch zwischen Beobachtung und Deutung.

Nr.	Kompetenzen Elementarbereich	Zusätzliche Kompetenzen Grundschulbereich	Zusätzliche Kompetenzen Klasse 5–7
	Die Kinder …	Die Schülerinnen und Schüler …	Die Schülerinnen und Schüler …
		• ziehen Schlussfolgerungen im Sinne der Bestätigung oder Falsifikation einer Vermutung bzw. der Beantwortung einer Frage. • unterscheiden zwischen Ereignissen, die eine Annahme bestätigen bzw. widerlegen und solchen, die irrelevant sind. • leiten aus einer Regel / einem Gesetz Vorhersagen ab. • formulieren Generalisierungen im Sinne von Wenn-dann- oder Je-desto-Beziehungen aufgrund von Beobachtungen.	• unterscheiden zwischen vergleichsweise sicheren und vorläufigen Generalisierungen (die auf der Basis weniger Fallzahlen entstanden sind).
	Modellieren Naturwissenschaftliche Modelle sind gedankliche Konstrukte, mit denen man naturwissenschaftliche Zusammenhänge beschreiben kann, die der menschlichen Wahrnehmung nicht unmittelbar zugänglich sind. Das Elementarmagneten-Modell oder das Teilchenmodell sind dafür Beispiele. Sorgfältig zu unterscheiden ist zwischen dem naturwissenschaftlichen Modell (als Gedankenkonstrukt) und der gegenständlichen Veranschaulichung dieses Modells. Die besondere Bedeutung von Modellen besteht darin, dass sie Vorhersagen von Ereignissen ermöglichen. Modelle beinhalten immer Vereinfachungen. Modelle können nicht wahr oder falsch sein, sondern sind immer nur für bestimmte Zwecke geeignet oder ungeeignet. Modellieren im weitesten Sinne meint das Überführen von aus Beobachtungen gewonnenen Zusammenhängen in ein theoretisches Gedankengebäude. So verstanden ist Modellieren eine Arbeitsweise, die nahezu jede naturwissenschaftliche Forschertätigkeit durchzieht.		
PK 11		• beschreiben bzw. entwerfen einfache Modelle und beschreiben ihre Vereinfachungen.	• treffen Vorhersagen auf der Grundlage von Modellen. • erklären Beobachtungen durch Modelle. • benennen Grenzen von Modellen.
	Arbeitsprozesse und -ergebnisse bewerten Naturwissenschaftliche Forschung bemüht sich um größtmögliche Objektivität. Dies setzt den ehrlichen Umgang mit Daten sowie eine kritische Haltung gegenüber den Ergebnissen und den Wegen der Erkenntnisgewinnung voraus. Das Erkennen von Veränderungs- und Verbesserungsmöglichkeiten in eigenen oder fremden Untersuchungen liefert Ansatzpunkte, um die Zuverlässigkeit von Schlussfolgerungen zu überprüfen (Reliabilität).		
PK 12		• erkennen grobe Fehler in naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen. • bewerten die Qualität ihrer Arbeiten und der ihrer Mitschülerinnen und Mitschüler.	• vergleichen alternative Vorgehensweisen. • reflektieren das eigene Vorgehen und benennen Ansatzpunkte für Verbesserungen.

Über Naturwissenschaften und naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren – Nachdenken auf der Metaebene

Das Reflektieren über Naturwissenschaften und die Arbeitsweise von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern zielen darauf ab, ein angemessenes Bild von den Naturwissenschaften, den Forschungsmethoden und den Bedingtheiten von Naturwissenschaften aufzubauen (Wissen *über* Naturwissenschaften). In den Didaktiken der Naturwissenschaften findet dieser Bereich zunehmend Beachtung. Die didaktische Forschung der letzten Jahre hat gezeigt, dass über Wissenschaft nachzudenken schon vor dem Erreichen der Sekundarstufe möglich ist. Bereits in den unteren Bildungsstufen können Erfahrungen gesammelt und Aspekte erarbeitet werden, die den Aufbau von Wissen über Naturwissenschaften anbahnen.
Zentrale Aspekte des Wissens über das Wesen der Naturwissenschaften, die in der Didaktik diskutiert und in den hier betrachteten Bildungsstufen in Ansätzen bereits thematisiert werden können, lassen sich in den folgenden Punkten zusammenfassen:

- Naturwissenschaftliches Wissen entsteht in einem sozialen und kulturellen Kontext.
- Naturwissenschaftliches Wissen muss kommuniziert werden.
- Naturwissenschaftliches Wissen ist begrenzt und vorläufig.
- Naturwissenschaftliches Wissen entsteht erst durch die Interpretation von Daten.
- Naturwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler versuchen, Phänomene zu beschreiben, zu erklären und vorherzusagen.
- Naturwissenschaftliches Wissen benötigt menschliche Kreativität und ist methodisch vielfältig.

Wie bei den prozessbezogenen Kompetenzen zum naturwissenschaftlichen Arbeiten und Denken kann das Reflektieren über Naturwissenschaften nicht an einem Thema erlernt werden. Mit jüngeren Kindern arbeitet man an sehr konkreten Einzelbeispielen und nur in unmittelbarem Bezug zu den durchgeführten Arbeits- und Denkweisen an diesen Aspekten. Dass sich die in diesem Abschnitt thematisierten Aspekte mit Aspekten der Arbeits- und Denkweisen überschneiden, ist deshalb unvermeidlich. So ist die Frage, wie man ein Experiment geeignet dokumentiert, kaum von der Diskussion darüber zu trennen, warum Dokumentationen in den Naturwissenschaften von Bedeutung sind.
Die Entwicklung eines Verständnisses über das Wesen der Naturwissenschaften ist ein langwieriger Prozess, der durch zunehmende Abstraktion und Verallgemeinerung gekennzeichnet ist. An konkreten Einzelbeispielen können bereits jüngere Kinder darauf vorbereitet werden: So kann z. B. Galilei im Unterricht der Grundschule den Kindern bereits als Wissenschaftler begegnen, der wichtige Entdeckungen gemacht hat und für das experimentelle Überprüfen von Ideen steht. In der Sekundarstufe kann daran angeknüpft werden, indem man auch den historischen Kontext beleuchtet, in den das Leben und Wirken von Galilei eingebunden war (zum Kontext gehört z. B. das Wissen der jeweiligen Zeit, die technischen Möglichkeiten oder auch gesellschaftliche Bedingungen). Wird das Beispiel Galileis später mit Entdeckungen anderer Persönlichkeiten verknüpft, kann sich daraus ein Verständnis darüber entwickeln, dass naturwissenschaftliches Wissen von Menschen erzeugt wird und dass die Kontexte, in denen Menschen forschen, die Wissensentwicklung entscheidend beeinflussen können.
Die nachfolgende Übersicht konkretisiert die oben genannten Aspekte eines Wissens über Naturwissenschaften und listet beispielhaft Kompetenzen auf, die mit dem Nachdenken über Naturwissenschaft und deren Arbeitsweisen bereits in den hier fokussierten Bildungsstufen verknüpft werden können. Auf eine Differenzierung in Niveaustufen wurde hier verzichtet. In den Beschreibungen der Sequenzen wird dort, wo die Lernsituation entsprechende Möglichkeiten bietet, auf die Anbahnung entsprechender Kompetenzen verwiesen. Analog zu den inhaltsbezogenen (IK) und prozessbezogenen (PK) Kompetenzen werden die auf die reflexive Ebene bezogenen Kompetenzen mit einem Kürzel versehen (**MK**) und durchnummeriert (MK 1 – MK 6), um die Zuordnung der in den Sequenzen angestrebten Kompetenzen zur Tabelle zu erleichtern.

Über Naturwissenschaften und naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren – Konkretisierung von Kompetenzen auf der Metaebene (MK)

	Wissen über das Wesen der Naturwissenschaft und des naturwissenschaftlichen Arbeitens	Beispiele für Kompetenzen, die die Entwicklung eines angemessenen Wissens über Naturwissenschaften vorbereiten können
		Lernende …
MK 1	**Naturwissenschaftliches Wissen entsteht in einem sozialen und kulturellen Kontext.** Das naturwissenschaftliche Wissen entsteht in einem Prozess, zu dem Personen aus unterschiedlichen Kulturen beitragen. Ihre sozialen und kulturellen Hintergründe beeinflussen den gesamten Forschungsprozess. Entdeckungen einzelner Personen haben das Wissen in den jeweiligen Bereichen häufig entscheidend erweitert. Nicht nur Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler können Entdeckungen machen.	• weisen sich selbst eine Rolle beim Erfinden von naturwissenschaftlichem Wissen zu („habe ich herausgefunden“). • beschreiben historische Beispiele für naturwissenschaftliche Entdeckungen und geben den historischen/sozialen Kontext an, in dem sie entstanden sind.
MK 2	**Naturwissenschaftliches Wissen muss kommuniziert werden.** Über neues Wissen muss klar und offen berichtet werden, um Ergebnisse überprüfbar zu machen. Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftler benötigen zu diesem Zweck sorgfältige Aufzeichnungen. Ergebnisse müssen reproduzierbar sein und gegenseitig begutachtet werden.	• geben an, warum es sinnvoll ist, naturwissenschaftliche Untersuchungen zu dokumentieren. • begründen die Notwendigkeit qualitativ hochwertiger Dokumentationen. • zeigen eine positive Wertschätzung von kritischen Rückmeldungen zu eigenen Dokumentationen.
MK 3	**Naturwissenschaftliches Wissen ist begrenzt und vorläufig.** Naturwissenschaftliches Wissen hat, obwohl es beständig ist, einen vorläufigen Charakter. Es befindet sich in einer ständigen Weiterentwicklung. Längst nicht alle Phänomene können bis jetzt angemessen erklärt werden, und vieles Wissen, das mal als sicher galt (z. B. geozentrisches Weltbild), gilt heute nicht mehr. Zudem herrscht auch in der Wissenschaft nicht immer Einigkeit darüber, was „wahr“ ist.	• geben Beispiele für wissenschaftlich noch nicht geklärte Phänomene an. • beschreiben Prozesse der Veränderungen bzw. Erweiterungen in der Entwicklung naturwissenschaftlichen Wissens an historischen Beispielen.
MK 4	**Naturwissenschaftliches Wissen entsteht erst durch die Interpretation von Daten.** Bei der Erhebung empirischer Daten bemühen sich Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler um größtmögliche Objektivität und Reproduzierbarkeit. Dennoch können sich die daraus gewonnenen Erkenntnisse unterscheiden. Um zu Erkenntnissen zu gelangen, müssen Daten interpretiert werden. Diese Interpretation wird von den Vorerfahrungen und Zielen des Interpretierenden beeinflusst. Daher kann es passieren, dass unterschiedliche Forscherinnen und Forscher bei gleichen Daten zu unterschiedlichen Interpretationen kommen.	• zeigen an Beispielen, dass aus denselben Daten unterschiedliche Interpretationen abgeleitet werden können. • nehmen widersprüchliche Interpretationen als Ausgangspunkt für weitere Fragestellungen wahr. • beschreiben an Beispielen, welche Rolle der Forschende und dessen Ziele auf die Interpretationen von Daten haben.

	Wissen über das Wesen der Naturwissenschaft und des naturwissenschaftlichen Arbeitens	Beispiele für Kompetenzen, die die Entwicklung eines angemessenen Wissens über Naturwissenschaften vorbereiten können
		Lernende …
MK 5	**Naturwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler versuchen, Phänomene zu beschreiben, zu erklären und vorherzusagen.** Ziel der Naturwissenschaft ist es zum einen, neue Entdeckungen zu machen und zum anderen, natürliche Phänomene mit möglichst wenigen und in der Struktur möglichst einfachen Theorien zu beschreiben, zu erklären und vorherzusagen. Forscherinnen und Forscher entwickeln zu diesem Zweck Theorien und Modelle, welche dann auf Basis von Untersuchungen geprüft und ggf. modifiziert, aber niemals endgültig bewiesen werden können. Theorien und Modelle sind ein Versuch, die Wirklichkeit zu beschreiben; sie sind aber nicht die Wirklichkeit.	• geben an, warum das Generalisieren ein wichtiges Ziel in der Wissenschaft ist. • begründen an Beispielen, warum auch eine Reihe von Ereignissen eine Aussage nicht beweisen kann. • begründen, warum Modelle im Erkenntnisprozess hilfreich sind.
MK 6	**Naturwissenschaftliches Wissen benötigt menschliche Kreativität und ist methodisch vielfältig.** Naturwissenschaftliches Wissen beruht stark (jedoch nicht ausschließlich) auf Beobachtung, experimentellen Belegen und rationalen Argumenten. Im naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnungsprozess spielt jedoch auch Kreativität eine wichtige Rolle. Es gibt keine Standardmethode, Naturwissenschaft zu betreiben, auch wenn, wie beim Experimentieren, bestimmte Vorgehensweisen dominieren.	• beschreiben an Beispielen kreatives Vorgehen von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern. • erläutern, weshalb Methodenvielfalt für Wissenschaft notwendig ist und geben Beispiele für verschiedene Methoden an.

4 Das Thema Magnetismus im Sekundarbereich

4 Das Thema Magnetismus im Sekundarbereich

4.1 Fachlicher Hintergrund

4.1.1 Phänomene des Magnetismus

Dieser Abschnitt orientiert sich an den zentralen Phänomenen des Magnetismus, die dem Unterricht zugrunde liegen. Die Darstellungen gehen über die in den Sequenzen thematisierten Unterrichtsinhalte hinaus und sollen helfen, die Phänomene differenzierter zu betrachten und mögliche fachliche „Stolperstellen“ zu erkennen. Lehrkräften, die das Themenfeld fachfremd unterrichten, empfehlen wir, vor dem Lesen dieses Fachteils zunächst die Aufgaben für die Schülerinnen und Schüler durchzuarbeiten. Hellgrauer Text kennzeichnet fachliche Ergänzungen oder vertiefende Darstellungen. Hinweise auf unterrichtliche Aspekte, die unmittelbar an die fachlichen Überlegungen anknüpfen, sind in blau unterlegten Kästen zusammengefasst.

Materialien, die von Magneten angezogen werden

Eine erste Beobachtung aus der Beschäftigung mit den Phänomenen des Magnetismus ist, dass nur bestimmte Materialien von Magneten erkennbar angezogen werden. Meist wird dies so formuliert, dass nur Gegenstände, die Eisen, Kobalt oder Nickel enthalten, von einem Magneten angezogen werden, andere dagegen nicht. Diese Aussage ist für eine erste Orientierung hilfreich, sie darf jedoch nicht so verstanden werden, dass der Magnetismus an das Vorhandensein eines dieser drei chemischen Elemente gebunden ist. Denn es gibt durchaus Materialien, die Eisen enthalten, aber nicht von Magneten angezogen werden, wie bestimmte Edelstahlsorten, die z. B. für die Herstellung von Besteck verwendet werden. Auch gibt es Materialien, die keines der drei chemischen Elemente enthalten, aber dennoch erkennbar mit einem Magneten wechselwirken wie z. B. Chromdioxid, das in Magnetbändern Anwendung findet.

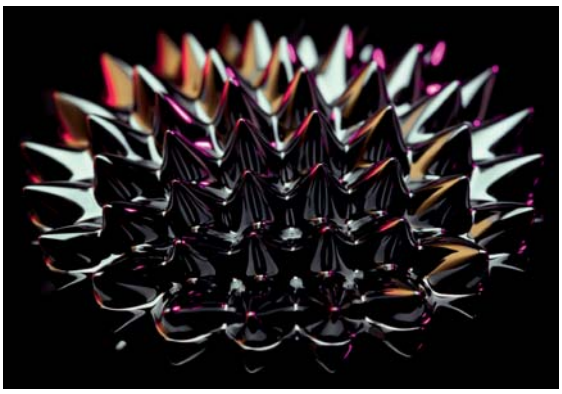


Abb 1: Ferrofluid unter Einwirkung eines Magnetfeldes

In den letzten Jahren sind auch sog. Ferrofluide bekannt geworden. Dahinter verbergen sich Flüssigkeiten, die kleine Partikel von magnetisierbaren Materialien in festem Zustand enthalten. Im Zusammenwirken mit Magneten lassen sich interessante Phänomene beobachten (s. Abb. 1). Ferrofluide können im Handel erworben werden.

Permanentmagneten

Die chemischen Elemente Eisen, Kobalt und Nickel tauchen als Bestandteile in handelsüblichen Permanentmagneten auf, die im Unterricht Verwendung finden. Im Wesentlichen lassen sich hier drei Typen unterscheiden:

Abb. 2: Ferrit-Magnet

Ferrit-Magneten basieren auf Eisenoxiden. Haftmagneten für Tafeln sind häufig Ferrit-Magneten.

Abb. 3: AlNiCo-Magnet

AlNiCo-Magneten bestehen aus einer Eisenlegierung mit Aluminium, Nickel und Kobalt. Sie sind leicht zerbrechlich. Schulmagneten sind in der Regel AlNiCo-Magneten.

Abb. 4: Neodym-Magnet

Neodym-Magneten bestehen aus einer Verbindung aus Eisen, Neodym und Bor. Wegen ihrer großen magnetischen Wirkung werden sie auch als Supermagneten bezeichnet.

In den letzten Jahren findet zunehmend auch Magnetgummi Verwendung z. B. als Lesezeichen oder als Schilder an Kühlschränken oder Autos. Hierbei handelt es sich um Kunststoff, in den Magnetkrümel eingelagert sind.
Permanentmagneten werden üblicherweise hergestellt, indem Materialblöcke der oben genannten Verbindungen in die Nähe eines sehr „starken“ Magneten (meist ein Elektromagnet) gebracht werden. Das Material wird dabei magnetisiert und

behält für einen vergleichsweise langen Zeitraum seine magnetische Wirkung. Dies gilt besonders für Neodym-Magneten. AlNiCo-Magneten verlieren dagegen im alltäglichen oder schulischen Gebrauch relativ schnell einen Teil ihrer Magnetisierung, sie müssen deshalb regelmäßig erneuert oder magnetisiert werden.

Unterrichtlicher Hinweis:
Der Begriff *magnetisch* wird im Alltag meist mehrdeutig verwendet. *Magnetisch* kann sowohl Gegenstände bezeichnen, die sich wie ein Permanentmagnet verhalten (z. B. der magnetische Schraubenzieher), als auch Gegenstände, die nur eine anziehende Wechselwirkung mit einem Magneten zeigen, aber keine Eigenschaften eines Magneten haben (z. B. die magnetische Schultafel). Diese sprachliche Mehrdeutigkeit kann im Unterricht zu Verwirrungen führen. Wir verwenden im Unterricht den Begriff *magnetisch* deshalb nur in der ersten Bedeutung: Ein Gegenstand ist magnetisch, wenn er sich wie ein Magnet verhält. Materialien, die von Magneten angezogen werden können, bezeichnen wir im Unterricht als magnetisierbar.

Magnetismus umfasst mehr als Ferromagnetismus

Ob ein Material *magnetisch* ist, entscheidet man im Alltag danach, ob das Material von Magneten angezogen wird. In der Physik werden alle Materialien, die im Alltag als magnetisch gelten, als ferromagnetisch bezeichnet. Alle Permanentmagneten sind ferromagnetisch. Tatsächlich lassen sich Wechselwirkungen mit einem Magneten auch bei allen anderen Materialien nachweisen. Die Wirkungen sind allerdings in der Regel so schwach, dass sie im Alltag nicht wahrgenommen werden. In der Physik unterscheidet man neben dem Ferromagnetismus vor allem den Dia- und den Paramagnetismus. Para- und diamagnetische Materialien werden (genau wie ferromagnetische Materialien) in der Nähe eines Magneten selbst zu einem Magneten, sie verlieren ihre Magnetisierung jedoch sofort wieder, wenn der Magnet entfernt wird. Während zwischen paramagnetischen Materialien und einem Magneten eine Anziehung beobachtbar ist, werden diamagnetische Materialien vom Magneten abgestoßen. Das diamagnetische Verhalten lässt sich z. B. mit Weintrauben bei empfindlicher Anordnung mit starken Neodym-Magneten nachweisen (z. B. Steger 2004). Dazu wird eine Hantel aus einem Holzspieß mit jeweils einer Weintraube an den Enden drehbar an einem dünnen Faden aufgehängt. Nähert man dann den Neodym-Magneten einer Traube, dreht der Spieß sich so, dass sich die Traube vom Magneten wegbewegt. Auch in der Medizin spielen magnetische Wirkungen eine Rolle, die nicht dem Ferromagnetismus zuzuordnen sind. Bei der Kernspintomographie z. B. macht man sich die magnetische Beeinflussbarkeit von Wasserstoffkernen zunutze. Auf diese Weise können Bilder von der Zusammensetzung menschlichen Gewebes erzeugt werden.
In der Physik bezeichnen die Begriffe ferro-, dia- oder paramagnetisch keine Materialeigenschaft, sondern Zustände der Materie, in denen ein bestimmtes Verhalten in einem äußeren Magnetfeld zu beobachten ist. Ein solcher Zustand kann sich bei einem Material unter bestimmten Randbedingungen ändern. Eisen z. B. verliert ab einer gewissen Temperatur seine ferromagnetischen Eigenschaften und wird paramagnetisch. Eisen ist also streng genommen nicht grundsätzlich ferromagnetisch, sondern nur unter bestimmten Randbedingungen.
Um die verschiedenen Formen des Magnetismus unterscheiden zu können, werden in Fachbüchern für alle Phänomene des Ferromagnetismus grundsätzlich die Begriffe *ferromagnetisch* und für Phänomene der Magnetisierung der Begriff der *Aufmagnetisierung* verwendet. Auf diese sprachliche Unterscheidung wird im hier vorliegenden Fachteil verzichtet, weil der Fokus ausschließlich auf dem Ferromagnetismus liegt.

Die Pole eines Magneten

Bei allen Magneten lässt sich beobachten, dass es Stellen gibt, an denen die anziehende Wechselwirkung besonders groß ist. Dies zeigt sich bei Stabmagneten z. B. darin, dass an den Enden besonders viele Eisennägel angehängt werden können. Setzt man einen Nagel in der Mitte des Magneten an, wird er zu den Enden hingezogen. Die Stellen auf der Oberfläche eines Magneten, an denen die größte Wirkung feststellbar ist, bezeichnet man als die Pole des Magneten. Sie müssen nicht zwangsläufig an den Enden eines Magneten liegen, sondern können bei Scheibenmagneten z. B. auch seitlich orientiert sein.
Es werden zwei Pole unterschieden, die als Nord- und als Südpol bezeichnet werden. Wenn man zwei Magneten so aufeinanderzubewegt, dass sich gleiche Pole nähern, stoßen sich die Magneten ab, bei der Näherung ungleicher Pole ziehen sich die Magneten an. Dieser Zusammenhang wird häufig als Polregel bezeichnet.
Der Nordpol wurde historisch der Seite einer Magnetnadel zugeordnet, die nach Norden zeigt. Erst später erkannte man, dass sich die Erde selbst wie ein Magnet verhält und (ungefähr) in der Nähe

des geografischen Nordpols einen magnetischen Südpol besitzt. Diesen Zusammenhang nutzt man für die Orientierung im Raum mit einem Kompass. Die drehbare Nadel eines Kompasses ist selbst ein (schwacher) Permanentmagnet. Der magnetische Nordpol der Nadel richtet sich daher so aus, dass er ungefähr in Richtung des geografischen Nordpols zeigt.
Ein Magnet besitzt immer mindestens einen Nord- und einen Südpol. Daraus darf aber nicht abgeleitet werden, dass ein Magnet grundsätzlich nur zwei Pole besitzt. Magneten in Fahrraddynamos besitzen z. B. in der Regel vier Nord- und vier Südpole. Haftmagneten für Tafeln oder Magnetfolien sind oft in Reihen magnetisiert. Sie sind deshalb für Schulexperimente weniger geeignet.

Unterrichtlicher Hinweis:
Bei Schulmagneten werden häufig die zu den Polen gehörenden Magnethälften farbig markiert, meist rot für den Nordpol und grün für den Südpol. Bei Schülerinnen und Schülern tritt dadurch gelegentlich das Missverständnis auf, dass ein Pol jeweils eine Hälfte des Magneten bezeichnet, der *Nordpol* also z. B. die gesamte rot markierte Hälfte eines Schulmagneten meint. Dies steht im Widerspruch zu der Charakterisierung der Pole als Stellen stärkster Anziehung. Darüber hinaus ist für Schülerinnen und Schüler verwirrend, dass insbesondere Kompassnadeln der üblichen farbigen Markierung nicht folgen. Hier ist es hilfreich darauf hinzuweisen, dass die Seite, auf der der Nordpol der Kompassnadel liegt, immer eine besondere Hervorhebung erhält (z. B. als einzige Seite farbig markiert ist, eine Spitze oder einen Punkt hat). Die Unterscheidung zwischen geografischen und magnetischen Polen im Kontext der Wirkung der Erde als Magnet verwirrt Schülerinnen und Schüler häufig. Dies gilt umso mehr, wenn Schülerinnen und Schüler im Vorfeld nicht mit den Himmelsrichtungen vertraut sind und nicht wissen, wie sie diese ohne einen Kompass identifizieren können.

Wirkungen auf Distanz

Magneten ziehen magnetisierbare Gegenstände nicht nur bei unmittelbarem Kontakt an, sondern auch, wenn sich die Gegenstände in der Nähe des Magneten befinden. Mit empfindlichen Versuchsaufbauten lässt sich die Wirkung in deutlich größeren Abständen zeigen, als dies der Alltagswahrnehmung entspricht. Physikalisch betrachtet reicht die Wirkung von Magneten unendlich weit in den sie umgebenden Raum hinein. Zur Veranschaulichung der Wirkungen eines Magneten im Raum werden im Unterricht häufig Bilder mit Eisenfeilspänen erzeugt. Man legt dazu eine Glasscheibe auf einen Magneten und streut von oben Eisenfeilspäne auf die Scheibe. Klopft man leicht gegen die Scheibe, bilden sich Ketten aus. Dies ist eine Folge davon, dass die Eisenfeilspäne in der Nähe des Magneten magnetisiert werden und sich dann in spezifischer Weise ausrichten. Die Wirkungen in der Umgebung eines Magneten werden in der Physik mit dem Begriff des magnetischen Feldes beschrieben und über Feldlinien grafisch repräsentiert. Das Eisenfeilspänebild ist jedoch nicht mit einem Feldlinienbild zu verwechseln. Nicht nur Permanentmagneten, sondern auch stromdurchflossene Spulen führen dazu, dass sich Eisenfeilspäne in spezifischer Weise ausrichten. Die entstehenden Bilder sind für einen in Längsrichtung gepolten Stabmagneten und eine stromdurchflossene Spule ähnlich (s. Abb. 5

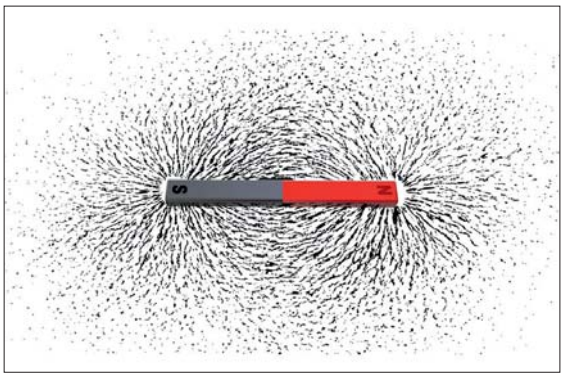


Abb. 5 und 6: Ausrichtung von Eisenfeilspänen um einen Stabmagneten (links) und eine stromdurchflossene Spule (rechts)

und 6). Dies ist ein erster Hinweis auf eine Verknüpfung zwischen dem Magnetismus und der Elektrizitätslehre.

Unterrichtlicher Hinweis:
Im Unterricht ist darauf hinzuweisen, dass die Wirkungen nicht nur wie beim Eisenfeilspänebild in einer Ebene beobachtbar sind, sondern im gesamten dreidimensionalen Raum um den Magneten herum. Die meist nur auf kurze Distanzen gut zu beobachtenden Wirkungen werden zudem von Schülerinnen und Schülern oft falsch gedeutet. Weil die Anziehung auf die Distanz oft so klein ist, dass sie sich mit einfachen Mitteln nicht mehr nachweisen lässt, gehen Schülerinnen und Schüler davon aus, dass ein Magnet nur eine begrenzte Reichweite besitzt. Das Nachmessen der Entfernung, aus der ein Magnet gerade noch beobachtbar anziehen kann, bestärkt die Schülerinnen und Schüler in dieser Annahme. Es sollte deshalb betont werden, dass es von der Nachweismethode abhängt, ob in bestimmten Entfernungen noch Wirkungen feststellbar sind.
Magnetisierbare Materialien können die Wirkung eines Magneten im Raum verändern. Wird z. B. eine Eisenplatte zwischen einen Magneten und eine Büroklammer gehalten, so nimmt die anziehende Wechselwirkung zwischen dem Magneten und der Büroklammer deutlich ab. Materialien, die nicht von einem Magneten angezogen werden, zeigen solch abschwächende Wirkung nicht. In Lehrwerken wird in diesem Zusammenhang gelegentlich von der *Abschirmung* gesprochen, was jedoch den Phänomenen nicht ganz entspricht. Passender wäre der Begriff *Abschwächung*. Für Schiffe, deren Rumpf aus Eisen besteht, hat die Abschwächung zur Folge, dass ein traditioneller Kompass hier nicht mehr wirkt. Stahlgerüste in Gebäuden können die Wirkung des Erdmagnetfelds deutlich abschwächen.

Die „Stärke“ eines Magneten

Im Alltag schreibt man Magneten häufig eine bestimmte „Stärke“ zu. Denkbare Kriterien, um einen starken von einem schwachen Magneten zu unterscheiden, sind z. B. die maximale Distanz, über die ein Magnet bestimmte Gegenstände anziehen kann, oder die Last, die der Magnet heben kann. Im Alltag reichen derartige Vergleiche völlig aus. Aus physikalischer Perspektive sind diese Versuche, die Stärke eines Magneten zu beschreiben, jedoch unzureichend, denn die Geometrie sowohl des Magneten als auch des zusätzlichen Gegenstands spielen für die Stärke der anziehenden Wechselwirkung eine nicht zu vernachlässigende Rolle. So ist z. B. für den Vergleich, aus welcher Distanz ein bestimmter Gegenstand gerade noch angezogen wird, nicht egal, welche Form und Größe die Stirnfläche des Magneten hat. Für den Vergleich gehobener Lasten ist nicht egal, ob eine lange Kette von Büroklammern an einen Magneten gehängt wird oder ein breites Büschel aus Büroklammern. Unterschiedliche Versuchsbedingungen können entsprechend zu unterschiedlichen Beurteilungen der Stärke führen.
Die anziehende Wirkung von Magneten verändert sich, wenn man Magneten in spezifischer Weise miteinander in Kontakt bringt. Im Experiment zeigt sich, dass eine Verlängerung durch Hintereinanderlegen zweier Magneten wenig Einfluss auf die anziehende Wirkung hat. Legt man dagegen zwei identische Magneten so zusammen, dass gleichnamige Pole beieinander liegen, dann verstärkt sich die anziehende Wirkung deutlich. Werden ungleichnamige Pole aufeinandergelegt, schwächt sich die Wirkung ab (vgl. Abb. 7). Ein allgemeingültiger Zusammenhang zwischen der Anordnung der Magneten und der daraus resultierenden Wirkung lässt sich jedoch nicht formulieren.
Um die unterschiedliche Wirkung von Magneten zumindest grob vergleichen zu können, geben Hersteller von Magneten die Haftkraft an, mit der ein Magnet an einer bestimmten Platte aus magnetisierbarem Material (Messplatte) haftet. Dazu wird experimentell die Kraft bestimmt, bei der sich der betrachtete Magnet unter definiertem Zug von der Messplatte löst.
In der Physik ordnet man nicht dem Magneten selbst, sondern über das Magnetfeld jedem Punkt in der Umgebung des Magneten eine bestimmte Stärke zu. Kennt man die Geometrie und die Materialeigenschaften des Gegenstands, lässt sich

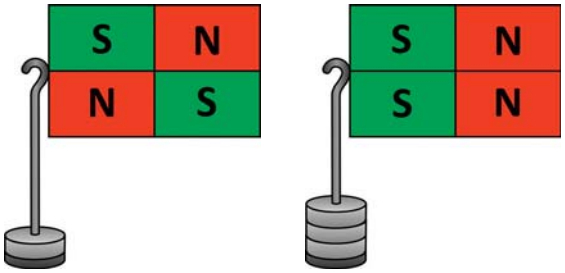


Abb. 7: Durch eine antiparallele Ausrichtung zweier Magneten wird die anziehende Wirkung verringert (links), während sich bei paralleler Ausrichtung der Magneten die Anziehungskraft verstärken lässt (rechts).

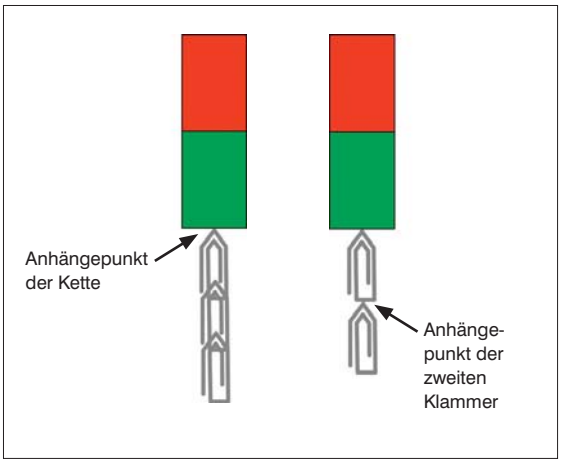


Abb. 8: Die magnetische Wirkung auf die Büroklammern hängt von der Art des Anhängens der Klammern an den Magneten ab (Näheres s. Text).

daraus theoretisch die Anziehungskraft zwischen Magnet und Gegenstand bestimmen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Gegenstand in der Nähe des Magneten seine Eigenschaften verändert, was wiederum die Stärke der Wechselwirkung bestimmen kann.

Magnetisieren, Entmagnetisieren, Ummagnetisieren

Werden Büroklammern oder Nägel an einen Magneten angehängt, so lässt sich beobachten, dass diese nach Ablösen (für einen kurzen Zeitraum) selbst zu einem Magneten geworden sind, an den weitere Büroklammern oder Nägel gehängt werden können. Die Büroklammern wurden magnetisiert. Bei Entfernen der Klammern von dem Magneten behalten sie einen Teil ihrer Magnetisierung. Im Unterricht werden oft Drähte, Fahrradspeichen o. Ä. durch Überstreichen mit einem Magneten magnetisiert.

Durch Kontakt mit anderen Magneten kann die Magnetisierung von Permanentmagneten verstärkt oder geschwächt werden. Sie kann sich sogar umkehren. Dies ist z. B. häufig bei Magnetnadeln oder AlNiCo-Magneten der Fall, denen ein Neodym-Magnet genähert wird. Magneten, die sich leicht ummagnetisieren lassen, bezeichnet man als magnetisch weich, während Magneten, die nur in hohen Magnetfeldern ummagnetisiert werden können, als magnetisch hart bezeichnet werden. Permanentmagneten sind demnach magnetisch hart.

Unterrichtlicher Hinweis:

Im Unterricht ist darauf zu achten, dass der Begriff *Kraft* in der Physik immer die Stärke einer Wechselwirkung bezeichnet. Anders als in der alltäglichen Verwendung bezeichnet die Kraft in der Physik also keine Eigenschaft eines Körpers, sondern die Wirkung eines Körpers (bzw. eines Feldes) auf einen anderen Körper. Der Begriff *Magnetkraft* oder *Kraft eines Magneten* sollte deshalb vermieden werden.

Bei der Nutzung von z. B. aneinandergehängten Büroklammern zur Bestimmung der Stärke eines Magneten ist zu beachten, dass man zu unterschiedlichen Ergebnissen kommt in Abhängigkeit davon, ob die Büroklammern zu einer fest verbundenen Kette ineinander gehakt werden (Abb. 8 links) oder ob sie nach und nach an vorher bereits am Magneten haftende Büroklammern angehängt werden (Abb. 8 rechts).

Im Fall der ineinander gehakten Büroklammer-Kette spielt vorrangig die Wirkung direkt am Anhängepunkt der Kette eine Rolle. Werden nach und nach Büroklammern angehängt, ist jeweils die Wechselwirkung zwischen der neuen und der vorherigen Büroklammer von Bedeutung.

Unterrichtlicher Hinweis:

Es sollte vermieden werden, Magneten mit deutlich unterschiedlicher „Stärke“ einander zu nähern, da z. B. ein „starker“ Neodym-Magnet einen „schwächeren“ AlNiCo-Magneten in seinen magnetischen Eigenschaften verändern kann. Es sollte zudem beachtet werden, dass Gegenstände aus magnetisierbarem Material bereits durch das Erdmagnetfeld magnetisiert werden können. Dies kann man zeigen, indem man eine Eisenstange an einem (nicht verdrillten) Faden drehbar aufhängt. Die Eisenstange wird sich im Laufe eines Tages in Nord-Süd-Richtung einstellen. Die Magnetisierung durch das Erdmagnetfeld ist ggf. auch im Unterricht zu berücksichtigen. Stellt man z. B. einen Tisch mit Stahlgestell, der lange in einer bestimmten Position gestanden hat, kurz vor dem Unterricht um, kann dies die Ausrichtung einer Kompassnadel massiv stören. Kompassnadeln und Magneten sollten vor dem Einsatz im Unterricht getestet werden, um unerwünschte vorherige Ummagnetisierungen ausschließen zu können.

Die magnetische Wirkung lässt bei Erwärmung und Erschütterung nach. Bei AlNiCo-Magneten ist dieser Effekt bereits bei Raumtemperatur von Bedeutung, sodass die Wirkung des Magneten im Laufe der Zeit immer schwächer wird. Ab einer bestimmten Temperatur bricht der Ferromagnetismus vollständig zusammen. Die zugehörige Temperatur bezeichnet man als Curie-Temperatur. Für verschiedene ferromagnetische Materialien ist die Curie-Temperatur unterschiedlich. Für Eisen liegt die Curie-Temperatur bei 770 °C. Diese Temperatur wird in einer Kerzenflamme problemlos erreicht. Oberhalb der Curie-Temperatur geht das Material in der Regel in einen anderen magnetischen Zustand (paramagnetisch) über.
Typische Curie-Temperaturen gängiger Permanentmagneten:

Ferrit	450 °C
AlNiCo	850 °C
Neodym	310 °C

Elektromagneten

Eine wichtige Erkenntnis in der Geschichte der Physik war, dass nicht nur ein Magnet, sondern auch ein stromdurchflossener Leiter in der Lage ist, eine Magnetnadel zu beeinflussen. Dies konnte Ørstedt mit dem heute nach ihm benannten Versuch zum ersten Mal zeigen. Eine Beschreibung des historischen Versuches findet sich bei Achilles (1996). Damit war nachgewiesen, dass es einen Zusammenhang zwischen der Elektrizitätslehre und dem Magnetismus gibt. Die relativ schwache magnetische Wirkung eines einzelnen stromdurchflossenen Drahtes lässt sich deutlich steigern, wenn der Draht zu einer Spule aufgewickelt wird. Die magnetische Wirkung einer Spule, die an eine Batterie angeschlossen ist, kann ausreichen, um damit magnetisierbare Gegenstände wie Eisennägel oder (kleine) Massestücke anzuheben. Genau wie bei einem Stabmagneten befinden sich die magnetischen Pole der Spule jeweils an ihren offenen Enden, sodass dort besonders viele Eisennägel bzw. Massestücke haften bleiben. Das Vorhandensein der magnetischen Pole lässt sich auch mit einem Stabmagneten nachweisen, da sich Abstoßung bzw. Anziehung beim Annähern eines Magneten an eine stromdurchflossene Spule deutlich spüren lassen. Durch einen Eisenkern im Inneren der Spule lässt sich die magnetische Wirkung einer Spule zusätzlich deutlich verstärken.
Wegen der ähnlichen Eigenschaften von stromdurchflossenen Spulen und Permanentmagneten werden stromdurchflossene Spulen auch als Elektromagneten bezeichnet. Es gibt jedoch auch Unterschiede zwischen Elektro- und Permanentmagneten. Vertauscht man die elektrischen Anschlüsse einer Spule an einer (Gleich-) Spannungsquelle, so tauscht auch die Lage der magnetischen Pole. Wird eine Spule von der Spannungsquelle getrennt, so verliert sie ihre magnetische Wirkung. Beides lässt sich bei einem Permanentmagneten nicht problemlos realisieren. Dieser Unterschied wird technisch z. B. bei Schrottkränen genutzt, wo das Abschalten der magnetischen Wirkung ein Abladen des zuvor durch den Magneten gehaltenen Schrotts ermöglicht. Die leichte Umpolbarkeit von Elektromagneten bildet die Grundlage für die Funktion von Elektromotoren. Der einfachste Elektromotor besteht aus einem gebogenen Draht (Leiterschleife) und einem Permanentmagneten (Abb. 9). Wird an die Leiterschleife eine Wechselspannung angelegt, führt die Anziehung bzw. Abstoßung der Pole von Leiterschleife und Permanentmagnet zu einer Rotation der Leiterschleife. Die in Sequenz 5 eingesetzte Kombination aus Spule und Permanentmagnet funktioniert nach diesem Prinzip. Hier wird die Leiterschleife durch eine Spule ersetzt. Die alternierende Trennung und Verbindung der Spule von der Gleichspannungsquelle (Batterie) hat eine ähnliche Funktion wie das Anlegen einer Wechselspannung.

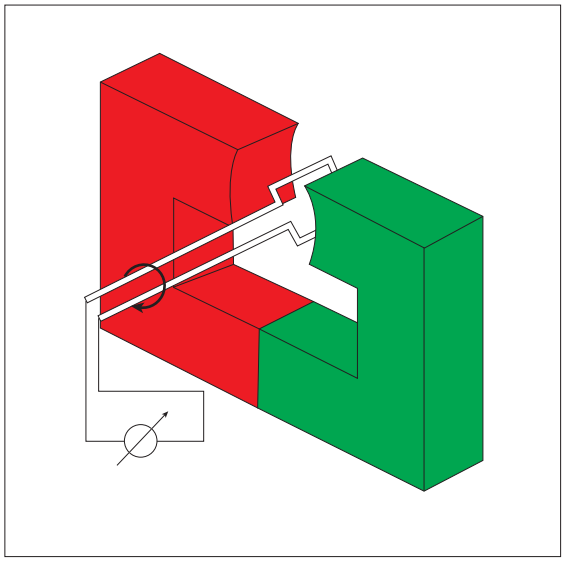


Abb. 9: Rotation einer stromdurchflossenen Leiterschleife in einem Permanentmagneten.

4.1.2 Modelle zum Magnetismus

Die folgenden Überlegungen haben zum Ziel, die in Abschnitt 4.1.1 genannten Phänomene theoretisch zu begründen. Es werden dabei zwei zentrale Modelle unterschieden, deren Erklärungsmächtigkeit als besonders relevant angesehen werden: Das *Modell des magnetischen Feldes* und das

Modell der Elementarmagneten. Wie auch schon in Kapitel 4.1.1 werden fachliche Präzisierungen oder Ergänzungen in grauen Unterlegungen eingefügt sowie unterrichtliche Hinweise in Kästen gegeben.

Das magnetische Feld

Mit dem magnetischen Feld werden die magnetischen Eigenschaften an jedem Punkt des Raumes um einen Magneten beschrieben. In jedem Punkt des Raumes lassen sich die Wirkungen von Kräften beobachten. Diese Kräfte führen z. B. dazu, dass sich frei drehbar gelagerte Magnetnadeln ausrichten. Die Einführung des magnetischen Feldes macht es möglich, die magnetischen Wirkungen auf einen Gegenstand im Raum um einen Magneten nicht länger als Wirkung auf Distanz (bzw. als Fernwirkung) zu beschreiben, sondern als Nahwirkung des magnetischen *Feldes* mit dem Gegenstand. Das Modell des magnetischen Feldes kann herangezogen werden, um alle Phänomene zu deuten, in denen Anziehung oder Abstoßung beobachtet wird. Sie können jetzt beschrieben werden als über das Feld vermittelte Kraftwirkungen. Das Modell des Feldes kann auch genutzt werden, um zu erklären, warum sich magnetische Eigenschaften in bestimmten Konfigurationen verändern (z. B. bei der Abschwächung der magnetischen Wirkung). Das Modell des Feldes beschreibt somit Phänomene, die sich auf die Wechselwirkung eines Magneten mit seiner Umgebung beziehen.

Übergang von der Fern- zur Nahwirkung

Mithilfe des magnetischen Feldes wird die Fernwirkung eines Magneten zu einer Nahwirkung des Feldes. Dieser Wechsel von Fern- zu Nahwirkung durch die Einführung des Feldbegriffs ist ein wichtiges Konzept der modernen Physik. In der Magnetostatik nimmt man an, dass mit der Positionierung des Magneten im Raum das zugehörige Magnetfeld überall zeitgleich entsteht. Man weiß aber heute, dass magnetische Felder sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten. Das bedeutet z. B., dass bei Positionierung eines Magneten oder beim Einschalten eines Elektromagneten die Wirkungen nicht instant an jeder Stelle des Raumes nachweisbar sind, sondern die Wirkung für weit entfernte Punkte im Raum erst nach einer gewissen (wenn auch sehr kurzen) Zeit messbar wird.

Veranschaulichung des magnetischen Feldes

Feldlinienbilder sind Veranschaulichungen magnetischer Felder. Magnetische Feldlinien sind geschlossene Linien ohne Anfang und Ende, die sich nicht kreuzen. Sie gehen durch den Magneten hindurch. Die Dichte der Feldlinien in einem Punkt stellt ein Maß für die Stärke des magnetischen Feldes in diesem Raumpunkt dar. An den Polen eines Magneten sind die Feldlinien demnach besonders dicht. Feldlinien geben vor, wie sich z. B. eine (unendlich klein gedachte) Magnetnadel am jeweils betrachteten Ort im Feld ausrichtet, nämlich tangential zu den Feldlinien. Die Richtung der Feldlinien gibt die Richtung an, in die der Nordpol der Magnetnadel zeigt. Als Merkregel für die Richtung der Feldlinien wird häufig festgehalten: Die Feldlinien versickern im Südpol. Genau genommen versickern sie da nicht, sondern gehen innerhalb des Magneten weiter zum Nordpol. In Feldlinienbildern ist immer nur eine Auswahl von Feldlinien dargestellt. Das bedeutet nicht, dass dazwischen keine Feldlinien liegen. Tatsächlich geht durch jeden Punkt im Raum eine Feldlinie. Eine alternative Form, magnetische Felder darzustellen, besteht darin, bestimmte Punkte im Raum mit Pfeilen zu versehen. Die Pfeillänge ist ein Maß für die Feldstärke am jeweiligen Punkt und die Pfeilrichtung gibt die Richtung an, in der sich eine dort positionierte Magnetnadel ausrichtet. Die Richtungen einer solchen Darstellung entsprechen dann denen in dem Bild, das man erhält, wenn man ein Magnetnadelfeld ausrichtet (Abb. 10).[1]

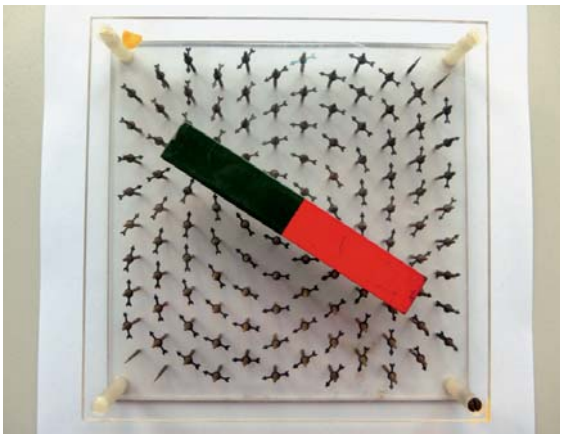


Abb. 10: Ausrichtung von Magnetnadeln in der Umgebung eines Permanentmagneten

[1] Tatsächlich beeinflussen die Magnetnadeln durch ihr jeweils eigenes Feld das Feld des darzustellenden Magneten zusätzlich.

Im Unterricht wird zum magnetischen Feld meistens über das Eisenfeilspänebild hingeführt (vgl. Abb. 5 links). Um aus einem Eisenfeilspänebild ein Feldlinienbild zu rekonstruieren, sind die oben genannten theoretisch begründeten Eigenschaften von Feldlinien zu berücksichtigen. Es sollte nicht der Eindruck entstehen, dass sich aus dem Eisenfeilspänebild das Feldlinienbild unmittelbar ergebe. Vergleicht man die Ketten im Eisenfeilspänebild mit dem Feldlinienbild, so lassen sich vier wichtige Unterschiede nennen:

- Im Eisenfeilspänebild entstehen keine durchgängigen Ketten. Feldlinien dagegen werden als geschlossene Linien modelliert.
- Die Dichte der Ketten hängt nur von der Bestreuung der Glasplatte ab. Aus der Dichte der Ketten lässt sich jedoch nicht auf die Feldliniendichte schließen.
- Da die Eisenfeilspäne in der Nähe der Pole besonders stark zu den Polen hingezogen werden, hat in diesem Bereich das Eisenfeilspänebild im Gegensatz zum Feldlinienbild eine Lücke.
- Im Gegensatz zu den realen Ketten im Eisenfeilspänebild sind die Feldlinien mathematische Konstrukte. Sie sind nicht real, sondern lediglich graphische Repräsentation des magnetischen Feldes (vgl. Duit, Kraus & Rincke 2012).

Unterrichtlicher Hinweis:
Schülerinnen und Schüler deuten Feldlinien auf der Grundlage der Erfahrungen mit Versuchen zur Anziehung auch gelegentlich als Bahnen, auf denen sich eine Magnetnadel dem Pol nähern würde. Vorstellungen von der Ausrichtung in einem Magnetfeld und der Anziehung eines Körpers zu den Polen hin werden hier vermischt. Ob und wohin sich ein magnetisierter Körper im Magnetfeld bewegt, lässt sich an dem Verlauf einer einzelnen Feldlinie nicht ablesen. Dazu muss man sowohl den Verlauf der Feldlinien in der Umgebung des Körpers als auch den aktuellen Bewegungszustand (Geschwindigkeit und Impuls) des Körpers mit einbeziehen.

Die magnetische Feldstärke[2]

Von einem *homogenen magnetischen Feld* spricht man, wenn die Feldlinien in gleichbleibendem Abstand parallel zueinander verlaufen. In einem homogenen magnetischen Feld erfährt z. B. eine Magnetnadel gar keine resultierende Kraft und damit auch keine Anziehung zu einem der Pole hin. Wohl aber erfährt die Magnetnadel ein Drehmoment, das zu einer Ausrichtung im Feld führt. Anziehungskräfte sind nur dann zu beobachten, wenn die magnetische Feldstärke an den beiden Enden der Magnetnadel unterschiedlich groß ist, das Feld also *inhomogen* ist. Nur in diesem Fall sind resultierende Anziehungskräfte (oder Abstoßungskräfte) und damit Bewegungen hin zu (oder weg von) den Polen zu beobachten. Dass Eisenfeilspäne in der Nähe der Pole zu den Polen hingezogen werden, ist somit eine Folge der großen Inhomogenität des magnetischen Feldes in diesem Bereich.

Jedem Punkt im magnetischen Feld ist eine sog. magnetische Feldstärke zugeordnet. Die magnetische Feldstärke beschreibt nicht, wie man vielleicht vermuten könnte, die Kraft, die eine Magnetnadel im Magnetfeld erfährt. Die Tatsache, dass Magnetnadeln in homogenen Magnetfeldern (z. B. im Inneren eines Hufeisenmagnets) lediglich ausgerichtet werden und keine resultierende Kraft erfahren, macht deutlich, dass eine Festlegung der Feldstärke über eine anziehende Kraft wenig hilfreich wäre. Es ist jedoch möglich, die Feldstärke über das Drehmoment zu definieren, das eine (unendlich klein gedachte) Magnetnadel im Magnetfeld erfährt. Bringt man eine Magnetnadel in ein Magnetfeld, richtet sie sich aufgrund dieses Drehmoments parallel zu den Feldlinien aus. Das wirkende Drehmoment ist bei paralleler Ausrichtung der Magnetnadel zum Magnetfeld null. Wenn man die Magnetnadel in eine andere Orientierung bringen möchte, muss man ein Drehmoment erzeugen. Dieses ist umso größer, je größer die Feldstärke ist. Auf diese Weise lässt sich (zumindest theoretisch) eine Messvorschrift für die magnetische Feldstärke B angeben.

Bei ausgedehnten Magnetnadeln in inhomogenen Magnetfeldern kann es vorkommen, dass die beiden Seiten der Magnetnadel unterschiedlichen Feldstärken ausgesetzt sind. Daraus ergeben sich entsprechend unterschiedliche Kräfte auf beiden Seiten der Magnetnadel, die dazu führen, dass die Magnetnadel insgesamt eine resultierende Kraft in Richtung des Gebietes mit der größeren Magnetfeldstärke erfährt.

[2] Die Größe B wird in neuerer Literatur und in Schulbüchern als magnetische Feldstärke bezeichnet. Nach DIN-Norm wäre die Bezeichnung *magnetische Flussdichte* korrekt.

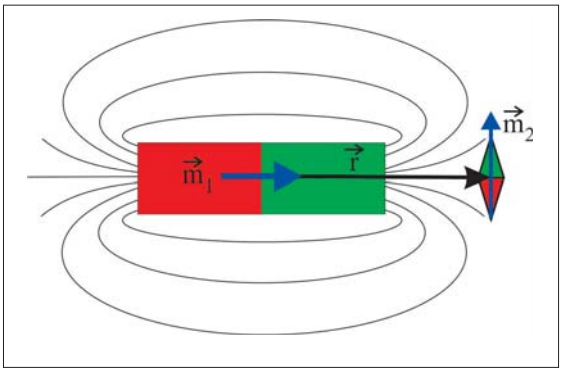


Abb. 11: Kompassnadel senkrecht zum Magneten orientiert

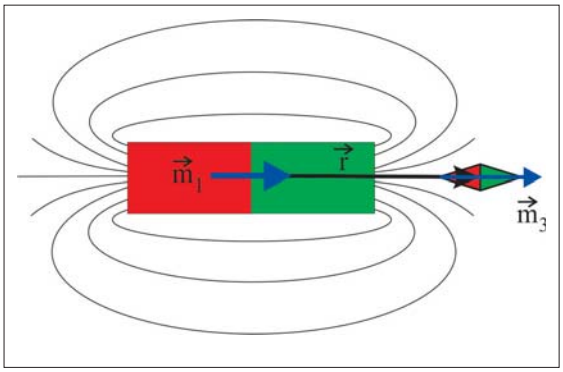


Abb. 12: Kompassnadel parallel zum Magneten orientiert

Wechselwirkung magnetischer Momente

Jeder Magnet bzw. Dipol mit magnetischem Moment $\vec{m}_1$ erzeugt ein magnetisches Feld $\vec{B}_1$. Bringt man einen zweiten Dipol mit Moment $\vec{m}_2$ im Abstand $\vec{r}$ in das magnetische Feld des ersten, kommt es zu einer Wechselwirkung zwischen den Dipolen, der *Dipol-Dipol-Wechselwirkung*. Im Gegensatz zur Wechselwirkung zwischen Ladungen hängt die Wechselwirkung zwischen magnetischen Momenten nicht nur vom Abstand ab, sondern auch von der Orientierung der magnetischen Momente untereinander. Die Energie des Dipols E_d im Feld des Magneten ist dabei gegeben durch:

$$E_d = \frac{\mu_0}{4\pi r^3}\left(\vec{m}_1\vec{m}_2 - \frac{3}{r^2}\left(\vec{m}_1\vec{r}\right)\left(\vec{m}_2\vec{r}\right)\right) = \vec{m}_2\vec{B}_1$$

$$\text{mit } \vec{B}_1 = \frac{\mu_0}{4\pi r^3}\left(\vec{m}_1 - \frac{3}{r^2}\vec{r}\left(\vec{m}_1\vec{r}\right)\right)$$

μ_0 ist die sog. magnetische Feldkonstante. Auf den Dipol wirkt eine Kraft, die den Dipol bewegt (Translations- sowie Rotationsbewegung), bis seine Energie minimal ist. Die Kraft ist dabei gegeben durch den Gradienten der Energie: $\vec{F} = -\vec{\nabla}E_{d-d}$. Magnetische Momente in festem Abstand (wie z. B. eine Kompassnadel) führen nur eine Rotationsbewegung zum Erreichen des Energieminimums aus. Das Drehmoment $\vec{D}$ ist dabei gegeben durch $\vec{D} = \vec{m}_2 \times \vec{B}_1$.

Überlegungen zur Energie können genutzt werden, um das Verhalten von Magneten, Magnetnadeln oder auch magnetisierbaren Materialien im Feld eines Magneten zu begründen. Bringt man z. B. eine Kompassnadel in festem Abstand $|\vec{r}| = 1$ um den Magneten mit Moment $\vec{m}_1$ so führt sie eine Drehung aus, bis sie ihre Energie minimiert hat. Ist die Kompassnadel senkrecht zum Magneten orientiert (vgl. Abb. 11) gilt:

$$\vec{m}_1\vec{m}_2 = 0, \qquad \vec{m}_1\vec{r} = 0, \qquad \vec{m}_2\vec{r} = 0,$$

da die Kompassnadel senkrecht zum Magneten steht, sind die Skalarprodukte null. Es folgt:

$$E_{1-2} = \frac{\mu_0}{4\pi}(0 - 3 \cdot 0) = 0$$

Ist die Kompassnadel parallel zum Magneten orientiert (vgl. Abb. 12), folgt:

$$\vec{m}_1\vec{m}_3 = m^2, \qquad \vec{m}_1\vec{r} = m, \qquad \vec{m}_3\vec{r} = m$$

Bei paralleler Ausrichtung der Nadel sind die Skalarprodukte ungleich null:

$$E_{1-3} = \frac{\mu_0}{4\pi}(m^2 - 3 \cdot m^2) = -2\frac{\mu_0}{4\pi}m^2$$

Durch eine parallele Ausrichtung kann die Kompassnadel ihre Energie minimieren. Die nicht parallel orientierte Kompassnadel wird sich also so lange drehen, bis eine parallele Ausrichtung erreicht ist.

Wird eine frei bewegliche, zum Magneten parallel orientierte Kompassnadel in unterschiedlichen Abständen zum Magneten mit dem magnetischen Moment $\vec{m}_1$ angebracht (Abb. 13), so können auch hier Energiebetrachtungen für die zwei Positionen der Kompassnadel helfen, deren Bewegungsverhalten zu begründen. Durch die parallele Ausrichtung, $\vec{m}$ und $\vec{B}$ zeigen in die gleiche Richtung, tritt keine Drehung der Kompassnadel auf. Allerdings ist das Feld nahe des Magneten größer, und somit die potentielle Energie niedriger.

$$\vec{B}_1 > \vec{B}_2 \rightarrow E_1 = -\vec{m}\vec{B}_1 < -\vec{m}\vec{B}_2 = E_2$$

Die Kompassnadel wird von dem Magneten angezogen, da dadurch ihre potentielle Energie reduziert wird.

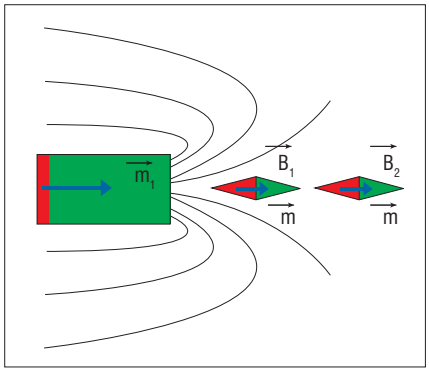


Abb. 13: Verschiebbare Kompassnadel an verschiedenen Stellen parallel zum Magneten.

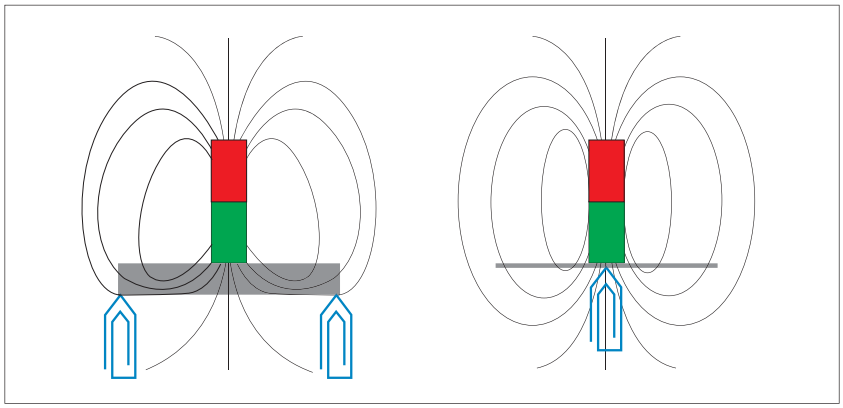


Abb. 14: Magnetisierbare Materialien, wie z. B. eine Eisenplatte, bündeln das magnetische Feld und verändern dadurch seine Geometrie. Hinter dicken Platten wird das Feld lokal abgeschwächt (links); bei dünnen Platten bleibt es lokal teilweise erhalten (rechts).

Wechselwirkung des magnetischen Feldes mit magnetisierbaren Materialien

Während magnetische Felder von nicht magnetisierbaren Materialien nicht beeinflusst werden, verändert magnetisierbares Material das Feld. Das Material bündelt und führt die eindringenden Feldlinien. Dies kann man nutzen, um Feldlinien so umzulenken, dass das ursprüngliche Magnetfeld, z. B. hinter einer Wand oder innerhalb eines Behälters aus magnetisierbarem Material, stark abgeschwächt wird. Der Grad der Abschwächung hängt von der Stärke des Feldes und der Geometrie der Abschirmung ab. Hält man z. B. den Pol eines Magneten mittig auf eine dicke Eisenplatte, kann man feststellen, dass eine Büroklammer in der Nähe des Pols nicht mehr angezogen wird, wohl aber an den Rändern der Platte. Wiederholt man denselben Versuch mit einer dünnen Platte, lässt sich in der Nähe des Pols jedoch noch eine abgeschwächte magnetische Anziehung beobachten (Abb. 14).

Das Modell der Elementarmagneten

Phänomene des Ferromagnetismus, die sich auf die Herstellung, Zerstörung, Teilung und das Aneinanderfügen von Magneten beziehen, können in einem ersten Zugang über das Modell der Elementarmagneten beschrieben werden. Das Modell der Elementarmagneten macht Annahmen über den *Aufbau* von magnetisierbaren Stoffen und von Permanentmagneten. Dabei stellt man sich vor, dass ein ferromagnetisches Material viele kleine, unteilbare Elementarmagneten enthält, die im unmagnetisierten Zustand ungeordnet sind, sich in der Nähe eines Magneten jedoch ähnlich wie Magnetnadeln ausrichten. Ein Permanentmagnet zeichnet sich dadurch aus, dass hier die (meisten) Elementarmagneten identisch ausgerichtet sind. Teilt man den Magneten, bleibt in den Teilstücken die Ordnung erhalten und es entstehen stets neue Magneten mit vorhersagbarer Polung.

Das Modell der Elementarmagneten macht verständlich, wie das Magnetisieren durch Überstreichen mit einem Magneten geschieht. Man kann sich vorstellen, dass je nach verwendetem Magneten und je nach Häufigkeit des Magnetisierungsvorgangs unterschiedlich viele Elementarmagneten erfasst und ausgerichtet werden. Im Modell wird so auch verständlich, dass die Magnetisierung eines Materials eine obere Grenze besitzt, die dann erreicht ist, wenn alle Elementarmagneten ausgerichtet sind. Hinsichtlich der Entmagnetisierung durch Erwärmen und Erschütterung kann man sich im Rahmen des Modells vorstellen, dass durch Erschütterung und thermische Bewegung der Atome die Ordnung zunehmend zerstört wird.

Eine zentrale Frage, die im Modell offen bleibt, ist die, von welcher Art die Elementarmagneten eigentlich sind. Graphische Darstellungen des Aufbaus von Magneten suggerieren leicht, dass es sich bei den Elementarmagneten um materielle Bestandteile des Materials handelt. Dies wirft jedoch weitere Fragen auf, z. B., wie es überhaupt möglich ist, dass sich die Elementarmag-

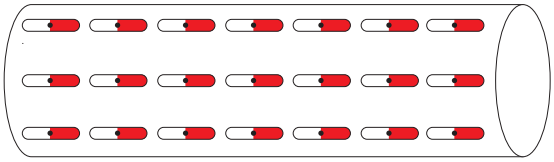


Abb. 15: „Klassische Anordnung“ der Elementarmagneten

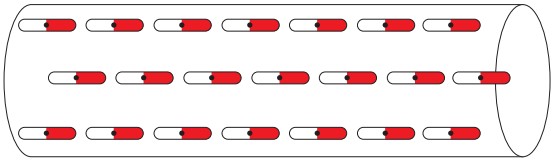


Abb. 16: Alternative Anordnung der Elementarmagneten (nach Hees, 2008)

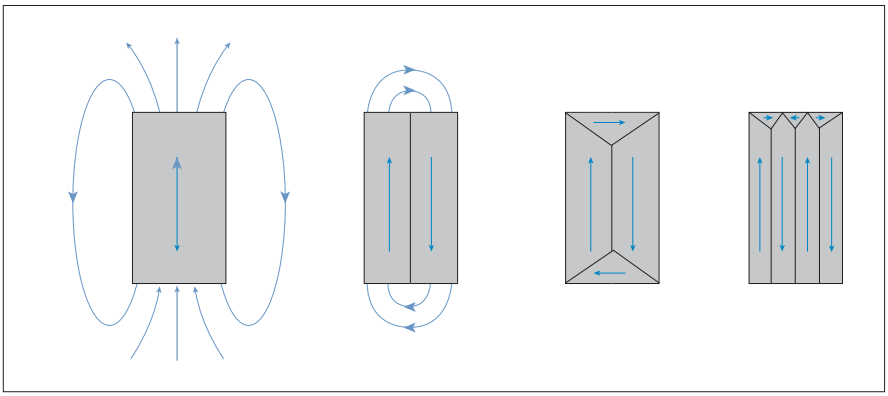


Abb. 17: Durch das Aufteilen in Bereiche mit unterschiedlich orientierter Magnetisierung verschwindet die magnetische Energie nahezu vollständig.

neten im Festkörper drehen oder weshalb sich die Magneten wie in Abbildung 15 gezeigt anordnen. Bei dem Versuch, die entsprechende Anordnung mit Permanentmagneten nachzulegen, lässt sich leicht beobachten, dass dies nicht möglich ist, weil sich die Reihen gegenseitig abstoßen. Eine Anordnung, wie sie in Abbildung 16 dargestellt ist, lässt sich dagegen auch mit realen Permanentmagneten realisieren.

Unterrichtlicher Hinweis:
Schwierigkeiten mit dem Modell der Elementarmagneten treten dann auf, wenn man das Modell mit der Realität verwechselt. Einige der Schwierigkeiten lassen sich reduzieren, wenn man die Elementarmagneten von Beginn an klar als abstrakte Idee einführt, die die „inneren“ *Eigenschaften* eines Magneten, nicht aber dessen realen Aufbau beschreibt. Nimmt man die Elementarmagneten ähnlich wie bei den Magnetnadelfeldern (vgl. Abb. 10) als ortsfest an, verliert die Vorstellung der Abstoßung zwischen den Reihen an Bedeutung. Auch das Problem, wie sich die Magneten im Festkörper bewegen können, wird reduziert. Aus Sicht von Schülerinnen und Schülern können sich jedoch weitere Fragen an das Modell stellen. So kann man sich ausgehend vom Modell der Elementarmagneten z. B. durchaus auch vorstellen, dass Erschütterungen die Ausrichtung der Elementarmagneten unterstützen sollte, ähnlich wie dies beim Klopfen auf einen Kompass der Fall ist (vgl. Merzyn 1989). Ungeklärt ist in den gängigen Schulbuchdarstellungen des Elementarmagneten-Modells auch die Frage, warum sich die Elementarmagneten nicht bereits spontan im Feld der anderen Elementarmagneten ausrichten (wie dies z. B. bei den Magnetnadelfeldern der Fall ist). Die Gegenüberstellung zweier möglicher Anordnungen kann hier helfen, mit Schülerinnen und Schülern den Modellcharakter und Fragen an das Modell zu diskutieren (vgl. Sequenz 4). Den Schülerinnen und Schülern sollte deutlich werden, dass es sich bei dem Modell um eine Veranschaulichungsmöglichkeit handelt, mit der bestimmte Phänomene gedeutet werden können. Inwieweit das Modell bei näherer Betrachtung fachlich angemessen ist, kann und darf dabei im Unterricht offenbleiben.

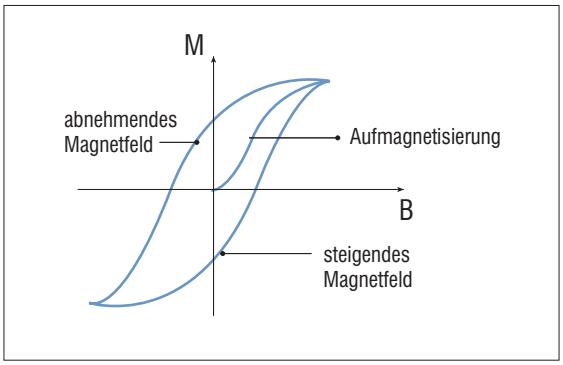


Abb. 18: Typische Abhängigkeit der Magnetisierung M von einem Magnetfeld B eines Ferromagneten.

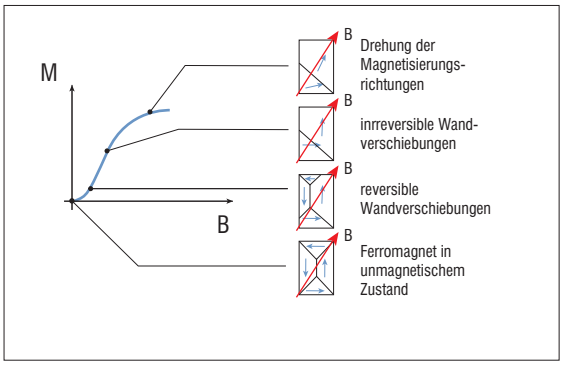


Abb. 19: Magnetisierungskurve (linker oberer Ast in Abb. 18) eines Ferromagneten und Einfluss des Magnetfeldes auf die Weißschen Bezirke.

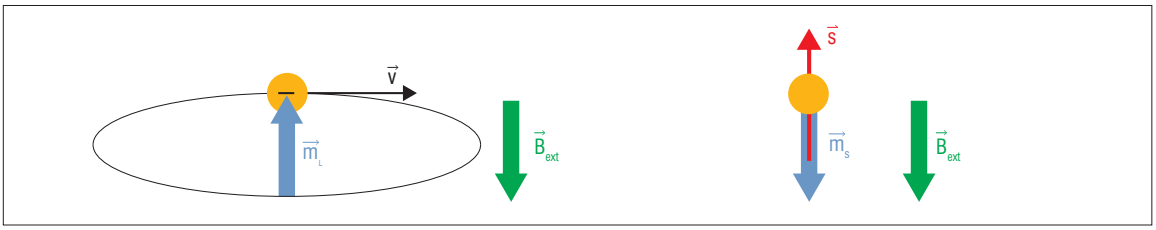


Abb. 20: Die Rotation eines Elektrons um den Atomkern erzeugt einen Beitrag m_L zum magnetischen Moment, und zwar antiparallel zur Richtung des äußeren Magnetfelds. Rechts: Der Spin $\vec{s}$ des Elektrons erzeugt einen Beitrag $\vec{m}_s$ zum magnetischen Moment, der in Richtung des äußeren Magnetfeldes zeigt.

Vertiefte Grundlage des Ferromagnetismus in Festkörpern

a) Magnetismus auf mesoskopischer Ebene

Ferromagnetische Materialien sind normalerweise „unmagnetisiert“, können aber in einem Magnetfeld magnetisiert werden. Ein unmagnetisiertes magnetisches Material ist in Bereiche strukturiert, deren Magnetisierung unterschiedliche Orientierung aufweist (Abb. 17). Die Bereiche werden als Weißsche Bezirke oder Domänen bezeichnet und haben eine Ausdehnung von weit unter einem Mikrometer bis zu mehreren Millimetern.

Die Domänen sind auch die Ursache für das typische Verhalten eines Magneten im magnetischen Feld. Während der Magnetisierung eines Magneten in einem Magnetfeld werden die Domänen ausgerichtet und der Magnet zeigt eine makroskopische Magnetisierung. Diese Magnetisierung geht in eine Sättigung, wenn die Magnetisierung aller Domänen entlang der Feldrichtung ausgerichtet ist. Lässt man nun das angelegte Magnetfeld wieder auf den Wert null absinken, so bleibt eine Restmagnetisierung. Erst bei Anlegen eines Magnetfelds in entgegengesetzter Richtung, verschwindet die makroskopische Magnetisierung wieder. Mit weiter steigendem negativen Magnetfeld, wächst die makroskopische Magnetisierung in entgegengesetzter Richtung bis zur Sättigung. Dieses Verhalten wird Hysterese genannt (Abb. 18). Bei detaillierter experimenteller Untersuchung lässt sich nachweisen, dass das Anwachsen der Magnetisierung anfangs mit einer Vergrößerung derjenigen Weißschen Bezirke einhergeht, deren Orientierung mit dem äußeren Magnetfeld übereinstimmt (schematisch in Abb.19). Dabei verkleinern sich die anderen Bezirke. Mit steigender Feldstärke wird diese Verschiebung irreversibel. Bei sehr großen Feldstärken richten sich die noch vorhandenen Bezirke zunehmend parallel zur äußeren Feldrichtung aus.

Kristallfehler wie Korngrenzen oder Versetzungen in einem Material erschweren das Wandern der Grenzen der Weißschen Bezirke. Dies erklärt, warum das Magnetisieren z. T. nur unter hohem Aufwand (große magnetische Feldstärken) gelingt. Gleichzeitig macht dies verständlich, warum Permanentmagneten ihre Magnetisierung so lange behalten können.

Vergleicht man die Weißschen Bezirke mit den Elementarmagneten, so besteht zwar eine gewisse Ähnlichkeit: In beiden Fällen wird die Magnetisierung durch Ausrichtung gewisser „Minimagneten“ im äußeren Magnetfeld erklärt. Die Weißschen Bezirke verändern jedoch ihre Größe und können somit nicht als kleinste Einheiten des Magnetismus angesehen werden. Die Ausrichtung der magnetischen Momente der Weißschen Bezirke ist zudem nicht grundsätzlich beliebig, sondern kann sich an den kristallographischen Richtungen orientieren (Vogel 1999).

Eine mögliche Veranschaulichung der Weißschen Bezirke bieten Magnetnadelfelder, wie sie im Lehrmittelbedarf erhältlich sind. Auch hier liegt eine spontane Orientierung der Magnetnadeln in be-

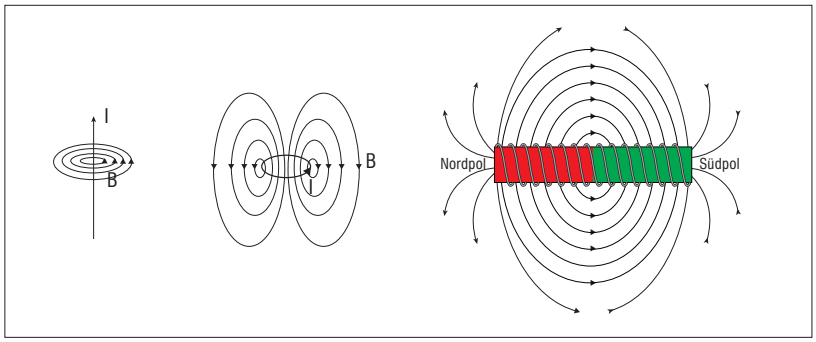


Abb. 21: Darstellung der Feldlinien eines Magnetfelds erzeugt von einem Leiter (links), einer Leiterschleife (Mitte) und einer Spule (rechts).

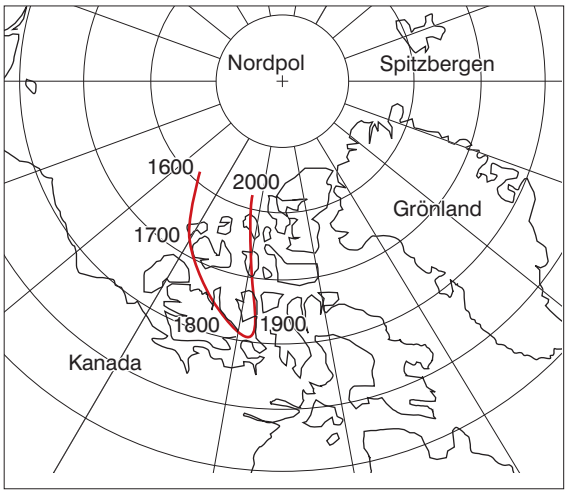


Abb. 22: Positionen des magnetischen Südpols seit 1600

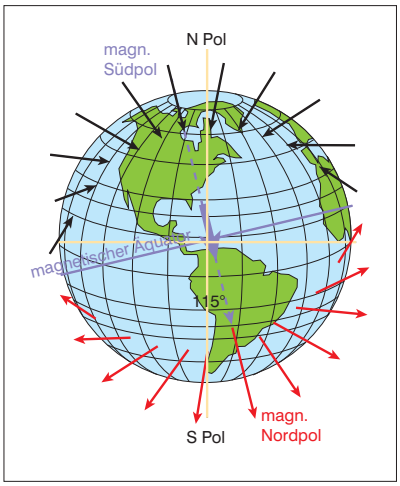
stimmten Bereichen vor. Je nach Anordnung der Magnetnadeln auf dem Feld sind nur bestimmte Orientierungen möglich.

b) Magnetische Momente als Ursprung des Magnetismus

Die magnetische Wirkung eines Permanentmagneten ist aus moderner Sicht eine Folge von sich spontan ausrichtenden, miteinander wechselwirkenden atomaren magnetischen Momenten. Jedem Elektron eines Atoms kann ein Bahndrehimpuls und ein Spin zugeordnet werden (vgl. Abb. 20). Für jedes isoliert betrachtete Atom setzt sich das magnetische Moment aus diesen beiden Anteilen zusammen, dem Bahnmoment und dem Spin-Moment der Elektronen. Im Bohrschen Atommodell entspricht das Bahnmoment dem magnetischen Moment des Kreisstroms, der durch ein Elektron auf der „Bahn um den Kern“ erzeugt wird (vgl. S. 16). Das Spin-Moment wird entsprechend klassisch als „Eigendrehung“ des Elektrons interpretiert. In einem Magnetfeld richtet sich der Spin des Elektrons parallel zum Feld aus, d. h. sein magnetisches Moment reagiert paramagnetisch, während sich das Bahnmoment antiparallel zum Feld ausrichtet (Lenz’sche Regel). Das Bahnmoment reagiert also diamagnetisch. Das magnetische Gesamtmoment eines Atoms ergibt sich durch eine komplizierte Aufsummation der Spin-Momente und der Bahnmomente seiner Elektronen. Im Atom dominiert je nach Elektronenkonfiguration entweder der dia- oder der paramagnetische Beitrag. Die Atomstruktur kann folglich Aufschluss darüber geben, wie bestimmte Atomsorten von Magnetfeldern beeinflusst werden. Stehen die Gesamtmomente der einzelnen Atome im Festkörper nicht in Wechselwirkung, dann zeigt auch der Festkörper entsprechendes para- oder diamagnetisches Verhalten. Die Sachlage ist komplizierter, wenn die Gesamtmomente der Atome im Festkörper in Wechselwirkung treten. Die gegenseitige Beeinflussung kann zu einer spontanen Ordnung der Ausrichtung der atomaren magnetischen Gesamtmomente über größere Bereiche führen. Solche Phänomene sind die Grundlage des Ferromagnetismus. Ferromagnetismus ist folglich ein kollektives Phänomen. Ferromagnetismus entsteht durch eine Wechselwirkung zwischen den mikroskopischen magnetischen Momenten $\vec{m}_\ell$ benachbarter Atome in einem Festkörper, welche als Austauschwechselwirkung bezeichnet wird.

4.1.3 Magnetische Felder ohne Permanentmagneten

In diesem Abschnitt werden magnetische Felder thematisiert, die nicht von Permanentmagneten erzeugt werden. Beide Felder sind für die Beschreibung von Phänomenen des Alltags von zentraler Bedeutung. Das durch elektrischen Strom erzeugte magnetische Feld eines Elektromagneten



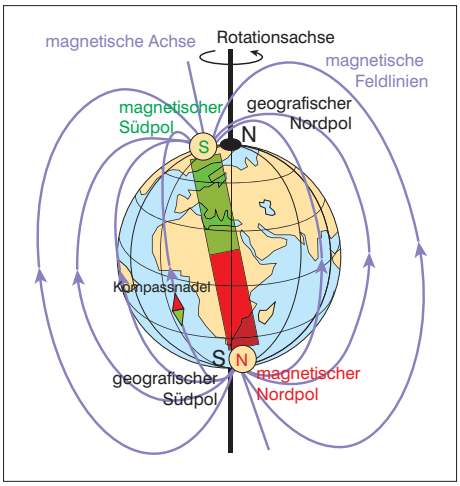


Abb. 23: Austritt der Feldlinien aus der Erdoberfläche (links) und nicht sachangemessene Idealisierung, wie sie oft zu finden ist (rechts)

erlaubt in technischen Einrichtungen das gezielte Ein- und Ausschalten von Magnetfeldern, z. B. zum Betätigen von mechanischen Ventilen oder elektrischen Schaltern in Relais. Auch das Magnetfeld der Erde ist ein Beispiel eines elektrisch erzeugten Feldes.

Magnetische Felder von Elektromagneten

Jede sich bewegende elektrische Ladung erzeugt ein Magnetfeld. Die sich im Leiter bewegenden elektrischen Ladungen erzeugen ein Magnetfeld, dessen Feldlinien den Leiter als geschlossene Kreise in der Ebene des Drahtes umschließen (vgl. Abb. 21). Die Magnetfeldstärke ist hierbei proportional zur Stromstärke, die den Leiter durchfließt, und nimmt mit zunehmendem Abstand ab. Bewegen sich die Ladungen auf einer Kreisbahn, erzeugen sie ein Magnetfeld ähnlich dem eines Permanentmagneten, weswegen man dem Kreisstrom ein magnetisches Moment zuordnen kann. Der einfachste elektrisch erzeugte Magnet ist somit eine stromdurchflossene Leiterschleife (Abb. 21 Mitte). Durch die Kombination mehrerer Leiterschleifen zu einer Spule kommt es zur Überlagerung der Magnetfelder jeder einzelnen Schleife, wodurch sich die Magnetfeldstärke zusätzlich vergrößern lässt. Auf diese Weise erhält man einen Magneten, der gleiche Wirkungen zeigt wie ein Permanentmagnet (vgl. Abb. 5 und Abb. 21 rechts).
Sich bewegende elektrische Ladungen erzeugen nicht nur ein Magnetfeld, sondern werden auch von einem externen Magnetfeld beeinflusst. Bewegt sich z. B. ein Elektron durch ein Magnetfeld, so wirkt eine Kraft auf das Elektron, wodurch es auf eine Kreisbahn gezwungen werden kann. Diese Kraft wird Lorentz-Kraft genannt und wirkt senkrecht zur Bewegungsrichtung der Ladungen und senkrecht zur Richtung des Magnetfelds. Befindet sich ein elektrischer Leiter senkrecht in einem Magnetfeld und fließt durch ihn ein Strom, so werden die Ladungsträger zur Seite gedrückt, was zu einer Bewegung des Leiters führt. Die Lorentz-Kraft ist der Schlüssel, um elektrische Energie in mechanische Arbeit zu verwandeln und ist somit die Grundlage für z. B. Elektromotoren und Elektrogeneratoren.

Auch Elektrogeneratoren nutzen die Kombination aus Leiterschleife bzw. Spule und Magnetfeld, nur dass hierbei mechanische in elektrische Energie umgewandelt wird. Wird die Leiterschleife im Magnetfeld in Rotation versetzt, wirkt ebenfalls die Lorentz-Kraft auf die sich nun bewegenden Ladungen in der Schleife. Dadurch werden die Ladungen in dem Leiter bewegt, wodurch es zu einem Stromfluss in der Leiterschleife kommt.

Das Magnetfeld der Erde

Die Erde ist von einem Magnetfeld umgeben, das in erster Näherung an das Feld eines Stabmagneten erinnert. Der magnetische Südpol liegt in der Nähe des geografischen Nordpols. Die magnetischen Pole sind jedoch räumlich nicht fest, sondern wandern im Laufe der Jahre. Die Abbildung 22 zeigt die Wanderung des magnetischen Südpols in den letzten 400 Jahren. Der magnetische Südpol verändert seine Lage derzeit um etwa 30 Kilometer pro Jahr.

Heute nimmt man an, dass das Magnetfeld der Erde durch Strömungen von geladenen Flüssigkeiten innerhalb des Erdkerns erzeugt wird und damit letztlich elektrisch erzeugt ist. Die Veränderungen des Erdmagnetfelds im Laufe der Zeit können anhand von eisenhaltigem Lavagestein bestimmt werden, da dieses beim Abkühlen unter die Curie-Temperatur immer die Magnetisierung des Erdmagnetfeldes zum Zeitpunkt der Erstarrung annimmt. Daraus lassen sich wichtige Rückschlüsse über Veränderungen im Erdmagnetfeld ziehen.

In vielen Darstellungen findet man stark vereinfachte Feldlinienbilder der Erde, in denen die Feldlinien parallel zur Erdoberfläche verlaufen. Mit einer frei beweglichen Magnetnadel lässt sich leicht zeigen, dass sich die Magnetnadel nicht parallel zur Erdoberfläche einstellt, sondern einen Winkel mit der Horizontalen bildet (*Inklination*) (vgl. Abb. 23) Dies ist nicht mit Feldlinienbildern wie in Abbildung 23 rechts vereinbar. Ähnliche Fehler finden sich auch in Darstellungen zum Feldlinienbild von Stabmagneten.
Das Magnetfeld der Erde beeinflusst auch den sog. Sonnenwind. Das sind geladene Teilchen, die von der Sonne in den Weltraum geschleudert werden. Wenn sie zur Erde gelangen, treten sie mit dem Magnetfeld der Erde in Wechselwirkung, insbesondere an den Polen. Eine Folge davon sind die Polarlichter.

4.2 Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten

Im Kapitel 2 wurde bereits auf die besondere Bedeutung von Schülervorstellungen für das Lernen verwiesen. Im Folgenden werden die spezifischen Vorstellungen im Bereich des Magnetismus vorgestellt, die sich in Untersuchungen als bedeutsam erwiesen haben. Ferner werden typische Schwierigkeiten von jüngeren und älteren Schülerinnen und Schülern beim wissenschaftlichen Denken und forschenden Lernen beschrieben.

Schülervorstellungen zum Magnetismus

Hinsichtlich des Vorwissens zu Magneten hat sich gezeigt, dass Grundschulkinder vor dem Unterricht mit der anziehenden Wirkung zwischen einem Magneten und einem magnetisierbaren Gegenstand bereits vielfältige Erfahrungen gesammelt haben, dass ihnen das Phänomen der Abstoßung zwischen zwei Magneten jedoch häufig nicht bekannt ist. Dies ist verständlich, da die Nutzung der meisten Magneten im Alltag genau auf der anziehenden Wirkung beruht. Möglichkeiten, die Abstoßung zwischen Magneten zu erfahren, geben z. B. die als Kinderspielzeug verbreiteten Magneteisenbahnen. Diese begünstigen durch die fest angebrachten Magneten allerdings die Fehlvorstellung, dass es zwei Arten von Magneten gibt: solche, die sich abstoßen, und solche, die sich anziehen. Im Alltag gibt es darüber hinaus kaum Anlässe, um Magneten miteinander in Kontakt zu bringen. Wenn man zusätzlich berücksichtigt, dass viele Alltagsmagneten – anders als die Schulmagneten – keine zwei klar anzugebenden Pole besitzen, wird deutlich, dass auch die Gelegenheiten begrenzt sind, die abstoßende Wirkung beim Annähern zweier gleichnamiger Pole festzustellen. In Gesprächen mit Kindern ist deshalb deutlich darauf zu achten, dass das Verhalten eines Magneten im Zusammenspiel mit einem magnetisierbaren Stoff ein grundsätzlich anderes ist, als das Verhalten im Zusammenspiel mit einem anderen Magneten.

Im einführenden Unterricht über Magneten ist zu beachten, dass viele Kinder nicht zwischen Eisen und Metall unterscheiden. Die Aussage, dass Eisen von Magneten angezogen wird, kann daher leicht missverstanden werden in der Weise, dass alle Metalle angezogen werden. Oder anders formuliert: Dass nicht jedes Metall von Magneten angezogen wird, kann erst dann verstanden werden, wenn ein Verständnis dafür aufgebaut wurde, dass der Begriff *Metall* als Oberbegriff verschiedene Metallsorten beinhaltet, von denen Eisen nur eine ist. Als besonders hartnäckig erweist sich die Idee von Kindern, dass Kupfer eine anziehende Wechselwirkung mit einem Magneten zeigt. Ursächlich für diese Erfahrung ist, dass einige Gegenstände aus Eisen mit Kupfer überzogen sind (z. B. Büroklammern oder Cent-Münzen). Kinder können deshalb nur schwer erfassen, dass die Anziehung durch das enthaltene Eisen verursacht wird.

Schülerinnen und Schüler (und auch Erwachsene), die im Zusammenhang mit der Elektrizitätslehre von Plus- und Minuspolen gehört haben, bezeichnen die Magnetpole oft als Plus- und Minuspole oder verwenden für die Magnetpole und die elektrischen Pole in beiden Fällen die Bezeichnung Nord- und Südpol. Diese Verknüpfung ist damit begründbar, dass in beiden Fällen ähnliche Phänomene zu beobachten sind: Gleichnamige Ladungen und gleichnamige Magnetpole stoßen sich ab. Im Unterricht ist darauf zu achten, beide Fälle deutlich voneinander zu trennen, um Lernschwierigkeiten, besonders im Zusammenhang mit Elektromagneten, vorzubeugen. Denn während Ladungen isoliert vorkommen, treten Magneten immer als Dipole auf. Magnetismus und Elektrizität sind zwar über den Elektromagnetismus miteinander verknüpft, sie beschreiben jedoch ganz unterschiedliche Phänomene.

In Untersuchungen zur Reichweite von Magneten zeigte sich, dass viele Kinder wissen, dass ein Magnet auch auf Distanz wirkt. Dementsprechend schreiben sie dem Magneten eine Wirkung im Raum zu, die sie jedoch nicht als unendlich weit annehmen. In ihrer Vorstellung endet die Wirkung abrupt bei einer bestimmten unsichtbaren Grenze.

In einigen Untersuchungen wurde der Frage nachgegangen, wie Kinder sich den Magnetismus erklären. Dabei greifen sie auf Analogien zurück. So stellen sich einige Kinder die Wirkung eines Magneten wie die eines unsichtbaren Klebstoffs vor. Unserer Erfahrung nach ist Kindern der Unterschied zwischen einem Klebstoff im eigentlichen Sinn und einem Magneten jedoch durchaus bewusst. Möglicherweise fehlen diesen Kindern geeignete Begriffe, die das Anhaften beschreiben.

Während jüngere Kinder „magische“ Erklärungen für den Magnetismus anführen, sehen ältere Kinder die Ursache in elektrischen Kräften oder ziehen Vergleiche zur Erdanziehung. Dies macht sich z. B. darin bemerkbar, dass sie annehmen, die magnetische Wirkung sei auf dem Mond geringer als auf der Erde. Umgekehrt wird auch die Tatsache, dass wir nicht von der Erde herunterfallen, gelegentlich als magnetische Wechselwirkung verstanden.

Nachvollziehbar ist auch das Ergebnis, dass für viele Kinder die Größe eines Magneten ausschlaggebend für dessen Wirkung ist. Dies wird zum Teil mit der größeren Oberfläche begründet. Auch die Tatsache, ob ein Magnet neu aussieht, ist für viele Kinder bedeutsam, wenn es um die Einschätzung der Stärke eines Magneten geht. Diese Vorstellung ist in vielen Fällen durchaus angemessen; schließlich verlieren Magneten durch Erschütterungen oder Beeinflussungen durch andere Magneten im Laufe der Zeit an Wirkung. Da Magneten jedoch aus unterschiedlichem Material bestehen, können auch neue und große Magneten sehr schwache Wirkungen haben.

Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten zum wissenschaftlichen Denken

Aus der neueren entwicklungspsychologischen Forschung ist bekannt, dass schon jüngere Kinder in der Lage sind, Theorien bzw. Hypothesen zu bilden und diese für Begründungen zu verwenden. Kinder ab einem Alter von etwa vier Jahren verstehen bereits, dass eine Person eine andere Überzeugung haben kann als sie selbst; sie verstehen auch, dass Ereignisse aus unterschiedlichen Perspektiven interpretiert werden können und dass Vorwissen die Interpretation beeinflusst. Grundschulkinder sind in konkreten Kontexten, beispielsweise beim Thema Magnetismus, darüber hinaus in der Lage, aus ihren Vorstellungen schlüssige Vermutungen abzuleiten, auch wenn ihre dabei getroffenen Vorannahmen sachlich nicht immer zutreffen.

Kern des wissenschaftlichen Vorgehens ist es, Annahmen (Ideen, Vermutungen oder Hypothesen) durch Beobachtungen und Experimente auf den Prüfstand zu stellen. Die Untersuchungen können die Annahme entweder bestätigen oder widerlegen, oder auch als irrelevant eingeschätzt werden. Hierzu zeigt die Forschung, dass Kinder im Grundschulalter zwar in bestimmten, sehr künstlichen Aufgaben erkennen können, dass eine Vermutung aufgrund von Beobachtungen abgelehnt werden muss, dass ihnen dies aber in den meisten Anwendungskontexten sehr schwer fällt. Insbesondere dann, wenn Personen – dies gilt auch für Erwachsene – starke Überzeugungen und Erwartungen hinsichtlich des Eintreffens eines bestimmten Ereignisses haben, werden Beobachtungen, die der Vermutung widersprechen, häufig ignoriert oder uminterpretiert. Aber nicht nur die Bedeutung, die den Beobachtungen beigemessen wird, sondern auch die Beobachtungen selbst werden durch Erwartungen beeinflusst. Geht eine Schülerin oder ein Schüler also beispielsweise davon aus, dass alle leichten Dinge schwimmen, dann wird es insgesamt schwerer für sie oder ihn sein, überhaupt wahrzunehmen, dass eine kleine Stecknadel untergeht. Noch schwieriger ist es, dieses Ereignis, welches die Annahme widerlegt, als Grundlage für eine neue, revidierte Annahme zu nutzen. Insgesamt neigen insbesondere Vor- und Grundschulkinder dazu, Versuche mit dem Ziel durchzuführen, ein bestimmtes Ergebnis zu erhalten, und weniger mit dem Ziel, Wirkungszusammenhänge zu erkennen. Beim freien Experimentieren gehen Kinder also beispielsweise eher der Frage nach, wie man es schaffen kann, dass ein Magnet mehrere Gegenstände anzieht und weniger der Frage, wovon es abhängt, dass eine magnetische Wirkung auftritt.

Dennoch können schon Grundschulkinder die Qualität eines Experiments im Hinblick auf die Prüfung einer Vermutung in Ansätzen beurteilen. So können sie beispielsweise zwischen unterschiedlich zielführenden (kontrollierten und nicht kontrollierten) Experimenten unterscheiden, wenn ihnen diese zur Auswahl vorgegeben werden. In einer umfangreichen Untersuchung zum wissenschaftlichen Denken stellte sich jedoch auch heraus, dass erst ab der fünften Klasse etwa ein Drittel der Schülerinnen und Schüler spontan ein (kontrolliertes) Experiment vorschlugen, bei dem alle relevanten Bedingungen konstant gehalten werden und nur die in Frage stehende Einflussgröße verändert wird. (In der Aufgabe ging es darum, Ursachen für den Treibstoffverbrauch von Flugzeugen zu untersuchen. Dazu wurden drei Einflussfaktoren betrachtet, die Form der Flugzeugnase, die Zahl der Flügel und die Stellung des Höhenruders.) Erst am Ende der Sekundarstufe, mit ca. 17 Jahren, werden gemäß dieser Untersuchung kontrollierte Experimente von ca. 80 % der Probanden vorgeschlagen.

Jüngeren Kindern fällt es noch schwer, über Wissenschaft und den Stellenwert von Theorien auf einer Metaebene zu reflektieren. Dies ist jedoch auch etwas, das vielen Erwachsenen nur annähernd gelingt – was aber aufgrund oft fehlender Erfahrungen mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern oder mit dem eigenständigen Betreiben von Wissenschaft auch nachvollziehbar ist. In Interviews über den Zweck von Experimenten und die Ziele von Wissenschaft äußerten sich beispielsweise Grundschülerinnen und Grundschüler ebenso wie Siebtklässlerinnen und Siebtklässler mehrheitlich in der Weise, dass die Aufgabe von Wissenschaft in der Sammlung von Faktenwissen oder der Erzeugung positiver Effekte besteht. Es wurden kaum Beziehungen zwischen Theorien, Hypothesen und Experimenten hergestellt. Andererseits gibt es Studien, die zeigen, dass das Wissenschaftsverständnis von Grundschulkindern durch einen wissenschaftsorientierten Unterricht durchaus gefördert werden kann.

5 Unterricht in der Sekundarstufe I (Klassenstufen 5 bis 7)

5 Unterricht in der Sekundarstufe I (Klassenstufe 5–7)

5.1 Zum Aufbau des Unterrichts

Der Unterricht zum Magnetismus ist in fünf Sequenzen unterteilt, die aufeinander aufbauen. Der Einstieg in den Unterricht ist binnendifferenzierend angelegt und nutzt einen Vortest zur Einteilung in zwei unterschiedlich leistungsstarke Schülergruppen (vgl. Kap. 5.2.1). Im Anschluss an den Unterricht kann eine individuelle Lernstandsdiagnostik mit Hilfe eines Nachtests erfolgen (vgl. Kap. 5.2.7).

Sequenz 1: Was wir schon über Magneten wissen

Ausgehend von den Ergebnissen des Vortests werden die Schülerinnen und Schüler in zwei Gruppen eingeteilt: Gruppe A (wenig Vorerfahrung mit Magnetismus) und Gruppe B (viel Vorerfahrung mit Magnetismus). Im Verlauf der Doppelstunde erarbeiten sich die Schülerinnen und Schüler selbstständig die Grundlagen des Magnetismus (magnetisierbare Materialien, Pole und ihre Eigenschaften). Das Material leitet die Gruppen A stark an, während die Gruppen B offenere Aufgaben erhalten, in denen z. T. auch komplexere Sachverhalte thematisiert werden. Zentrale Eigenschaften werden am Ende der Stunde auf einem Merkblatt notiert, das auch als Plakat im Klassenzimmer aufgehängt werden kann.

Sequenz 2: Magneten wirken durch etwas hindurch

Mithilfe der Anordnung von Eisenfeilspänen um Stabmagneten werden die Erkenntnisse der letzten Stunde gesichert und die Bezeichnung „magnetisches Feld/Magnetfeld“ eingeführt. Im Anschluss daran wird anhand von Versuchen demonstriert, dass hauptsächlich das Material eines Magneten die Stärke seiner Anziehung bestimmt, während die Größe eines Magneten einen vergleichsweise kleinen Einfluss besitzt. Dabei wird bereits die Wichtigkeit der systematischen Variation von Parametern betont. Es folgt die Identifizierung von geeigneten Experimentiermaterialien zur Untersuchung verschiedener Variablen bei der Abschwächung der magnetischen Wirkung durch Platten, welche zwischen einen Magneten und eine schwebende Büroklammer gehalten werden. Da die umfangreiche Variation der Parameter nicht mit realem Experimentiermaterial möglich ist, ist diese Phase überwiegend durch Arbeitsblätter mit bildlichen Darstellungen der Materialien geprägt. Anschließend wird thematisiert, dass ein Experiment zur Untersuchung einer Fragestellung einerseits fair sein muss, andererseits sich durch eine geeignete Variation der Variablen auch auf die zugrundeliegende naturwissenschaftliche Fragestellung beziehen muss. In einem Schülerexperiment wird daraufhin die Idee des fairen Experiments genutzt, um zu erarbeiten, dass Magneten durch Stoffe hindurchwirken, die selbst nicht von einem Magneten angezogen werden.

Sequenz 3: Die Ausrichtung von Magneten

Die Stunde beginnt mit Versuchen, die die stets gleiche Ausrichtung von drehbar gelagerten Magneten (in Nord-Süd-Richtung) zeigen. Es wird in diesem Zusammenhang der Kompass eingeführt und auch dort beobachtet, dass sich eine Ausrichtung der Kompassnadel analog zu denen der Magneten zeigt. Dies wird als erster Hinweis gedeutet, dass es sich bei der Kompassnadel um einen Magneten handelt. Die Ausrichtung der Nadel wird mithilfe eines Globusses als Indikator für die Himmelsrichtung Norden gedeutet. In einem zweiten Schritt wird eine Verbindung zwischen der Ausrichtung und dem dafür notwendigen Vorhandensein eines magnetischen Pols hergestellt und systematisch zwischen geografischen und magnetischen Polen unterschieden. Die historische Begründung der scheinbar widersprüchlichen Polbenennung wird an einer Zeitleiste erarbeitet. Ein Exkurs zur Deklination schließt die Stunde ab.

Sequenz 4: Das Modell der Elementarmagneten

Zu Beginn der Stunde werden in einem alternierenden Vorgehen zwei Varianten des Elementarmagneten-Modells erarbeitet. Ziel der Nutzung von zwei Varianten der Anordnung von Elementarmagneten ist die Sensibilisierung der Schülerinnen und Schüler für den Modellcharakter. In einem zweiten Teil sollen die Schülerinnen und Schüler die Deutung von Phänomenen (sowohl als reale als auch als gedankliche Versuche) mit einer von ihnen gewählten Variante des Elementarmagneten-Modells vornehmen.

Sequenz 5: Der Elektromotor

Zu Beginn der Stunde werden der Aufbau von Spulen und deren Eigenschaften vorgestellt. Anhand von Schülerversuchen wird anschließend für eine stromdurchflossene Spule die anziehende Wirkung auf Eisen und die Lage der magneti-

schen Pole erarbeitet sowie die Bezeichnung „Elektromagnet“ eingeführt. Es folgt der schrittweise Aufbau eines funktionsfähigen Elektromotormodells durch die Schülerinnen und Schüler. Dabei wird durch im Lernmaterial angelegte, aufeinander aufbauende Überlegungen und Versuche zur Anziehung und Abstoßung zwischen einem drehbar gelagerten Elektromagneten und einem Permanentmagneten die Funktionsweise des Motors erarbeitet.

Die Sequenzen legen sowohl Wert auf den Aufbau fachinhaltlicher Kompetenzen, hier besonders die Sequenzen 1, 3 und 5, als auch auf den Aufbau prozessbezogener Kompetenzen, hier besonders die Sequenzen 2 und 4. In allen Sequenzen werden Schülerversuche, zum Teil in erheblichem Umfang, eingesetzt, die durch Arbeitsblätter strukturiert werden. Alle Schülerversuche sind so angelegt, dass sie in Gruppen zu dritt durchgeführt werden sollen. Wir empfehlen, dass die Schülerinnen und Schüler eigenständig ihre Gruppenpartnerinnen und -partner finden dürfen. Es ist möglich, dass die Gruppenkompositionen zu Beginn einer jeden Sequenz gewechselt werden. Für die Sequenz 1 ist es aber erforderlich, dass sich Gruppen gleicher Leistungsstärke, erhoben über den Vortest, zusammenfinden.
Wir haben versucht, den Vorbereitungsaufwand für die Versuche so klein wie möglich zu halten. Es ist dennoch erforderlich, das Versuchsmaterial vor Beginn der Stunde zusammenzustellen. Die Beschreibung aller Sequenzen enthält dazu detaillierte Listen der benötigten Materialien. Eine komplette Auflistung aller benötigten Versuchsmaterialien und Angaben zu deren Bezugsquellen finden sich in Kapitel 6.1. Dort sind auch die genauen Bemaßungen einiger Versuchsmaterialien angegeben. Neben den Versuchsmaterialien müssen die Arbeitsblätter für die Schülerinnen und Schüler bereitgestellt werden. Damit keine Blätter vergessen werden, findet sich ebenfalls eine Auflistung aller benötigten Arbeitsblätter in der Materialauflistung zu den Sequenzen. Die Auflistung enthält auch alle Folien, Tipp- und Lösungskarten, die die Lehrkraft für die jeweilige Sequenz benötigt. Während des Unterrichts findet die Lehrkraft vermehrt Zeit, einzelne Schülerinnen und Schüler zu beobachten und auf individuelle Bedürfnisse einzugehen, dies geht allerdings mit einem erhöten außerunterrichtlichem Arbeitsaufwand einher. Das Material enthält dabei Anregungen für Binnendifferenzierung, so dass auch leistungsstärkeren Schülerinnen und Schülern anspruchsvolle Aufgaben angeboten werden können.
Die Darstellungen der einzelnen Unterrichtssequenzen sind nach dem gleichen Muster strukturiert. Es werden nach einer Angabe der Bezeichnung der Sequenz und des veranschlagten Zeitbedarfs zunächst alle mit der jeweiligen Sequenz angestrebten inhaltlichen und prozessbezogenen Kompetenzen sowie die mit diesen Kompetenzen zusammenhängenden Wissensbestandteile (als „zugehöriges/angestrebtes Wissen“ bezeichnet) aufgeführt. Die Auflistungen enthalten immer nur die in der jeweiligen Sequenz neu hinzukommenden Kompetenzen und Wissensbestandteile. Insbesondere im Zusammenhang mit den prozessbezogenen Kompetenzen sind die Wissensbestandteile, wie auch die Kompetenzen selbst, als eher perspektivisch anzusehen. Für eine sichere Etablierung müssen zentrale Ideen an weiteren Beispielen, auch aus anderen Themenfeldern, erneut aufgegriffen werden.
Nach der Auflistung der Kompetenzen folgt eine Kurzbeschreibung der Sequenz, die identisch zu der oben aufgeführten Zusammenfassung ist. Jede Sequenz wird in zwei Übersichten ausgeführt: In einer Kurzfassung findet sich eine nur sehr schlagwortartige Beschreibung des Ablaufes der Sequenz. Sie kann mit eigenen Kommentaren ergänzt werden und soll der schnellen Orientierung im Unterricht dienen.
Anschließend folgt eine ausführliche Verlaufsbeschreibung. Beide Beschreibungen sowie die aufgeführten Zeitangaben sind dabei immer nur als Orientierung zu verstehen. Bitte weichen Sie von den Angaben ab, wenn Sie beobachten, dass der Unterricht nicht wie geplant verläuft. Es ist zudem nicht erforderlich, die Sequenzen als Doppelstunden zu unterrichten. Wenn nur Einzelstunden zur Verfügung stehen, ist allerdings mit einem etwas erhöhten Zeitbedarf zu rechnen. Die Doppelstunden wurden immer so angelegt, dass sie sich nach ca. 45 Minuten vergleichsweise leicht teilen lassen. In jedem Falle sollten Sie darauf verzichten, einzelne Arbeitsblätter zu überspringen. Hier besteht die Gefahr, dass die Schülerinnen und Schüler dem Unterricht anschließend nicht mehr folgen können.
Im Anschluss an die Kurz- und Verlaufsbeschreibung des Unterrichts finden sich die bereits angesprochenen Auflistungen aller benötigten Versuchsmaterialien und Arbeitsblätter. Es werden anschließend alle Lehrermaterialien aufgeführt gefolgt von den Arbeitsblättern für die Schülerinnen und Schüler. Alle Arbeitsblätter sind für eine Schwarz-weiß-Kopie bzw. einen Schwarz-weiß-Ausdruck optimiert. Werden die Arbeitsblätter pro Stunde von der Lehrkraft ausgegeben, empfehlen wir, alle Arbeitsblätter für die Stunde im Paket zu verteilen, weil sonst durch mehrfaches Austeilen vergleichsweise viel Zeit im Stundenablauf benötigt wird.

Einzelne Lehrermaterialien sowie alle Arbeitsblätter für die Schülerinnen und Schüler werden unter www.spiralcurriculum-magnetismus.de zum Download angeboten. Es finden sich dort auch Hinweise auf den Einsatz der Materialien, mögliche Verstehensschwierigkeiten der Schülerinnen und Schüler sowie Musterlösungen. Die Arbeitsblätter für die Schülerinnen und Schüler stehen gesammelt in einer Datei zum Download zur Verfügung. So kann die Lehrkraft die Arbeitsblätter zu Beginn aller Unterrichtssequenzen in Klassenstärke ausdrucken (oder drucken lassen), lochen und auf einen Heftstreifen heften. Diese Heftstreifen werden zu Beginn der Stunde ausgeteilt. Die Schülerinnen und Schüler entnehmen die für die Stunde benötigten Arbeitsblätter. Am Ende der Stunde werden die Heftstreifen mit den verbleibenden Arbeitsblättern wieder eingesammelt, um das Vorarbeiten zu Hause zu vermeiden.
Der Unterricht wurde mit Schülerinnen und Schülern des Gymnasiums erprobt. Wir gehen aber davon aus, dass er sich auch mit Schülerinnen und Schülern der Realschule gut realisieren lässt, wenn sich keine deutlichen Schwächen bei der Bearbeitung schriftlicher Arbeitsaufträge zeigen. Für Schülerinnen und Schüler der Hauptschule bieten sich nach unserer Einschätzung die Sequenzen 1, 3 und ggf. 5 an. Alle drei Sequenzen zeichnen sich dadurch aus, dass schriftliche Arbeitsaufträge vergleichsweise gut an bildliche Handlungsanweisungen gekoppelt sind und damit das Bearbeiten der Aufträge auch bei gering ausfallender Lesekompetenz erleichtern. Es ist dennoch kritisch zu prüfen, ob die Schülerinnen und Schüler mit den Anforderungen zurechtkommen. Es ist zudem davon auszugehen, dass sich der Zeitbedarf beim Notieren von Ergebnissen erkennbar erhöhen wird.

5.2 Darstellung der Unterrichtssequenzen

5.2.1 Lernstandsdiagnostik zum Einstieg in den Unterricht

Die im Folgenden vorgeschlagene Eingangsdiagnostik bezieht sich auf Inhalte, die typisch für den Grundschulunterricht und mediale Angebote zum Magnetismus sind. Die Diagnostik soll genutzt werden, um Schülerinnen und Schüler zu identifizieren, die bereits über inhaltsspezifische Vorerfahrungen verfügen, z. B., weil sie im Elementarbereich und/oder der Grundschule an Einheiten zum Magnetismus aus dem Spiralcurriculum teilgenommen haben.

Die Durchführung des Vortests benötigt ca. 15 Minuten. Er sollte mindestens eine Woche vor Beginn der Einheit durchgeführt werden, damit für die Lehrkraft genügend Zeit für die Auswertung bleibt. Für schnellere Schülerinnen und Schüler sollten Zusatzaufgaben bereitgestellt werden (z. B. aus dem aktuell laufenden Unterricht), damit auch langsamer arbeitende Schülerinnen und Schüler den Test in Ruhe bearbeiten können. Ergebnisse des Vortests sollen genutzt werden, um für die Bearbeitung der ersten Sequenz Gruppen zu bilden mit Schülerinnen und Schüler, die dem Status eines „Einsteigers“ zugeordnet werden können (bis ca. 11 Punkte) und solche, die den Status „Fortgeschrittener“ erhalten (ab ca. 12 Punkte). Bisherige Erprobungen der Einheit zeigen, dass ca. 10 % einer Klasse den Status eines Fortgeschrittenen erreichen. Der Test gibt einer Lehrkraft zudem Aufschluss darüber, welche Vorstellungen die Schülerinnen und Schüler in den Unterricht mitbringen und an welchen Stellen (deshalb) besonders darauf geachtet werden muss, dass fachlich angemessene Vorstellungen im Laufe des Unterrichts aufgebaut werden sollen. Es ist dabei zu betonen, dass nicht zu erwarten ist, dass viele Aufgaben richtig bearbeitet werden, weil es möglicherweise für die Schülerinnen und Schüler noch keine Gelegenheit gegeben hat, sich strukturiert mit Phänomenen des Magnetismus auseinanderzusetzen. Es ist also wichtig, den Schülerinnen und Schülern zu vermitteln, dass es keine „schlechten“ oder „dummen“ Schülerinnen und Schüler gibt, sondern es nur darum geht herauszufinden, welche Aufgaben für welches Kind besonders gut zum Lernen geeignet sind.
Den Schülerinnen und Schülern sollte der Test zunächst nicht zurückgegeben werden, sondern sie sollten nur darüber informiert werden, welchem Status sie zugeordnet wurden (evtl. unter Angabe der erreichten Punktzahl, das ist aber verzichtbar). Teile des Tests oder aber auch der gesamte Test können jedoch nach einzelnen Sequenzen zur weiterführenden Wiederholung genutzt werden, indem z. B. Aufgaben erneut bearbeitet werden sollen oder aber diskutiert werden soll, warum ein bestimmter Fehler häufig gemacht wurde oder aber, woran man erkennt, dass eine bestimmte Lösung richtig ist. Der Test kann auch als Vorbereitung auf eine Klassenarbeit genutzt werden, indem die Schülerinnen und Schüler bei ihren eigenen Lösungen die Fehler suchen bzw. diskutieren, welche Antwort richtig gewesen wäre.

Name: _____ Klasse: _____ Datum: _____

Was weißt du schon über Magneten?

Aufgabe 1:

In den folgenden Bildern siehst du, wie zwei Magneten oder ein Magnet und ein Eisenstück einander genähert werden. Was wird passieren? Kreuze an.

☐ Die Magneten ziehen sich an.
☐ Die Magneten stoßen sich ab.

☐ Die Magneten ziehen sich an.
☐ Die Magneten stoßen sich ab.

☐ Das Eisenstück und der Magnet ziehen sich an.
☐ Das Eisenstück und der Magnet stoßen sich ab.

☐ Das Eisenstück und der Magnet ziehen sich an.
☐ Das Eisenstück und der Magnet stoßen sich ab.

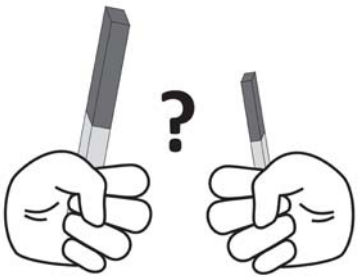
Aufgabe 2:

Eine Schülerin behauptet, dass große Magneten stärker anziehen als kleine Magneten. Stimmt das?

☐ **Ja**, große Magneten ziehen stärker an als kleine Magneten.

☐ **Nein**, kleine Magneten ziehen stärker an als große Magneten.

☐ **Nein**, man kann darüber nichts sagen.
Es kann einmal so und einmal so sein.



Aufgabe 3:

Welche Gegenstände werden von einem Magneten angezogen? Kreuze alle richtigen Gegenstände an.

☐ Gegenstände aus Holz
☐ Gegenstände aus Aluminium
☐ Gegenstände aus Glas
☐ Gegenstände aus Eisen
☐ Gegenstände aus Kunststoff (Plastik)
☐ Gegenstände aus Kupfer

Aufgabe 4:

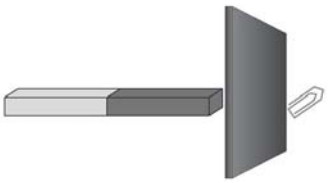
Kreuze für die folgenden Versuche an, was passiert.

Ein starker Magnet wird in die Nähe einer leichten Büroklammer aus Eisen gehalten.

- ☐ Die Büroklammer wird angezogen.
- ☐ Die Büroklammer wird nicht angezogen.

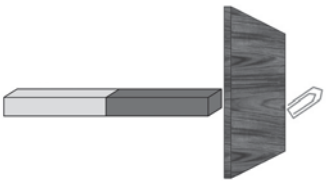
Ein starker Magnet wird in die Nähe einer leichten Büroklammer aus Kunststoff gehalten.

- ☐ Die Büroklammer wird angezogen.
- ☐ Die Büroklammer wird nicht angezogen.



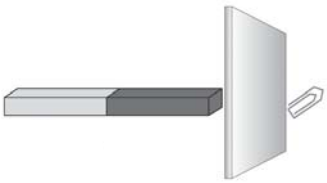
Zwischen einen starken Magneten und eine Büroklammer aus Eisen wird eine Eisenplatte gehalten.

- ☐ Die Büroklammer wird angezogen.
- ☐ Die Büroklammer wird nicht angezogen.



Zwischen einen starken Magneten und eine Büroklammer aus Eisen wird eine Holzplatte gehalten.

- ☐ Die Büroklammer wird angezogen.
- ☐ Die Büroklammer wird nicht angezogen.



Zwischen einen starken Magneten und eine Büroklammer aus Eisen wird eine Aluminiumplatte gehalten.

- ☐ Die Büroklammer wird angezogen.
- ☐ Die Büroklammer wird nicht angezogen.

Aufgabe 5:

Wie werden die Stellen genannt, an denen ein Magnet besonders stark anzieht?
(Wenn du kannst, ergänze auch noch die übliche farbige Kennzeichnung.)

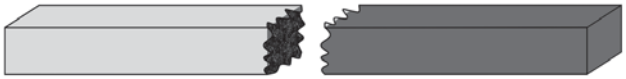
_____

_____

_____

Aufgabe 6:

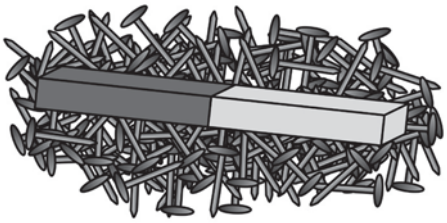
Der Lehrerin Frau Knippel ist ein Magnet genau in der Mitte durchgebrochen.
Was meinst du, ist passiert? Kreuze an.



- ☐ Aus dem Magneten sind jetzt zwei Magneten geworden.
- ☐ Die beiden kaputten Teile sind keine Magneten mehr.
- ☐ Nur noch ein Teil ist ein Magnet, der andere Teil nicht mehr.
- ☐ Der eine Teil zieht Nägel an, der andere stößt Nägel ab.
- ☐ Jeder Teil hat nur noch ein Ende, an dem er Nägel anzieht.

Aufgabe 7:

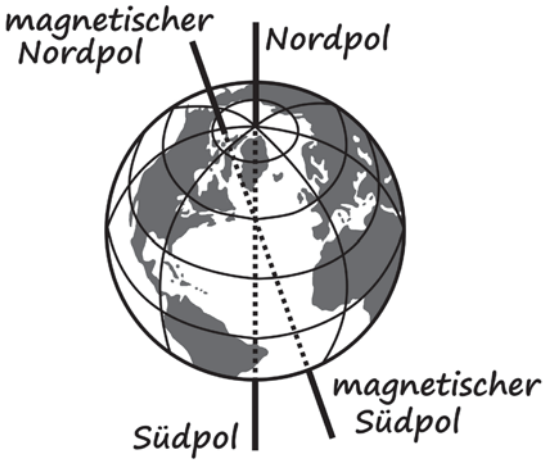
Stell dir vor, du legst einen Stabmagneten
in einen Haufen mit kleinen Eisennägeln.
Wo sollten die meisten Nägel hängenbleiben,
wenn du den Magneten hochhebst?



- ☐ In der Mitte des Stabmagneten.
- ☐ An den Enden des Stabmagneten.
- ☐ Es bleiben überall gleich viele Nägel hängen.

Aufgabe 8:

In das Bild rechts hat sich ein Fehler
eingeschlichen. Kannst du den Fehler finden?
Wenn ja, dann streiche den Fehler an und
korrigiere ihn.



Ergebnis: Du hast _____ Punkte von 17 Punkten.

Sequenz 1: Was wir schon über Magneten wissen

Zeitrahmen: 90 Minuten

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler …[1]	
• *geben für verschiedene Materialien an, ob sie von einem Magneten angezogen werden oder nicht und unterscheiden dabei eisenhaltige von nicht eisenhaltigen Materialien (IK 1).*	Gegenstände, die Eisen enthalten oder aus Eisen sind, werden von einem Magneten angezogen, alle anderen Materialien, die wir im Alltag vorfinden, werden nicht von einem Magneten angezogen. Gegenstände aus Edelstahl enthalten zwar Eisen, werden jedoch [häufig] nicht von einem Magneten angezogen.
• *geben Nickel und Kobalt neben Eisen als angezogene Materialien an (IK 1).*	Gegenstände aus Nickel oder Kobalt werden schwach von einem Magneten angezogen, sie kommen aber im Alltag selten vor.
• *nennen Beispiele von Gegenständen aus Eisen, die nicht angezogen werden (IK 1).*	Materialien, die von einem Magneten angezogen werden, bezeichnet man als „magnetisierbar“.
• *geben an, dass Magneten auch über die Distanz wirken (IK 4).*	Ein Magnet zieht Gegenstände bereits an, bevor die Gegenstände mit dem Magneten in Kontakt kommen. Man spricht in diesem Fall von der „Fernwirkung“ des Magneten. Immer wenn ein Magnet einen Gegenstand anzieht, zieht auch der Gegenstand den Magneten an.
• *unterscheiden verschiedene Magnetformen und benennen diese (IK 2).*	Magneten können unterschiedliche Formen haben. Typische Formen sind Stab-, Scheiben- und Hufeisenmagneten.
• *geben an, dass Magneten nicht an allen Stellen gleich stark anziehen und bezeichnen die Stellen stärkster Anziehung als Pole (IK 3).*	Ein Magnet hat [mindestens] zwei Pole. An den Polen eines Magneten ist die magnetische Wirkung besonders groß.
• *geben an, dass die Hälfte, auf der der Nordpol liegt, oft rot (bzw. dunkel) und die Hälfte, auf der der Südpol liegt, oft grün (bzw. hell/ gar nicht) markiert ist (IK 3).*	Die Pole eines Magneten werden als Nord- und Südpol bezeichnet. Die Hälfte, auf der der Nordpol liegt, ist oft rot markiert. Die Hälfte, auf der der Südpol liegt, oft grün. Die Pole findet man, indem man prüft, wo die Anziehung besonders stark ist (z. B. besonders viele Nägel halten oder sich ein Stück Eisen hinbewegt).
• bestimmen experimentell die Lage von Polen (IK 3).	Die Pole können auch bei Magneten ähnlicher Form an unterschiedlichen Stellen liegen.
• *formulieren eine Regel, die die wechselseitige Anziehung und Abstoßung von Magneten beschreibt (IK 5).*	Werden gleiche Pole genähert, stoßen sich die Magneten ab. Werden ungleiche Pole genähert, so ziehen sich die Magneten an. Sind die Magneten nahe beieinander, lässt sich die Anziehung und Abstoßung fühlen.
• *nutzen Kenntnisse über die Eigenschaften von Magneten, um diese von unmagnetisierten Metallstücken zu unterscheiden (IK5).*	Bei der Wechselwirkung von zwei Magneten untereinander kann Anziehung und Abstoßung beobachtet werden, bei der Wechselwirkung von Magneten und Eisen nur Anziehung. Wird ein Eisenstück der Mitte eines Stabmagneten genähert, der die Pole an den kleinen Seitenflächen liegen hat, so beobachtet man kaum Anziehung, wird ein Pol des Magneten der Mitte des Eisenstücks genähert, so beobachtet man deutliche Anziehung.

[1] *kursiv:* Kompetenz/konzeptuelles Wissen wird aus der Grundschule wieder aufgegriffen; hellgrau: Kompetenz/ konzeptuelles Wissen wird nicht umfassend thematisiert bzw. nicht für alle Schülerinnen und Schüler angestrebt

Prozessbezogene Kompetenzen[2]	Angestrebtes Wissen
Die Schülerinnen und Schüler …	
• benennen Merkmale von Fragen, die sich mit naturwissenschaftlichen Verfahren untersuchen lassen (PK1).	Eine naturwissenschaftliche Fragestellung erkennt man daran, dass sie mit Experimenten [oder Beobachtungen] systematisch untersucht werden kann. Fragen, die experimentell nicht untersucht werden können, sind nicht naturwissenschaftlich.
• verwenden geeignete Argumente zur Begründung einer Schlussfolgerung (PK3).	Behauptungen müssen mit Ergebnissen aus Experimenten oder theoretischen Überlegungen belegt werden.

Kurzbeschreibung der Stunde:

Ausgehend von Ergebnissen einer Vortestung werden die Schüler/innen in zwei Gruppen A (wenig Vorerfahrung mit Magnetismus) und B (viel Vorerfahrung mit Magnetismus) eingeteilt. Im Verlauf der Doppelstunde erarbeiten sich die Schüler/innen selbstständig die Grundlagen des Magnetismus (magnetisierbare Materialien, Pole und ihre Eigenschaften). Das Material leitet die Gruppen A stark an, während die Gruppen B offenere Aufgaben erhalten, in denen z. T. auch komplexere Sachverhalte thematisiert werden. Zentrale Eigenschaften werden am Ende der Stunde auf einem Merkblatt notiert, das auch als Plakat im Klassenzimmer aufgehängt werden kann.

Organisatorische Hinweise:

In der Stunde werden sowohl Neodym-Magneten als auch AlNiCo-Magneten verwendet. Die Näherung von Neodym-Magneten an AlNiCo-Magneten kann die Polung der AlNiCo-Magneten verändern. Es ist deshalb wichtig darauf zu achten, dass die Schüler/innen nicht mit beiden Magneten gleichzeitig arbeiten bzw. angewiesen werden, die unterschiedlichen Magneten voneinander fernzuhalten. Es ist zudem unbedingt an einen Sicherheitshinweis zu denken: Uhren, Handys etc. können durch Magneten beschädigt werden. Finger können zwischen Magneten bzw. Magnet und Gegenstand schmerzhaft eingeklemmt werden. Es sollte zudem erfragt werden, ob ein(e) Schüler oder Schülerin einen Herzschrittmacher trägt, da diese durch Magneten gestört werden können.

Kurzübersicht über den Ablauf:

Dauer	Kurzbeschreibung	Raum für eigene Kommentare
ca. 5 min	Überblick über die Einheit Sicherheitshinweise	
ca. 50 min	Schülerversuche zu grundlegenden Eigenschaften von Magneten	
ca. 20 min	Beendigung Arbeitsphase Sicherung der Erkenntnisse (Zusammenfassung „Magnetismus 1“)	
ca. 10 min (Puffer)	Diskussion im Klassenverband zu Beispielen naturwissenschaftlicher Fragestellungen (von den Arbeitsblättern) sowie zu Kennzeichen naturwissenschaftlicher Fragestellungen.	
2 min	Stellen der Hausaufgabe	

[2] Die Etablierung prozessbezogener Kompetenzen steht nicht im Kern der Stunde. Entsprechende Konzepte werden deshalb nur implizit über die Strukturierung der Arbeitsblätter vermittelt. Die Struktur einer naturwissenschaftlichen Fragestellung ist in der Stunde als Puffer enthalten.

Verlaufsplanung

Zeit, Sozial-/ Arbeitsform	Lehrperson (LP) – Schülerinnen und Schüler (SuS); Tafel (TA)	Material Medien
Lehrervortrag **ca. 5 min**	**Überblick über die Einheit** LP erläutert, dass in den nächsten 5 Wochen das Thema Magnetismus behandelt wird. Die SuS haben dazu ja bereits einen kurzen Test in der letzten Stunde durchgeführt. Der Test hat gezeigt, dass einige SuS bereits umfassende Kenntnisse zu Magnetismus mitbringen, andere noch nicht sehr viel über Magnetismus wissen. Die SuS werden deshalb in zwei unterschiedliche Gruppen eingeteilt. LP zählt SuS mit Einteilung A und SuS mit Einteilung B auf. SuS mit gleichen Buchstaben sollen sich in Dreier-Gruppen zusammenfinden. LP erklärt, dass nun in diesen Gruppen mehrere Aufgaben und Versuche nach Anleitung bearbeitet werden sollen. Es ist wichtig, dass die Aufgaben immer sorgfältig gelesen werden. LP fordert die SuS auf, gründlich, aber auch zügig zu arbeiten. LP zeigt den SuS die Lösungs- und Tippkarten, die an der Tafel angeheftet sind. **Sicherheitshinweise von LP** *Immer, wenn ihr mit Magneten experimentiert, müsst ihr eure Armbanduhren, alle elektronischen Geräte und Plastikkarten mit Magnetstreifen (im Portemonnaie) in die Schultasche packen. Die Schultasche darf nicht auf dem Tisch stehen. Macht das bitte jetzt.* *Achtung! Die silberfarbenen Magneten sind sehr stark. Passt immer auf, dass ihr die Finger nicht zwischen den Magneten und einen Gegenstand haltet* (zeigt, worauf man achten muss).	• Arbeitsblätter 1.1–5 für die Gruppen A und B • pro Gruppe – Satz mit Quadern, Stangen, Schrauben, Nägeln, Münze, Büroklammer – Einhänger mit Massestücken – zunächst 1 Stabmagnet Neodym, wird später gegen Stabmagneten AlNiCo ausgetauscht • Eisenstück für Gruppe B auf Anfrage • Lösungs- und Tippkarten verkehrt herum an Tafel (Rückseite mit Nummer beschriftet)
Gruppenarbeit **ca. 50 min**	Grundlegende Eigenschaften von Magneten LP fordert jeweils eine/n Schüler/in pro Gruppe auf, die zu bearbeitenden Aufgaben und das Material abzuholen. LP gibt die Aufgaben und das Material heraus und fordert die SuS auf zu beginnen. SuS bearbeiten die Aufgaben. LP beobachtet und greift, wenn nötig, helfend ein. Schnelle Gruppen sollen, nachdem geprüft und rückgemeldet wurde, ob sie sorgfältig gearbeitet haben, die auf dem letzten Arbeitsblatt unten aufgeführten Ergänzungen (Gruppen A die Aufgaben der Gruppen B 1.2 und 1.3, Gruppen B die Knobelaufgabe) bearbeiten.	• ggf. Zusatzaufgaben für die Gruppen: A: B 1.2 und B 1.3 B: Knobelaufgabe • in Aluminiumfolie eingewickelter Magnet und Eisenstück zur Ansicht • Spielzeug Katz und Maus zur Ansicht

Zeit, Sozial-/ Arbeitsform	**Lehrperson (LP) – Schülerinnen und Schüler (SuS); Tafel (TA)**	**Material Medien**
Lehrervortrag **ca. 5 min**	**Beendigung der Arbeitsphase** LP fordert die SuS auf, die Bearbeitung der Aufgaben einzustellen und das Material nach vorn zu bringen. LP stellt fest, dass die SuS unabhängig von der Gruppierung in A oder B nun viel Neues über die Magneten erfahren haben. LP fordert SuS auf, die Zusammenfassung „Magnetismus 1“ zu bearbeiten. Die Blätter sichern alle wesentlichen Erkenntnisse. Es soll zunächst nur ein Bleistift benutzt werden. Die SuS dürfen die Blätter allein oder auch mit einem Partner bearbeiten. LP gibt Hinweis, dass die SuS vor der Beantwortung der einzelnen Fragen noch mal in ihre Aufgabenblätter schauen können, wenn sie unsicher sind.	• AB M 1.1 und M 1.2 Zusammenfassung „Magnetismus 1“
Einzelarbeit **ca. 5 min**	**Sicherung zentraler Erkenntnisse der Stunde** SuS bearbeiten die Zusammenfassung „Magnetismus 1“ LP beantwortet mögliche Fragen.	• AB M 1.1 und M 1.2 Zusammenfassung „Magnetismus 1“
Klassengespräch **ca. 10 min**	LP geht am Overheadprojektor die Zusammenfassung „Magnetismus 1“ Schritt für Schritt durch und erinnert dabei auch an die durchgeführten Versuche. SuS prüfen ihre Antworten und ändern ggf. Das ausgefüllte Arbeitsblatt kann als Plakat an ein oder zwei Stellen im Klassenzimmer aufgehängt werden.	• OH-Projektor • OH-Folien mit Lösungen zu der Zusammenfassung „Magnetismus 1“ • kommentiertes AB „Magnetismus 1“ für LP • ggf. DIN-A3-Plakat
Klassengespräch **ca. 10 min** (Puffer)	**Naturwissenschaftliche Fragestellungen** [**Hinweis:** Es kann für die SuS gerade am Ende einer Stunde schwierig sein, sich noch auf einen „Seitenaspekt“ einzulassen. Es sollte deshalb sorgfältig abgewogen werden, ob dieser Puffer den SuS am Ende der Stunde noch zugemutet werden kann.] LP verweist darauf, dass die SuS heute eine Reihe von naturwissenschaftlichen Fragen mithilfe von Versuchen untersucht haben: *Ihr habt heute eine Reihe von naturwissenschaftlichen Fragen untersucht. Schaut noch einmal oben auf eure Arbeitsblätter. Findet ihr ein Beispiel für eine Frage?* SuS geben Beispiele von Fragen an, die oben auf den Arbeitsblättern stehen, u. a. „Welche Materialien werden von einem Magneten angezogen?“, „…“	

Zeit, Sozial-/ Arbeitsform	Lehrperson (LP) – Schülerinnen und Schüler (SuS); Tafel (TA)	Material Medien
	LP *Eine naturwissenschaftliche Frage lässt sich mithilfe von Beobachtungen oder Experimenten untersuchen. Aus den Ergebnissen der Experimente kann man anschließend versuchen, eine Antwort auf die Frage zu finden. Prüft bitte nach, ob ihr auf den Arbeitsblättern die Antwort auf die naturwissenschaftliche Frage findet. Macht neben der Antwort einen kleinen grünen oder blauen Strich.* [**Hinweis:** Genauer wäre: Eine naturwissenschaftliche Frage ist eine Frage, die mit naturwissenschaftlichen Methoden untersucht werden kann. Manche Fragen, die aktuell nicht naturwissenschaftlich sind, könnten es in Zukunft sein, wenn die Methoden zur Untersuchung zur Verfügung stehen. Nicht-naturwissenschaftliche Fragen können aber sinnvoll sein (und z. B. Aspekte aus den Geisteswissenschaften oder der Wirtschaft betreffen).] SuS machen zumindest exemplarisch Striche, LP schaut, dass Aufgabe angemessen erfüllt wird. LP fragt, ob die Frage „Fühlen sich Magneten wohl, wenn sie rot und grün angestrichen werden?“ eine naturwissenschaftliche Frage ist. **Hinweis:** Aus dieser Frage könnte eine naturwissenschaftliche Frage konstruiert werden: Ziehen sich Magneten mit unterschiedlichem farbigen Anstrich unterschiedlich gut an? Diese Frage lässt sich mithilfe von Experimenten untersuchen. SuS antworten, dass es keine naturwissenschaftliche Frage ist, weil Magneten kein Gefühl haben bzw. das Gefühl nicht untersucht werden kann.	
2 min	Hausaufgaben: Die SuS sollen zu Hause mindestens zwei Magneten suchen und deren Funktion beschreiben.	• AB „Magneten im Alltag“

Materialien

Grau unterlegte Materialien kennzeichnen Gegenstände, die sich in den Materialkisten für das Spiralcurriculum im Sekundarbereich befinden (vgl. Kap. 6.1.2).

Benötigtes Versuchsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	11	Stabmagnet Neodym, unmarkiert
	22	Stabmagnet AlNiCo, rot-grün markiert
	1 – 2	Hufeisenmagnet, rot-grün markiert
	je 1	Scheibenmagnet Ferrit mit entsprechender Lage der Pole zum Demonstrieren, Kugelmagnet
	1	Scheibenmagnet mit Loch auf Stab (zur Demonstration schwebender Magneten)
	8	Verschiedene Magneten zum Anheften von Lösungs- und Tippkarten an Tafel
	variabel	Für die Gruppen B: Sätze mit allen Cent- und Euro-Münzen
	2	Eisenstück
	1	Eisenstück in Aluminiumfolie eingewickelt
	1	Stabmagnet AlNiCo möglichst gleicher Abmessungen wie das Eisenstück, muss in Aluminiumfolie eingewickelt werden
	1	Magneto Spielzeug Katz und Maus
	ggf.	aufgeschnittene Cent-Münze zur Demonstration, Edelstahl, Silber(-schmuck), Nickel und Kobalt
Materialsatz pro 3er-Gruppe (für alle Gruppen notwendig) Satz wird mit Neodym-Magnet (oben in Liste) ausgegeben		
	je 1	Stange aus Holz, Kunststoff, Aluminium, Messing, Eisen, Kupfer
	je 1	Quader aus Holz, Kunststoff, Kork, Aluminium, Messing, Eisen, Kupfer
	1	1-Cent Münze
	6	gleiche Schrauben aus Eisen
	1	Schraube aus Eisen an Bindfaden
	1	Büroklammer mit Kupferüberzug
	1	kleine Kiste mit kleinen Eisennägeln
	1	Einhänger mit Massestücken (ca. 3-mal 50 g, vorher mit Magnet prüfen)

Benötigte Lehrerdokumente

✓	Stückzahl	Dokument
	1	Kommentierte Arbeitsblätter Zusammenfassung „Magnetismus 1“
	1	OH-Folie mit Lösungen zu „Magnetismus 1“
	je 1	Lösungs- und Tippkarten (auf festem Karton zum Anheften an Tafel)
	je ca. 6	Hinweismaterial für Gruppen B
	1–2	DIN-A3-Ausdruck mit ausgefüllter Zusammenfassung „Magnetismus 1“ (optional)

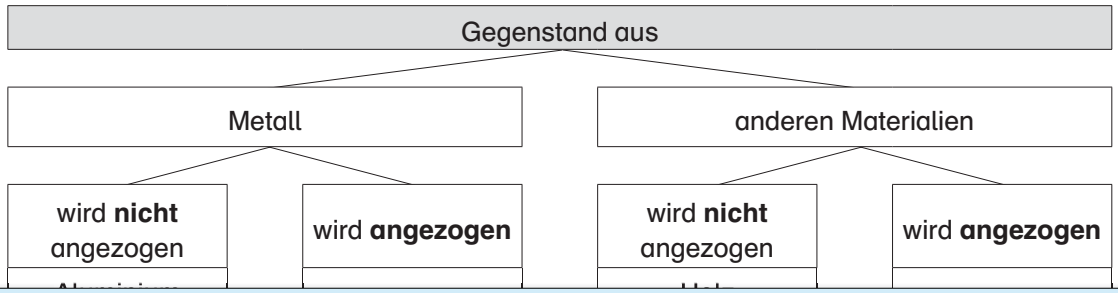
Benötigte Arbeitsblätter

✓	Stückzahl	Arbeitsblatt
	variabel	AB A 1.1 bis A 5 für „Einsteiger“ bzw. B 1.1 bis B 5 für „Fortgeschrittene“
	variabel	AB B 1.2 und B 1.3 als Zusatzmaterial für „Einsteiger“
	variabel	Knobelaufgabe als Zusatzmaterial für „Fortgeschrittene“
	alle SuS	AB M 1.1 und M 1.2 Zusammenfassung „Magnetismus 1“
	alle SuS	Magneten im Alltag

Magnetismus 1

Welche Materialien werden von einem Magneten angezogen?

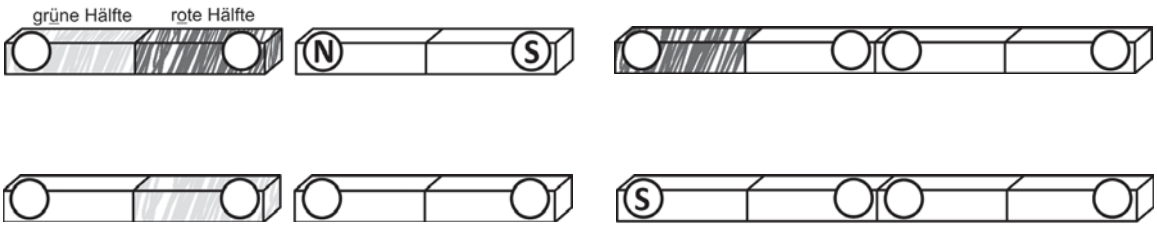
Ergänze in den Kästen unten.



Besonders achten auf:
Gruppe „aus anderen Materialien – wird angezogen“ bleibt leer und kann durchgestrichen werden, nur einige Metalle (aber nicht alle) werden angezogen. Evtl. haben SuS auch „Gummi“ notiert, dies ist ein Kunststoff.
Nicht alle Metalle werden angezogen (typische Fehlvorstellungen SuS), sondern nur die Metalle Eisen (starke Anziehung), Nickel und Kobalt (schwache Anziehung). Handelsübliche Magneten enthalten immer mind. eines dieser Materialien. Besondere Betonung, ggf. auch Demonstration, dass Kupfer nicht angezogen wird. Kontrastierung mit der mit Kupfer überzogenen Büroklammer: Sie enthält Eisen! Ebenso Cent-Münzen.
Demonstration von Silber und Gold (z. B. mit Schmuckstücken) als weitere Beispiele für Metalle, die nicht angezogen werden. Demonstration Edelstahl (z. B. Löffel): Bestimmte Zusammensetzungen aus Metall und Eisen werden nicht angezogen – Edelstahl enthält Eisen, wird aber oft nicht angezogen. Aufforderung, dass SuS diese Materialien ggf. in ihrer Liste passend ergänzen.

Wie wirken Magneten aufeinander?

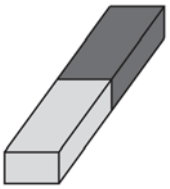
Ergänze die Zeichnungen und kreuze an.



Mit den SuS diskutieren:
Gibt es „anziehende“ und „abstoßende“ Pole? Woher weiß man, dass es keine „abstoßenden“ Pole gibt? Fokus auf den Unterschied der Wechselwirkung mit Eisen (immer wechselseitige Anziehung mit beiden Polen) und Wechselwirkung Magneten untereinander – es kommt auf die Kombination von Polen an.
Auf richtige Bezeichnungen der Pole achten: Nord- und Südpol, nicht Plus- und Minuspol.

Wo ist die Wirkung besonders groß?

Kreise die Stellen ein und ordne die Benennungen zu.

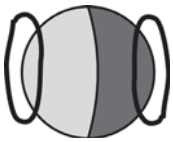


Scheibenmagnet

Stabmagnet

Kugelmagnet

Hufeisenmagnet



Einkreisen der Stellen stärkster Anziehung im Vorfeld bei den Gruppen A nur für Stabmagnet explizit geübt:
Betonung, dass nicht die gesamte farbig markierte Fläche, sondern die Enden (bei Stab- und Hufeisenmagnet) bzw. die Flächenmitten (Scheiben- und Kugelmagnet) besonders stark anziehen. Demonstration mit geeigneten Magneten und Einhänger mit Massestücken hilfreich. Hinweis, dass eckige Scheiben- und Stabmagneten ähnliche Form haben, sich aber in der Lage der Pole unterscheiden.

Wirken Magneten auch aus der Entfernung?

Was stimmt? Kreuze an:

☐ Magneten und Gegenstände aus Eisen (ohne Edelstahl) ziehen sich erst an, wenn sie sich berühren.

☐ Magneten und Gegenstände aus Eisen (ohne Edelstahl) ziehen sich auch bereits an, wenn sie einander genähert werden.

Fernwirkung als Begriff kann eingeführt werden: Da Magneten auch aus der Entfernung wirken (anziehen oder abstoßen), spricht man von Fernwirkung eines Magneten.

Magnetismus 1

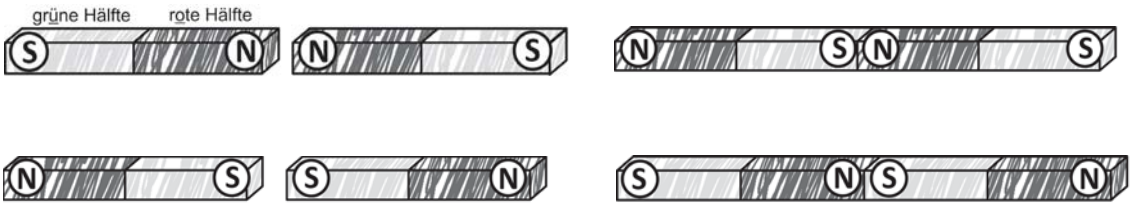
Welche Materialien werden von einem Magneten angezogen?

Ergänze in den Kästen unten.

Gegenstand aus			
Metall		anderen Materialien	
wird **nicht** angezogen	wird **angezogen**	wird **nicht** angezogen	wird **angezogen**
Aluminium **Kupfer** **Messing** **Edelstahl** **Gold** **Silber**	**Eisen** (starke Anziehung) **Kobalt** und **Nickel** (schwache Anziehung)	**Holz** **Kunststoff** **Papier/Pappe** **Kork** **Glas** **Watte**	

Wie wirken Magneten aufeinander?

Ergänze die Zeichnungen und kreuze an.



Näherung gleicher Pole:

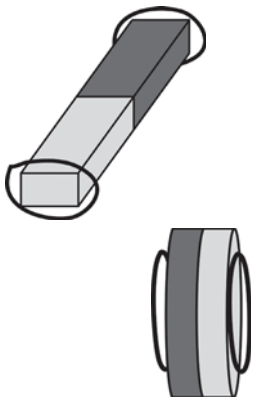
☐ Anziehung ☒ Abstoßung

Näherung ungleicher Pole:

☒ Anziehung ☐ Abstoßung

Wo ist die Wirkung besonders groß?

Kreise die Stellen ein und ordne die Benennungen zu.

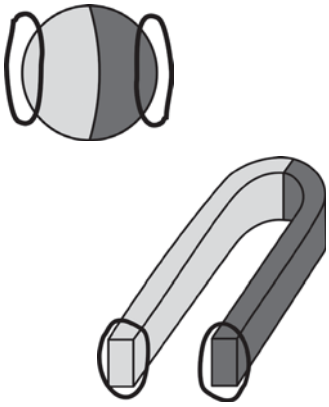


Scheibenmagnet

Stabmagnet

Kugelmagnet

Hufeisenmagnet



Wirken Magneten auch aus der Entfernung?

Was stimmt? Kreuze an:

☐ Magneten und Gegenstände aus Eisen (ohne Edelstahl) ziehen sich erst an, wenn sie sich berühren.

☒ Magneten und Gegenstände aus Eisen (ohne Edelstahl) ziehen sich auch bereits an, wenn sie einander genähert werden.

Lösungs- und Tippkarten (Gruppen A & B)

Je einmal auf festes Papier kopieren oder laminieren zum Anheften an die Tafel.

Möglichst Rückseite sichtbar anheften und mit Bezeichnung der Karte beschriften, d. h. die Schülerinnen und Schüler müssen die Karte abnehmen und umdrehen.

LÖSUNGSKARTE A1

Aufgabe 3:

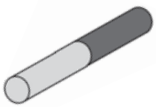
- ☐ Gegenstände aus Holz werden von einem Magneten angezogen.
- ☒ Gegenstände aus Kunststoff werden nicht von einem Magneten angezogen.
- ☐ Alle Gegenstände aus Metall werden von einem Magneten angezogen.
- ☒ Nur manche Gegenstände aus Metall werden von einem Magneten angezogen.
- ☒ Gegenstände, die nicht aus Metall sind, werden auf jeden Fall nicht von einem Magneten angezogen.

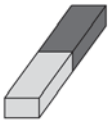
Aufgabe zum Weiterdenken
In eurem Materialsatz ist eine Büroklammer, die aussieht, als wäre sie aus Kupfer.
Überlegt: Sollte die Büroklammer angezogen werden?
Probiert es aus.

Falls die Büroklammer angezogen wird: Wie erklärt ihr euch die Anziehung?
(Tipp: Überlegt, welche Metalle angezogen werden!)

LÖSUNGSKARTE A2

Hufeisenmagnet

Stabmagnet (zylinderförmig) 

Stabmagnet (quaderförmig) 

Scheibenmagnet (Ringmagnet)

Scheibenmagnet

Scheibenmagnet

Alles klar?
Auch dieses Bild zeigt einen Magneten.
Wie würdet ihr ihn nennen?

LÖSUNGSKARTE B1

Aufgabe 2:

- ☐ Gegenstände aus Holz werden von einem Magneten angezogen.
- ☒ Gegenstände aus Kunststoff werden nicht von einem Magneten angezogen.
- ☐ Alle Gegenstände aus Metall werden von einem Magneten angezogen.
- ☒ Nur manche Gegenstände aus Metall werden von einem Magneten angezogen.
- ☒ Gegenstände, die nicht aus Metall sind, werden auf jeden Fall nicht von einem Magneten angezogen.

Aufgabe 3:

- ☐ **Ja**, es macht einen Unterschied, mit welcher Seite man sich nähert.
- ☒ **Nein**, es macht keinen Unterschied, mit welcher Seite man sich nähert.

Habt ihr richtig angekreuzt?
Wenn nicht, holt euch vom Lehrer das Hinweismaterial ab.

LÖSUNGSKARTE B2

Münze	Material	Anziehung
1 Cent, 2 Cent, 5 Cent	Eisen mit Kupferschicht	werden angezogen
10 Cent, 20 Cent, 50 Cent	Kupfer, Aluminium, Zink, Zinn	werden nicht angezogen
1 Euro	äußerer Ring: Nickel und Messing innerer Teil: Nickel und Kupfer	Der innere Teil wird stärker angezogen als der äußere Teil.
2 Euro	äußerer Ring: Nickel und Kupfer innerer Teil: Nickel und Messing	

Habt ihr an die Metalle Nickel und Kobalt gedacht?

Wo muss mehr Nickel enthalten sein, im inneren oder im äußeren Teil der Euro-Münzen? Woran kann man das erkennen?

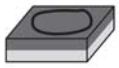
LÖSUNGSKARTE B3

Hufeisenmagnet

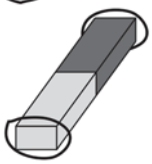
Scheibenmagnet (Ringmagnet)

Stabmagnet

Scheibenmagnet



Stabmagnet



Scheibenmagnet

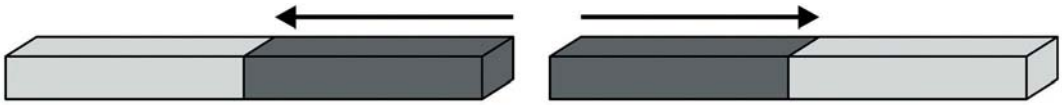
Aufgabe zum Weiterdenken:
Wie müssten die Pole bei einem Stabmagneten liegen, damit daraus ein Scheibenmagnet wird?

Tippkarte 1

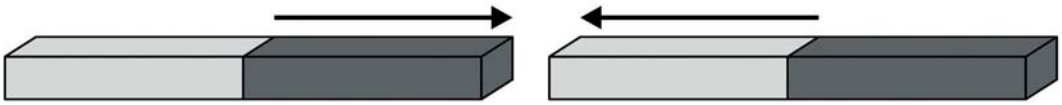
Ein Magnet hat **zwei Pole**. An den Polen zeigt ein Magnet besonders starke Wirkung. Die beiden Pole eines Magneten heißen magnetischer Südpol und magnetischer Nordpol.
Die Hälfte des Magneten, auf der der Nordpol liegt, ist oft rot markiert, die andere Hälfte mit dem Südpol meist grün.

Auf den Arbeitsblättern sind die Magneten immer mit einer hellen Hälfte und einer dunklen Hälfte abgebildet. Auf der dunklen Hälfte liegt der Nordpol.

Werden gleiche Pole genähert, so stoßen sich die Magneten gegenseitig ab.



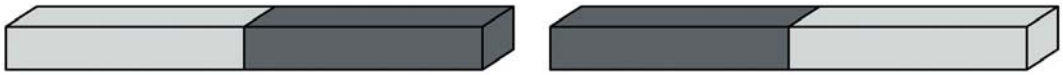
Werden ungleiche Pole genähert, so ziehen sich die Magneten an.



Könnt ihr die Hälften des Magneten auf eurem Arbeitsblatt richtig kennzeichnen?
Habt ihr eine Idee, wo die Pole als Stellen mit der stärksten Wirkung ungefähr liegen? Schreibt ein N oder ein S an diese Stellen.

Tippkarte 2

Zum Gedankenexperiment 1:
Magneten stoßen sich ab, wenn man gleiche Pole einander nähert.
Eine Möglichkeit ist im Bild dargestellt. Wie sieht die zweite Möglichkeit aus?



Zum Gedankenexperiment 2:
Nehmt zwei markierte Magneten und holt euch vom Pult ein gleich großes Eisenstück. Spielt alle Varianten durch, in denen sich zwei dieser drei Gegenstände gegenseitig anziehen. Notiert dann auf dem Arbeitsblatt.

Hinweismaterial für Gruppen B

Ca. 6-fache Ausfertigung (wird u. U. nicht gebraucht)

HINWEISMATERIAL

Kreuzt mit Bleistift an, ohne vorher auszuprobieren.

Gegenstand	**Wird von einem Magneten angezogen**	**Wird nicht von einem Magneten angezogen**
Quader aus Kupfer (Metall, rötlich)	☐	☐
Quader aus Aluminium (Metall, hellgrau)	☐	☐
Quader aus Eisen (Metall, grau)	☐	☐
Quader aus Messing (Metall, gelblich)	☐	☐
Quader aus Kork	☐	☐
Quader aus Holz	☐	☐
Quader aus Plastik (Kunststoff)	☐	☐

Prüft mit einem Magneten, ob eure Vermutungen richtig sind.
Korrigiert eure falschen Vermutungen.

Prüft auch, ob es einen Unterschied macht, mit welcher Seite des Magneten ihr euch den Gegenständen nähert.

Arbeitsblätter für die Schülerinnen und Schüler

Welche Materialien werden von einem Magneten angezogen?

Für die folgenden Experimente benötigt ihr einen silberfarbenen Magneten. Er sieht wie ein glänzendes Eisenstück aus.

Aufgabe 1:

Kreuzt zunächst **mit Bleistift** an, **ohne** vorher auszuprobieren.

Gegenstand	**Wird von einem Magneten angezogen**	**Wird nicht von einem Magneten angezogen**
Quader aus Kupfer (Metall, rötlich)	☐	☐
Quader aus Aluminium (Metall, hellgrau)	☐	☐
Quader aus Eisen (Metall, grau)	☐	☐
Quader aus Messing (Metall, gelblich)	☐	☐
Quader aus Kork	☐	☐
Quader aus Holz	☐	☐
Quader aus Plastik (Kunststoff)	☐	☐

Prüft mit einem Magneten, ob eure Vermutungen richtig sind.
Korrigiert euer Kreuz, wenn ihr euch geirrt habt.

Aufgabe 2:

Holt euch die verschiedenen Stangen aus eurer Materialbox.

Sortiert die Stangen in zwei Gruppen:
Alle Stangen aus Metall in eine Gruppe und alle Stangen aus anderen Materialien in die andere Gruppe.

Überlegt für jede Gruppe, welche Stangen angezogen werden sollten.
Prüft nach, ob eure Überlegung stimmt.

Aufgabe 3:

Überlegt: Sollten Gegenstände aus Papier oder Pappe,
aus Gummi und aus Glas von einem Magneten angezogen werden?

☐ **Ja**, alle diese Materialien sollten von einem Magneten angezogen werden.

☐ **Nein**, keines dieser Materialien sollte von einem Magneten angezogen werden.

☐ **Nur manche** dieser Materialien sollten von einem Magneten angezogen werden, nämlich:

_____

_____

Prüft eure Vermutung mit Gegenständen aus eurer Umgebung.

Aufgabe 4:

Macht es einen Unterschied, mit welchem Ende des Magneten ihr euch den Gegenständen nähert? Probiert es aus.

☐ **Ja**, es macht einen Unterschied, mit welchem Ende man sich nähert.

☐ **Nein**, es macht keinen Unterschied, mit welchem Ende man sich nähert.

Aufgabe 5:

Kreuzt alle richtigen Aussagen an.

☐ Gegenstände aus Holz werden von einem Magneten angezogen.

☐ Gegenstände aus Kunststoff werden nicht von einem Magneten angezogen.

☐ Alle Gegenstände aus Metall werden von einem Magneten angezogen.

☐ Nur manche Gegenstände aus Metall werden von einem Magneten angezogen.

☐ Gegenstände, die nicht aus Metall sind, werden auf jeden Fall nicht von einem Magneten angezogen.

Vergleicht eure Kreuze mit der Lösung auf <u>Lösungskarte A1</u>.
Bearbeitet auch die Aufgabe „Alles klar?“ auf der Lösungskarte A1.

Schreibt hier auf:
Was muss die kupferfarbene Büroklammer enthalten?

Die kupferfarbene Büroklammer muss _____ enthalten.

An welchen Stellen zieht der Magnet am stärksten an?

Aufgabe 1:

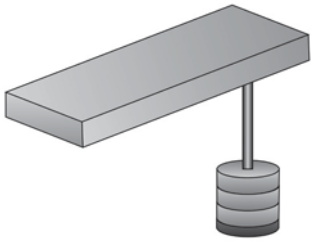
Haltet die Schraube am Bindfaden über den Magneten und beobachtet, wo die Schraube angezogen wird. Führt den Versuch mehrfach durch.

Wo bleibt die Schraube hängen?

- ☐ In der Mitte des Magneten.
- ☐ An beiden Enden des Magneten.
- ☐ An einem Ende des Magneten.

Aufgabe 2:

Hängt die drei Massestücke in den Aufhänger ein.
Versucht, mit dem Magneten die Massestücke wie auf der Zeichnung hochzuheben. An welchen Stellen des Magneten gelingt das?



- ☐ In der Mitte des Magneten.
- ☐ An beiden Enden des Magneten.
- ☐ An einem Ende des Magneten.

Aufgabe 3:

Hängt an ein Ende des Magneten so viele Schrauben untereinander, wie der Magnet gerade noch halten kann.
Verschiebt jetzt die Schraubenkette in die Mitte des Magneten. Behält die Kette ihre Länge bei?
Wie erklärt ihr euch, was passiert?
(Tipp: Schaut auf die vorherigen beiden Versuche!)

Aufgabe 4:

Stellt eine 1- oder 2-Cent-Münze in der Mitte des Magneten auf. Wo rollt die Münze hin?
Ihr könnt die Münze auch in die Mitte unter den Magneten hängen. Was passiert jetzt?

Wo zieht euer Magnet am stärksten an?
Kreist die Stellen ein.

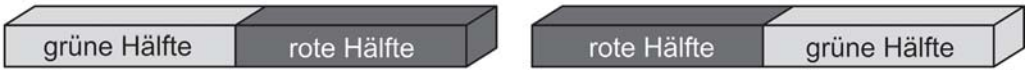
Merke: Die Stellen, an denen ein Magnet eine besonders starke Wirkung zeigt, heißen Pole. Wie viele Pole hat der von euch verwendete Magnet? Er hat _____ Pole.

Die Pole eines Magneten

Aufgabe 1:

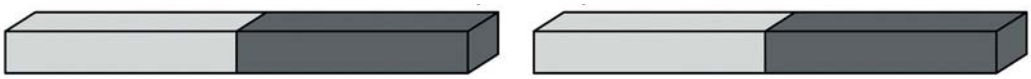
Gebt den silberfarbenen Magneten ab und lasst euch zwei Magneten geben, die beide farbig markiert sind.
Probiert die folgenden Versuche aus.
Kreuzt an, was ihr beobachtet oder fühlt.

a)



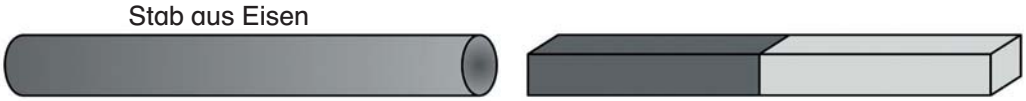
☐ Die Magneten ziehen sich an. ☐ Die Magneten stoßen sich ab. ☐ Es passiert nichts.

b)



☐ Die Magneten ziehen sich an. ☐ Die Magneten stoßen sich ab. ☐ Es passiert nichts.

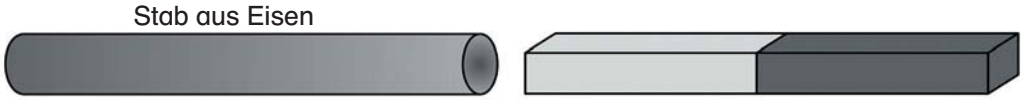
c)



☐ Eisenstab und Magnet ziehen sich an. ☐ Eisenstab und Magnet stoßen sich ab.

☐ Es passiert nichts.

d)

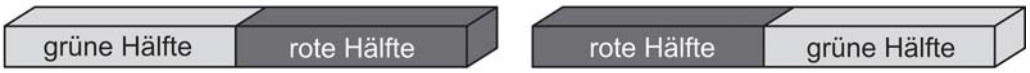


☐ Eisenstab und Magnet ziehen sich an. ☐ Eisenstab und Magnet stoßen sich ab.

☐ Es passiert nichts.

Merke: Ein Magnet hat zwei Pole.

Habt ihr das am Ende von Arbeitsblatt 2 richtig aufgeschrieben? Prüft nach.
Die beiden Pole eines Magneten heißen magnetischer Südpol und magnetischer Nordpol.
Die Hälfte mit dem Nordpol ist oft rot markiert, die Hälfte mit dem Südpol grün.
In unseren Zeichnungen ist die rote Seite dunkel eingefärbt, die grüne ist hell.
Schreibt ein N für Nordpol und ein S für Südpol an die richtige Stelle des Magneten:



Aufgabe 2:

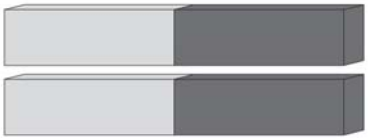
Habt ihr es bemerkt?
Je nachdem, wie ihr die Magneten einander nähert, passiert etwas Unterschiedliches.
Streicht in den folgenden Sätzen die falschen Wörter durch.

- Werden zwei gleiche Pole genähert, so **ziehen/stoßen** sich die Magneten **an/ab**.
- Werden zwei unterschiedliche Pole genähert, so **ziehen/stoßen** sich die Magneten **an/ab**.
- Werden Eisen und Magnet genähert, so **ziehen/stoßen** sich die beiden immer **an/ab**, egal, mit welchem Pol man an das Eisen herangeht.

Aufgabe 3:

Was passiert, wenn ihr versucht, die Magneten übereinander zu legen?
Schaut euch dazu die beiden Bilder an.

a)



☐ Die Magneten ziehen sich an.

☐ Die Magneten stoßen sich ab.

☐ Es passiert nichts.

b)

☐ Die Magneten ziehen sich an.

☐ Die Magneten stoßen sich ab.

☐ Es passiert nichts.

Merke: Magneten ziehen sich auch dann an oder stoßen sich ab, wenn man sie übereinander legt.
Liegen gleiche Pole übereinander, stoßen sich die Magneten ab.
Liegen ungleiche Pole übereinander, ziehen sich die Magneten an.

Magnetformen und ihre Namen

Magneten werden nach ihrer Form und der Lage der Pole unterschieden.

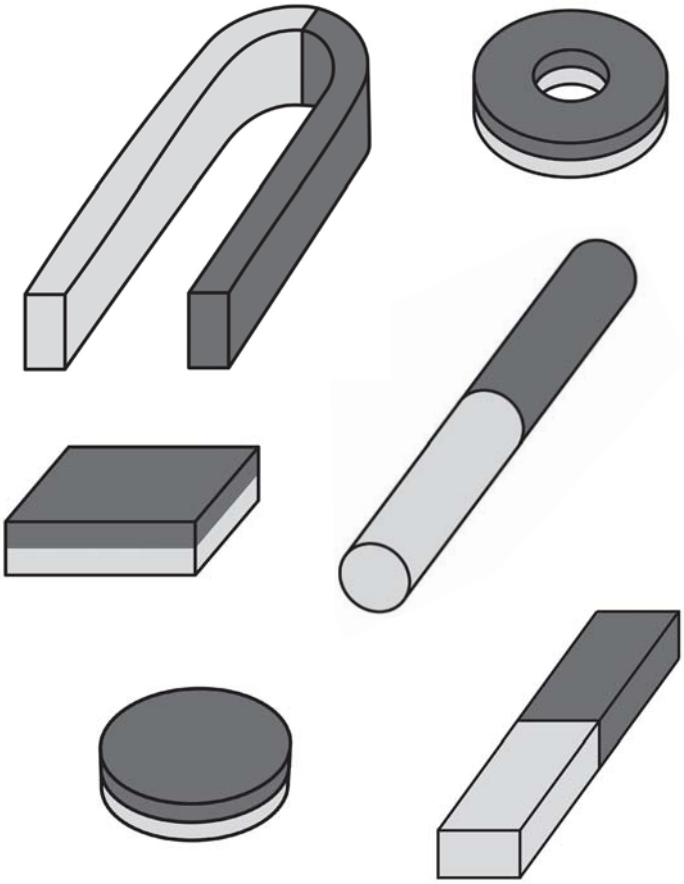
Stabmagneten können rund (zylinderförmig) oder eckig (quaderförmig) sein. Stabmagneten sind aber immer länglich (wie ein Stab). Sie haben die Pole an den Enden (den „Stirnseiten“).

Scheibenmagneten sind flach. Scheibenmagneten haben die Pole auf den Längsseiten.

Hufeisenmagneten sehen aus wie ein Hufeisen. Sie haben die Pole an den Enden der Hufeisenschenkel.

Aufgabe 1:

Verbindet die richtige Bezeichnung mit dem passenden Magneten.



Stabmagnet

Hufeisenmagnet

Scheibenmagnet

Vergleicht eure Verbindungen mit Lösungskarte A2.

Wirkt ein Magnet auch aus der Entfernung?

Aufgabe 1:

Überlegt: Wenn ihr Anziehung durch einen Magneten beobachten wollt, müsst ihr dann eine Büroklammer aus Eisen oder eine aus Kunststoff wählen?

Wir müssten eine Büroklammer aus _____ wählen,

weil _____.

Nähert euch langsam mit einem Magneten der Büroklammer.
Müsst ihr die Büroklammer berühren, damit sie angezogen wird?

☐ Ja ☐ Nein

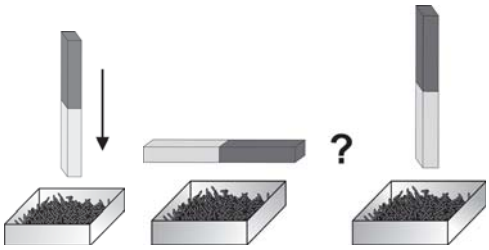
Überlegt: Macht es einen Unterschied, ob ihr euch der Büroklammer mit dem Südpol (grün) oder mit dem Nordpol (rot) nähert?

Aufgabe 2:

Nähert euch mit einem Stabmagneten der Kiste mit den kleinen Nägeln.
Müsst ihr die Nägel berühren, damit sie angezogen werden?

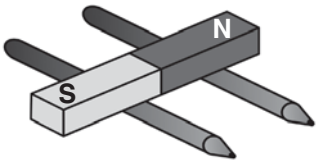
☐ Ja ☐ Nein

Überlegt: Warum solltet ihr euch mit den Enden des Stabmagneten und nicht mit seinen Seiten den Nägeln nähern?



Aufgabe 3:

Legt einen Stabmagneten auf zwei runde Stifte.
Versucht, den Stabmagneten auf den Stiften mit dem anderen Stabmagneten vor und zurück zu bewegen. Die Magneten dürfen sich nicht berühren!



Überlegt: Mit welchem Pol des Hufeisenmagneten müsst ihr euch der roten Seite des Stabmagneten nähern, damit sich die beiden Magneten anziehen? Wie erreicht ihr Abstoßung?

Schaut euch alle drei Versuche noch einmal an:
Wirkt ein Magnet auch aus der Entfernung?

☐ Magneten wirken nur, wenn sie Gegenstände direkt berühren.

☐ Magneten wirken auch in der Ferne.

Wenn ihr fertig seid und noch Zeit ist, bearbeitet die Arbeitsblätter B 1.2 und B 1.3.

Welche Materialien werden von einem Magneten angezogen?

Für die folgenden Aufgaben benötigt ihr einen silberfarbenen Magneten. Er sieht wie ein glänzendes Eisenstück aus.

Aufgabe 1:

Überlegt euch, welche drei Gegenstände in eurer Umgebung von einem Magneten angezogen werden. Welche drei Gegenstände werden nicht angezogen?
Notiert die Gegenstände in der jeweiligen Gruppe.

Gegenstand wird angezogen	Gegenstand wird nicht angezogen
1)	**1)**
2)	**2)**
3)	**3)**

Habt ihr richtig vermutet? Prüft jetzt mit einem Magneten nach.
Achtet darauf, dass ihr die Gegenstände nicht beschädigt.
Falls ihr falsch vermutet habt, tragt die Gegenstände in die richtige Gruppe um.
Ihr könnt die Korrektur mit einem Pfeil andeuten.

Aufgabe 2:

Kreuzt alle richtigen Aussagen an.

- ☐ Gegenstände aus Holz werden von einem Magneten angezogen.
- ☐ Gegenstände aus Kunststoff werden nicht von einem Magneten angezogen.
- ☐ Alle Gegenstände aus Metall werden von einem Magneten angezogen.
- ☐ Nur manche Gegenstände aus Metall werden von einem Magneten angezogen.
- ☐ Gegenstände, die nicht aus Metall sind, werden auch nicht von einem Magneten angezogen.

Aufgabe 3:

Macht es einen Unterschied, mit welcher Seite eines Magneten ihr euch Gegenständen nähert?

- ☐ **Ja**, es macht einen Unterschied, mit welcher Seite man sich nähert.
- ☐ **Nein**, es macht keinen Unterschied, mit welcher Seite man sich nähert.

Vergleicht eure Lösungen zu den Aufgaben 2 und 3 mit den Aussagen auf <u>Lösungskarte B1</u>.

Aufgabe 4:

Lest den folgenden Text sorgfältig durch.
Streicht alle wichtigen Informationen mit einem farbigen Stift an.

Ihr könnt es ausprobieren: Eine 1- oder 2-Cent-Münze wird von einem Magneten angezogen. Man sagt, sie ist „magnetisierbar“. Die 1- und 2-Cent-Münzen sehen aber so aus, als wären sie aus Kupfer! Wird Kupfer von einem Magneten angezogen? Nein! Ihr könnt das mit der Kupferstange und dem Quader aus Kupfer (ein rötliches Metall) in eurem Materialsatz ausprobieren.

Was müsste in den Münzen enthalten sein, wenn sie von einem Magneten angezogen werden?
Einige Münzen haben einen Eisenkern, welcher von einer dünnen Schicht aus Kupfer zum Schutz vor Rost überzogen wurde. Auch andere Gegenstände haben oft eine Schutzschicht aus anderen Materialien. Man kann deshalb nicht immer sofort erkennen, dass die Gegenstände Eisen enthalten. Mit einem Magneten könnt ihr aber prüfen, ob Eisen enthalten sein müsste.

Achtung! Nicht jeder Gegenstand, der Eisen enthält, ist auch magnetisierbar. Einige Kochtöpfe oder Bestecke bestehen zum Beispiel aus Edelstahl. Edelstahl enthält Eisen und andere Metalle, es wird aber nicht von einem Magneten angezogen. Die anderen im Edelstahl enthaltenen Metalle sorgen dafür, dass Edelstahl nicht magnetisierbar ist.
Neben Eisen werden auch die Metalle Nickel und Kobalt von einem Magneten angezogen. Die Anziehung ist bei Nickel und Kobalt jedoch schwächer als bei Eisen.

Kreuzt die richtige(n) Aussage(n) an.

☐ Gegenstände, die Eisen enthalten, sind immer magnetisierbar.

☐ Gegenstände, die magnetisierbar sind, enthalten immer Eisen.

☐ Gegenstände, die magnetisierbar sind, müssen Eisen, Nickel oder Kobalt enthalten.

Prüft alle drei Aussagen mit dem Text.
Welche Beispiele oder Gegenbeispiele gibt der Text?

_____

_____

_____

_____

_____

Aufgabe 5:
Untersucht die unterschiedlichen Euro-Münzen **sehr genau** mit einem Magneten.
Wo werden die Münzen stark, wo schwach oder gar nicht angezogen?
Schreibt in die Zeichnung: stark – schwach – gar nicht

Aufgabe 6:

Welches Material könnten die Stellen enthalten, die angezogen werden?

_____

_____

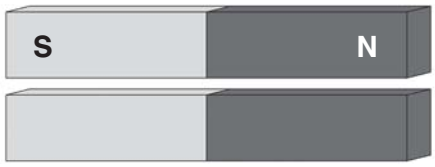
Tipp: Denkt noch mal an den Text auf der vorherigen Seite.

Ob eure Vermutungen stimmen, könnt ihr auf der Lösungskarte B2 nachschauen!

Die Pole eines Magneten

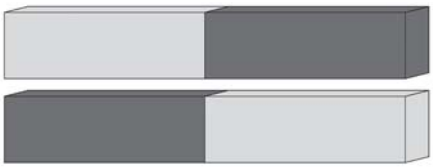
Aufgabe 1:

Stellt euch vor, ihr wollt zwei Magneten übereinander legen wie in den Bildern.
Was wird passieren?



Die beiden Magneten im Bild werden sich

_____.



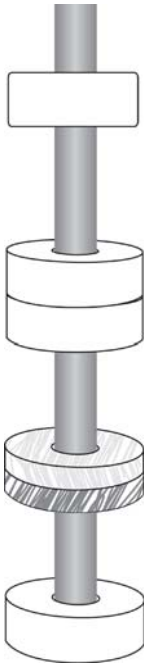
Die beiden Magneten im Bild werden sich

_____.

Aufgabe 2:

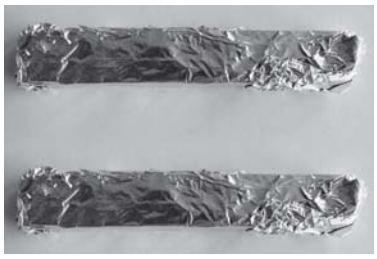
Unten seht ihr eine Zeichnung und daneben ein Foto des dazugehörigen Versuches.
Die Magneten auf der Stange schweben frei in der Luft, sie sind nicht festgeklebt.
Wie müssen die Pole der Magneten angeordnet sein, damit dieses Bild entstehen kann?

Markiert in der Zeichnung, wo an jedem Magneten die Hälfte mit dem Nordpol und wo die Hälfte mit dem Südpol liegt. Ihr könnt auch ein „N“ für Nordpol und ein „S“ für Südpol an die entsprechenden Stellen schreiben.



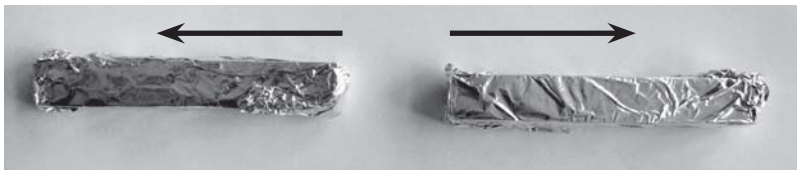
Seid ihr euch nicht sicher? Lest die Tippkarte 1.

Aufgabe 3:



In den folgenden Gedankenexperimenten sollt ihr immer an zwei in Aluminiumfolie eingewickelte Eisenstücke denken. Die Eisenstücke können ein Magnet oder kein Magnet sein. Ihr sollt mit der beschriebenen Beobachtung entscheiden, worum es sich bei den Eisenstücken jeweils handelt.

Gedankenexperiment 1
Zwei eingewickelte Eisenstücke werden nah beieinander auf den Tisch gelegt.
Sie bewegen sich nach dem Loslassen sofort voneinander weg.

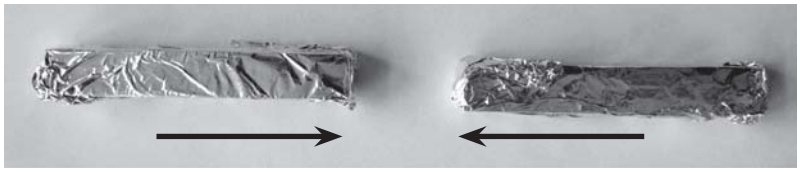


Was muss in der Aluminiumfolie eingewickelt sein? Welche Anordnung ist möglich?
Es gibt zwei Lösungen, schreibt oder zeichnet sie in die Skizzen hinein.

1)

2)

Gedankenexperiment 2
Zwei **neue** eingewickelte Eisenstücke werden wieder nah beieinander auf den Tisch gelegt.
Sie bewegen sich nach dem Loslassen sofort aufeinander zu.



Was könnte in der Aluminiumfolie eingewickelt sein?
Welche Anordnung ist möglich? Es gibt jetzt mindestens drei verschiedene Lösungen, schreibt oder zeichnet sie in die Skizzen hinein.

1)

2)

3)

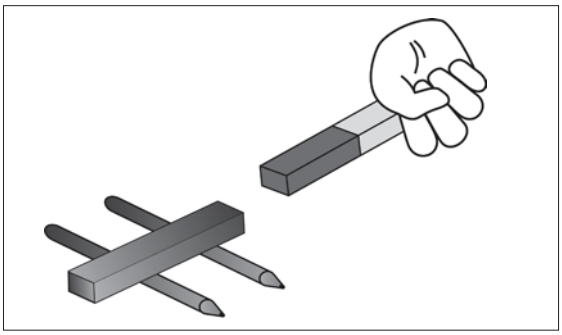
Habt ihr Probleme, alle Möglichkeiten zu finden? Bearbeitet die Tippkarte 2.

Ziehen sich Magnet und Eisenstück gegenseitig an?

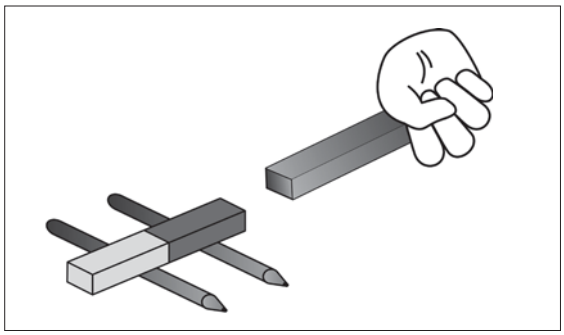
Aufgabe 1:

Gebt den silberfarbenen Magneten ab und lasst euch einen farbig markierten Stabmagneten und ein Eisenstück geben. Führt die beiden folgenden Versuche durch.

Versuch 1: Magnet bewegt Eisenstück



Versuch 2: Eisenstück bewegt Magneten

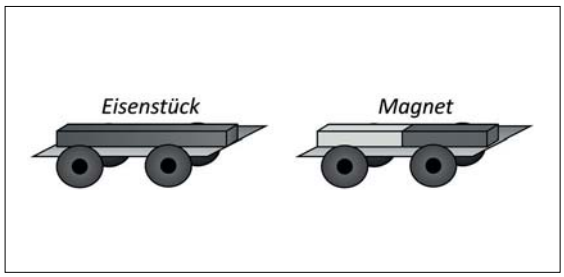


Aufgabe 2:

Überlegt euch einen weiteren Versuch, der zeigt, dass man **mit einem Gegenstand aus Eisen einen Magneten anziehen** kann. Zeichnet oder beschreibt den Versuch im Kasten und zeigt ihn dann eurer Lehrkraft.

Aufgabe 3:

Stellt euch vor: Ein Magnet und ein Stück Eisen liegen wie im Bild auf zwei Wagen und werden festgehalten. Wenn der Magnet und das Eisenstück losgelassen werden, bewegen sich die Wagen aufeinander zu. Wie könnt ihr begründen, dass sich beide Wagen mit dem Eisenstück und dem Magneten gleichzeitig bewegen?



Aufgabe 4:

Beantwortet die Versuchsfrage: Ziehen sich Magnet und Eisenstück gegenseitig an?

- ☐ Nur der Magnet zieht das Eisenstück an.
- ☐ Nur das Eisenstück zieht den Magneten an.
- ☐ Der Magnet und das Eisenstück ziehen sich gegenseitig an.

Gebt das Eisenstück wieder ab!

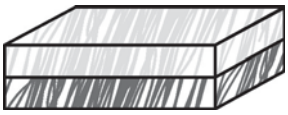
Magnetformen und ihre Namen

Aufgabe:

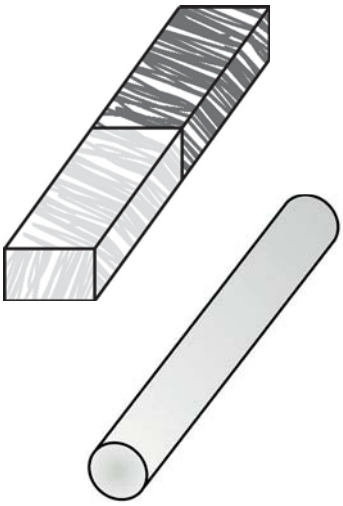
Ihr seht unten sechs Magneten abgebildet.
– Bei einem **Stabmagneten** liegen die Pole an den Enden.
– Bei einem **Scheibenmagneten** liegen die Pole auf den Flächen.
– Bei einem **Hufeisenmagneten** liegen die Pole an den Enden der Schenkel.
Die Magneten sind bereits beschriftet.

Schraffiert die Magneten so, dass man die Hälften, auf denen die Pole liegen, gut unterscheiden kann.

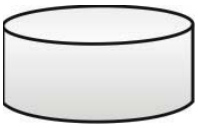
Scheibenmagnet

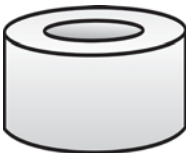


Stabmagnet



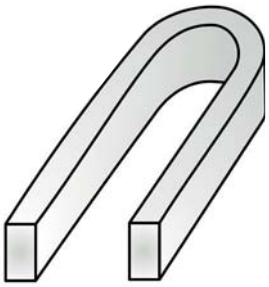
Scheibenmagnet





Scheibenmagnet (Ringmagnet)

Stabmagnet



Hufeisenmagnet

Pole kennzeichnen die Stellen, an denen die anziehende und abstoßende Wirkung besonders groß ist.

Probiert mit einem Gegenstand aus Eisen aus, wo ihr beim Stabmagneten die stärkste Anziehung beobachtet.
Kreist die Stellen dort ein.

Überlegt und kreist ein, wo die Wirkung bei den anderen Magneten am größten sein müsste.

Vergleicht eure Lösungen mit den Ergebnissen auf <u>Lösungskarte B3</u>.

Wirkt ein Magnet auch aus der Entfernung?

Aufgabe:

Es wird behauptet, Magneten würden nicht nur im direkten Kontakt anziehende oder abstoßende Wirkung haben, sondern auch bereits aus einiger Entfernung wirken.

Gebt drei Versuche aus den vorherigen Arbeitsblättern an,
die diese Behauptung stützen:

1. _____

_____

2. _____

_____

3. _____

_____

Wenn ihr fertig seid und noch Zeit ist, bearbeitet bitte die Knobelaufgaben.

KNOBELAUFGABEN

Aufgabe 1:

Ihr findet am Pult die Katze und die Maus.

Probiert **am Pult** aus, was passiert,
wenn ihr die Katze der Maus nähert.
Könnt ihr die Maus mit der Katze fangen?

Zeichnet ein, wie die Pole der beiden Magneten
in der Maus und in der Katzenpfote liegen.

Woran kann man erkennen, dass es zwei Magneten sein müssen?

Wie könnt ihr begründen, dass die von euch gezeichnete Lage der Pole stimmt?

Die Lage der Pole stimmt, weil

Aufgabe 2:

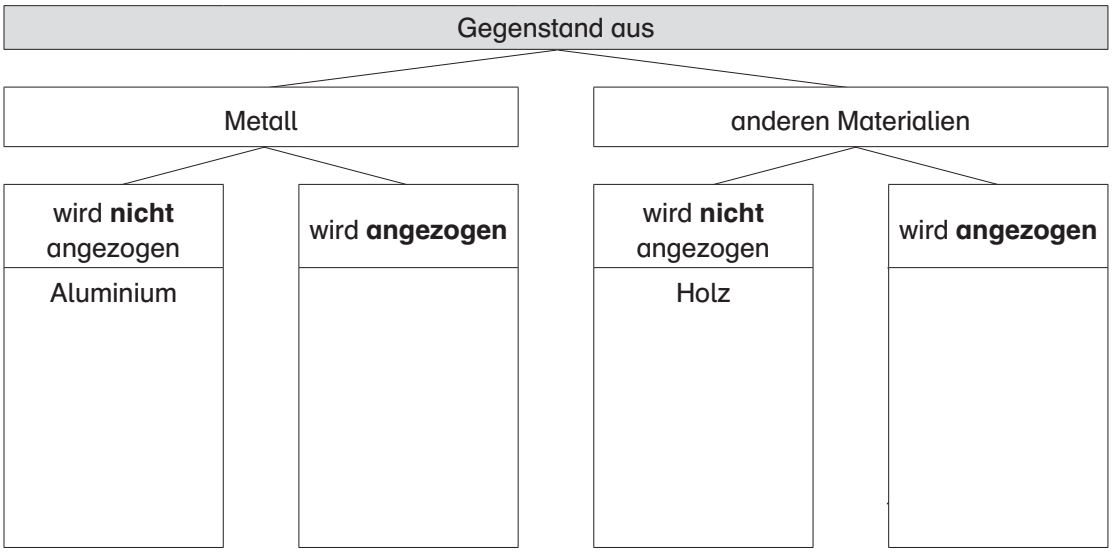
Stellt euch vor, ihr habt ein in Aluminiumfolie eingewickeltes Eisenstück und einen eingewickelten Magneten. Wie könnt ihr herausfinden, was der Magnet, bzw. was das Eisenstück ist? **Achtung!** Ihr dürft nur diese beiden Gegenstände benutzen! Überlegt und notiert hier bzw. zeichnet, was ihr ausprobieren würdet.

Lasst euch jetzt die beiden Gegenstände von eurem Lehrer oder eurer Lehrerin geben.
Denkt daran, dass ihr nur die beiden Gegenstände benutzen dürft. Welches ist der Magnet?

Magnetismus 1

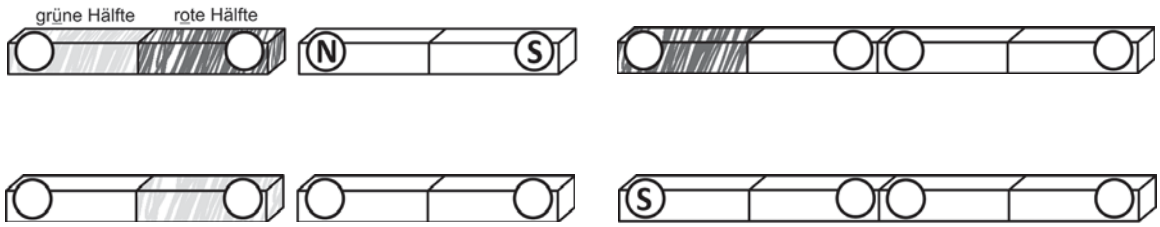
Welche Materialien werden von einem Magneten angezogen?

Ergänze in den Kästen unten.



Wie wirken Magneten aufeinander?

Ergänze die Zeichnungen und kreuze an.



Näherung gleicher Pole:

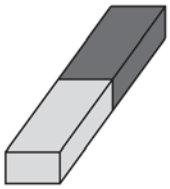
☐ Anziehung ☐ Abstoßung

Näherung ungleiche Pole:

☐ Anziehung ☐ Abstoßung

Wo ist die Wirkung besonders groß?

Kreise die Stellen ein und ordne die Benennungen zu.

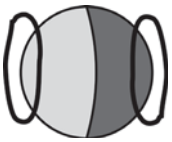


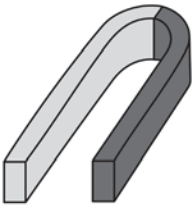
Hufeisenmagnet

Stabmagnet

Kugelmagnet

Scheibenmagnet





Wirken Magneten auch aus der Entfernung?

Was stimmt? Kreuze an:

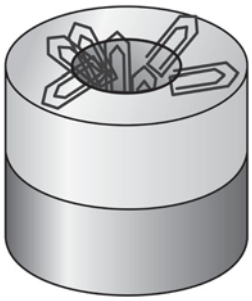
☐ Magneten und Gegenstände aus Eisen (ohne Edelstahl) ziehen sich erst an, wenn sie sich berühren.

☐ Magneten und Gegenstände aus Eisen (ohne Edelstahl) ziehen sich auch bereits an, wenn sie einander genähert werden.

Magneten im Alltag

Suche nach Magneten bei dir im Haushalt.
Die Zeichnungen geben Anregungen, wo du Magneten finden kannst.

Schreibe unten auf, wo du die Magneten gefunden hast und wofür sie verwendet werden.



Sequenz 2: Magneten wirken durch etwas hindurch

Zeitrahmen: 90 Minuten

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler …[1]	
• *geben an, dass die Größe eines Magneten keine Rückschlüsse auf die Stärke seiner Wirkung zulässt (in Anlehnung an IK 3).*	Es gibt AlNiCo-Magneten (Schulmagneten) und silberfarbene Neodym-Magneten. Das Material eines Magneten hat einen großen Einfluss auf die Stärke der Anziehung. Ein vergleichsweise kleiner Neodym-Magnet kann eine erheblich stärke Anziehung aufweisen als ein größerer AlNiCo-Magnet.
• benennen Materialien, mit denen sich die Fernwirkung von Magneten abschwächen lässt und stellen eine Verbindung zur Anziehung dieser Materialien durch einen Magneten her (IK 4).	Die Fernwirkung eines Magneten lässt sich durch das Einbringen von Materialien abschwächen, die selbst von einem Magneten angezogen werden. Die Wirkung von Magneten reicht durch Materialien hindurch, die selbst nicht von einem Magneten angezogen werden.
• nutzen den Begriff des Magnetfeldes zur Beschreibung magnetischer Wirkungen um einen Magneten herum (IK 9).	Magneten wirken in den sie umgebenden Raum hinein. Man sagt, dass um einen Magneten herum ein magnetisches Feld herrscht.
• erschließen aus Anordnungen von Eisenfeilspänen oder Magnetnadeln um einen oder mehrere Magneten herum die Bauart des Magneten bzw. die Art ihrer Wechselwirkung (Anziehung/Abstoßung) (IK 9).	Anordnungen von Eisenkrümeln um einen Magneten unterscheiden sich für verschiedene Kombinationen von Magneten. Ziehen sich zwei Stabmagneten an, so finden sich Eisenkrümel, die eine Verbindungslinie zwischen den Magneten bilden. Stoßen sich zwei Stabmagneten ab, bilden die Eisenkrümel Bögen im Zwischenraum der beiden Magneten.
Prozessbezogene Kompetenzen	**Angestrebtes Wissen**
Die Schülerinnen und Schüler …[1]	
• formulieren Fragen, die sich mit naturwissenschaftlichen Verfahren untersuchen lassen (PK 1).	Experimentelle Untersuchungen müssen zu den Fragestellungen passen bzw. auf die Fragestellungen bezogen sein.
• benennen Merkmale von Fragen, die sich mit naturwissenschaftlichen Verfahren untersuchen lassen (PK 1).	Eine naturwissenschaftliche Fragestellung erkennt man daran, dass sie mit Experimenten systematisch untersucht werden kann.
• begründen die Notwendigkeit der Variablenkontrolle (PK 4).	Eine Variable bezeichnet eine bestimmte Eigenschaft/ein bestimmtes Merkmal eines Gegenstandes.
• erkennen Fehler im Zusammenhang mit der Variablenkontrolle (PK 4).	In naturwissenschaftlichen Experimenten darf immer nur eine Variable verändert werden. Alle anderen Variablen müssen konstant gehalten werden.
• entwerfen selbstständig kontrollierte Experimente zu einfachen Fragen (PK 4).	Naturwissenschaftliche Experimente, in denen immer nur eine Variable verändert wird, nennt man fair. [Hinweis: Knüpft an die Grundschule an, wo die Idee des „fairen Versuchs“ eingeführt wird. Experimente beinhalten an sich bereits die Idee „fair“ zu sein, das Adjektiv wäre also nicht nötig, soll den Schüler/innen aber helfen, einen besonderen Fokus auf die Kontrolle von Variablen zu legen.]

[1] *kursiv:* Kompetenz/konzeptuelles Wissen wird aus der Grundschule wieder aufgegriffen; hellgrau: Kompetenz/konzeptuelles Wissen wird nicht umfassend thematisiert bzw. nicht für alle Schülerinnen und Schüler angestrebt

Prozessbezogene Kompetenzen	Angestrebtes Wissen
	Werden mehr als eine Variable verändert, kann das Ergebnis nicht mehr eindeutig einer Variablen zugewiesen werden. Variablen, die sicher keinen Einfluss auf das Ergebnis des Experiments haben, dürfen frei variiert werden.

Kurzbeschreibung der Stunde:

Mithilfe der Anordnung von Eisenfeilspänen um Stabmagneten werden die Erkenntnisse der letzten Stunde gesichert und die Bezeichnung magnetisches Feld/Magnetfeld eingeführt. Im Anschluss daran wird anhand von Versuchen demonstriert, dass hauptsächlich das Material eines Magneten die Stärke seiner Anziehung bestimmt, während die Größe eines Magneten einen vergleichsweise kleinen Einfluss besitzt. Dabei wird bereits die Wichtigkeit der systematischen Variation von Parametern betont. Es folgt die Identifizierung von geeigneten Experimentiermaterialien zur Untersuchung verschiedener Variablen bei der Abschwächung der magnetischen Wirkung durch Platten, die zwischen einen Magneten und eine schwebende Büroklammer gehalten werden. Da die umfangreiche Variation der Parameter nicht mit realem Experimentiermaterial möglich ist, ist diese Phase überwiegend durch Arbeitsblätter mit bildlichen Darstellungen der Materialien geprägt. Anschließend wird thematisiert, dass ein Experiment zur Untersuchung einer Fragestellung einerseits fair sein muss, sich andererseits durch eine geeignete Variation der Variablen auch auf die zugrundeliegende naturwissenschaftliche Fragestellung beziehen muss. In einem Schülerexperiment wird daraufhin die Idee des fairen Experiments genutzt, um zu erarbeiten, dass Magneten durch Stoffe hindurchwirken, die selbst nicht von einem Magneten angezogen werden.

Kurzübersicht über den Ablauf:

Dauer	Kurzbeschreibung	Raum für eigene Kommentare
ca. 8 min	Besprechung Hausaufgabe	
ca. 10 min	Lehrerdemonstration und Arbeitsblatt: Bilder mit Eisenfeilspänen („Eisenkrümeln“)	
ca. 10 min	Lehrerdemonstration unterschiedlich starker Anziehung Neodym und AlNiCo, Ableitung Idee der Kontrolle von Eigenschaften (Variablen)	
ca. 10 min	Naturwissenschaftliche Fragestellung: Einführung bzw. Erinnerung (Sequenz 1) im Klassengespräch und Vertiefung auf Arbeitsblatt	
ca. 30 min	Idee des fairen Experiments: Einführung in einem Arbeitsblatt, Festigung im Klassengespräch und mit weiteren Arbeitsblättern	
ca. 15 min	Schülerexperimente mit der schwebenden Büroklammer	
ca. 5 min	Zusammenfassung der Ergebnisse des Experiments (bei Zeitnot ggf. nur durch die Lehrkraft) Stellen der Hausaufgabe	

Verlaufsplanung

Zeit, Sozial-/ Arbeitsform	Lehrperson (LP) – Schülerinnen und Schüler (SuS); Tafel (TA)	Material Medien
Hausaufgaben **ca. 8 min**	LP fragt, welche Magneten zu Hause gefunden wurden und wofür sie gebraucht werden. LP achtet darauf, dass die SuS Beispiele nicht doppelt nennen – es sollte das wechselseitige Zuhören geübt werden – und hebt einige prägnante Beispiele besonders hervor.	• AB „Magneten im Alltag“ aus vorheriger Stunde
Klassengespräch und Lehrerdemonstration **ca. 5 min**	**Bilder mit Eisenfeilspänen/das magnetische Feld** LP Kurze Lehrerdemonstration und darauf bezogene Fragen, die an die letzte Stunde anknüpfen. Es wird schrittweise mithilfe von Eisenfeilspänen die Anziehung im Raum um einen Magneten thematisiert. Es wird im Sinne einer Benennung eingeführt, dass in der Umgebung (Fachbegriff *Raum*) um einen Magneten ein magnetisches Feld / Magnetfeld herrscht bzw. dass ein Magnet ein Magnetfeld erzeugt. Dieses Feld vermittelt die Wirkung an Gegenstände in der Umgebung des Magneten.	• Informationsblatt „Versuchsanleitung 1“ für LP • 2 Stabmagneten • Eisenfeilspäne • OHP • Glas- oder Plexiglasplatte • Kopierfolie (wird auf Platte gelegt, um Eisenfeilspäne leichter in die Dose zurückschütten zu können)
Einzelarbeit **ca. 5 min**	SuS bearbeiten die Zusammenfassung „Magnetismus 2“, in der mit Eisenfeilspänen hergestellte Bilder verschiedener Konfigurationen zu sehen sind. Die SuS sollen zuweisen, um welche Konfigurationen es sich handelt. LP prüft beim Herumgehen, ob die Zuweisung richtig erfolgt. Bespricht Lösung kurz und stellt Bilder erneut her, falls notwendig.	• AB M 2 Zusammenfassung „Magnetismus 2“
Klassengespräch **ca. 10 min**	**Anziehung unterschiedlicher Magneten** LP zeigt verschiedene Magneten genauer, weist auf unterschiedliche Grundfarbe (dunkelgrau bei AlNiCo und silberfarben bei Neodym) hin. Betont, dass es sich um zwei verschiedene Sorten von Magneten handelt. Notiert an Tafel (Anschrieb muss nicht abgeschrieben werden, sollte aber die ganze Stunde über stehen bleiben): TA *Silberfarbener Magnet: Neodym.* *Grauer Magnet: AlNiCo* [gesprochen A-l-Nico] *[Alternative Benennung: „Schulmagnet“.]* LP fragt, ob ein Magnet aus Neodym mehr oder weniger Massestücke halten kann als ein Magnet aus AlNiCo. SuS vermuten: *nein/ja/kein Unterschied* LP sagt, dass dies jetzt in einem Experiment geprüft wird. Hängt Einhänger an einen der Pole eines Neodym-Magneten und lässt diesen durch Schüler/in mit Massestücken beladen, bis Einhänger abfällt (s. Versuchsanleitung 2).	• Informationsblatt „Versuchsanleitung 2“ für LP • Magnetsatz 1: zylinderförmige Stabmagneten AlNiCo und Neodym, unmarkiert • Magnetsatz 2: quaderförmige Stabmagneten Ferrit und Neodym, unmarkiert • ein relativ kleiner Neodym-Magnet und ein erkennbar größerer AlNiCo-Magnet mit einer schwächeren Wirkung als der kleinere Neodym-Magnet • Einhänger mit Massestücken (min. 2 kg)

Zeit, Sozial-/ Arbeitsform	Lehrperson (LP) – Schülerinnen und Schüler (SuS); Tafel (TA)		Material Medien
		Betont, wie viele Massestücke Magnet halten kann (ggf. auch an anderem Pol wiederholen). Führt das Experiment dann am in Form und Größe identischen AlNiCo-Magneten durch. Das Experiment wird für das zweite Magnetpaar wiederholt.	
	LP	beantwortet Eingangsfrage: *Ein Neodym-Magnet hält wesentlich mehr Massestücke als ein gleicher AlNiCo-Magnet oder ein gleicher Ferrit-Magnet.* Demonstriert am Vergleich des großen AlNiCo-Magneten mit dem kleineren Neodym-Magneten, dass die Anziehung eines Neodym-Magneten auch größer sein kann als die eines (erheblich) größeren AlNiCo-Magneten [vor dem Unterricht prüfen!].	
	LP	fragt die SuS, warum bei dem Vergleich der Anziehung von AlNiCo und Neodym zunächst gleich große Magneten verwendet wurden.	
	SuS	vermuten, dass ansonsten die Größe über die Anziehung entscheidet und nicht das Material etc	
	LP	betont, dass es bei naturwissenschaftlichen Experimenten wichtig ist darauf zu achten, dass man nicht mehrere Dinge (Eigenschaften) gleichzeitig verändert und kündigt an, dass dies im Folgenden an einem anderen Experiment thematisiert werden soll.	• Informationsblatt „Versuchsanleitung 2“ für LP
		Zeigt den Versuchsaufbau „Die schwebende Büroklammer“ (s. Versuchsanleitung 2) und deutet an, wie die Platten zwischen Büroklammer und Magneten geschoben werden (nicht real durchführen!).	• Versuchsaufbau „schwebende Büroklammer“ und Platten zur Demonstration
Einzelarbeit **ca. 5 min**	SuS	bearbeiten das Arbeitsblatt 1 „Wie kann man die Wirkung eines Magneten abschwächen?“	• AB 1 „Wie kann man die Wirkung eines Magneten abschwächen?“
Klassengespräch **ca. 5 min**	**Fragestellungen und Vermutungen zur unterschiedlichen Anziehung**		
	LP	stellt Idee der naturwissenschaftlichen Fragestellung als Fragen vor, die mithilfe von Experimenten überprüft werden können bzw. erinnert an diese Idee (vgl. Sequenz 1). Lässt sich die von den SuS auf dem Arbeitsblatt notierten Fragestellungen ansagen und klärt ggf., ob diese untersuchbar sind. Schreibt einige Fragestellungen an die Tafel. Zwischen den Fragen sollte Platz gelassen werden, da dort im weiteren Unterrichtsverlauf die jeweils änderbaren Variablen eingetragen werden.	
	TA	Folgende zwei Fragen müssen mindestens an der Tafel stehen: **Hat das Material einer Platte einen Einfluss auf die Abschwächung der Anziehung?**	

Zeit, Sozial-/ Arbeitsform	Lehrperson (LP) – Schülerinnen und Schüler (SuS); Tafel (TA)	Material Medien
	Hat die Größe einer Platte einen Einfluss auf die Abschwächung der Anziehung? Es ist möglich, dass SuS z. B. als Frage angeben *Ändert sich die Anziehung bei verschiedenen Platten?* Hier könnte LP nachfragen, was mit „verschieden“ gemeint ist (Größe der Fläche, Material, Dicke) und daraufhin die Frage präzisieren.	
Partnerarbeit **ca. 10 min**	SuS bearbeiten die Arbeitsblätter 2.1 und 2.2 „Faire Experimente“.	• ABs 2.1 und 2.2 „Faire Experimente“
Klassengespräch **ca. 10 min**	**Das faire Experiment** LP fragt SuS, was sie sich unter dem Begriff „Variable“ vorstellen. SuS *Etwas, das man verändern kann.* LP fragt, was man bei einer Platte alles verändern kann, welche Variablen es also gibt. SuS nennen *Größe*, *Dicke*, *Material*, *Form* und evtl. weitere Aspekte wie *Farbe* etc. LP *Wird eine naturwissenschaftliche Fragestellung mit einem Experiment untersucht, dann darf immer nur eine Variable verändert werden. Experimente, in denen nur eine Variable geändert wird, nennen wir fair.* [**Hinweis**: Zu einem späteren Zeitpunkt kann thematisiert werden, dass der Zusatz „fair“ redundant ist, weil bereits das Wort „Experiment“ nur für Versuche genutzt werden sollte, in denen die Variablen kontrolliert werden.] Bespricht mit den SuS, welche Platten vom Arbeitsblatt 2.2 man vergleichen darf, damit ein faires Experiment durchgeführt werden kann. SuS nennen Vergleich Nr. 2 und 3 (bei Nennung weiterer Versuche muss geklärt werden, welche zwei Variablen sich ändern). LP verweist auf Fragestellungen an TA. *Welche Variable muss ich für die Fragestellung 1* (zeigt auf Fragestellung) *verändern?* Notiert die richtige Überlegung unter Fragestellung. Geht entsprechend mit den anderen Fragestellungen vor. TA [z. B.] **Die Variable Material muss verändert werden.** LP fragt, welche naturwissenschaftliche Fragestellung mit den fairen Experimenten (Nr. 2 und 3) untersucht werden können. SuS nennen naturwissenschaftliche Fragestellungen. LP betont, dass man auch bei fairen Experimenten darauf achten muss, dass sie zur naturwissenschaftlichen Frage passen.	

Zeit, Sozial-/ Arbeitsform	**Lehrperson (LP) – Schülerinnen und Schüler (SuS); Tafel (TA)**	**Material Medien**
Partnerarbeit **ca. 10 min**	SuS bearbeiten das Arbeitsblatt 3.1 „Faire Experimente“ und vergleichen ihre Ergebnisse anschließend mit dem Vergleichsblatt 1 am Pult. Schnelle Gruppen bearbeiten ggf. das Arbeitsblatt „Übung“ und vergleichen ihre Lösung am Pult.	• AB 3.1 „Faire Experimente“, • „Vergleichsblatt“ (am Pult) • Differenzierung für schnelle Gruppen: AB „Übung“ (am Pult) • Lösung zur „Übung“ verdeckt am Pult
Schülerexperiment **ca. 15 min**	**Faire Experimente zur Beantwortung der Fragestellung „Hat das Material einer Platte einen Einfluss auf die Abschwächung der Wirkung eines Magneten?“** SuS führen das auf dem Arbeitsblatt beschriebene Experiment durch und dokumentieren ihre Ergebnisse.	• AB 3.2 „Faire Experimente“ • pro Gruppe – Versuchsaufbau „die schwebende Büroklammer“ – Stabmagnet AlNiCo – Plattensatz
Klassengespräch **ca. 5 min**	LP lässt sich Beobachtungen der SuS mitteilen und fasst als Ergebnis des ersten Experiments zusammen, dass Eisen die Wirkung des Magneten abschwächt und alle anderen Platten keine abschwächende Wirkung zeigen. Fragt, welche der Platte nicht mit den anderen verglichen werden darf. SuS nennen die Holzplatte und identifizieren die Dicke der Platte als zweite veränderte Variable. LP lässt sich das Ergebnis des zweiten Experiments mitteilen und fasst zusammen, dass die Dicke der Schicht bei Papier keine Rolle spielt. Betont, dass dies bei allen nicht magnetisierbaren Stoffen so ist und eine dünnere Holzplatte das gleiche Ergebnis geliefert hätte. Erläutert, dass es nicht immer möglich ist, alle anderen Variablen unverändert zu lassen, da z. B. sehr dünnes Holz schwierig herzustellen ist. Wenn man aber durch viele Experimente sicher sein kann, dass die Dicke keine Rolle spielt, darf diese Variable auch frei verändert werden. So ist es auch dann möglich Experimente durchzuführen, wenn diese Variable verändert wird.	• Versuchsaufbau: „Die schwebende Büroklammer“ mit Stabmagnet und Plattensatz
Hausaufgabe	Zentrale Erkenntnisse der Stunde auf der Zusammenfassung „Magnetismus 3“ notieren (Kontrolle in folgender Stunde wichtig).	• AB M3 Zusammenfassung „Magnetismus 3“

Materialien

Grau unterlegte Materialien kennzeichnen Gegenstände, die sich in den Materialkisten für das Spiralcurriculum im Sekundarbereich befinden (vgl. Kapitel 6.1.2).

Benötigtes Versuchsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	2	Stabmagnet AlNiCo, rot-grün markiert
	1	Eisenfeilspäne in Streudose
	je 1	Glasscheibe oder Plexiglasscheibe, Kopier- oder Schreibfolie
	1	Magnetsatz 1: Gleich große zylinderförmige Stabmagneten AlNiCo und Neodym, unmarkiert
	1	Magnetsatz 2: Gleich große quaderförmige Stabmagneten Ferrit und Neodym, unmarkiert
	1	Einhänger mit Massestücken (min. 2 kg)
	1	Möglichst großer AlNiCo-Stabmagnet
Materialsatz pro 3er-Gruppe (für alle Gruppen notwendig)		
✓	Stückzahl	Material
	1	Versuchsaufbau „Die schwebende Büroklammer“ inkl. Stabmagnet AlNiCo, rot-grün markiert
	je 1	Platte aus: Aluminium, Kupfer, Eisen, Holz, Kunststoff

Benötigte Lehrerdokumente

✓	Stückzahl	Dokument
	1	Versuchsanleitung 1
	1	Versuchsanleitung 2
	1	Lösungsblatt „Habt ihr es herausgefunden?“ (am Pult)
	Alle SuS	Vergleichsblatt „Habt ihr es herausgefunden?“ (am Pult)
	ca. halbe Klassenstärke	Übung „Welche Eigenschaften von Magneten werden hier verwendet?“ (am Pult)

Benötigte Arbeitsblätter

✓	Stückzahl	Arbeitsblatt
	Alle SuS	AB M 2 Zusammenfassung „Magnetismus 2“
	Alle SuS	AB 1 „Wie kann man die Wirkung eines Magneten abschwächen?“
	Alle SuS	AB 2.1 und 2.2 „Faire Experimente“
	Alle SuS	AB 3.1 und 3.2 „Faire Experimente“
	Alle SuS	AB M 3 Zusammenfassung „Magnetismus 3“

Versuchsanleitung 1

Ziel der Demonstration ist die Etablierung der Idee einer Anziehung im Raum (nicht nur in der Ebene) sowie die Idee, dass zu Magneten bzw. Magnetkombinationen eindeutige Bilder gehören.
Die Demonstration sollte 5 Minuten Dauer nicht übersteigen.

1) Eisenfeilspäne

LP zeigt Eisenfeilspäne (ESF) und erklärt, dass diese aus Eisen sind und beim Feilen von Eisen anfallen. [Da der Begriff der ESF für Kinder oft sperrig ist, kann die Bezeichnung Eisenkrümel (EK) gewählt werden.]

LP fragt SuS, was mit den EK passieren müsste, wenn man diese in die Nähe eines Stabmagneten bringt. SuS: *Anziehung*

2) Magnetisches Feld eines Stabmagneten

LP legt Stabmagneten auf OH und darüber Glas-/Plexiglasscheibe mit aufgelegter Kopierfolie. Schüttelt ESF kräftig auf Scheibe. Erläutert, dass man die ESF nicht direkt auf Magneten schütten darf, da diese anschließend sehr schlecht wieder abgehen. Gemeinsames Betrachten des Bildes.
Warum bilden sich an den Enden des Magneten besonders große Haufen? (→ Rückbezug auf die Pole und dortige starke Anziehung.)

LP fokussiert auf Anordnung von ESF in Nähe des Magneten und auch auf räumliche Ausdehnung der ESF an den Polen:
Hier sieht man, dass die Anziehung auch in die Entfernung / in die Umgebung zeigt.
Magneten wirken weit in die Umgebung hinein. Man sagt, im Raum um den Magneten herrscht ein magnetisches Feld / Magnetfeld.

LP ergänzt, dass der „Raum“ hier ein fachsprachlicher Begriff ist und die Umgebung um den Magneten meint (nicht das Zimmer). LP erläutert, dass man die Wirkung nur in der Nähe des Magneten beobachten bzw. fühlen kann, diese aber sehr weit reicht, auch dann, wenn man sie nicht mehr wahrnehmen kann.

3) Magnetisches Feld sich anziehender und abstoßender Stabmagneten

LP hält zwei markierte Stabmagneten hoch. Fragt nach der Bezeichnung der Pole [Nordpol liegt auf der roten Seite, Südpol liegt auf der grünen Seite]. Ggf. Erinnerung an die Merkregel „grün-Süd“ und „rot-Nord“. Evtl. auch Erinnerung daran, dass die Hälfte des Magneten mit dem Nordpol auf den Arbeitsblättern dunkelgrau gezeichnet ist. Wiederholt Anziehung und Abstoßung ungleicher/gleicher Pole:
Was würde passieren, wenn man gleiche Pole nähert? Was passiert, wenn man unterschiedliche Pole nähert?

LP fixiert Stabmagneten mit Klebestreifen auf OH in einer Position, in der sie sich erkennbar anziehen bzw. abstoßen und fertigt Bilder an.
Worin unterscheiden sich die Anordnungen der Eisenfeilspäne? (Fokus auf Bereich in der Mitte)

Sicherung: Zusammenfassung „Magnetismus 2“

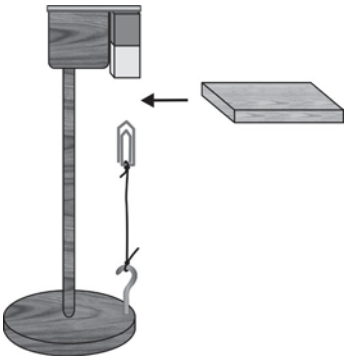
Versuchsanleitung 2

Hinweise zum Vergleich der Anziehung von AlNiCo- und Neodym-Magneten

Beim Vergleich der Anziehung der beiden Magnetpaare wird ein Einhänger mit Massestücken benutzt, wie er üblicherweise in Schulsammlungen zu finden ist (s. Abb.).
Es sollte vorher geprüft werden, welche Masse jeweils gehalten werden kann. Die Abstufung der Massestücke sollte so gewählt werden, dass Unterschiede zwischen den Magneten deutlich werden.

Es ist darauf zu achten, das Experiment über einer geeigneten Unterlage durchzuführen, um Beschädigungen durch die herunterfallenden Massestücke zu vermeiden.

Hinweise zum Versuch „Die schwebende Büroklammer“



Der Versuch „Die schwebende Büroklammer“ sollte zu Stundenbeginn mindestens einmal fertig aufgebaut auf dem Pult stehen.

Bei der Demonstration des Versuches zu Beginn der Stunde soll das Einschieben einer Platte nur angedeutet werden, um das Versuchsergebnis nicht vorwegzunehmen.

Beim Einschieben der Eisenplatte bleibt diese meist am Magneten haften. Dies lässt sich kaum vermeiden und hat keinen Einfluss auf das Versuchsergebnis. Unter Aspekten der Variablenkontrolle müssten dann alle Platten direkt an den Magneten gehalten werden, dies wird jedoch im Unterricht nicht thematisiert.

Falls von den SuS vermutet wird, dass z. B. bei Aluminium zwar eine Abschwächung erfolgt, diese aber nicht ausreicht, damit die Büroklammer herunterfällt, kann der Faden so verkürzt werden, dass auch kleinste Änderungen ein Herunterfallen bewirken würden.

Vergleichsblatt

in Klassenstärke am Pult auslegen

Übung

in ca. halber Klassenstärke am Pult auslegen

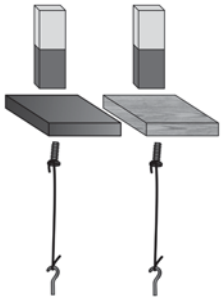
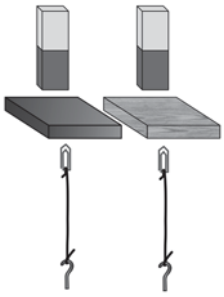
Lösungsblatt

am Pult auslegen

Habt ihr es herausgefunden?

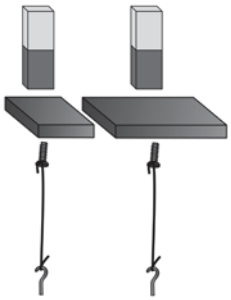
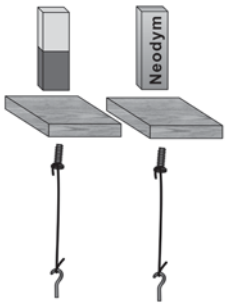
Die Experimente 1, 4, 5 und 6 sind fair.

Aber Achtung!
Wenn ihr den Einfluss des Materials einer Platte auf die Abschwächung der Wirkung eines Magneten überprüfen wollt, sind nur die Experimente 4 und 6 geeignet!
Bei diesen Experimenten wird nur das Material der Platte verändert, alles andere wird nicht verändert.
Nur so könnt ihr sicher sein, dass ausschließlich der Einfluss der Variable „Material“ untersucht wird.

 Experiment 4	 Experiment 6

Zusatzaufgabe:
Auch die Experimente 1 und 5 sind faire Experimente. Sie sind aber nicht geeignet, um zu untersuchen, ob das Material einer Platte einen Einfluss auf die Abschwächung der magnetischen Wirkung hat.

Welche andere naturwissenschaftliche Frage kann man mit den beiden Experimenten untersuchen?

 Experiment 1	Fragestellung: _____ _____ _____ _____
 Experiment 5	Fragestellung: _____ _____ _____ _____

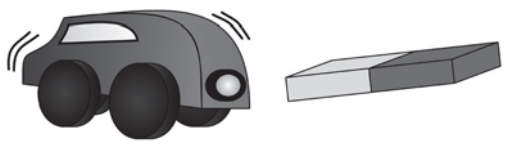
Für schnelle Gruppen:
Holt euch das Arbeitsblatt „Übung: Welche Eigenschaften von Magneten werden hier verwendet?“ ab und bearbeitet es.

Welche Eigenschaften von Magneten werden hier verwendet?

Tragt unter die Bilder die Buchstaben der Eigenschaften ein,
die in der Verwendung eine **zentrale Rolle** spielen! Bild 1 gibt euch ein Beispiel.

Eigenschaften von Magneten

F Magneten wirken auch in der Entfernung (**F**ernwirkung).
K **K**leine Magneten können stark anziehen.
M Magneten wirken durch **M**aterialien hindurch, die selbst nicht von einem Magneten angezogen werden.
P Gleiche **P**ole stoßen sich ab, ungleiche Pole ziehen sich an.



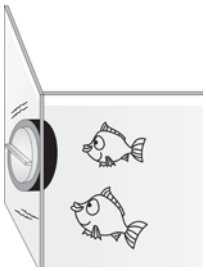
1) Ein Spielzeugauto ohne Berührung über den Tisch schieben:
F, P

2) Eine schwere Schranktür möglichst gut verschließen:
_____

3) Münzen im Sand mit einem Magneten suchen:
_____

4) Bei einer Spielzeugeisenbahn zwei Waggons richtig herum aneinanderhängen: _____

5) Sehr viele Blatt Papier an einer Magnettafel befestigen:
_____



6) Ohne nasse Hände die Scheibe von einem Aquarium reinigen:
_____

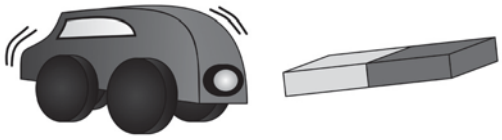
Vergleicht eure Ergebnisse mit dem Lösungsblatt am Pult.

Welche Eigenschaften von Magneten werden hier verwendet?

Tragt unter die Bilder die Buchstaben der Eigenschaften ein,
die in der Verwendung eine **zentrale Rolle** spielen! Bild 1 gibt euch ein Beispiel.

Eigenschaften von Magneten

Ⓕ Magneten wirken auch in der Entfernung (**F**ernwirkung).
Ⓚ **K**leine Magneten können stark anziehen.
Ⓜ Magneten wirken durch **M**aterialien hindurch, die selbst nicht von einem Magneten angezogen werden.
Ⓟ Gleiche **P**ole stoßen sich ab, ungleiche Pole ziehen sich an.



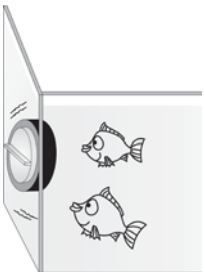
1) Ein Spielzeugauto ohne Berührung über den Tisch schieben:
F, P

2) Eine schwere Schranktür möglichst gut verschließen:
K

3) Münzen im Sand mit einem Magneten suchen:
M, F

4) Bei einer Spielzeugeisenbahn zwei Waggons richtig herum aneinanderhängen: **P, K**

5) Sehr viele Blatt Papier an einer Magnettafel befestigen:
M, F



6) Ohne nasse Hände die Scheibe von einem Aquarium reinigen:
M, F,P

Arbeitsblätter für die Schülerinnen und Schüler

Magnetismus 2

Was zeigen die Anordnungen der Eisenkrümel?

Ergänze die folgenden Zusammenhänge richtig.
Du kannst die bereits eingesetzten Satzteile durchstreichen.

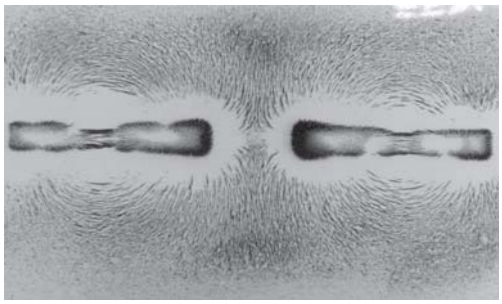
einen Stabmagneten
sich anziehende Stabmagneten
sich abstoßende Stabmagneten

1) Dieses Bild entsteht durch

_____

_____

_____

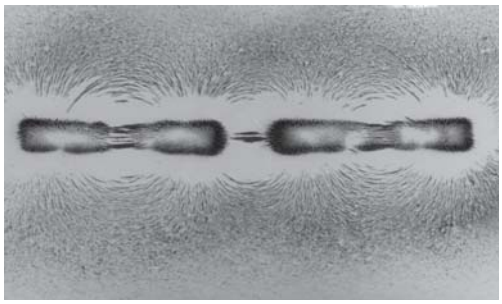


2) Dieses Bild entsteht durch

_____

_____

_____

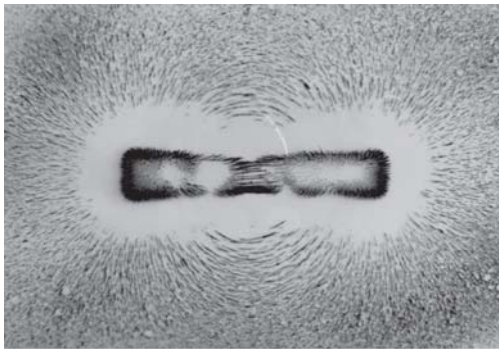


3) Dieses Bild entsteht durch

_____

_____

_____

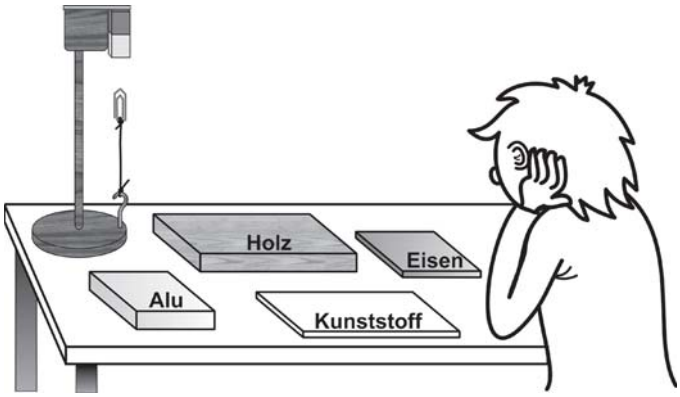


Merke: Magneten wirken weit in ihre Umgebung hinein.
Man sagt, im Raum um den Magneten herrscht ein **magnetisches Feld**.

Woran erkennst du, dass ein Magnet in die Umgebung hinein wirkt?
Erkläre deine Idee deinem Nachbarn an einem der hier gezeigten Bilder.

Wie kann man die Wirkung eines Magneten abschwächen?

Fridolin möchte eine Platte zwischen Magnet und Büroklammer halten. Die Platte soll die Wirkung des Magneten so weit abschwächen, dass die schwebende Büroklammer herunterfällt.
Was vermutet ihr: Welche Platte sollte er auswählen? Kreist diese Platte ein.



Begründet, warum ihr die eingekreiste Platte ausgewählt habt.

Wir haben diese Platte ausgewählt, weil

Fridolin stellt sich die Frage: „Wie muss eine Platte beschaffen sein, damit man die Wirkung eines Magneten am besten abschwächen kann?“

Notiert unten mindestens zwei weitere naturwissenschaftliche Fragen zur Abschwächung der magnetischen Anziehung durch verschiedene Platten.
Die Satzstücke können euch dabei helfen:

… Platte …	… Material …	Ändert sich …	… Größe …
Hängt …	… Dicke …		… Anziehung …
		Welchen Einfluss …	
… Wirkung des Magneten …			
		… Abschwächung …	

Frage 1:

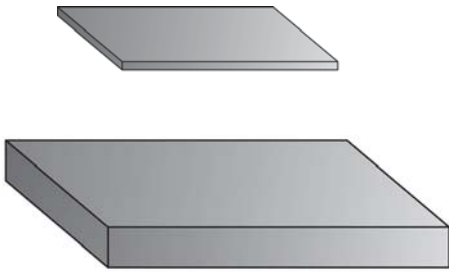
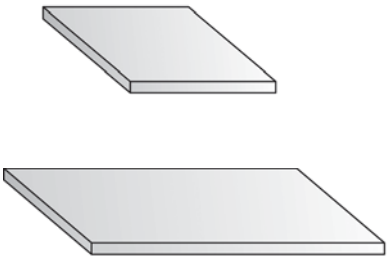
Frage 2:

Faire Experimente zu der Frage:

Wie muss eine Platte beschaffen sein, damit sie die Wirkung eines Magneten am besten abschwächen kann?

Fridolin vermutet, dass eine größere Platte die magnetische Wirkung besser abschwächt als eine kleine Platte. Er und seine Mitschülerin Susanne haben sich Platten herausgesucht, um diese Vermutung zu überprüfen.

Versucht zu verstehen, warum Fridolins Auswahl nicht fair und Susannes Auswahl fair ist:

Fridolin will diese beiden Platten miteinander vergleichen: 	Susanne will diese beiden Platten miteinander vergleichen: 
Fridolins Auswahl ist **nicht fair**, weil sich die Platten in **mehr als einer** Eigenschaft (Variablen) unterscheiden. 1) In der Größe **und** 2) in der Dicke.	Susannes Auswahl ist **fair**, weil sich die Platten nur in **einer** Eigenschaft (Variablen) unterscheiden. 1) In der Größe.

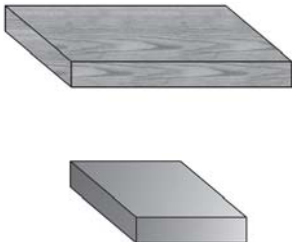
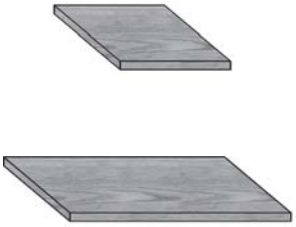
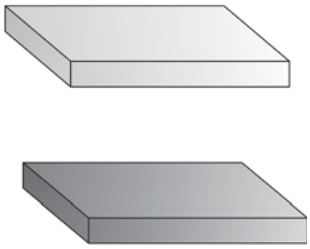
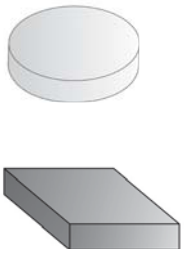
Eigenschaften, die man in einem Experiment verändern kann, nennt man **Variablen**.
Die Dicke einer Platte oder ihre Größe sind Beispiele für Variablen.
Nennt zwei weitere Variablen, die bei Platten verändert werden können.

_____

_____

Aufgabe:

Kreuzt für jede Variable (zum Beispiel Material) an, ob sie bei den Platten gleich oder unterschiedlich ist. Überlegt dann, ob der Vergleich der Platten fair ist oder nicht und begründet eure Entscheidung.

Vergleich 1 	**Material** ☐ gleich ☐ unterschiedlich **Dicke** ☐ gleich ☐ unterschiedlich **Größe** ☐ gleich ☐ unterschiedlich **Form (rund, eckig)** ☐ gleich ☐ unterschiedlich	**Der Vergleich ist** ☐ fair ☐ nicht fair, weil sich mehr als eine Variable unterscheidet.
Vergleich 2 	**Material** ☐ gleich ☐ unterschiedlich **Dicke** ☐ gleich ☐ unterschiedlich **Größe** ☐ gleich ☐ unterschiedlich **Form (rund, eckig)** ☐ gleich ☐ unterschiedlich	**Der Vergleich ist** ☐ fair ☐ nicht fair, weil
Vergleich 3 	**Material** ☐ gleich ☐ unterschiedlich **Dicke** ☐ gleich ☐ unterschiedlich **Größe** ☐ gleich ☐ unterschiedlich **Form (rund, eckig)** ☐ gleich ☐ unterschiedlich	**Der Vergleich ist** ☐ fair ☐ nicht fair, weil
Vergleich 4 	**Material** ☐ gleich ☐ unterschiedlich **Dicke** ☐ gleich ☐ unterschiedlich **Größe** ☐ gleich ☐ unterschiedlich **Form (rund, eckig)** ☐ gleich ☐ unterschiedlich	**Der Vergleich ist** ☐ fair ☐ nicht fair, weil

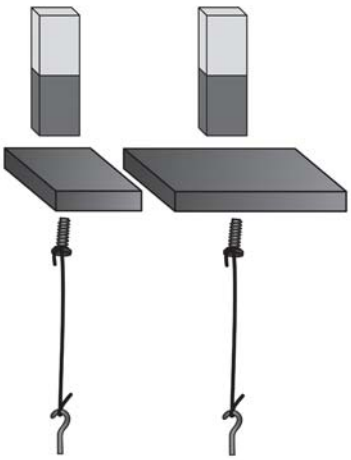
Für schnelle Gruppen:
Überlegt euch für jeden **fairen** Vergleich eine naturwissenschaftliche Fragestellung, die mit dem Plattenpaar untersucht werden kann.

Faire Experimente

Merke: Wird eine naturwissenschaftliche Fragestellung mit einem Experiment untersucht, darf immer nur eine Variable verändert werden.

Hat das Material einer Platte einen Einfluss auf die Abschwächung der Wirkung des Magneten?

a) Kreist bei jedem Experiment ein, welche Variablen geändert werden.
b) Entscheidet, bei jedem Experiment, ob es fair ist oder nicht.
c) Entscheidet dann, ob das Experiment zur Untersuchung der Fragestellung geeignet ist.

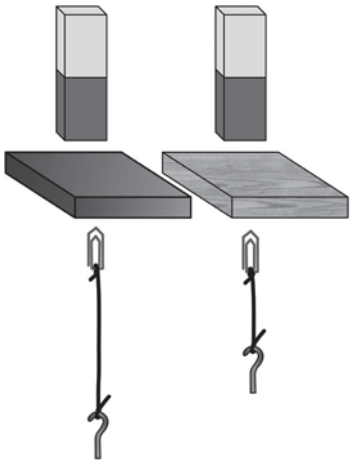


1)

☐ fair ☐ nicht fair

☐ Experiment ist geeignet.

☐ Experiment ist nicht geeignet.

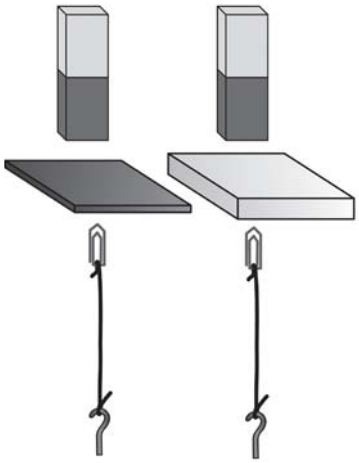


2)

☐ fair ☐ nicht fair

☐ Experiment ist geeignet.

☐ Experiment ist nicht geeignet.

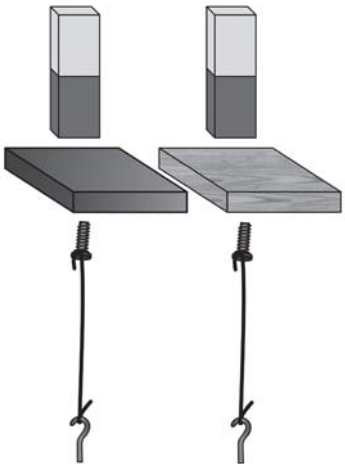


3)

☐ fair ☐ nicht fair

☐ Experiment ist geeignet.

☐ Experiment ist nicht geeignet.

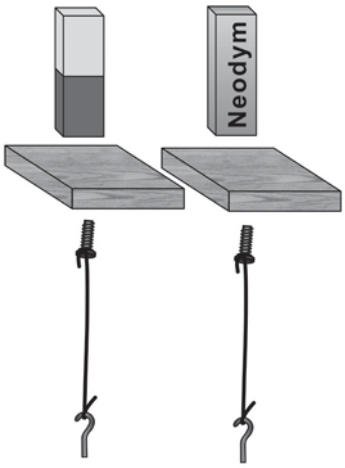


4)

☐ fair ☐ nicht fair

☐ Experiment ist geeignet.

☐ Experiment ist nicht geeignet.

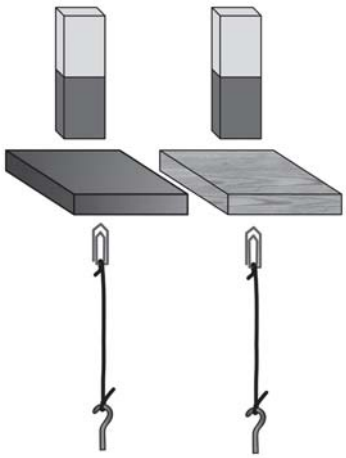


5)

☐ fair ☐ nicht fair

☐ Experiment ist geeignet.

☐ Experiment ist nicht geeignet.



6)

☐ fair ☐ nicht fair

☐ Experiment ist geeignet.

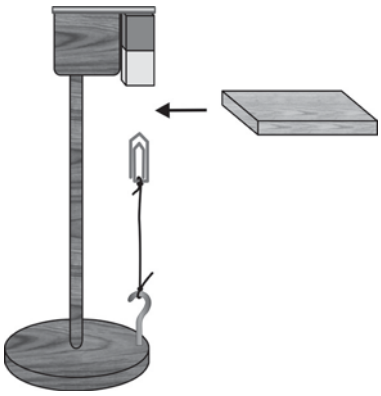
☐ Experiment ist nicht geeignet.

Holt euch das Vergleichsblatt „Habt ihr es herausgefunden?“ und überprüft eure Ergebnisse.

Durchführung geeigneter Experimente und Protokollierung der Beobachtung

Ihr werdet gleich selbst ein Experiment durchführen. Ihr sollt dabei überprüfen, **ob das Material einer Platte einen Einfluss auf die Abschwächung der Anziehung eines Magneten hat.**

Überlegt vorher gemeinsam:
Welche Variable muss bei diesem Experiment geändert werden und welche Variablen dürfen nicht verändert werden? Kreuzt jeweils an.



Material des Magneten	☐ muss verändert werden ☐ darf nicht verändert werden
Länge des Fadens	☐ muss verändert werden ☐ darf nicht verändert werden
Material der Platte	☐ muss verändert werden ☐ darf nicht verändert werden
Größe der Platte	☐ muss verändert werden ☐ darf nicht verändert werden
Material der Büroklammer	☐ muss verändert werden ☐ darf nicht verändert werden

Holt euch den Versuchsaufbau und die Platten. Probiert aus, bei welchem Material die Wirkung des Magneten abgeschwächt wird. Notiert eure Beobachtung.

_____

_____

Welche Platte darf nicht mit den anderen verglichen werden und warum nicht?

_____

_____

Was vermutet ihr: Würde sich etwas am Ergebnis des Experiments ändern, wenn die Platten eine andere Dicke hätten? Kreuzt an.

☐ Ja ☐ Nein

Probiert für Papier aus, ob sich die Abschwächung mit der Dicke (Anzahl der Blätter) ändert, die ihr zwischen Magnet und Klammer haltet.
Nutzt dazu vorsichtig ein Buch oder Heft. Notiert eure Beobachtung:

_____

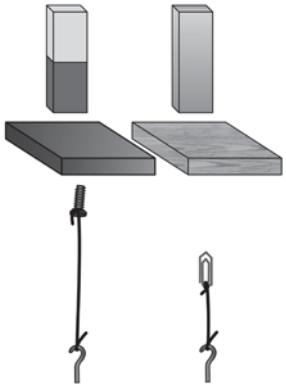
_____

Magnetismus 3

Unterschiedliche Abschwächung: Welches Experiment ist fair?

Das abgebildete Experiment ist **nicht** geeignet, um unterschiedlich starke Abschwächung durch Platten aus verschiedenen Materialien zu untersuchen. Kreise ein, wo Variablen verändert werden.

Ändere mit einem farbigen Stift die Zeichnung so, dass das Experiment fair ist. Ergänze dann den Satz rechts.



Wird eine naturwissenschaftliche Fragestellung mit einem Experiment untersucht, dann darf

_____

Variable verändert werden.

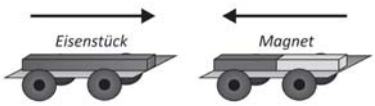
Was beeinflusst die Stärke der Anziehung eines Magneten?

Kreuze die Aussagen an, die ganz sicher zutreffen.

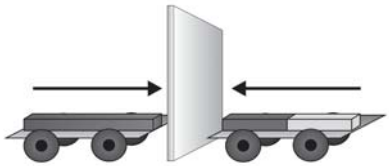
- ☐ Die Stärke der Anziehung ist nur von der Größe eines Magneten abhängig.
- ☐ Die Stärke der Anziehung ist nur davon abhängig, welche Form er besitzt.
- ☐ Die Stärke der Anziehung ist davon abhängig, aus welchem Material ein Magnet besteht.

Wie lässt sich die Wirkung eines Magneten abschwächen?

Ergänze in den Lücken.



Die Wagen stehen so dicht beieinander, dass sich das Eisenstück und der Magnet aufeinander zu bewegen.



Die Wagen bewegen sich trotz der Platte zwischen ihnen aufeinander zu.
Die Platte muss z. B. aus _____ gemacht sein.

Die Wagen bewegen sich **nicht** aufeinander zu.

Die Platte muss z. B. aus _____ gemacht sein.

Sequenz 3: Die Ausrichtung von Magneten

Zeitrahmen: 90 Minuten

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler …[1]	
• *beschreiben, dass sich drehbar gelagerte Magneten immer in gleicher Weise (geografische Nord-Süd-Richtung) ausrichten (IK 7).*	Drehbar gelagerte Magneten richten sich in eine bestimmte Richtung aus, auch dann, wenn kein Eisen und kein Magnet in der Nähe sind. Der Nordpol eines drehbar gelagerten Magneten zeigt in Richtung der Himmelsrichtung Norden (in Richtung der Arktis/des als Nordpol bezeichneten geografischen Pols der Erde), wenn sich kein anderer hinreichend starker Magnet in der Nähe befindet.
• schließen aus der Ausrichtung von frei drehbar gelagerten Magneten, dass sich die Erde selbst wie ein Magnet verhält und ihr magnetische Pole zugewiesen werden können (IK 7).	Die Erde verhält sich selbst wie ein Magnet (sonst würde sich ein drehbar gelagerter Magnet nicht in immer der gleichen Weise ausrichten).
• unterscheiden zwischen den magnetischen und geografischen Polen der Erde (IK 7). • begründen aus der historischen Entwicklung heraus, warum der in Richtung der geografischen Nordhälfte der Erde zeigende Pol des Magneten als Nordpol bezeichnet wird (IK 7).	Geografische und magnetische Pole dürfen nicht verwechselt werden: Auf der Nordhalbkugel der Erde liegt der geografische Nordpol und der magnetische Südpol (sonst würde nicht der Nordpol einer Magnetnadel in Richtung des geografischen Nordpols angezogen werden). Auf der Südhalbkugel ist es anders herum.
• *geben an, dass Kompassnadeln selbst Magneten sind, bei denen die Hälfte, auf der der Nordpol liegt, besonders hervorgehoben ist (in Anlehnung an IK 8).*	Ein [klassischer] Kompass besteht oft aus einer Magnetnadel und einer Rose, auf der die Himmelsrichtungen notiert sind. Die Hälfte der Magnetnadel, an deren Spitze der Nordpol liegt, ist durch eine Markierung hervorgehoben.
• *beschreiben einen Kompass als Gerät, das die Orientierung im Raum unterstützt (in Anlehnung an IK 8).*	Ein Kompass wird zur Orientierung im Raum genutzt. Die Magnetnadel richtet sich wie ein frei drehbar gelagerter Magnet nach Norden aus. Die Ausrichtung von Magneten/Magnetsteinen nach Norden wurde lange Zeit als Navigationshilfe benutzt. Es ist auch möglich, nach den Sternen bzw. dem Stand der Sonne zu navigieren.
• führen die Missweisung (Deklination) von Kompassnadeln auf die unterschiedliche Lage der geografischen und magnetischen Pole zurück (IK 8).	Der geografische und magnetische Pol einer Halbkugel liegen nicht genau an derselben Stelle. Unter anderem deshalb zeigt eine Magnetnadel nicht genau zum geografischen Pol. Als Missweisung (Deklination) bezeichnet man die Abweichung zwischen tatsächlicher Nordrichtung (definiert über den geografischen Nordpol) und der magnetischen Nordrichtung.

[1] *kursiv*: Kompetenz/konzeptuelles Wissen wird aus der Grundschule wieder aufgegriffen; hellgrau: Kompetenz/konzeptuelles Wissen wird nicht umfassend thematisiert bzw. nicht für alle Schülerinnen und Schüler angestrebt

Prozessbezogene Kompetenzen	Angestrebtes Wissen
Die Schülerinnen und Schüler … • beschreiben Prozesse der Veränderungen bzw. Erweiterungen in der Entwicklung naturwissenschaftlichen Wissens (MK 3).	Die Entwicklung von Erkenntnissen zum Magnetismus umspannt einen sehr langen Zeitraum (mehrere Jahrhunderte). [Exemplarisches Beispiel zur Kompetenz]

Kurzbeschreibung der Stunde:

Die Stunde beginnt mit Versuchen, die die stets gleiche Ausrichtung von drehbar gelagerten Magneten (in Nord-Süd-Richtung) zeigen. Es wird in diesem Zusammenhang der Kompass eingeführt und auch dort beobachtet, dass sich eine Ausrichtung der Kompassnadel analog zu denen der Magneten zeigt. Dies wird als erster Hinweis gedeutet, dass es sich bei der Kompassnadel um einen Magneten handelt. Die Ausrichtung der Nadel wird mithilfe eines Globusses als Indikator für die Himmelsrichtung Norden gedeutet. In einem zweiten Schritt wird eine Verbindung zwischen der Ausrichtung und dem dafür notwendigen Vorhandensein eines magnetischen Pols hergestellt und systematisch zwischen geografischen und magnetischen Polen unterschieden. Die historische Begründung der scheinbar widersprüchlichen Polbenennung wird an einer Zeitleiste erarbeitet. Ein Exkurs zur Deklination schließt die Stunde ab.

Organisatorische Hinweise:

In vielen Klassenzimmern lässt sich keine eindeutige Ausrichtung frei drehbar gelagerter Magneten aufgrund vielfältiger Störungen beobachten. Entsprechende Versuche müssen vorher getestet und ggf. ins Freie verlagert werden. Es ist zudem leicht möglich, die Magnetnadeln des Kompasses mit den in der Schule genutzten Magneten „umzupolen“. Hier muss vor dem Unterricht die richtige Polung geprüft und ggf. durch Überstreichen mit einem starken Magneten wieder hergestellt werden.

Kurzübersicht über den Ablauf:

Dauer	Kurzbeschreibung	Raum für eigene Kommentare
ca. 5 min	Besprechung der Hausaufgabe	
max. 20 min	Demonstration der Ausrichtung schwimmend gelagerter Magneten Schülerversuche zur Ausrichtung einer Kompassnadel	
ca. 20 min	Schülerversuche und Lehrerinformation zur Ausrichtung von Kompassnadeln und Magneten in Richtung der Himmelsrichtungen	
ca. 15 min	Schülerversuche und Lehrerinformation zur Ausrichtung von Kompassnadeln und Magneten aufgrund der magnetischen Pole der Erde	
ca. 15 min	Lehrerinformation und Gruppenarbeit zur historischen Entwicklung zum Magnetismus	
ca. 7 min	Lehrerinformation zur Deklination	
ca. 3 min	Bearbeitung der Zusammenfassung „Magnetismus 4“	
ca. 5 min (Puffer)	Knobelaufgabe zur Lage des magnetischen Pols	
ca. 2 min	Stellen der Hausaufgabe	

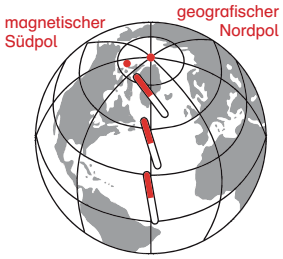
Verlaufsplanung

Zeit, Sozial-/ Arbeitsform	Lehrperson (LP) – Schülerinnen und Schüler (SuS); Tafel (TA)	Material und Medien
ca. 5 min	Besprechung der Hausaufgabe (z. B. zunächst als Partnervergleich und dann ggf. im Abgleich mit von LP vorgestellter Musterlösung. LP sollte Fragen diskutieren, wenn diese mehrheitlich falsch beantwortet wurden.)	• AB Zusammenfassung „Magnetismus 3“
Lehrerdemonstration **max. 10 min**	**Drehbar gelagerte Magneten richten sich in stets gleicher Weise aus** [**Achtung!** Die folgenden Versuche müssen an Orten durchgeführt werden, an denen sich drehbar gelagerte Magneten in Nord-Süd-Richtung ausrichten. Ggf. ist dies nur auf dem Schulhof o. Ä. möglich!] LP legt markierten Stabmagneten auf Styroporscheibe bzw. in Plastikschüssel in eine mit Wasser gefüllte Wanne. Wartet mit SuS, bis sich Magnet ausrichtet. Schubst Magnet leicht an und wartet erneut Ausrichtung ab. Legt Magnet auf ein Handtuch neben Wanne in gleicher Ausrichtung wie zuvor. Thematisiert dieses Vorgehen. Legt weiteren markierten Magneten (anderer Größe) auf die Unterlage und wartet, bis sich dieser ausgerichtet hat. Sobald sich der Magnet in der Wanne nicht mehr bewegt, wird auch dieser entsprechend seiner Ausrichtung in der Wanne auf das Tuch in einem gewissen Abstand zum ersten Magneten gelegt. (Die Bedeutung des Abstandes der Magneten zueinander kann gemeinsam mit den SuS thematisiert werden: *Was würde passieren, wenn die Magneten zu dicht nebeneinander liegen?*) Versuch wird mit einem weiteren Magneten an einer anderen Stelle im Raum wiederholt. Magnet wird schwimmen gelassen (nicht auf Handtuch gelegt). [Idealerweise stehen drei Wannen zur Verfügung, die an unterschiedlichen Stellen stehen. Die Magneten bleiben in den Wannen.] LP fordert SuS auf, die relative Lage der Magneten zueinander zu vergleichen. Ggf. sollen sich drei SuS in der Ausrichtung der Magneten mit ausgebreiteten Armen hinstellen, damit deutlich wird, dass **alle drei Magneten in gleicher Richtung liegen und in allen drei Fällen der Nordpol in die gleiche Richtung zeigt.** Die Magneten verbleiben für den weiteren Verlauf der Stunde an ihren Orten in der fixierten Ausrichtung (in Wanne bzw. auf Handtuch).	• Wanne(n) mit Wasser • kreisförmige Platte aus Styropor oder Plastikschüssel (Durchmesser etwas größer als größter Stabmagnet) • 3 farbig markierte Stabmagneten in unterschiedlicher Form/ Größe • ggf. Handtuch zum Ablegen der Magneten, damit diese sich nicht drehen oder verrutschen können (wenn nur eine Wanne genutzt wird)

Zeit, Sozial-/ Arbeitsform	**Lehrperson (LP) – Schülerinnen und Schüler (SuS); Tafel (TA)**	**Material und Medien**
Gruppenarbeit **max. 10 min**	**Die Nadeln eines Kompasses richten sich wie drehbar gelagerte Magneten aus** Die SuS erhalten einen Kompass und die Arbeitsblätter 1.1 und 1.2 „Der Kompass“, mit dem sie die Ausrichtung der Magnetnadel eines Kompasses untersuchen sollen. Es ist dazu notwendig, dass die SuS mit Kreide Markierungen auf dem Fußboden (ggf. Schulhof) anfertigen. SuS bearbeiten die Arbeitsblätter 1.1 und 1.2.	• ABs 1.1 und 1.2 „Der Kompass“ • pro Gruppe – Kompass – Kreide (das Anzeichnen von Markierungen auf dem Fußboden sollte möglich sein)
Gruppenarbeit und Klassengespräch **ca. 20 min**	**Geografische Pole und die Ausrichtung von Magneten** [Falls bisher im Freien gearbeitet wurde, kann jetzt ins Klassenzimmer zurückgekehrt werden.] LP fasst zunächst mit SuS zusammen, dass sich frei drehbare Magneten in gleicher Weise ausrichten. Stellt mit SuS die Vermutung auf, dass die Nadel eines Kompasses auch ein (kleiner) Magnet ist (weil sie sich wie ein Magnet ausrichtet). Die SuS sollen diese Vermutung mithilfe der Versuche auf dem Arbeitsblatt 2.1 „Die Nadel eines Kompasses“ überprüfen. LP informiert die SuS, dass sie nach Bedarf Versuchsmaterial bekommen können. Teilt nach Anforderung Schrauben, Magneten aus. Kompasse könnnen von anderen Gruppen ausgeliehen werden. **Achtung:** Magneten nur mit dem Versuchshinweis zu Arbeitsblatt 2 austeilen, damit die Kompasse nicht umgepolt werden. Falls die SuS rückfragen, warum auf den Abstand geachtet werden soll, kann (zunächst) mitgeteilt werden, dass die verwendeten Magneten die Funktion eines Kompasses beeinträchtigen. SuS bearbeiten das Arbeitsblatt 2.1 und ggf. auch 2.2 für schnelle SuS. LP betont, dass die Nadel eines Kompasses auch ein Magnet ist. Sie wird deshalb als Magnetnadel bezeichnet. Sie ist ein sehr schwacher Magnet (Rückbezug auf Sequenz 2 möglich). Ggf. kann LP jetzt darauf verweisen, dass die Näherung zweier ungleich starker Magneten dazu führen kann, dass der schwache Magnet die Lage seiner magnetischen Pole verändert. Ein Kompass würde dann nicht mehr richtig funktionieren. Deshalb soll zwischen Magnet und Magnetnadel eine Fingerlänge Abstand gelassen werden.	• ABs 2.1 und 2.2 „Die Nadel eines Kompasses“ • Globus bzw. OH-Folie 1.1 „Lage der Pole“ • ergänzend nach Bedarf: – Schrauben – Stabmagneten AlNiCo – Versuchshinweis

Zeit, Sozial-/ Arbeitsform	Lehrperson (LP) – Schülerinnen und Schüler (SuS); Tafel (TA)	Material und Medien
	LP zeigt auf Globus, wo sich die SuS ungefähr befinden. Zeigt mithilfe von Stabmagnet (Magnet an Globus halten), wie sich Magneten ausrichten. (Thematisiert ggf., dass die Ausrichtung durch Eisen gestört werden kann – das können die SuS z. B. an Tischbeinen aus Eisen mit Magnetnadel ausprobieren. Diese Störung kann als Erklärung genutzt werden, warum die Ausrichtung nur draußen gut zu beobachten ist, da dort kein Eisen in der Nähe ist.) Thematisiert die Himmelsrichtungen: Der Nordpol eines Magneten zeigt in Richtung der Himmelsrichtung Norden. Fragt nach weiteren Himmelsrichtungen und zeigt diese vom Standpunkt der SuS aus sowohl auf dem Globus als auch im Klassenzimmer. Fordert die SuS auf zu überlegen, was sie tun müssten, um mithilfe des Kompasses die Himmelsrichtung Norden zu finden. SuS *Warten, bis sich Nadel nicht mehr bewegt. Markierte Spitze zeigt in Richtung der Himmelsrichtung Norden.* [Achtung! LP muss aufpassen, dass sich die SuS nicht an der Rose orientieren.] LP fasst zusammen (wird später als Lückentext auf Arbeitsblatt 3.1 ergänzt): *Magnetnadeln und frei drehbare Magneten richten sich alle gleich aus. Der Nordpol der Magnetnadel und der Magneten zeigt in die Himmelsrichtung Norden. Der Südpol der Magnetnadel und der Magneten zeigt demzufolge in die Himmelsrichtung Süden.* [Hinweis: Es ist möglich, dass die SuS davon ausgehen, dass Norden immer „oben“ ist. Hier könnte LP die Karte drehen und darauf verweisen, dass die Nordhälfte der Erde immer noch in Richtung Nord liegt, diese jetzt aber z. B. „links“ angeordnet ist.]	
Gruppenarbeit und Lehrerinformation **ca. 15 min**	**Geografische und magnetische Pole** LP stellt die Frage, warum sich alle Magnetnadeln (und frei drehbaren Magneten) in gleicher Weise ausrichten (wenn kein anderer Magnet oder Eisen in der Nähe ist). Dies soll auf den folgenden Arbeitsblättern genauer betrachtet werden. SuS bearbeiten Arbeitsblätter 3.1 und 3.2. LP geht herum und prüft, ob die Blätter richtig bearbeitet werden. Nur, wenn es mehrheitlich Probleme gibt, werden die Arbeitsblätter explizit in die folgende Erläuterung eingebunden, sonst hilft LP nur direkt am Platz der SuS.	• ABs 3.1 und 3.2 „Geografische und magnetische Pole“ • OH-Folie 1.1 „Lage der Pole“

Zeit, Sozial-/ Arbeitsform	Lehrperson (LP) – Schülerinnen und Schüler (SuS); Tafel (TA)	Material und Medien
	LP beendet Arbeitsphase. Erläutert: *Die Erde selbst verhält sich wie ein großer Magnet mit einem magnetischen Südpol und einem magnetischen Nordpol. Magnetnadeln eines Kompasses und Magneten, die sich frei drehen können, richten sich nach den magnetischen Polen [dem magnetischen Feld] der Erde aus. Wie kann aber der magnetische Nordpol nach Norden zeigen, wo sich doch Nord und Nord abstoßen?* (Zeigt an Globus noch einmal den geografischen Nordpol und hält Magneten gemäß Ausrichtung an Globus). Erklärt, dass die historische Benennung der Pole dabei eine Rolle spielt. Um die Benennungen verstehen zu können, wird nun die Geschichte der Entdeckung des Magnetismus und des Kompass behandelt.	
Lehrerinformation und Gruppenarbeit **ca. 15 min**	**Entdeckungen zum Magnetismus – ein historischer Überblick** LP thematisiert an Folie mit Europa die Wichtigkeit der Himmelsrichtungen zur Navigation: Will man z. B. von München aus an die Nordsee fahren, dann muss man immer in Richtung der Himmelsrichtung Norden fahren [genauer wäre Richtung Ostsee, das soll aber vermieden werden, um die SuS nicht zu verwirren]. Mit einem Kompass wüsste man also, wie zu fahren ist. Vom Standort Deutschland aus liegen Dänemark, Schweden und Norwegen in Richtung Norden. Österreich und Italien in Richtung Süden (also genau entgegengesetzt zur nördlichen Richtung). Die Navigation nach den Himmelsrichtungen kennt man bereits seit ca. 800 Jahren. Die SuS sollen nun mithilfe einer Zeitleiste herausfinden, wie sich das Wissen über Magneten und ihre Nutzung für die Navigation mit der Zeit entwickelt hat und wie man den scheinbaren Widerspruch in den Polbenennungen historisch begründen kann.	• OH-Folie „Orientierung Europa“
	SuS bearbeiten Arbeitsblätter 4.1 und 4.2.	• ABs 4.1 und 4.2 „Die Geschichte des Magnetismus“
	LP fasst die historische Benennung der Pole noch einmal zusammen: *Der geografische Nordpol wurde benannt, bevor man die Eigenschaften von Magneten genau kannte. Es wurde die Seite eines Magneten markiert, die in Richtung des geografischen Nordpols zeigt. Sie wurde deshalb als Nordpol bezeichnet.* (Legt OH-Folie 1.1 auf und legt Magnetnadel aus unterem Bereich der Folie entsprechend auf das Bild.) *Erst später war man sich darüber klar, dass sich auch die Erde wie ein Magnet verhält und deshalb die als Nordpol bezeichnete Seite einer Magnetnadel von einem magnetischen Südpol angezogen werden musste.*	

Zeit, Sozial-/ Arbeitsform	Lehrperson (LP) – Schülerinnen und Schüler (SuS); Tafel (TA)	Material und Medien
	(LP zeigt auf Erdkugel, wo der Südpol ungefähr liegen muss.) *Die Bezeichnung „Nordpol" für den geografischen Nord*pol war da aber schon vielen Leuten gut bekannt. Man hat deshalb auf die Umbenennung der Pole verzichtet. Um besser unterscheiden zu können, wovon man spricht, hat der Nordpol, so wie er auf dem Globus und auf Karten zu finden ist, den Beinamen „geografischer" Nordpol bekommen. In der Nähe dieses geografischen Nordpols liegt der „magnetische" Südpol.	
Klassengespräch **ca. 7 min**	**Vertiefung zur Missweisung (Deklination)**  LP legt auf Folie 1.1 die ausgeschnittenen symbolischen Magnetnadeln wie abgebildet hin. Erläutert, dass alle drei Nadeln sich so ausrichten würden. Fragt, ob die Nadeln genau auf den geografischen Nordpol zeigen. SuS geben an, dass die Nadeln falsch aufliegen, sie zeigen daneben. LP erläutert, dass das kein Fehler ist, sondern die magnetischen Pole nicht genau auf den geografischen Polen liegen. Legt OH-Folie 1.2 auf. Beschreibt die sich unter anderem daraus ergebenden Abweichungen, wenn man zum geografischen Nordpol navigieren will. Diese Abweichung wird Missweisung oder Deklination genannt. (Ggf. ergänzt LP, dass sich die Lage der magnetischen Pole im Laufe mehrerer hundert Jahre ändern kann. Die Änderung erfolgt so langsam, dass die SuS das nicht merken.)	• OH-Folien 1.1 und 1.2 „Lage der Pole" • 3 symbolisierte Magnetnadeln aus Folie 1.1
Gruppenarbeit **ca. 3 min**	SuS bearbeiten Zusammenfassung „Magnetismus 4". (Hinweis: Dieses Arbeitsblatt kann bei Zeitnot statt Arbeitsblatt „Fehlersuche" als Hausaufgabe gegeben werden.) LP geht herum und hilft falls notwendig. Legt Lösungsfolie zur Selbstkontrolle auf.	• AB M 4 Zusammenfassung „Magnetismus 4" • OH-Folie mit ausgefüllter Zusammenfassung „Magnetismus 4"

Zeit, Sozial-/ Arbeitsform	**Lehrperson (LP) – Schülerinnen und Schüler (SuS); Tafel (TA)**	**Material und Medien**
Puffer **ca. 5 min**	Bearbeitung der Knobelaufgabe „Ihr als Polforscher“ durch die SuS. Hilfe für die Knobelaufgabe wird ausgelegt.	• AB „Knobelaufgabe“
ca. 2 min	Hausaufgaben: Arbeitsblatt „Fehlersuche“ (kann bei Zeitnot entfallen bzw. zu einem späteren Zeitpunkt als Wiederholung/Übung eingesetzt werden)	• AB „Fehlersuche“

Materialien

Benötigtes Versuchsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	3	Verschiedene Stabmagneten, ggf. mit Klebepunkten farbig markiert
	1 (besser 3)	(durchsichtige) Wanne mit wenigen cm Wasser gefüllt
	1–3	Möglichst runde Styroporscheibe oder Plastikschüssel mit flachem Rand, auf der bzw. in der Stabmagneten schwimmend gelagert werden können
	1	Handtuch
	1	Globus drehbar (ggf. OH-Folie 1.1 „Lage der Pole“)
	je ca. 5	Schraube (kann aus Schülersatz zur Sequenz 1 entnommen werden) und Stabmagnet AlNiCo, rot-grün markiert
Materialsatz pro 3er-Gruppe (für alle Gruppen notwendig)		
	1	Kompass, auf dem die Nordhälfte erkennbar hervorgehoben ist, jedoch ohne eine Markierung mit einem N. [Kompass vorher auf Polung prüfen und ggf. Polung durch Überstreichen mit Magneten korrigieren!]
	1	Kreidestück
	1	Versuchshinweis zu Arbeitsblatt 2.1 „Die Nadel eines Kompasses“

Benötigte Lehrerdokumente

✓	Stückzahl	Dokument
	1	OH-Folie mit Lösung zur Zusammenfassung „Magnetismus 4“
	je 1	OH-Folie 1.1 und 1.2 „Lage der Pole“
	1	OH-Folie „Orientierung Europa“
	3	Hilfeblatt zur Knobelaufgabe (zur kurzzeitigen Mitnahme an den Platz)

Benötigte Arbeitsblätter

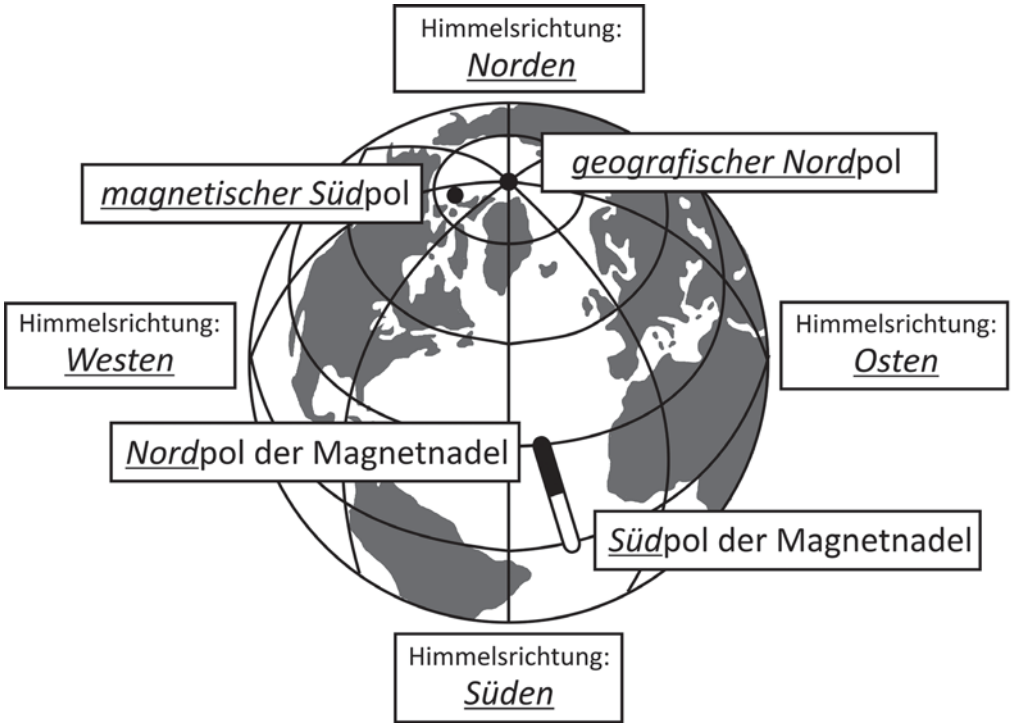
✓	Stückzahl	Arbeitsblatt
	alle SuS	AB 1.1 und 1.2 „Der Kompass“
	alle SuS	AB 2.1 und 2.2 „Die Nadel eines Kompasses“
	alle SuS	AB 3.1 und 3.2 „Geografische und magnetische Pole“
	alle SuS	AB 4.1 und 4.2 „Die Geschichte des Magnetismus“
	alle SuS	AB M 4 Zusammenfassung „Magnetismus 4“
	alle SuS	AB Knobelaufgabe (bei Bedarf)
	alle SuS	AB Fehlersuche (als Hausaufgabe)

Magnetismus 4

Lauter Pole …

Aufgabe 1:

Ergänze unten die fehlenden Bezeichnungen der Pole sowie die fehlenden Himmelsrichtungen.

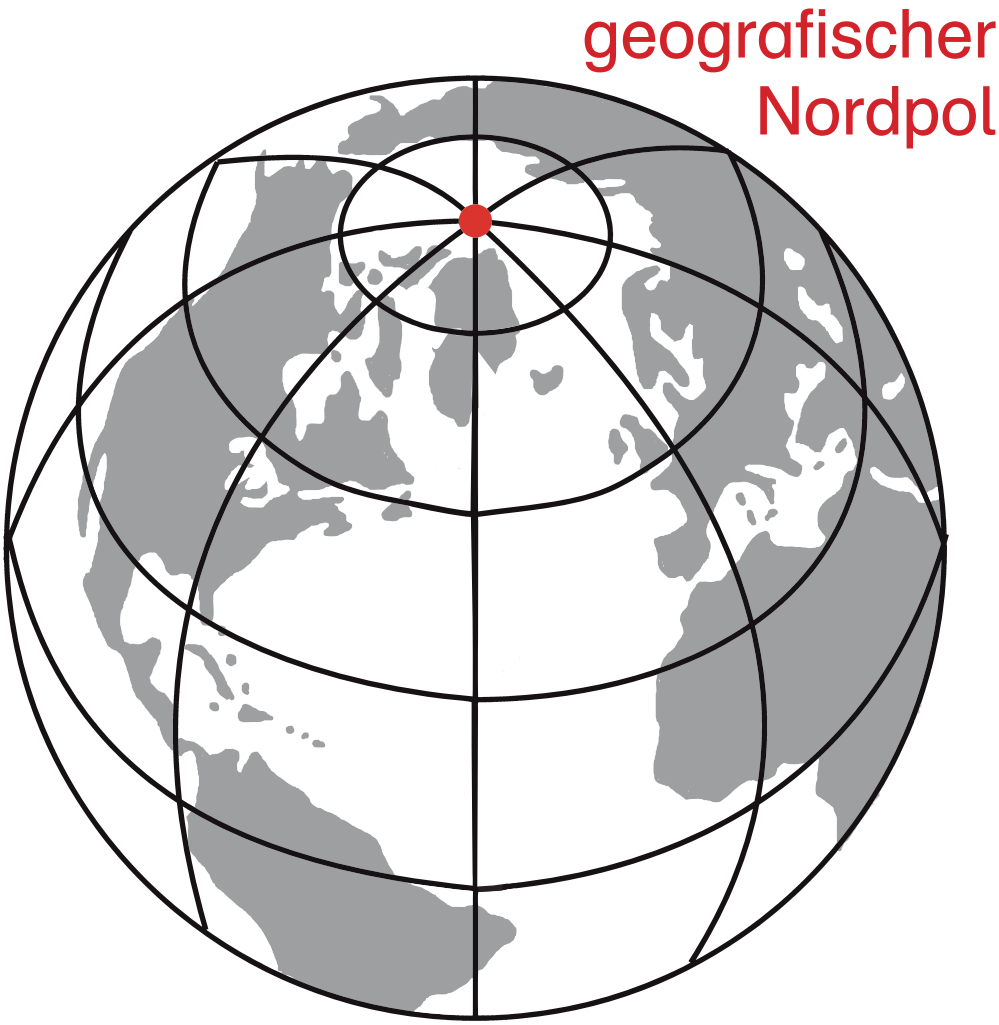


Aufgabe 2:

Welche der Aussagen stimmen? Kreuze alle richtigen Aussagen an.

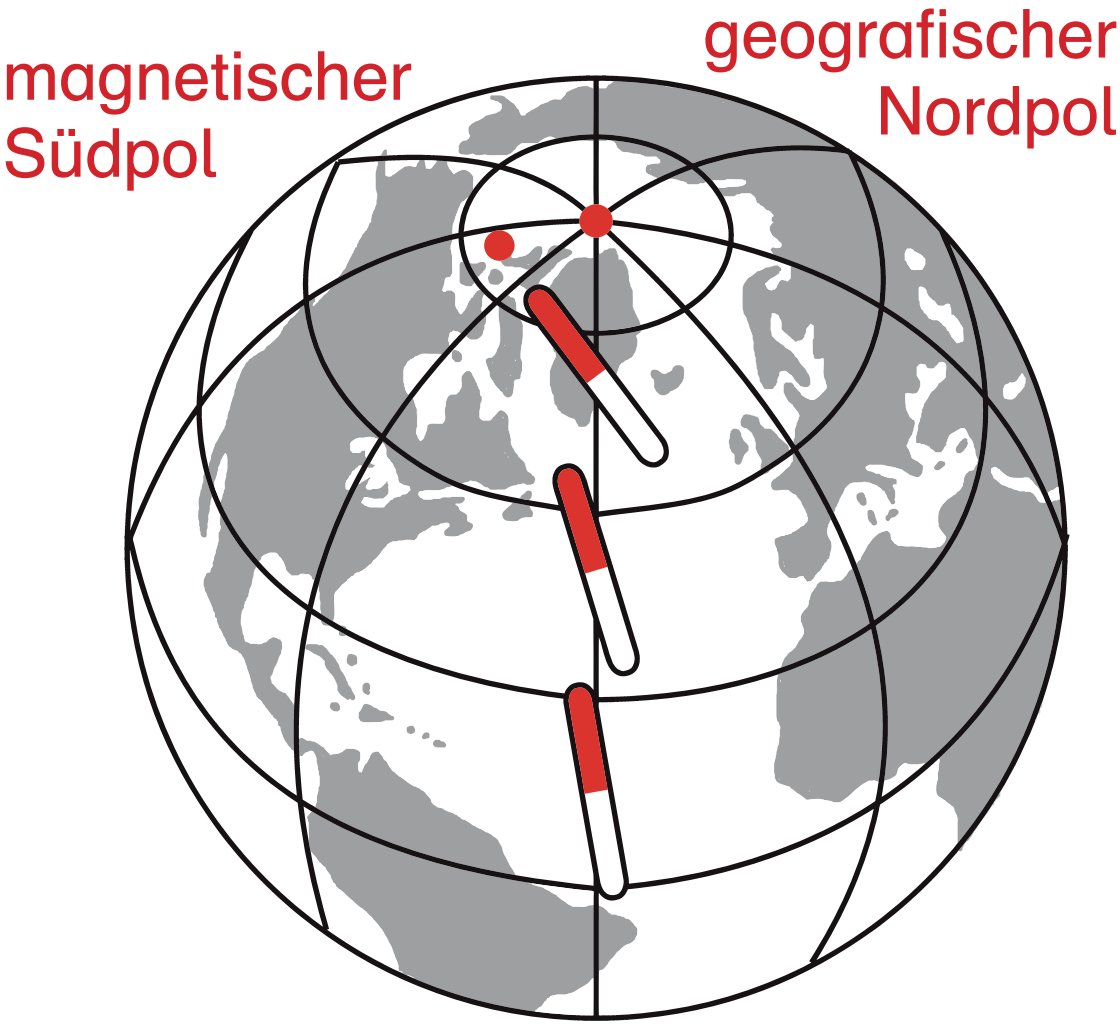
- ☐ Petrus Peregrinus hat vor ungefähr 100 Jahren gelebt.
- ☐ Der magnetische Südpol liegt in der Arktis.
- ☒ Natürliche Magneten gibt es in Form von Steinen, sie werden Magnetsteine genannt.
- ☐ Missweisung bedeutet, dass man anderen einen falschen Weg sagt.
- ☒ Deklination ist ein anderes Wort für Missweisung.
- ☒ Die Missweisung führt dazu, dass Kompassnadeln nicht genau in Richtung der geografischen Pole zeigen.
- ☒ Kompassnadeln sind selbst auch Magneten.
- ☒ Mithilfe des Polarsterns kann man die geografische Nordrichtung bestimmen.
- ☒ Schwimmende Magneten können als Kompasse verwendet werden.

Lage der Pole

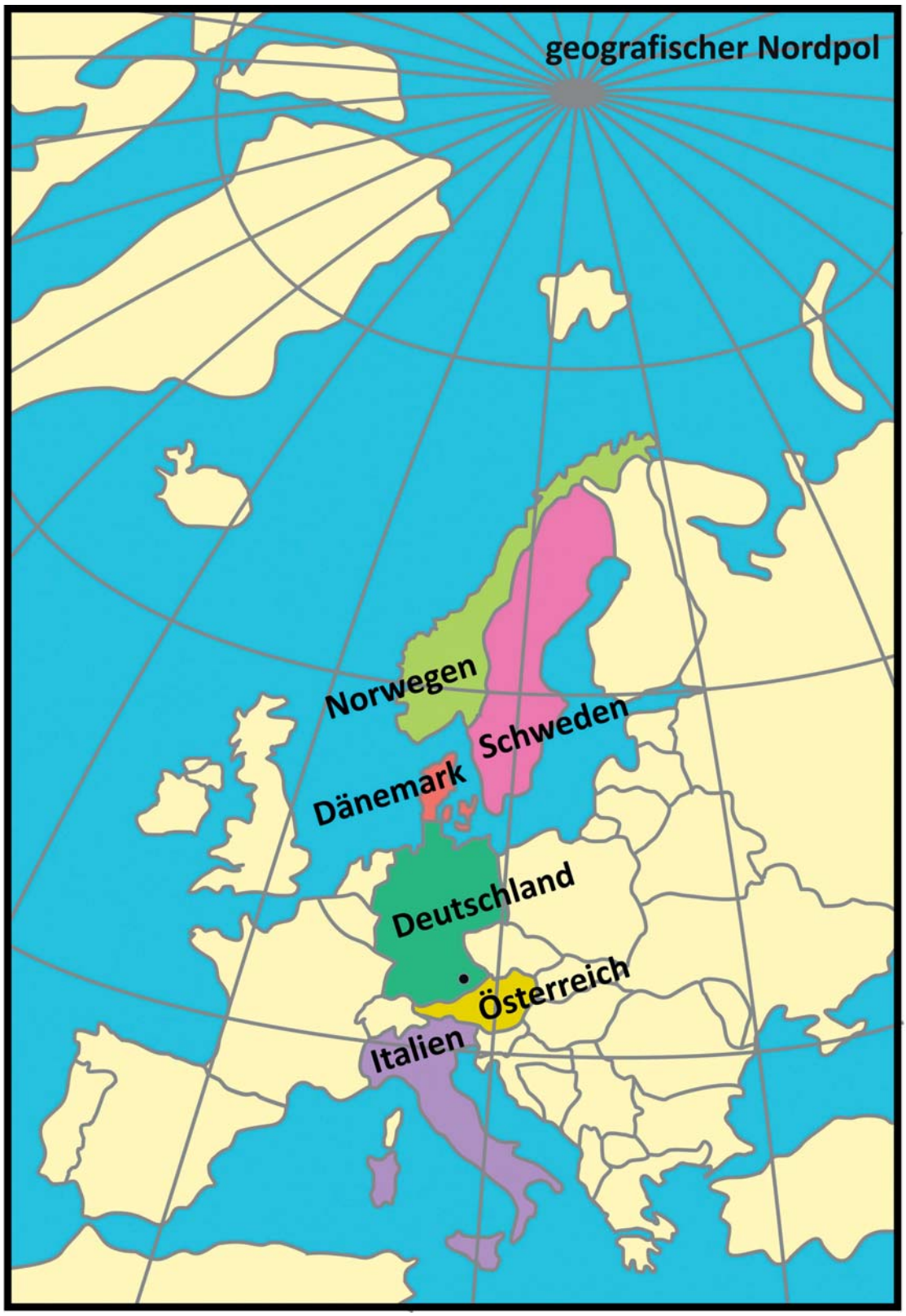


Bitte vor dem Unterricht einzeln ausschneiden.

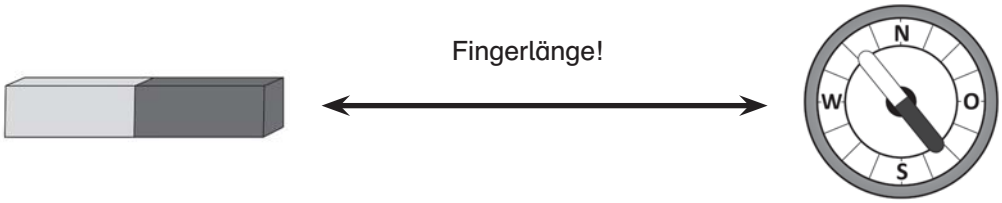
Lage der Pole



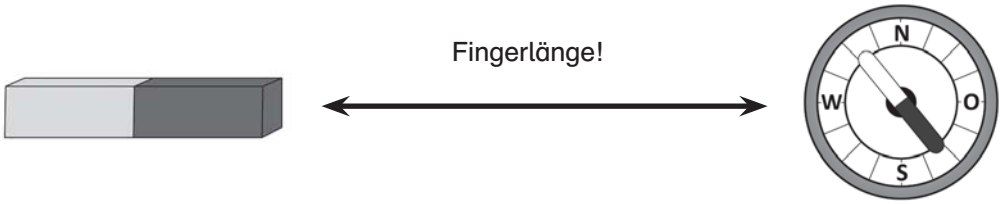
Orientierung Europa



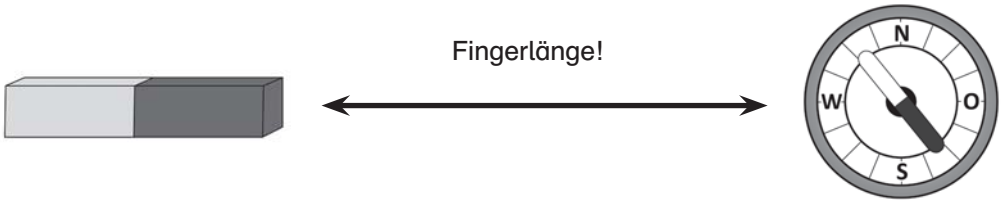
Wenn ihr einen Magneten für eure Versuche benutzt, achtet immer darauf, dass ihr mindestens eine Fingerlänge Abstand zwischen dem Magneten und dem Kompass haltet. Etwa so viel Platz sollte immer sein:



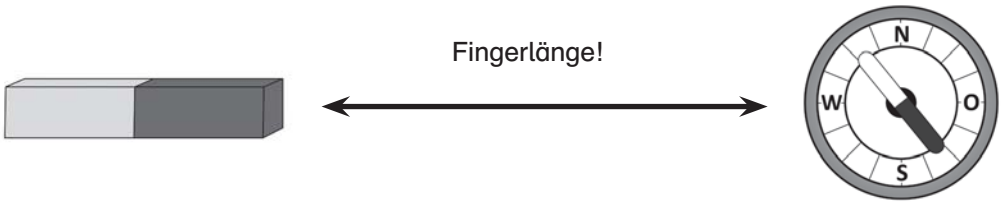
Wenn ihr einen Magneten für eure Versuche benutzt, achtet immer darauf, dass ihr mindestens eine Fingerlänge Abstand zwischen dem Magneten und dem Kompass haltet. Etwa so viel Platz sollte immer sein:



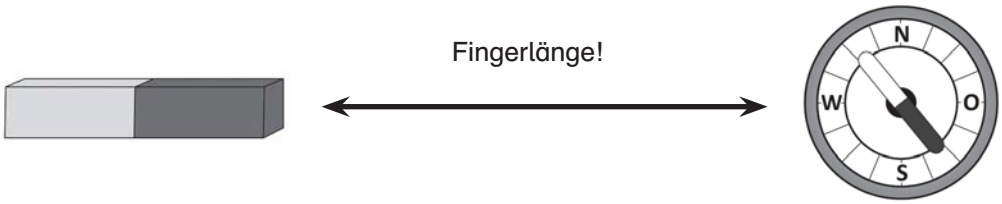
Wenn ihr einen Magneten für eure Versuche benutzt, achtet immer darauf, dass ihr mindestens eine Fingerlänge Abstand zwischen dem Magneten und dem Kompass haltet. Etwa so viel Platz sollte immer sein:



Wenn ihr einen Magneten für eure Versuche benutzt, achtet immer darauf, dass ihr mindestens eine Fingerlänge Abstand zwischen dem Magneten und dem Kompass haltet. Etwa so viel Platz sollte immer sein:



Wenn ihr einen Magneten für eure Versuche benutzt, achtet immer darauf, dass ihr mindestens eine Fingerlänge Abstand zwischen dem Magneten und dem Kompass haltet. Etwa so viel Platz sollte immer sein:

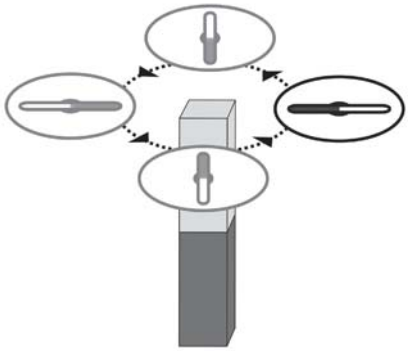


Wie findet man den magnetischen Süd- oder Nordpol der Erde?

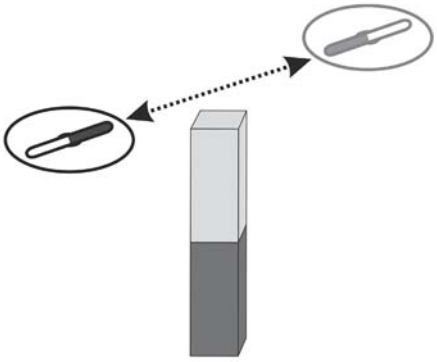
Nehmt euch einen markierten Stabmagneten und einen Kompass.

> **!** **Denkt bei den folgenden Versuchen daran, eine Fingerlänge Abstand zwischen Magnet und Kompass einzuhalten!**

a) Stellt den Stabmagneten auf die Tischplatte und umfahrt einen Pol des Stabmagneten mit dem Kompass.



b) Fahrt auch einmal mit deutlichem Abstand über den Pol hinweg. Beobachtet dabei genau, wie sich die Magnetnadel verhält.



c) Der magnetische Südpol der Erde liegt an der Erdoberfläche. Was würde passieren, wenn ihr euch von verschiedenen Seiten dem magnetischen Südpol mit einer Magnetnadel nähern würdet? Was passiert mit der Nadel, wenn ihr über den Pol hinweg lauft?

Habt ihr jetzt eine Idee, wie euer Versuch aussehen müsste?
Wenn nicht, fragt euren Lehrer oder eure Lehrerin um Hilfe.

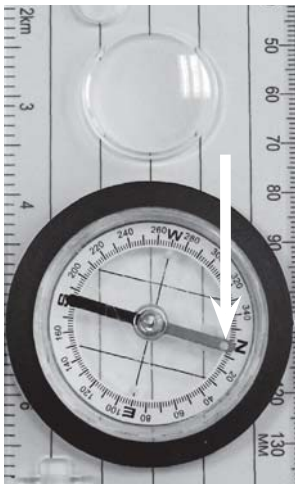
Arbeitsblätter für die Schülerinnen und Schüler

Einen Kompass genauer betrachten

Aufgabe 1:

Schaut euch die folgenden Kompasse an.
Welches Bild ähnelt dem Modell, das ihr in der Hand haltet?

Aufgabe 2:

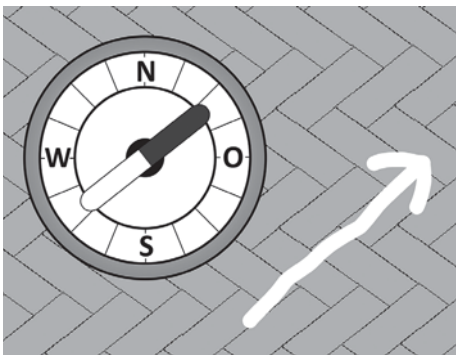


Besonders wichtig an einem Kompass ist die Nadel, die in der Mitte des Kompasses drehbar befestigt ist. Auf ihr ist immer <u>eine Hälfte besonders markiert:</u>
Sie ist farbig angemalt oder dunkler als die andere Seite, sie enthält einen Punkt oder hat eine Spitze.

Findet ihr die markierte Hälfte der Nadel auf eurem Kompass?

Achtung! Haltet den Kompass immer parallel zum Boden.
Geht ein paar Schritte und beobachtet, wie sich die Nadel ausrichtet.
Ihr könnt euch auch ein bisschen drehen und die Ausrichtung anschauen. Wartet immer ab, bis sich die Nadel nicht mehr bewegt.

Aufgabe 3:



Geht an eine Stelle und legt den Kompass auf den Boden. Wartet, bis sich die Nadel nicht mehr bewegt.
Zeichnet mit Kreide neben den Kompass die Ausrichtung der Nadel ein.
Ihr könnt einen Pfeil zeichnen, dessen Spitze dort liegt, wo die markierte Hälfte der Nadel ist (wie im Bild).

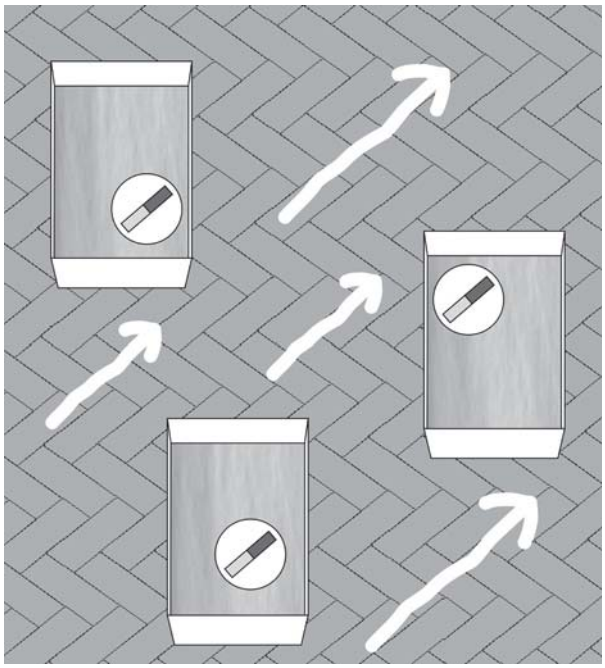
Dreht euch ein bisschen, legt den Kompass wieder auf den Boden und wartet, bis sich die Nadel nicht mehr bewegt.
Zeichnet die Position der Nadel auf den Boden.
Sucht euch noch drei weitere Stellen in der Nähe.
Zeichnet immer die Ausrichtung der Nadel auf, wenn sich diese nicht mehr bewegt.

Aufgabe 4:

Schaut euch eure gezeichneten Pfeile an. Zeigen sie alle in die gleiche Richtung?
In welche Richtung haben sich die schwimmenden Magneten ausgerichtet?

Aufgabe 5:

Schaut euch das Bild an.



Könnt ihr anhand der Pfeile erkennen, in welche Richtung sich die Nadel des Kompasses ausrichten würde? Kreuzt das Zutreffende an und gebt eine Begründung.

☐ **Ja**, wir können erkennen, in welche Richtung sich die Nadel ausgerichtet hat, weil

_____

_____

☐ **Nein**, wir können nicht erkennen, in welche Richtung sich die Nadel ausgerichtet hat, weil

_____

_____

Die Nadel eines Kompasses

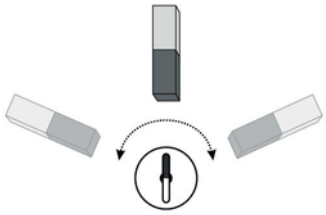
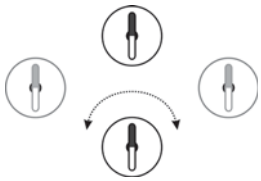
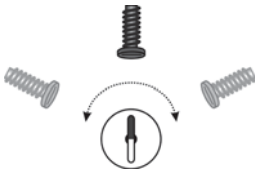
Aufgabe 1:

a) Ihr habt es euch vermutlich schon gedacht: Die Nadel eines Kompasses ist selbst ein Magnet. Sie wird deshalb auch als „**Magnetnadel**“ bezeichnet.

Überlegt: Welcher Pol liegt an der Spitze der markierten Seite der Nadel?

☐ Der Nordpol ☐ Der Südpol

b) Mit welchem der drei Versuche kann man eure Vermutung überprüfen? Macht ein Kreuz an das entsprechende Bild.

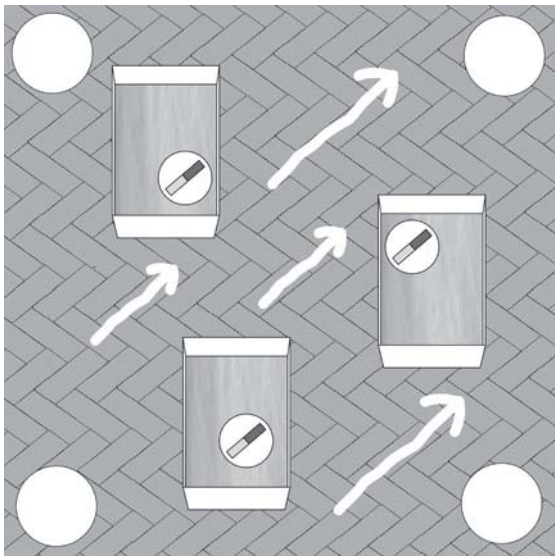
Umfahren des Kompasses mit einem Stabmagneten:	Umfahren des Kompasses mit einem zweiten Kompass:	Umfahren des Kompasses mit einer Schraube aus Eisen:
		

c) Überprüft eure Antwort oben mit dem ausgewählten Versuch. Ihr könnt euch dazu von der Lehrkraft einen Stabmagneten oder eine Schraube holen. Oder ihr leiht euch einen Kompass bei einer anderen Gruppe aus. Gebt Schraube, Stabmagnet oder Kompass nach dem Versuch zurück!

Aufgabe 2:

Information: Ein Kompass besteht mindestens aus einer kleinen, drehbar gelagerten Magnetnadel. An der Spitze der markierten Hälfte der Nadel liegt der magnetische Nordpol. Ein Kompass wird zur Orientierung benutzt.
Der magnetische Nordpol seiner Magnetnadel zeigt immer in die Himmelsrichtung Norden, wenn kein anderer Magnet oder Eisen in der Nähe ist.

Wo liegt im Bild die **Himmelsrichtung** Norden? Schreibt ein „N“ in den richtigen Kreis.



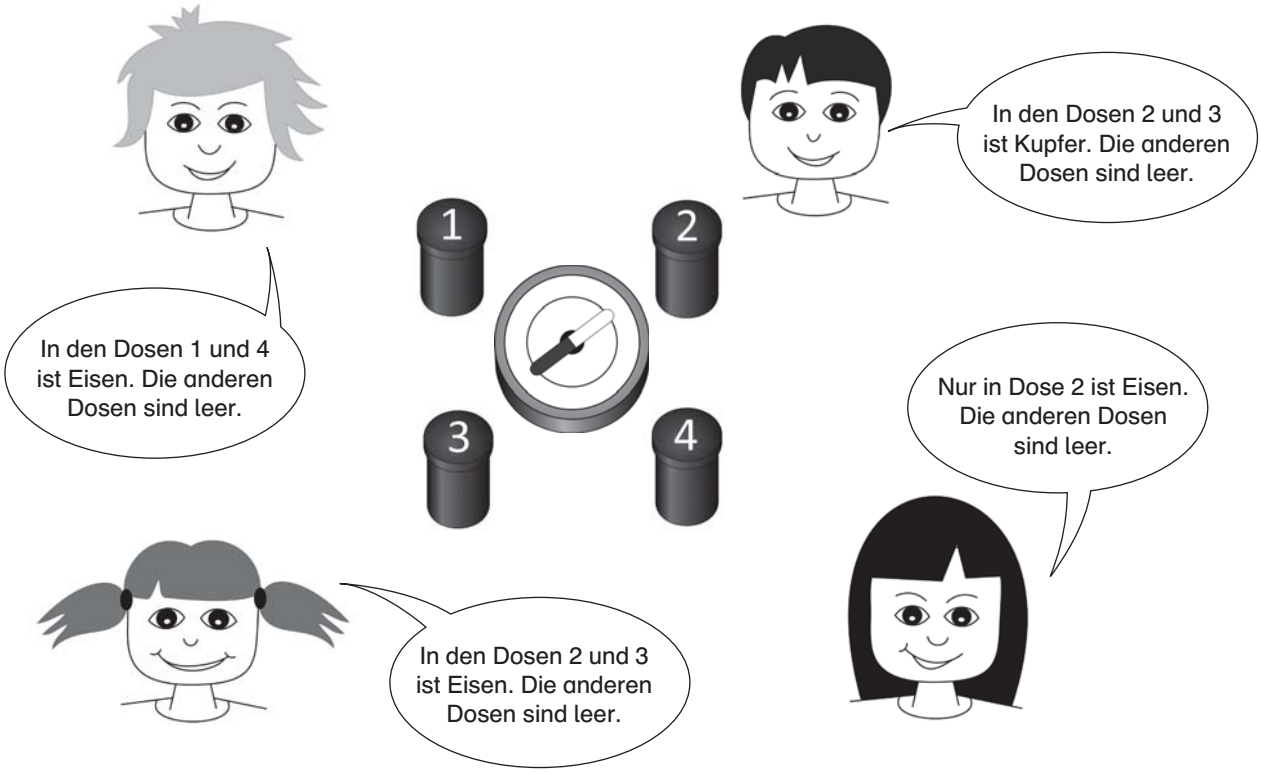
Falls ihr noch Zeit habt, bearbeitet das folgende Arbeitsblatt 2.2.

Die Nadel eines Kompasses

Welches Material könnte in den Boxen sein?

Aufgabe 3:

Diskutiert, welche der Schülerinnen und Schüler richtig vermuten.
Begründet eure Entscheidung.
Achtung! Es könnten mehr als eine Schülerin oder ein Schüler Recht haben.



Aufgabe 4:

Überlegt, was in den Dosen 1 bis 4 enthalten sein könnte.
Ihr könnt das Material oder auch „leer“ schreiben.
Es gibt mehr als eine richtige Lösung. Füllt die Tabelle aus.

	Inhalt Dose 1	Inhalt Dose 2	Inhalt Dose 3	Inhalt Dose 4
Lösung 1				
Lösung 2				
Lösung 3				

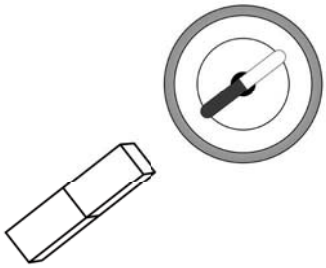
Geografische und magnetische Pole – wonach richten sich die Magnetnadeln und Magneten aus?

Aufgabe 1:

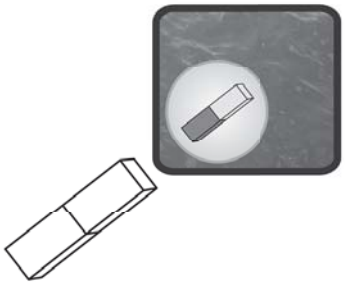
Ergänzt den folgenden Merksatz.
Wenn ihr nicht sicher seid, schaut euch noch einmal das Bild unten auf dem Arbeitsblatt 2.1 an.

Magnetnadeln und frei drehbare Magneten richten sich alle gleich aus, wenn kein anderer Magnet oder Eisen in der Nähe ist. Der _____pol der Magnetnadel oder des Magneten zeigt dann in die Himmelsrichtung Norden. Der _____pol der Magnetnadel oder des Magneten zeigt demzufolge in die Himmelsrichtung Süden.

Aufgabe 2:



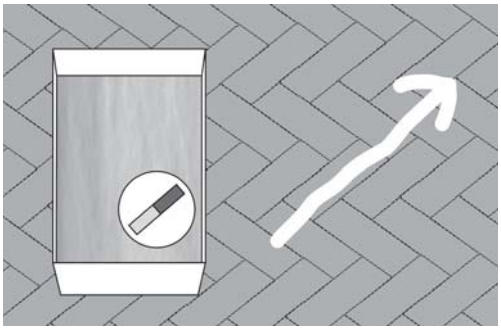
a) **Überlegt:** Welcher Pol des Stabmagneten muss zur Magnetnadel zeigen, damit die Nadel sich wie im Bild ausrichtet? Markiert den Nordpol des Stabmagneten mit einem „N“, den Südpol mit einem „S“.

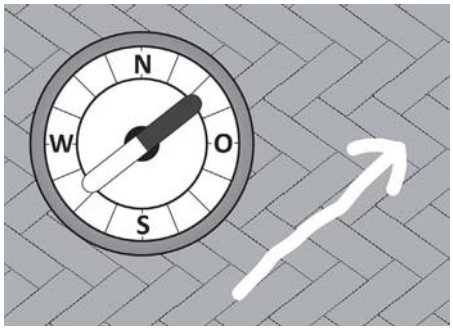


b) Welcher Pol des Stabmagneten muss zu dem Magneten auf dem Styroporstück zeigen, damit dieser sich wie im Bild ausrichtet?

Aufgabe 3:

Auf den Bildern richten sich der schwimmende Magnet und die Magnetnadel aus.
Ihr könnt aber keinen weiteren Stabmagneten auf den Bildern sehen.
Warum gibt es trotzdem eine Ausrichtung?

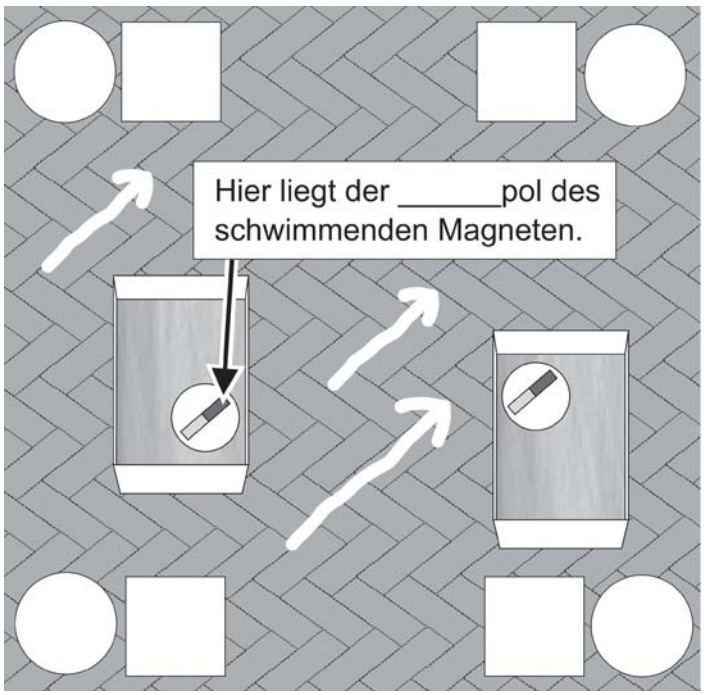




Was muss in Richtung der Pfeile liegen,
damit sich die Magneten so ausrichten wie im Bild?

Aufgabe 4:

a) Ergänzt den Lückentext im Bild.
b) Schreibt ein „N“ in den **Kreis**, der in der **Himmelsrichtung Norden** liegt.
c) In welcher Richtung muss sich ein **magnetischer Südpol** befinden, damit sich die Magneten wie im Bild ausrichten? Schreibt ein „S“ in das richtige **Quadrat**.



Aufgabe 5:

Füllt die Lücken aus.

Die magnetischen Nordpole von Kompassnadeln und drehbar gelagerten

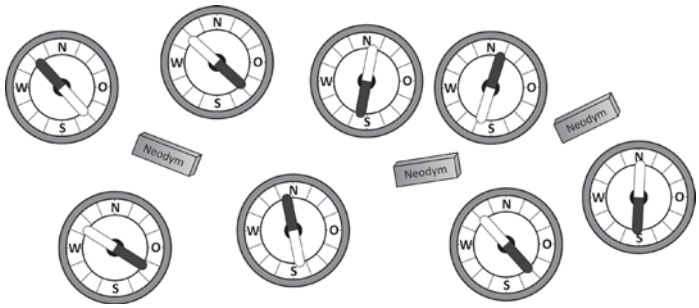
Magneten zeigen in die Himmelsrichtung _____.

Da sich nur _____Pole anziehen, muss in der

Himmelsrichtung Norden ein magnetischer _____pol liegen.

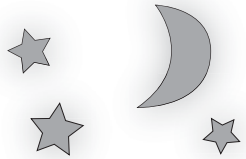
Aufgabe 6 für schnelle Schülerinnen und Schüler:

Unten seht ihr eine Anordnung von Neodym-Magneten und Kompassen.
Versucht, bei den Neodym-Magneten die Pole an den Enden der Magneten richtig zuzuweisen.



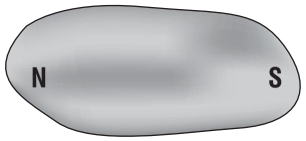
Die Geschichte des Magnetismus

Seefahrer haben sich nach den Sternen und dem Stand der Sonne orientiert.



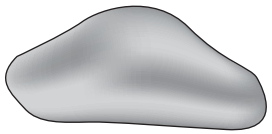
Im Mittelalter glaubten viele Menschen, mit einem Magneten überprüfen zu können, ob der Ehepartner lügt.

Petrus Peregrinus findet heraus, dass auch Magnetsteine Pole haben. Er beobachtet, dass sich gleiche Pole abstoßen und ungleiche Pole anziehen.

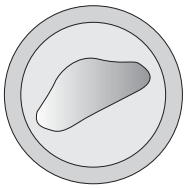


Ca. 1000 v. Chr. | 624 v. Chr. | 0 | Mittelalter (100–1400) | ca. 1200 | 1269 | seit 1986

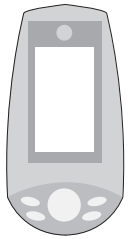
Erste bekannte Aufzeichnungen über natürliche Magneten. Man nennt diese auch Magnetsteine.



Erste Nutzung schwimmender Magnetsteine zur Herstellung einfacher Kompasse.



Mithilfe von Satellitennavigation (GPS) kann sich jeder schnell und einfach orientieren. Kompasse werden daher nur noch selten verwendet.



Die Entdeckung des Magnetismus

Aufgabe 1:

Überlegt gemeinsam: Warum gelingt es nicht immer gut, nach dem Stand der Sonne oder den Sternen zu navigieren? Wenn ihr eine Idee habt, schreibt sie hier auf:

_____

_____

_____

Aufgabe 2:

Wie lange kannte man schon Magnetsteine, bevor Petrus Peregrinus herausgefunden hat, dass es zwei unterschiedliche Pole bei Magneten gibt?

Magnetsteine kannte man bereits seit _____ Jahren.

Aufgabe 3:

Um 1200 nannte man die Seite der Kompassnadel, die nach Norden zeigt, einfach den Nordpol des Magneten. Man wusste nicht, dass sich der Nordpol eines Magneten zum Südpol eines anderen Magneten ausrichtet.

a) Seit welchem Jahr ist bekannt, dass sich gleiche Pole abstoßen?

_____

b) Wie viele Jahre hatte man zu diesem Zeitpunkt schon die Bezeichnung „Nordpol“ für die Seite des Magneten, die nach Norden zeigt, benutzt?

_____

c) Seit den Experimenten von Petrus Peregrinus ist klar, dass der Nordpol einer Magnetnadel nicht zu einem magnetischen Nordpol zeigen kann.
Habt ihr eine Idee, warum man die Pole von Magnetnadeln nicht sofort umbenannt hat?

_____

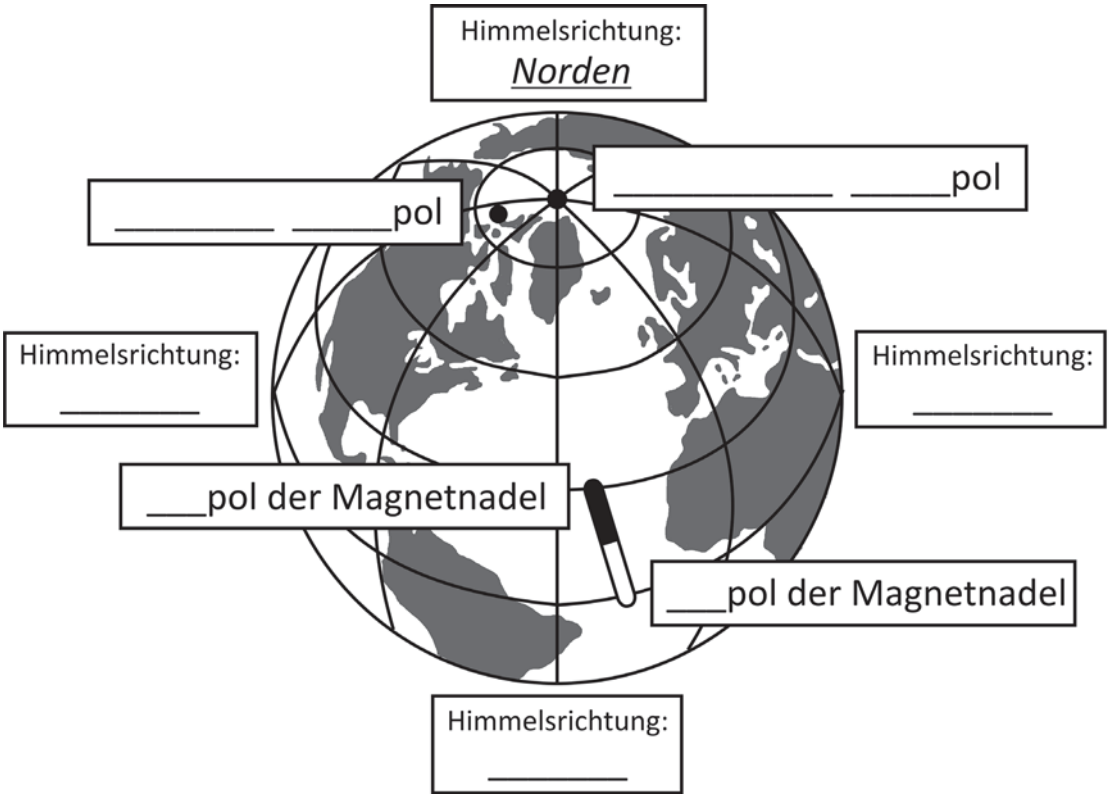
_____

Magnetismus 4

Lauter Pole …

Aufgabe 1:

Ergänze unten die fehlenden Bezeichnungen der Pole sowie die fehlenden Himmelsrichtungen.



Aufgabe 2:

Welche der Aussagen stimmen? Kreuze alle richtigen Aussagen an.

- ☐ Petrus Peregrinus hat vor ungefähr 100 Jahren gelebt.
- ☐ Der magnetische Südpol liegt in der Arktis.
- ☐ Natürliche Magneten gibt es in Form von Steinen, sie werden Magnetsteine genannt.
- ☐ Missweisung bedeutet, dass man anderen einen falschen Weg sagt.
- ☐ Deklination ist ein anderes Wort für Missweisung.
- ☐ Die Missweisung führt dazu, dass Kompassnadeln nicht genau in Richtung der geografischen Pole zeigen.
- ☐ Kompassnadeln sind selbst auch Magneten.
- ☐ Mithilfe des Polarsterns kann man die geografische Nordrichtung bestimmen.
- ☐ Schwimmende Magneten können als Kompasse verwendet werden.

KNOBELAUFGABE

Ihr als Polforscher!

Stellt euch vor, ihr seid Polforscher. Ihr sollt euch einen Versuch überlegen, mit dem ihr zeigen könnt, dass der magnetische Pol **nicht** an der gleichen Stelle wie der geografische Pol liegt.

Was würdet ihr tun? Beschreibt oder zeichnet euren Versuch,
den ihr an einem Pol durchführen würdet.

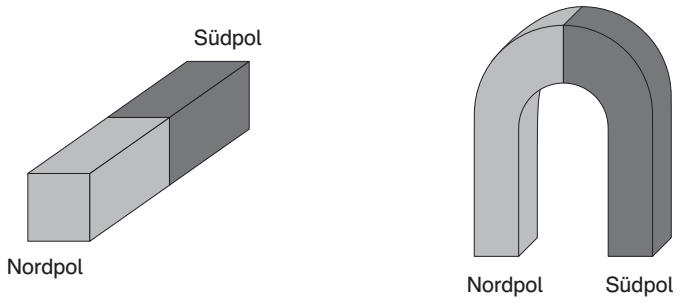
Tipp: Stellt euch vor, ihr stündet direkt am geografischen Nordpol.
Wie könntet ihr jetzt feststellen, dass dort nicht der magnetische Südpol liegt?

Wenn euch kein Versuch einfällt, dann schaut auf die Hilfekarte am Pult.

Fehlersuche

In die folgenden Abbildungen und Texte haben sich Fehler eingeschlichen.
Findest du die Fehler? Streiche die Fehler an und korrigiere sie.

Aus einem Arbeitsblatt für Grundschüler:



Aus einem Schülerheft:

Welche Materialien zieht ein Magnet an?

Gegenstand	Material	Wird angezogen	Wird nicht angezogen
Radiergummi	Gummi		X
Nagel	Metall	X	
Zettel	Papier		X
Büroklammer	Metall	X	
Buntstift	Holz		X
Schere	Metall/Kunststoff	X	X

Antwort: Alle Gegenstände aus Metall werden angezogen.

Aus einem Schulbuch für die Grundschule:

Ein Magnet wirkt am stärksten an den Polen. Plus- und Minuspol sind die Enden des Magneten. Gleiche Pole stoßen einander ab, ungleiche Pole ziehen sich an.

Aus einer Sendung im Fernsehen:

Die Magnetnadel eines Kompasses zeigt nach Norden, weil in der Nähe des Nordpols große Mengen Eisen liegen.

Sequenz 4: Das Modell der Elementarmagneten

Zeitrahmen: 90 Minuten

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler …[1] • nutzen die Anziehung durch einen Magneten systematisch, um Gegenstände zu identifizieren, die Eisen enthalten (IK 1).	Ziehen sich ein Gegenstand und ein Magnet gegenseitig an, so enthält der Gegenstand Eisen. Lässt sich bei bestimmter Näherung auch eine abstoßende Wechselwirkung beobachten, so ist der Gegenstand selbst ein Magnet.
• beschreiben einfache Verfahren, mit denen eisenhaltige Gegenstände magnetisiert und entmagnetisiert werden können (IK 6).	Gegenstände aus Eisen [ohne nicht-magnetisierbare Legierungen] können mithilfe eines Magneten magnetisiert werden, indem in gleicher Richtung mit dem gleichen Pol über den Gegenstand gestrichen wird. Wenn man einen magnetisierten Stab (einen Stabmagneten) durchbricht, entstehen zwei neue Stabmagneten mit jeweils zwei Polen. Die Magnetisierung kann verschwinden, wenn der magnetisierte Stab stark erschüttert oder erwärmt wird.
• nutzen das Modell der Elementarmagneten, um Beobachtungen zum Magnetismus (u. a. Durchbrechen von Magneten, Magnetisierung und Zerstörung der magnetischen Wirkung) zu beschreiben (IK 6).	Die Beobachtung, dass durch das Überstreichen eines Eisenstabs mit einem Magneten ein neuer Magnet entsteht, lässt sich mit dem Elementarmagneten-Modell deuten. Die Beobachtung, dass nach der Zerteilung eines Stabmagneten wieder neue Stabmagneten mit zwei Polen entstehen, lässt sich mit dem Elementarmagneten-Modell beschreiben. Im Elementarmagneten-Modell stellt man sich vor, dass ein Magnet/ein Gegenstand viele kleine Magneten enthält, die bei der Magnetisierung alle gleich ausgerichtet werden. Im Modell sind verschiedene, gleichwertige Anordnungen der Elementarmagneten denkbar. Viele weitere Phänomene des Magnetismus können mithilfe des Elementarmagneten-Modells gedeutet werden.
Prozessbezogene Kompetenzen	**Angestrebtes Wissen**
Die Schülerinnen und Schüler …[1] • erklären Beobachtungen durch Modelle (PK 11).	(vgl. Konzepte bei IK 6)
• benennen Grenzen von Modellen (PK 11).	(Theoretische) Modelle sind Gedankenkonstruktionen, die nicht mit der Realität verwechselt werden dürfen. (Theoretische) Modelle müssen sich bei der Deutung von Phänomenen bewähren. Verschiedene (theoretische) Modelle können dasselbe Phänomen erklären, haben dabei aber auch immer Grenzen.

[1] *kursiv*: Kompetenz/konzeptuelles Wissen wird aus der Grundschule wieder aufgegriffen; hellgrau: Kompetenz/konzeptuelles Wissen wird nicht umfassend thematisiert bzw. nicht für alle Schülerinnen und Schüler angestrebt

Kurzbeschreibung der Stunde:

Zu Beginn der Stunde werden in einem alternierenden Vorgehen zwei Varianten des Elementarmagneten-Modells erarbeitet. Ziel der Nutzung von zwei Varianten der Anordnung von Elementarmagneten ist die Sensibilisierung der Schülerinnen und Schüler für den Modellcharakter. In einem zweiten Teil sollen die SuS die Deutung von Phänomenen (sowohl als reale als auch als gedankliche Versuche) mit einer von ihnen gewählten Variante des Elementarmagneten-Modells vornehmen.

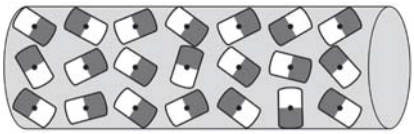
Kurzübersicht über den Ablauf:

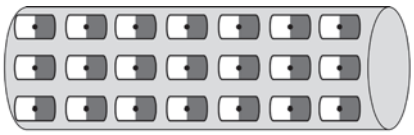
Dauer	Kurzbeschreibung	Raum für eigene Kommentare
ca. 5 min	Vergleich der Hausaufgabe	
max. 10 min	Demonstration, wie eine unmagnetisierte Eisenstange durch Überstreichen mit einem Magneten zu einem Magneten wird. Feststellen der Magnetisierung der Stange vor und nach dem Versuch	
ca. 15 min	Vorstellen der „üblichen“ Anordnung der Elementarmagneten im Elementarmagneten-Modell mit Sicherung und Bewertung durch die SuS und im Klassengespräch	
ca. 10 min	Vorstellen der alternativen Anordnung der Elementarmagneten im Elementarmagneten-Modell mit Sicherung und Bewertung durch die SuS und im Klassengespräch	
ca. 15 min	Schülerversuche zum Magnetisieren und Teilen eines Knickdrahtes. Besprechung der Ergebnisse im Klassenverband	
ca. 30 min	Schülerversuche zur Anwendung des Elementarmagneten-Modells	
5 min	Sicherung der Erkenntnisse auf Zusammenfassung „Magnetismus 5“ (ggf. als Hausaufgabe)	

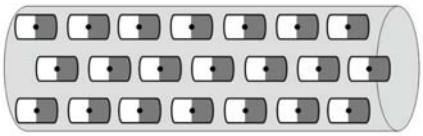
Verlaufsplanung

Zeit/ Sozial-/ Arbeitsform	Lehrperson (LP) – Schülerinnen und Schüler (SuS); Tafel (TA)	Material Medien
ca. 5 min	Vergleich der Hausaufgaben (entweder Zusammenfassung „Magnetismus 4“ oder Arbeitsblatt „Fehlersuche“). Falls als Hausaufgabe das Arbeitsblatt „Fehlersuche 1“ gegeben wurde, sollte insbesondere auf die auf dem Arbeitsblatt notierte Tabelle und die Schlussfolgerung „alle Metalle werden angezogen“ eingegangen werden. Hier ist besonders wichtig, an Sequenz 1 zu erinnern (ggf. OH-Folie mit ausgefülltem Arbeitsblatt M 1.1 „Magnetismus 1“ erneut zeigen) und zu betonen, dass u. a. das rötlich schimmernde Metall Kupfer nicht angezogen wird (ggf. Demonstration). LP kann zudem rückfragen, warum eine 1-Cent-Münze, die scheinbar aus Kupfer ist, dennoch angezogen wird.	• Je nach Stundenende in Sequenz 3: Zusammenfassung „Magnetismus 4“ oder „Fehlersuche“
Demonstrationsversuch **max. 10 min**	**Herstellen eines Magneten** LP erläutert, dass SuS bisher künstlich hergestellte Magneten kennengelernt haben. Heute soll es darum gehen, wie man einen Magneten selbst herstellen kann und wie man sich vorstellen kann, dass das funktioniert. Bittet SuS nach vorn zu kommen. LP hält Eisenstange hoch. *Die Stange sieht so aus, als wäre sie kein Magnet. Wie könnt ihr prüfen, ob diese Vermutung stimmt?* [**Achtung:** Eisenhaltige Gegenstände, die längere Zeit an einem Platz liegen, weisen immer eine schwache Magnetisierung auf (durch das Erdfeld). Es muss vorher geprüft werden, dass die Eisenstange nicht magnetisiert ist.] SuS machen Versuchsvorschläge, die sich entweder auf die Wechselwirkung zweier Magneten beziehen (Näherung eines Magneten mit beiden Polen an eine Seite der Stange, einmal Abstoßung einmal Anziehung – LP kann hier nach der Lage der Pole fragen, es müssten auch die Seitenflächen der Stange untersucht werden) oder auf die mögliche Anziehung der Stange von Eisengegenständen (auch hier muss darauf geachtet werden, unterschiedliche mögliche Lagen der Pole zu bedenken). [**Achtung:** Bei Verwendung des Knickdrahtes sollte auch (erneut) der Kupferüberzug thematisiert werden – Kupfer wird nicht von einem Magneten angezogen, die Stange zeigt aber eine Wechselwirkung mit einem Magneten, dies ist auf das in ihr enthaltene Eisen zurückzuführen (Erinnerung an die erste Sequenz)] LP führt entsprechende Versuche mit einer Magnetnadel durch bzw. lässt einzelne SuS diese durchführen.	• farbig markierter Stabmagnet • dünne Eisenstange (z. B. Fahrradspeiche, Stricknadel oder Knickdraht) • Magnetnadel (Kompass)

Zeit/ Sozial-/ Arbeitsform	Lehrperson (LP) – Schülerinnen und Schüler (SuS); Tafel (TA)	Material Medien
	LP [**Wichtig:** Es muss eine Magnetnadel verwendet werden, Magneten würden die Polung der Stange zu stark beeinflussen.] Betont: *Will man unterscheiden, ob ein Gegenstand aus unmagnetisiertem Eisen oder ein Magnet ist, kann man immer einen Magneten benutzten. Unmagnetisiertes Eisen wird von beiden Polen des Magneten angezogen. Ist der Gegenstand selbst ein Magnet, würde man einmal Anziehung und einmal Abstoßung beobachten, je nachdem, welchen Pol man dem Gegenstand an einer Seite nähert.* [**Hinweis:** Letzteres gilt nur, wenn beide Magneten ungefähr gleich stark sind.] Es wird festgestellt, dass die Stange nicht magnetisiert, also kein Magnet, ist. LP *Ich möchte euch jetzt zeigen, wie man aus dieser normalen Eisenstange einen Magneten machen kann.* Magnetisiert die Stange durch ca. 10-faches langsames Überstreichen mit einem markierten Stabmagneten in der gleichen Richtung. (Eisenstange dazu ggf. auf den Tisch legen und Magneten auf Eisenstange entlang führen.) Dabei kommentiert LP, worauf zu achten ist: *Immer den gleichen Pol benutzen, in die gleiche Richtung streichen, Zurückführen des Stabmagneten in größerer Entfernung, Vorgehen mehrfach wiederholen.* Anschließend werden die vorher bereits thematisierten Untersuchungsverfahren (Wechselwirkung zwischen Magneten bzw. Wechselwirkung zwischen Magnet und Eisen) wiederholt. Außerdem werden mithilfe einer Magnetnadel die Pole der magnetisierten Eisenstange identifiziert. [**Wichtig:** Vor dem Unterricht die Polung der Nadel prüfen – oft stimmt diese nicht (mehr) – und ggf. durch Überstreichen mit einem Magneten korrigieren.] An dieser Stelle wird ein Rückbezug zur vergangenen Stunde hergestellt und noch einmal abgesichert, dass SuS wissen, dass die markierte Seite einer Magnetnadel der Nordpol ist, der in Richtung des geografischen Nordpols und zum magnetischen Südpol zeigt. **Ergebnis** Durch das Überstreichen mit dem Stabmagneten ist die Eisenstange selbst zu einem Stabmagneten mit Nord- und Südpol geworden.	

Zeit/ Sozial-/ Arbeitsform	Lehrperson (LP) – Schülerinnen und Schüler (SuS); Tafel (TA)	Material Medien
Lehrervortrag **ca. 2 min**	**Überleitung zum Modell der Elementarmagneten** LP *Wenn Wissenschaftler eine solche Beobachtung, wie wir sie eben gemacht haben, machen, dann wollen sie diese nicht nur beschreiben. Sie wollen erklären, wie es wohl zu der Beobachtung kommt. Die Eisenstange sieht ja immer noch genauso aus wie vorher. Irgendwas muss mit ihr passiert sein, damit sie zu einem Magneten geworden ist. Da man aber nicht sieht, was sich verändert hat, denken sich die Wissenschaftler etwas aus, das sie Modell nennen. Das Modell beschreibt, was sich bei der Eisenstange verändert haben könnte.* [**Hinweis:** Es hat sich die Eigenschaft der Stange von „nicht magnetisiert“ in „magnetisiert“ geändert. Diese Veränderung der Eigenschaft wird über die Anordnung von (fiktiven) Elementarmagneten modelliert. Elementarmagneten sind jedoch keine räumlichen Gebilde im Inneren der Stange, weshalb Aussagen zu den Elementarmagneten sprachlich immer mit „wir stellen uns vor“ o. Ä. indiziert werden sollten.]	
Lehrervortrag mit Klassengespräch **ca. 3 min**	**Vorstellung des Modells der Elementarmagneten – „übliche“ Anordnung** LP stellt mit Hilfe von Folien das Elementarmagneten-Modell (EMM) am Beispiel des gemachten Versuches vor. Folie zeigt das Modell einer Stange mit ungeordneten Elementarmagneten (EM)  LP *Man kann sich vorstellen, dass sich der Eisenstab wie eine Ansammlung von Minimagneten verhält. Physiker nennen die Minimagneten „Elementarmagneten“. Die Elementarmagneten sind so winzig, dass sie nicht mehr zerteilt werden können. Wenn die Stange nicht magnetisiert ist, dann zeigen die Elementarmagneten in verschiedene Richtungen.* [**Hinweis:** Ob die SuS die Bezeichnung Elementarmagneten oder Minimagneten verwenden, kann ihnen selbst überlassen werden. Wichtig ist, dass LP den Fachbegriff (Elementarmagneten) nutzt, da er im späteren Physikunterricht eine Rolle spielt. SuS, denen die Bezeichnung „Minimagneten“ jedoch leichter fällt, können auch diesen nutzen.]	• OH-Folie „Das Modell der Elementarmagneten“

Zeit/ Sozial-/ Arbeitsform	Lehrperson (LP) – Schülerinnen und Schüler (SuS); Tafel (TA)	Material Medien
	Folie zeigt **Anordnung 1** (übliche Anordnung): LP *Das Besondere am Eisen ist, dass man sich vorstellen kann, die Elementarmagneten wären an ihrem Ort leicht drehbar. Durch das Entlangstreichen mit dem Stabmagneten werden die Elementarmagneten geordnet. Sie sind dann alle in der gleichen Weise ausgerichtet. Das Endergebnis kann man sich dann so vorstellen.* *Jetzt verhält sich der Stab wie ein Magnet.*  LP fordert die SuS auf, das Arbeitsblatt 1.1 „Das Modell der Elementarmagneten“ zu bearbeiten.	• AB 1.1 „Das Modell der Elementarmagneten“
Einzel- und Partnerarbeit **ca. 5 min**	**Sicherung und Bewertung der Anordnung 1** Die SuS sollen mit Hilfe des Arbeitsblatts die Vorstellung der Ausrichtung von Elementarmagneten während des Magnetisierens nachvollziehen. Anschließend sollen sie mit ihrem Nachbarn Gründe sammeln, warum das Modell keine Realität darstellen kann.	• Tippkarte
Klassengespräch **ca. 5 min**	**Kritikpunkte an der Anordnung 1** Mögliche Gründe dafür, dass das Modell keine Realität darstellen kann (vgl. auch Tipps auf Tippkarte 1): • Reihen von Elementarmagneten im Inneren der Eisenstange müssten sich abstoßen, das Material müsste deshalb unter Spannung o.ä. stehen. • Wäre eine Eisenstange aus Elementarmagneten aufgebaut, so müssten sie flexibel sein (Verschiebungen in den Reihen zulassen) bzw. sich unterschiedlich an der Oberfläche anfühlen, je nachdem, ob die Stange magnetisiert oder unmagnetisiert ist. Es ist wichtig zu betonen, dass diese und andere Gründe Hinweise darauf sind, dass das Modell keine Realität beschreibt. Es *sind* keine Elementarmagneten in der Stange, sondern man kann sich *vorstellen*, dass Elementarmagneten darin enthalten sind. Es ist bei den Überlegungen der SuS sorgfältig darauf zu achten, dass sie nicht etwa Kritik an der Darstellung üben, wie z. B. dass die Elementarmagneten viel kleiner sind und nur zu groß gezeichnet wurden oder aber, dass es „in Wirklichkeit“ viel mehr Elementarmagneten sein müssten. Die SuS könnten auch Fragen an das Modell entwickeln: • Wie sollen sich die Elementarmagneten im festen Eisen drehen? • Hat jedes Material Elementarmagneten (auch solche Materialien, die nicht magnetisierbar sind)?	

Zeit/ Sozial-/ Arbeitsform	Lehrperson (LP) – Schülerinnen und Schüler (SuS); Tafel (TA)	Material Medien
	• Gibt es im Vakuum Elementarmagneten? • Warum orientieren sich die Elementarmagneten nicht im unmagnetisierten Eisen schon aneinander? • Warum verschwindet die Ordnung der Elementarmagneten nicht wieder, sobald der Stabmagnet weg ist? **Im Unterricht geht es nicht darum, diese Fragen zu klären.** Das Ergebnis der Diskussion sollte sein, dass die *Vorstellung* von kleinen Magneten zwar zu Widersprüchen oder Unklarheiten führt, sie aber dennoch die bisher gemachte Beobachtung der Magnetisierung und auch andere Phänomene des Magnetismus, die später betrachtet werden sollen, erklären kann. **Ergebnis:** **Das Modell beschreibt gut die Beobachtung, dass ein Eisenstab nach dem Überstreichen mit einem Stabmagneten selbst magnetische Pole an seinen Enden hat.**	
Lehrervortrag (frontal) **ca. 3 min**	**Vorstellung des Modells der Elementarmagneten – „alternative" Anordnung**[2] Die Folie zeigt die alternative Anordnung der Elementarmagneten  LP *Es gibt nicht nur eine Möglichkeit, die Elementarmagneten anzuordnen. Man könnte sich die Anordnung der Elementarmagneten auch so vorstellen* (zeigt auf das Bild). *Auch diese Anordnung erklärt, dass ein eindeutiger Nord- und Südpol an den Enden des Eisenstabes entstanden ist. Genauso, wie wir es im Versuch beobachtet haben.* *Wichtig ist: Das Modell der Elementarmagneten und ihre Anordnung sagen nicht, wie die Magnetisierung eines Eisenstabs wirklich aussieht oder funktioniert, sondern nur, wie man es sich vorstellen kann.*	• OH-Folie „Das Modell der Elementarmagneten"
Einzel- und Partnerarbeit **ca. 3 min**	**Sicherung und Bewertung (Anordnung 2)** Die SuS sollen sich mit dem Aufbau des zweiten Modells auseinandersetzen. Anschließend sollen sie die zuvor im Klassenverband diskutierten Überlegungen zum Modellcharakter auf die zweite Anordnung beziehen.	• AB 1.2 „Das Modell der Elementarmagneten"

[2] Anregungen für diese alternative Anordnung wurden entnommen aus: Hees, B. (2008)

Zeit/ Sozial-/ Arbeitsform	**Lehrperson (LP) – Schülerinnen und Schüler (SuS); Tafel (TA)**	**Material Medien**
Klassengespräch (frontal) **ca. 3 min**	**Sammlung der Ergebnisse** Die von den SuS genannten Gründe sollten sinngemäß obige Überlegungen aufgreifen: Die Elementarmagneten sind keine Realität, weshalb ihre Darstellung nur andeuten soll, dass man sich Beobachtungen mit dem Modell erklärt. Dazu können die Elementarmagneten lang oder kurz, dick oder dünn, in kleiner oder großer Anzahl gezeichnet werden und müssen auch nicht ganz genau die Stange ausfüllen. Es sollte der Idee begegnet werden, dass eine Anordnung besser als die andere ist. Beide Anordnungen beschreiben, warum sich die Eisenstange magnetisieren lässt. Die Idee der Elementarmagneten sagt nicht eindeutig aus, wie man sich deren Anordnung vorstellen soll. So lange beide Anordnungen gleich gut Beobachtungen erklären, können sie auch für die Erklärung verwendet werden.	
Lehrervortrag **ca. 2 min**	**Überleitung Schülerversuch** LP *Jetzt sollt ihr den Versuch vom Anfang der Stunde selbst durchführen und noch durch einen weiteren Versuch ergänzen. Dabei sollt ihr überprüfen, ob man mit der Idee von den Elementarmagneten und ihrer Anordnung auch neue Beobachtungen erklären kann.*	
Gruppenarbeit **ca. 10 min**	**Magneten teilen** Die SuS sollen in Kleingruppengruppen einen (mit vorgeprägten Bruchkanten versehenen) Draht magnetisieren und dann zerteilen. Anschließend sollen sie die beiden entstandenen Teile daraufhin untersuchen, ob diese (noch) magnetisiert sind und ihre Polung (mit einer Magnetnadel) identifizieren und markieren. Die Ergebnisse werden auf einem Arbeitsblatt festgehalten und ausgewertet. Welches der beiden Modelle die SuS zur Deutung des Teilungsprozesses wählen, bleibt ihnen überlassen. [**Hinweis:** Die durch Überstreichen erreichbare Magnetisierung ist in der Regel sehr schwach und nicht lange/gut nachweisbar. Eisen in den Tischen bzw. elektromagnetische Felder im Klassenzimmer können den Nachweis deutlich erschweren. Zudem ist das Magnetisieren der Stange anspruchsvoll, weil diese sehr dünn ist. Es kann hilfreich sein, die Stange auf den Tisch zu legen und mit einem Finger zu fixieren, anstatt diese in der Hand zu halten.] [**Achtung:** Die SuS sollten daran erinnert werden, den Magneten etwas entfernt vom Kompass zu lagern.]	• ABs 2.1 und 2.2 „Magneten teilen“ • Stabmagnet AlNiCo • Knickdraht • roter und grüner Klebepunkt • Kompass • Lösungsblatt am Pult

Zeit/ Sozial-/ Arbeitsform	Lehrperson (LP) – Schülerinnen und Schüler (SuS); Tafel (TA)	Material Medien
Klassengespräch (frontal) **ca. 5 min**	**Sammlung/Auswertung** LP diskutiert die Lösungen an einer Folie mit Aufgabe 1 und 3. Wichtig ist, dass die SuS nicht die eine oder die andere Anordnung als die bessere identifizieren, sondern die Vor- und Nachteile beider Anordnungen in bestimmten Situationen erkennen. LP fasst zusammen: *In Wirklichkeit gibt es diese kleinen Elementarmagneten nicht. Wichtig ist aber, dass wir mit dem Modell erklären können, was wir beobachtet haben.* TA **Ein Modell ist eine Idee, die uns hilft Beobachtungen zu erklären.** (Merksatz bleibt an der Tafel angeschrieben, da die SuS ihn auf dem Arbeitsblatt „Magnetismus 5“ ergänzen sollen.) [**Hinweis:** Diese Definition beschränkt sich auf theoretische Modelle (Denkmodelle). Es gibt auch gegenständliche Modelle, die nicht zwingend einen Erklärungscharakter haben, sondern z. B. Größenordnungen oder die Funktion verdeutlichen sollen.]	• OH-Folie mit Lösungen zum AB 2.1 „Magneten teilen“
Gruppenarbeit **ca. 30 min**	**Anwendung des Elementarmagneten-Modells** Ziel dieses Praxisteils ist die Erhöhung der Sicherheit der SuS im Umgang mit Modellen zur Interpretation von Versuchsergebnissen. Sie sollen dazu selbst real und gedanklich experimentieren und ihre Beobachtung mit einer selbst gewählten Anordnung des Elementarmagneten-Modells begründen. Dazu gibt es eine Reihe von auf Karten notierten Aufgaben, die aus einem Pflichtteil und einem zusätzlichen Expertenteil für schnelle SuS besteht. [**Hinweis:** Die Sicherungsphasen sind in die Aufgaben integriert.]	• pro Grupppe – ein Satz Versuchskarten – zwei Stabmagneten AlNiCo, rot-grün markiert – Materialsatz aus Sequenz 1 mit Quadern, Stäben, Schrauben, Münze und Büroklammer – AB 3.1 und 3.2 „Arbeitsblatt zu den Versuchskarten“ • ca. 2–3-mal – Versuchskarten für Experten – Eisenstück (gleicher Querschnitt wie Stabmagnet AlNiCo)
Einzelarbeit **5 min**	SuS bearbeiten Zusammenfassung „Magnetismus 5“. (Als Hausaufgabe möglich, Merksatz muss jedoch auf jeden Fall von der Tafel übernommen werden.)	• Zusammenfassung M5 „Magnetismus 5“

Materialien

Benötigtes Versuchsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	1	Unmagnetisierte Eisenstange (z. B. Fahrradspeiche, Stricknadel oder Knickdraht) zum Magnetisieren
	1	Stabmagnet AlNiCo, rot-grün markiert
	1	Kompass (vorher die Polung kontrollieren und evtl. umpolen) [falls vorhanden: alternativ große Magnetnadel]
Materialsatz pro 3er-Gruppe (für alle Gruppen notwendig)		
✓	**Stückzahl**	**Material**
	je 1	Materialien Schülerversuche „Magneten teilen“: Vorgekerbter Draht [Knickdraht], Stabmagnet AlNiCo, rot-grün markiert, Kompass (vorher die Polung kontrollieren und evtl. umpolen), Klebepunkt (rot und grün)
	1	Kartensatz für Versuche zum Modell der Elementarmagneten
	2 1	Materialien Versuchskarten: Stabmagneten AlNiCo, rot-grün markiert Materialsatz aus Sequenz 1 mit Quadern, Stangen, Schrauben, Münze, Büroklammer
Expertensätze (am Pult zusammen bereitlegen)		
	je 2 – 3	Kartensatz für Expertengruppen Eisenstück, maximal halb so lang wie Stabmagnet

Benötigte Lehrerdokumente

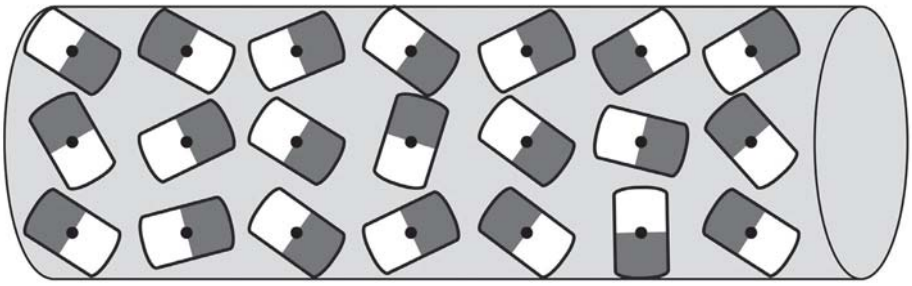
✓	Stückzahl	Dokument
	1	OH-Folie „Das Modell der Elementarmagneten“
	1	OH-Folie mit Lösungen zum Arbeitsblatt 2.2 „Magneten teilen“
	3	Tippkarte
	3	Lösungsblatt zum Arbeitsblatt 2.1 „Magneten teilen“

Benötigte Arbeitsblätter

✓	Stückzahl	Arbeitsblatt
	alle SuS	AB 1.1 und 1.2 „Das Modell der Elementarmagneten“
	alle SuS	AB 2.1 und 2.2 „Magneten teilen“
	alle SuS	AB 3.1 und 3.2 „Arbeitsblatt zu den Versuchskarten“
	variabel	AB 3.3 „Arbeitsblatt zum Expertenteil“
	alle SuS	AB Zusammenfassung M 5 „Magnetismus 5“

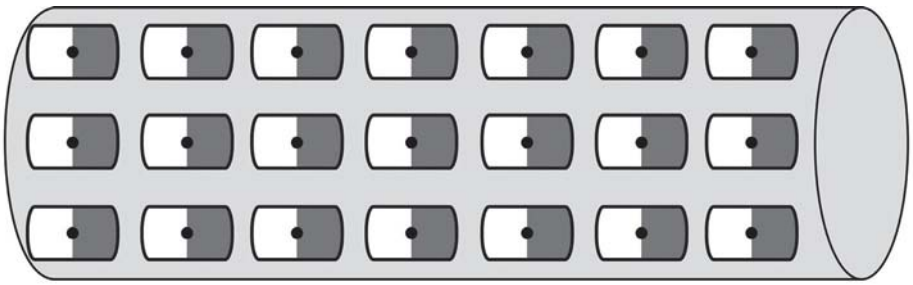
Das Modell der Elementarmagneten

Modell einer nicht magnetisierten Eisenstange

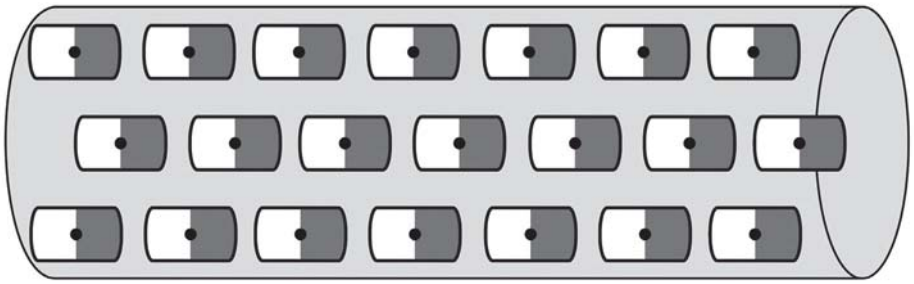


Anordnung der Elementarmagneten nach der Magnetisierung

Anordnung 1

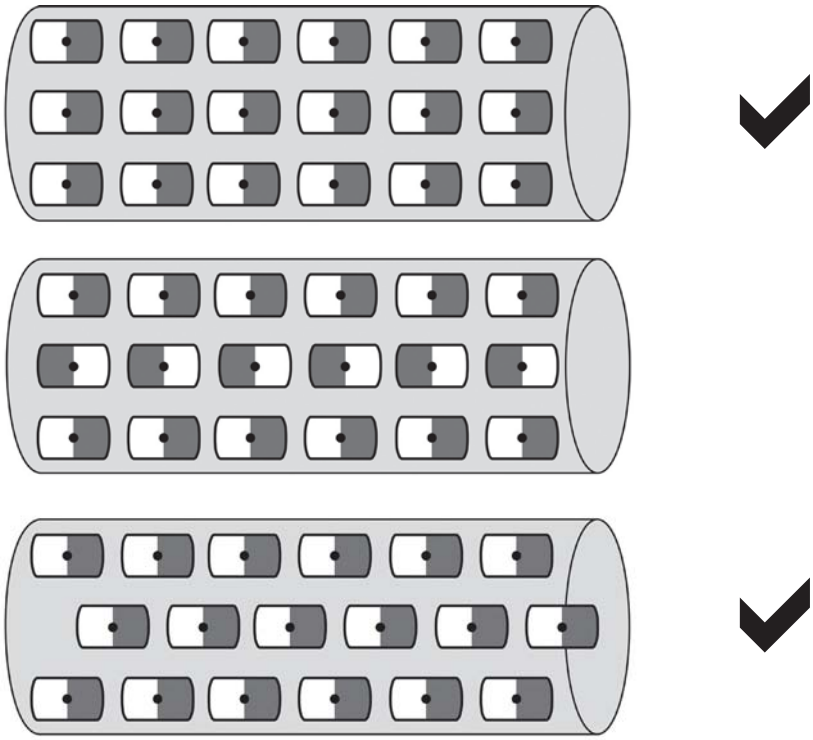


Anordnung 2

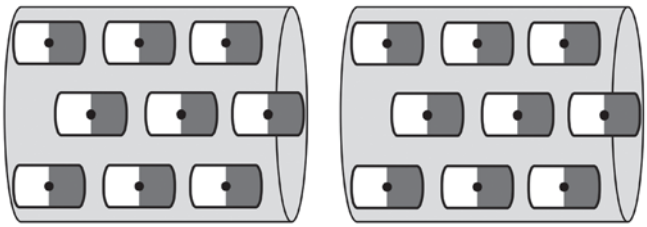


Lösungen zu Arbeitsblatt 2.2 „Magneten teilen“

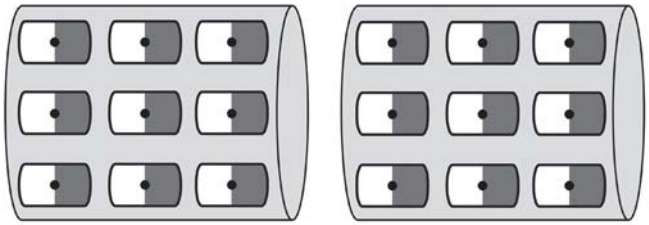
Aufgabe 6



Aufgabe 8



oder



Lösungsblatt

Tippkarte

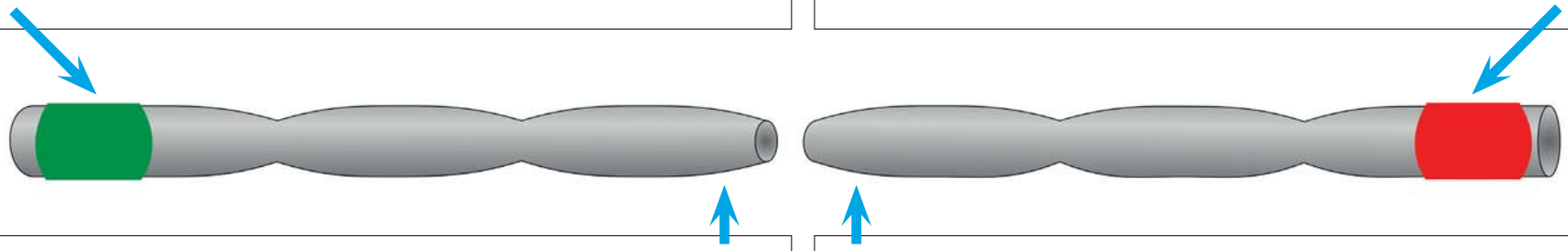
Jeweils ca. dreimal zur kurzzeitigen Mitnahme an den Platz auf festem Papier ausdrucken

Lösung zu Aufgabe 5 – Arbeitsblatt 2.1 „Magneten teilen“

Was passiert mit den Polen eines Magneten, wenn er zerteilt wird?

- ☐ Der in Grün markierte Südpol ist jetzt ein Nordpol.
- ☐ Der in Grün markierte Südpol ist gar kein magnetischer Pol mehr.
- ☒ Der in Grün markierte Südpol ist ein Südpol geblieben.

- ☐ Der in Rot markierte Nordpol ist jetzt ein Südpol.
- ☐ Der in Rot markierte Nordpol ist gar kein magnetischer Pol mehr
- ☒ Der in Rot markierte Nordpol ist ein Nordpol geblieben.



- ☐ An dieser Stelle ist ein Südpol entstanden.
- ☐ An dieser Stelle ist gar kein magnetischer Pol.
- ☒ An dieser Stelle ist ein Nordpol entstanden.

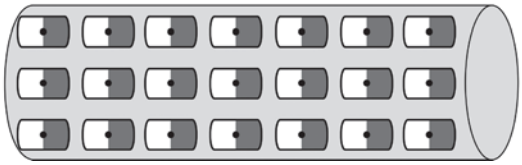
- ☒ An dieser Stelle ist ein Südpol entstanden.
- ☐ An dieser Stelle ist gar kein magnetischer Pol.
- ☐ An dieser Stelle ist ein Nordpol entstanden.

Ergebnis: Aus einem großen Magneten sind zwei neue Magneten geworden.

Tippkarte

Überlegung 1:

Stellt euch vor, ihr würdet Magneten wie im Modell abgebildet in Reihen **eng** nebeneinander auf den Tisch legen.
Was würde passieren?
Was müsste also mit der Eisenstange passieren?



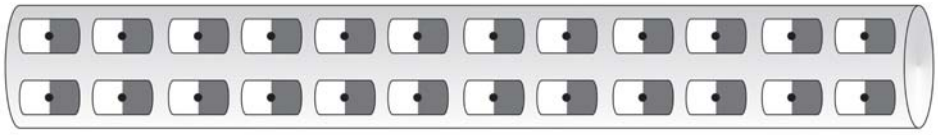
Überlegung 2:

Wie müsste sich die Eisenstange anfühlen, wenn sie aus beweglichen, drehbaren Elementarmagneten bestehen würde?

Überlegung 3:

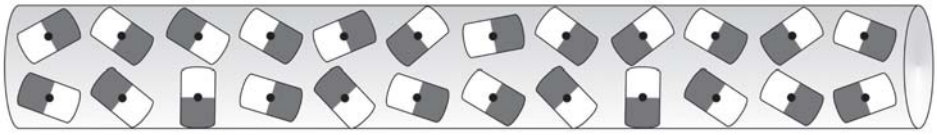
Überlegt, wie sich die **Oberfläche** der Eisenstange anfühlen müsste, wenn sie

a) magnetisiert ist



oder

b) **nicht** magnetisiert ist.



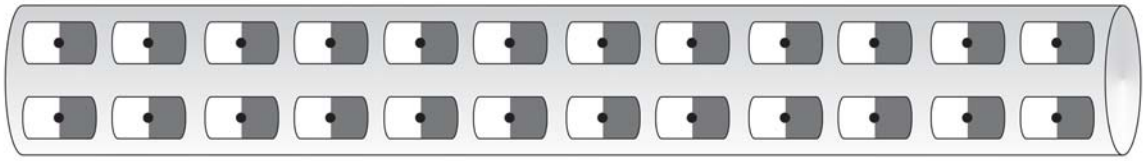
Denkt jetzt noch mal über die Aufgabe 3 von eurem Arbeitsblatt 1.1 nach:
Warum kann es nicht sein, dass es die Elementarmagneten als kleine Magneten in einer magnetisierten Eisenstange wirklich gibt?

Versuchskarten „Elementarmagneten“

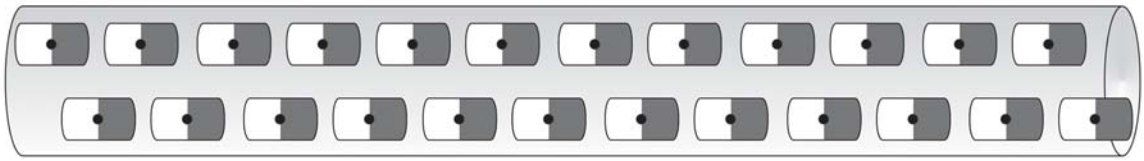
je Gruppe ein Satz Versuchskarten

KARTE 1

Ihr habt bereits einen Draht durch Überstreichen mit einem Stabmagneten magnetisiert.
Man kann sich vorstellen, dass sich die Elementarmagneten beim Entlangstreichen geordnet haben.
Etwa so:



Oder so:



Überlegt gemeinsam:
Wo ist der Nord- und wo der Südpol der magnetisierten Drähte?

KARTE 2

Durch Erschütterung, wie bei einem festen Schlag,
verliert der Eisenstab seine magnetische Wirkung wieder.
Er kann also die Magnetnadel nicht mehr anziehen.

Überlegt gemeinsam:
Wie kann man sich vorstellen, was mit den Elementarmagneten durch die Erschütterung passiert ist?

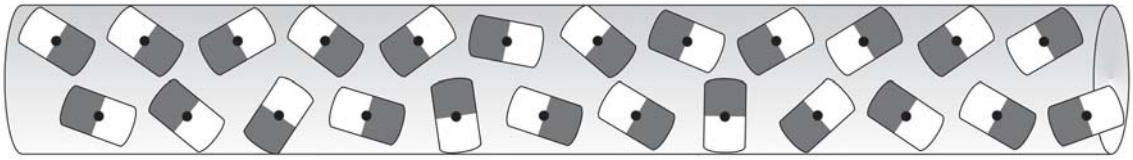
Tipp: Denkt daran, dass man sich die Elementarmagneten im Eisen als drehbar vorstellen kann.

➔ **Bearbeitet jetzt Aufgabe 1 auf eurem Arbeitsblatt zu den Versuchskarten.**

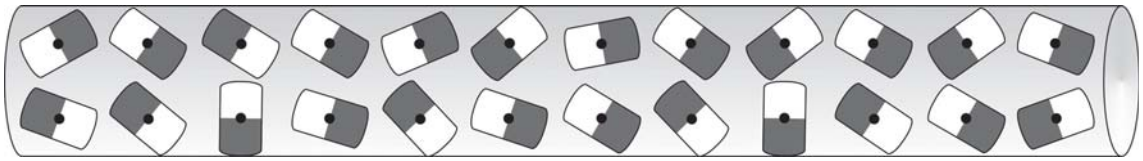
KARTE 3

Was passiert, kann man sich so vorstellen:
Durch einen Aufprall verlieren die drehbaren Elementarmagneten ihre Ordnung wieder.
Die Pole, die sich an den Enden des Drahtes gebildet hatten, sind wieder verschwunden.

Variante 1:



Variante 2:



➔ **Prüft: Habt ihr auf eurem Arbeitsblatt richtig angekreuzt?**

KARTE 4

Der magnetisierte Draht würde seine magnetische Wirkung auch verlieren, wenn man ihn mit einem Brenner erhitzt.

Überlegt gemeinsam:
Wie kann man sich vorstellen, dass die Hitze auf die drehbaren Elementarmagneten wirkt?

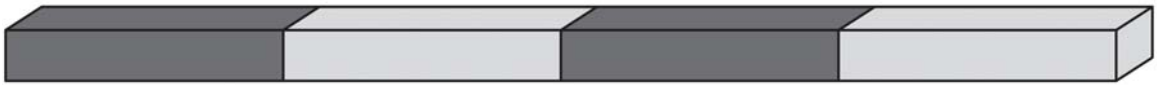
KARTE 5

Im Modell stellt man sich vor, dass die Hitze bewirkt, dass die Elementarmagneten ihre Ordnung verlieren. Die Stange hat keinen eindeutigen Nord- und Südpol mehr und deshalb auch keine magnetische Wirkung.

KARTE 6

Genauso, wie man einen Magneten in zwei Magneten zerteilen kann, kann man auch zwei Magneten zu einem zusammenfügen.

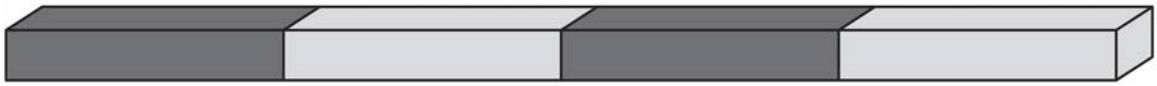
Zum Beispiel so:



➔ **Bearbeitet jetzt Aufgabe 2 auf eurem Arbeitsblatt zu den Versuchskarten.**

KARTE 7

Überprüft eure Überlegung vom Arbeitsblatt. Legt dazu zwei Stabmagneten hintereinander, sodass sie sich anziehen.



Überlegt euch selbst Experimente, mit denen ihr herausfindet, wo die zusammengefügten Stabmagneten die stärkste Anziehung haben. Ihr dürft alle Materialien aus der Kiste verwenden.

KARTE 8

➔ **Schaut jetzt nochmal auf euer Arbeitsblatt. Bleibt ihr bei eurer Antwort zu Aufgabe 2?**

Wenn ihr euch jetzt für eine andere Antwort entscheiden würdet, dann unterstreicht die richtige Antwort mit einem farbigen Stift.

KARTE 9

Tatsächlich ist die **dritte** Antwort richtig.
Es entsteht ein neuer, großer Magnet mit einem Nordpol und einem Südpol an den Enden. An den verbundenen Stellen in der Mitte zieht der Magnet auch noch ein bisschen an, aber nicht mehr sehr stark.

Habt ihr eine Idee, wie man sich die Anordnung von Elementarmagneten in einem Magneten vorstellen kann?

KARTE 10

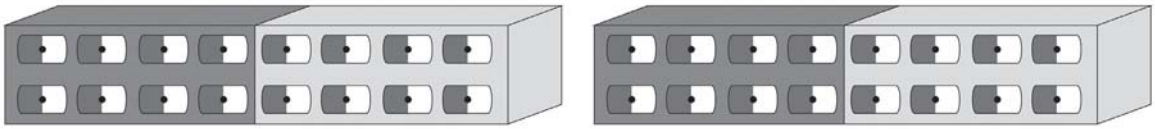
Man kann sich vorstellen, dass sich auch ein Stabmagnet mithilfe des Modells der Elementarmagneten erklären lässt.
Bei einem Stabmagneten stellt man sich vor, dass die Elementarmagneten nicht so leicht drehbar sind wie bei der Eisenstange.
Man braucht also einen sehr starken Magneten oder eine sehr starke Erschütterung, um ihre Ordnung zu ändern.

➔ **Bearbeitet jetzt Aufgabe 3 auf eurem Arbeitsblatt zu den Versuchskarten.**

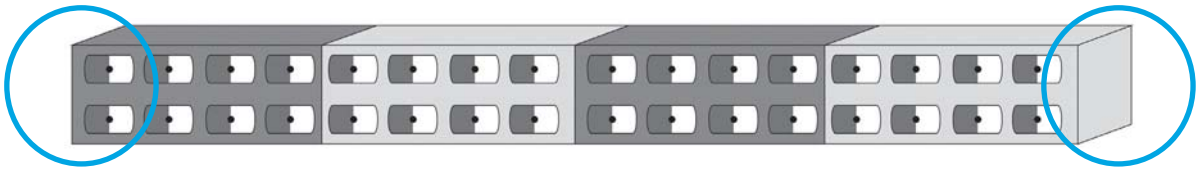
KARTE 11

Man erklärt mit dem Modell der Elementarmagneten:
Beim Zusammenfügen sind die Pole in der Mitte verschwunden.
Es existieren eigentlich nur noch zwei Pole an den Enden.

Vor dem Zusammenfügen:



Nach dem Zusammenfügen:



KARTE 12

➔ **Vergleicht die Zeichnungen mit euren Zeichnungen in Aufgabe 3 auf dem Arbeitsblatt 3.2.**
(Die dunkelgraue Hälfte entspricht der Nordhälfte der Elementarmagneten.)

KARTE 13

Ihr solltet zwei Dinge im Versuch beobachtet haben:

1) Nach dem Verbinden existieren Pole an den Enden.
2) Nach dem Verbinden zeigen die Pole in der Mitte nur noch eine schwache magnetische Wirkung.

Überlegt gemeinsam:
Welche dieser Beobachtungen erklärt das Modell gut?
Welche Beobachtung erklärt es nicht so gut?

KARTE 14

Das Modell erklärt gut die Beobachtung, dass starke Pole an den Enden existieren.

Das Modell erklärt nicht, dass die Pole in der Mitte auch noch eine schwache anziehende Wirkung zeigen.

KARTE 15

Ihr seid jetzt mit dem Hauptteil der Versuche fertig.
Wenn noch Zeit ist, fragt eure Lehrerin oder euren
Lehrer nach Zusatzaufgaben für Experten.

EXPERTENKARTE 1

Holt euch das Eisenstück und eine Schraube.
Probiert aus, ob sich das Eisenstück und
die Schraube anziehen.

EXPERTENKARTE 2

Weder das Eisenstück noch die Schraube sind dauerhafte Magneten.
Sie sollten sich deshalb **nicht** angezogen haben.

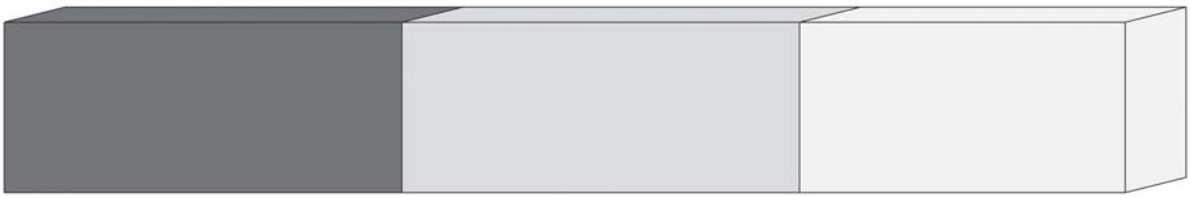
Nehmt nun den Stabmagneten dazu.

Überlegt gemeinsam, bevor ihr es ausprobiert:
Werden sich Stabmagnet und Eisenstück anziehen?

Probiert es aus.

EXPERTENKARTE 3

Verbindet Eisenstück und Stabmagneten wie hier abgebildet miteinander:



Überlegt gemeinsam, bevor ihr es ausprobiert:
Wenn ihr die Schraube an das rechte Ende des Eisenstücks haltet, wird diese
1) angezogen und am Eisen hängenbleiben **oder**
2) nicht angezogen und zu Boden fallen?

Probiert es aus.

EXPERTENKARTE 4

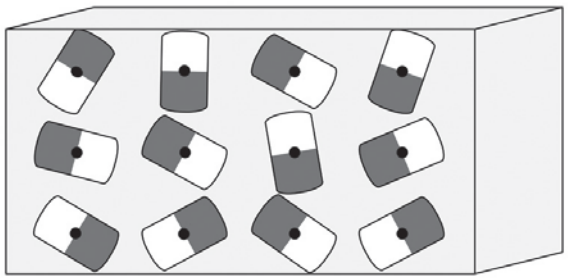
Ihr solltet beobachtet haben, dass die Schraube am Eisenstück hängengeblieben ist.

Durch die Verbindung mit dem Magneten muss also etwas mit dem Eisenstück passiert sein. Denn jetzt ist auch dieses magnetisiert.

EXPERTENKARTE 5

Auch beim Eisenstück kann man sich vorstellen, dass dessen magnetische Eigenschaft mithilfe des Modells der Elementarmagenten erklärt werden kann.

Die Vorstellung ist, dass die Elementarmagneten wie beim Draht zunächst vollkommen ungeordnet sind. Sie liegen also kreuz und quer im Eisenstück.



➔ **Bearbeitet jetzt die Aufgaben 4 und 5 auf eurem Arbeitsblatt zu den Expertenkarten.**

EXPERTENKARTE 6

Wenn das Eisenstück in die Nähe des Stabmagneten kommt, kann man sich vorstellen, dass die drehbaren Elementarmagneten durch den Stabmagneten alle in dieselbe Richtung gedreht werden.

Variante 1:

Variante 2:

➔ **Vergleicht die Zeichnungen mit der auf eurem Arbeitsblatt zu den Expertenkarten.**
Bearbeitet jetzt Aufgabe 6 auf eurem Arbeitsblatt.

EXPERTENKARTE 7

Das Eisenstück hat durch die Anordnung der Elementarmagneten jetzt einen eindeutigen Nord- und Südpol. Er kann deshalb, wie ein Magnet, die Schraube anziehen.

Wenn ihr noch nicht ganz verstanden habt, warum das Eisenstück die Schraube anziehen konnte, blättert noch einmal eine Karte zurück.

Sucht auf der Karte, wo der Nord- und wo der Südpol des Eisenstückes sind.

Arbeitsblätter für die Schülerinnen und Schüler

Das Modell der Elementarmagneten

Aufgabe 1:

Die Bilder unten zeigen, wie man sich vorstellen kann, dass ein Stabmagnet eine Eisenstange magnetisiert. Nummeriert die Bilder in der richtigen Reihenfolge.

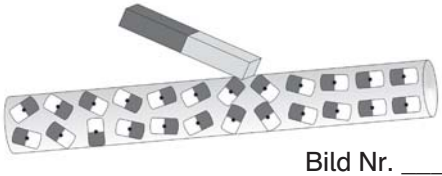


Bild Nr. ___

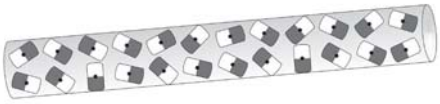


Bild Nr. ___

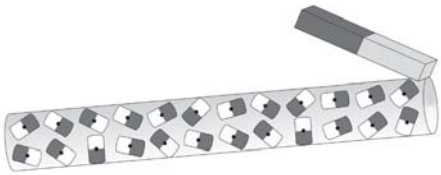


Bild Nr. ___

Bild Nr. ___

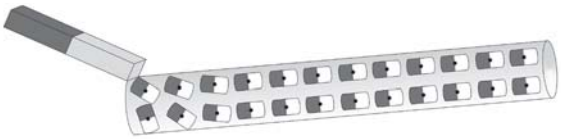
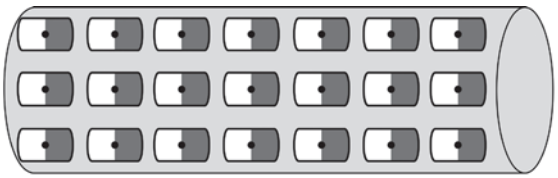


Bild Nr. ___

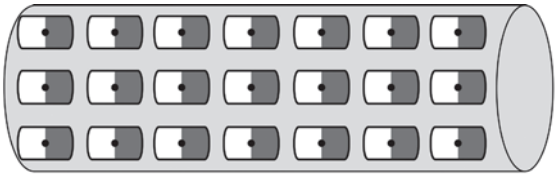
Aufgabe 2:

Das Bild zeigt, wie man sich die Anordnung von Elementarmagenten in einer magnetisierten Eisenstange vorstellen kann. Wo hat die magnetisierte Eisenstange ihren Nord- und Südpol? Kreist die Stellen rot und grün ein.



Aufgabe 3:

Das Modell von den Elementarmagneten im Inneren der Eisenstange ist etwas, das nur in unseren Gedanken besteht. In Wirklichkeit gibt es die Elementarmagneten nicht.
Überlegt euch Gründe, warum es die beweglichen Elementarmagneten aus der Zeichnung rechts nicht wirklich geben kann. Schreibt eure Überlegungen auf.



Die rechts abgebildeten Elementarmagneten kann es nicht wirklich geben, weil

_____

_____

_____

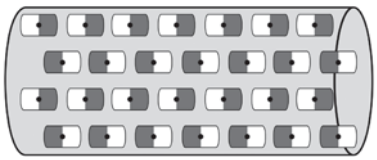
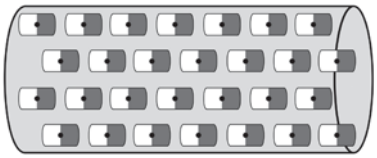
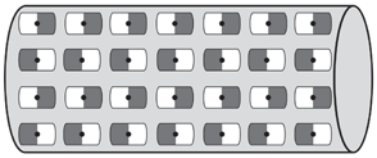
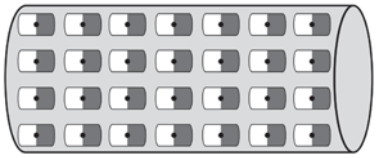
_____

Wenn euch keine Gründe einfallen, dann schaut auf die Tippkarte am Pult.

Das Modell der Elementarmagneten

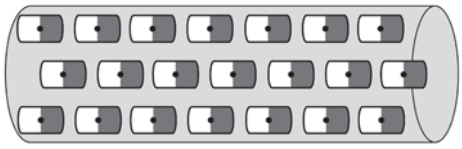
Aufgabe 4:

Kreuzt alle Anordnungen an, die erklären würden, dass die magnetisierte Eisenstange einen eindeutigen Nord- und Südpol hat.

Eindeutige Pole?		
Ja	**Nein**	
☐	☐	
☐	☐	
☐	☐	
☐	☐	

Aufgabe 5:

In dem rechten Bild sieht es so aus, als würde ein Elementarmagnet aus der Eisenstange herausgucken. Das macht aber nichts.
Schreibt mindestens einen Grund auf, warum das Herausgucken kein Problem ist:



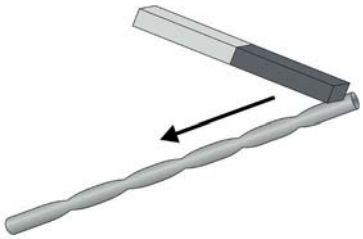
_____

_____

_____

Magneten teilen

Was passiert, wenn man einen Magneten zerteilt?



Aufgabe 1:

Streicht zehnmal **in einer Richtung** mit dem Stabmagneten über den

Überprüft anschließend, ob der Draht jetzt magnetisiert ist.

Aufgabe 2:

Findet mit einer Magnetnadel heraus, wo der magnetisierte Draht seinen Nord- und seinen Südpol hat.
Markiert den Nordpol mit einem roten, den Südpol mit einem grünen Klebepunkt.

Aufgabe 3:

Überlegt gemeinsam:
Wenn ihr den magnetisierten Draht nun in der Mitte zerteilen würdet, was würde passieren?

- ☐ Aus dem Magneten sind jetzt zwei Magneten geworden.
- ☐ Die beiden kaputten Teile sind keine Magneten mehr.
- ☐ Nur noch ein Teil ist ein Magnet, der andere Teil nicht mehr.
- ☐ Der eine Teil zieht Nordpole an, der andere stößt Nordpole ab, zieht aber Südpole an.
- ☐ Jeder Teil hat nur noch ein Ende, an dem er Nägel anzieht.

Aufgabe 4:

Zerteilt nun den Draht und untersucht mit der Magnetnadel, ob die beiden Hälften Magneten sind oder nicht.

Aufgabe 5:

Kreuzt an, zu welchem Ergebnis ihr gekommen seid.

- ☐ Der in Rot markierte Nordpol ist jetzt ein Südpol.
- ☐ Der in Rot markierte Nordpol ist gar kein magnetischer Pol mehr.
- ☐ Der in Rot markierte Nordpol ist ein Nordpol geblieben.

- ☐ Der in Grün markierte Südpol ist jetzt ein Nordpol.
- ☐ Der in Grün markierte Südpol ist gar kein magnetischer Pol mehr.
- ☐ Der in Grün markierte Südpol ist ein Südpol geblieben.

- ☐ An dieser Stelle ist ein Südpol entstanden.
- ☐ An dieser Stelle ist gar kein magnetischer Pol.
- ☐ An dieser Stelle ist ein Nordpol entstanden.

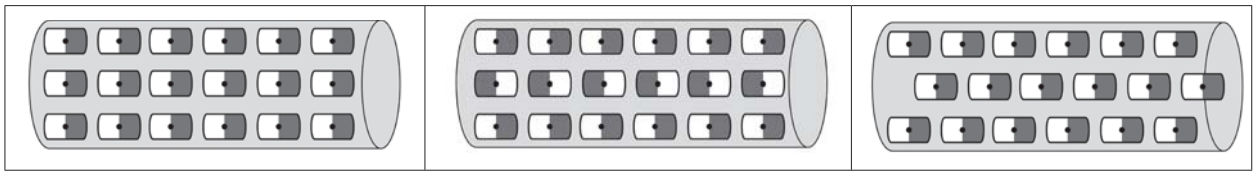
- ☐ An dieser Stelle ist ein Südpol entstanden.
- ☐ An dieser Stelle ist gar kein magnetischer Pol.
- ☐ An dieser Stelle ist ein Nordpol entstanden.

Überprüft eure Ergebnisse mit der Lösungskarte auf dem Lehrerpult.

Begründung der Beobachtungen mithilfe des Modells der Elementarmagneten

Aufgabe 6:

Welches der Bilder zeigt, wie man sich eine mögliche Anordnung von Elementarmagneten im von euch magnetisierten Draht vorstellen kann?
Macht ein ✔ neben das jeweilige Bild.
Umkreist in den Bildern mit ✔ die Pole richtig in Rot und Grün!

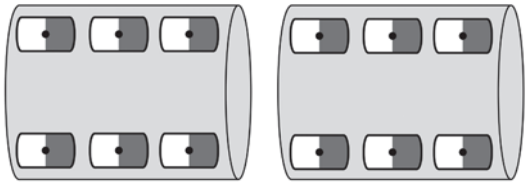


Aufgabe 7:

Zeichnet in eines der mit ✔ gekennzeichneten Bilder eine Teilungslinie ein, wo man den magnetisierten Draht zerschneiden könnte.
Denkt daran, dass man sich vorstellt, dass Elementarmagneten sehr klein sind.

Aufgabe 8:

Wie kann man sich die Anordnung der Elementarmagneten im zerteilten magnetisierten Draht vorstellen? Ergänzt die in der Mitte fehlende Reihe. **Zeichnet nur grob**. Ihr könnt einen Strich an die passende Stelle malen und an einem Ende mit einem roten Punkt versehen.



Aufgabe 9:

Kennzeichnet jetzt noch mit roter und grüner Farbe die Pole der beiden Drahtstücke.

Aufgabe 10:

Stellt euch vor, ihr hättet den Draht **nicht** genau in der Mitte geteilt, wie es die Zeichnung andeutet. Würde sich die Anordnung der Pole bei den Teilstücken am Ende verändern, wenn ihr an einer anderen Stelle teilt?

☐ **Nein**, die Anordnung würde sich nicht ändern, weil

_____

_____

☐ **Ja**, die Anordnung kann sich ändern, weil

_____

_____

Arbeitsblatt zu den Versuchskarten

Aufgabe 1:

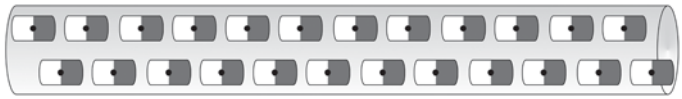
a) Stellt eine Vermutung auf, wie man sich die Anordnung der drehbaren Elementarmagneten vorstellen müsste, wenn der Stab erschüttert wird.

_____

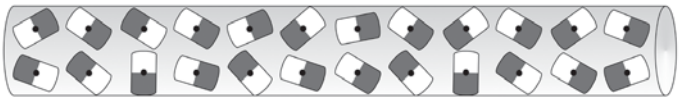
_____

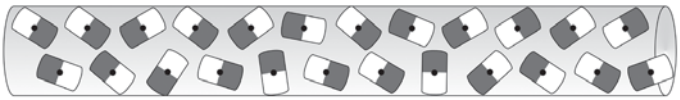
_____

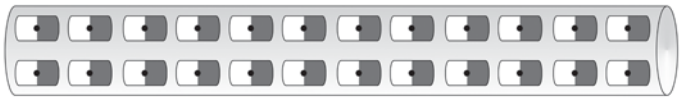
b) Kreuzt an, wie man sich die Anordnung der Elementarmagenten des Drahts nach der Erschütterung vorstellen kann. (Es können mehrere Varianten richtig sein!)

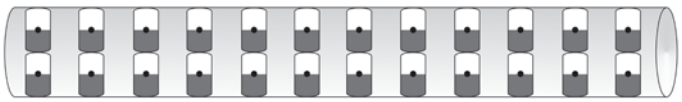
☐ 

☐

☐ 

☐ 

☐ 

☐ 

Aufgabe 2:

Kreuzt an, was vermutlich passiert, wenn man zwei Stabmagneten so hintereinander hält, dass sie sich anziehen.

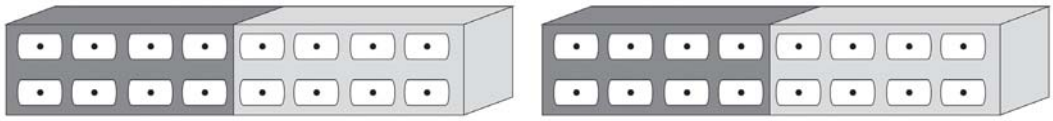
☐ Die Magneten verlieren ihre magnetische Wirkung.

☐ Da, wo die beiden Magneten sich berühren, entsteht ein stark wirkender Pol. Es entsteht also ein Magnet mit drei Polen. Zwei an den Enden und einem starken in der Mitte.

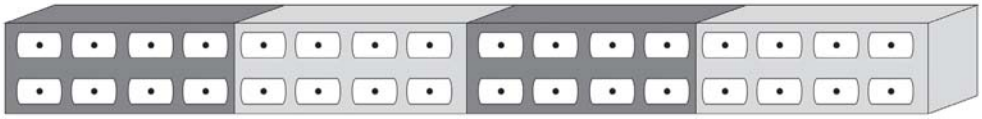
☐ Da, wo die beiden Magneten sich berühren, ist nur noch wenig magnetische Wirkung zu beobachten. Es entsteht also ein neuer, großer Magnet mit zwei Polen.

Aufgabe 3:

a) Unten seht ihr Modelle der beiden Stabmagneten, bevor sie zu einem großen Magneten zusammengefügt wurden.
Es sind schon Elementarmagneten eingezeichnet, aber ohne farbige Markierung.
Markiert mit einem roten Stift die **Nordhälfte** der Elementarmagneten.



b) Unten seht ihr das Modell nach der Verbindung der beiden Stabmagneten.
Markiert auch hier die Nordhälfte der Elementarmagneten.



c) Betrachtet die Zeichnung in b) genau:
Wie viele Pole könnt ihr bei dem zusammengefügten Magneten erkennen?
Kreist sie ein.

Arbeitsblatt zum Expertenteil

Aufgabe 4:

Versucht mithilfe der Elementarmagneten zu erklären, warum das Eisenstück allein die Schraube nicht anziehen kann.

Das Eisenstück allein kann die Schraube nicht anziehen,

weil die Elementarmagneten _____ sind.

Aufgabe 5:

a) Stellt eine Vermutung auf, was mit den drehbaren Elementarmagneten des Eisenstückes passiert, wenn sie in die Nähe des Stabmagneten kommen.

Die Elementarmagneten

b) **Versucht grob zu zeichnen, wie man sich die Anordnung der Elementarmagneten beim Eisenklotz vorstellen muss, wenn das Eisenstück am Magneten hängt.** (Zeichnet höchstens **sechs** Elementarmagneten ein.)

Stabmagnet Eisenstück

Aufgabe 6:

Versucht zu erklären, warum das Eisenstück die Schraube jetzt anziehen kann.

Magnetismus 5

Das Modell der Elementarmagneten

Aufgabe 1:

Ergänze den Merksatz von der Tafel:

Merke: _____

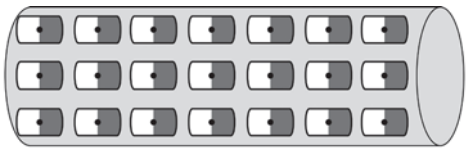
_____

_____

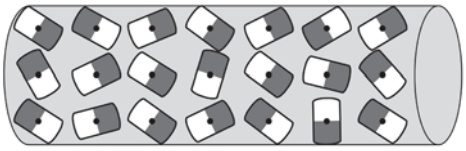
_____

Aufgabe 2:

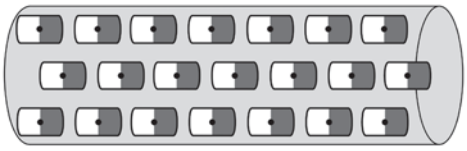
Unten siehst du Möglichkeiten, wie man sich die Anordnungen von Elementarmagneten in einer Eisenstange oder einem runden Stabmagneten vorstellen kann.
Verbinde die Zeichnungen mit den dazu passenden Aussagen rechts.
Achtung: Es kann auch doppelte Verbindungen zu Aussagen oder Zeichnungen geben.



So kann man sich die Anordnung von Elementarmagneten für eine Eisenstange vorstellen, wenn die Stange magnetisiert ist und Nägel oder Büroklammern anzieht.



So kann man sich die Anordnung von Elementarmagneten für einen dauerhaften Magneten vorstellen (solange der Magnet eine magnetische Wirkung hat).



So kann man sich die Anordnung von Elementarmagneten für eine Eisenstange vorstellen, wenn sie **nicht** magnetisiert ist.

Aufgabe 3:

Kreuze an, welche Aussage über ein Modell richtig ist.

☐ Ein Modell zeigt genau, wie etwas in Wirklichkeit aussieht oder funktioniert. Genauso wie im Modell ist es auch in der Realität.

☐ Ein Modell sagt nicht, wie etwas wirklich aussieht oder funktioniert, sondern nur, wie man es sich vorstellen kann.

☐ Ein Modell ist immer genauso wie das Original, nur kleiner.

Sequenz 5: Der Elektromotor

Zeitrahmen: 90 Minuten

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler …[1] • benennen Bestandteile eines Elektromagneten und Bedingungen seiner Funktion (IK 10).	Ein regelmäßig aufgewickelter Draht wird als Spule bezeichnet. Spulen können sich z. B. in Länge, Durchmesser, Windungszahl und in der Art des aufgewickelten Drahtes unterscheiden. Befindet sich ein Gegenstand im Inneren der Spule, so wird dieser als Kern bezeichnet. Eine stromdurchflossene Spule zieht Materialien an, die auch von einem Permanentmagneten angezogen werden. Eine stromdurchflossene Spule besitzt einen magnetischen Nord- und Südpol. Die magnetischen Pole befinden sich an den Öffnungen der Spule. Die Lage von Nord- und Südpol vertauscht sich, wenn die elektrischen Anschlüsse einer stromdurchflossenen Spule vertauscht werden. Stromdurchflossene Spulen werden aufgrund ihrer magnetischen Eigenschaften als Elektromagneten bezeichnet.
• leiten Vor- und Nachteile von Elektromagneten im Vergleich zu Stabmagneten ab (IK 10).	Im Gegensatz zu einem Permanentmagneten kann man die magnetische Wirkung eines Elektromagneten ausschalten, indem man seine elektrischen Anschlüsse von der Batterie (Spannungsquelle) trennt.
• geben typische Einsatzmöglichkeiten von Elektromagneten an (IK 10).	Elektromotoren sind in vielen Geräten des täglichen Lebens zu finden.
• beschreiben den Aufbau und die Funktionsweise eines einfachen Elektromotors.	Ein einfacher Elektromotor besteht aus einem drehbar gelagerten Elektromagneten, der an eine Batterie (Spannungsquelle) angeschlossen ist, und einem Permanentmagneten. Ein drehbar gelagerter Elektromagnet kommt zum Stillstand, wenn sich ungleiche magnetische Pole gegenüberstehen. Eine kontinuierliche Rotation des Elektromagneten wird erreicht, indem zu spezifischen Zeitpunkten in der Rotation der Kontakt mit der Batterie (Spannungsquelle) unterbrochen wird. Dies kann mithilfe eines Schalters oder eines Klebebandes geschehen. Der elektrische Kontakt muss immer dann unterbrochen werden, wenn die Anziehung ungleicher magnetischer Pole die Drehung einer Spule abbremsen würde.

[1] *kursiv*: Kompetenz/konzeptuelles Wissen wird aus der Grundschule wieder aufgegriffen; hellgrau: Kompetenz/konzeptuelles Wissen wird nicht umfassend thematisiert bzw. nicht für alle Schülerinnen und Schüler angestrebt

Kurzbeschreibung der Stunde:

Zu Beginn der Stunde werden der Aufbau von Spulen und deren Eigenschaften vorgestellt. Anhand von Schülerversuchen wird anschließend für eine stromdurchflossene Spule die anziehende Wirkung auf Eisen und die Lage der magnetischen Pole erarbeitet sowie die Bezeichnung „Elektromagnet“ eingeführt. Es folgt der schrittweise Aufbau eines funktionsfähigen Elektromotormodells durch die Schülerinnen und Schüler. Dabei wird durch im Lernmaterial angelegte, aufeinander aufbauende Überlegungen und Versuche zur Anziehung und Abstoßung zwischen einem drehbar gelagerten Elektromagneten und einem Permanentmagneten die Funktionsweise des Motors erarbeitet.

Organisatorischer Hinweis:

Die Stunde wird fast vollständig über Eigenaktivität der Schülerinnen und Schüler strukturiert. Sie erfordert jedoch, dass die Schülerinnen und Schüler eine vergleichsweise große Menge an Text selbstständig bewältigen können.

Kurzübersicht über den Ablauf:

Dauer	Kurzbeschreibung	Raum für eigene Kommentare
ca. 5 min	Austeilen der Materialien und organisatorische Hinweise (sorgfältiges Lesen, Sicherheitshinweise, Tipp- und Hilfekarten an der Tafel)	
ca. 70 min (ggf. verlängern)	Eigenständiges Bearbeiten der Arbeitsblätter und Durchführen der Versuche durch die Schülerinnen und Schüler. Unterstützung der SuS bei den Versuchen durch die Lehrkraft.	
ca. 5 min	Gemeinsames Besprechen des Arbeitsblatts „Magnetismus 6“	
ca. 10 min (ggf. kürzen/streichen)	Optional, je nach benötigter Zeit für die Versuche: Abschließendes Quiz zu den Inhalten des Themenfeldes Magnetismus	

Verlaufsplanung

Da die Stunde kaum äußere Strukturierung erfordert, enthält der Verlaufsplan vor allem Hinweise zu den Stellen des Materials, an denen Schwierigkeiten bei den Schülerinnen und Schülern auftreten könnten und eventuell vermehrt Unterstützung durch die Lehrkraft benötigt wird.

Zeit, Sozial-/ Arbeitsform	**Lehrperson (LP) – Schülerinnen und Schüler (SuS); Tafel (TA)**	**Material Medien**
Klassen-gespräch **ca. 5 min**	LP weist darauf hin, dass heute überwiegend selbstständig gearbeitet wird und es dazu wichtig ist, die Aufgaben in den Gruppen genau vorzulesen und die Sicherheitshinweise zu beachten. Weist auf die Tipp- und Hilfekarten an der Tafel hin und teilt das Versuchsmaterial aus.	• pro Gruppe: Materialsatz (s. Materialliste)
Gruppenarbeit **ca. 70 min**	SuS bearbeiten die Arbeitsblätter und führen die Versuche durch. LP geht in der Klasse herum und hilft ggf. bei den Versuchen. Auf folgende Punkte ist dabei insbesondere zu achten: **Arbeitsblatt 2.1 „Elektromagnet“** • Überprüfen, ob die SuS den Schalter einbauen und diesen nach den Versuchen immer wieder öffnen. • [**Hinweis:** Statt eines Schalters kann der Stromkreis an einer Stelle geöffnet und an den freien Enden der Kabel Krokodilklemmen befestigt werden, die statt des Schließens des Schalters ineinander verhakt werden. Aufgrund der Wärmeentwicklung im Dauerbetrieb sollten hier nur Klemmen mit Isolierung verwendet werden.] • Ggf. darauf hinweisen, dass die Nägel in die Öffnung der Spule gehalten werden müssen, damit sie an dem Elektromagneten hängen bleiben. **Arbeitsblatt 3.1 „Elektromotor“:** • Darauf achten, dass die Stifte der drehbar gelagerten Spule Kontakt zum Lochblech haben (s. Blatt „Hinweise zum Versuchsmaterial“) • Ggf. den SuS dabei helfen, die Spule mit dem Permanentmagneten in Rotation zu versetzen. **Arbeitsblatt 3.2 „Elektromotor“:** • Prüfen, ob die SuS den Scheibenmagnet eingelegt haben.	• alle ABs für die SuS • Lösungs- und Tippkarten, an der Tafel umgedreht mit Magneten befestigt • Sortieraufgabe (zugeschnitten und Legeschablone) in Umschlägen am Pult • gelochte Lösungsblätter zur Sortieraufgabe (umgedreht hingelegt, sodass diese beim Abholen der Umschläge nicht angeschaut werden können) • zugeschnittene Gewebebandstreifen oder Gewebeband und Scheren

Zeit, Sozial-/ Arbeitsform	Lehrperson (LP) – Schülerinnen und Schüler (SuS); Tafel (TA)	Material Medien
	Arbeitsblatt 3.3 „Elektromotor“: • Ggf. vormachen, wie man die Spule durch periodisches Öffnen und Schließen des Schalters dauerhaft in Rotation versetzen kann. [**Hinweis:** Statt eines Schalters kann der Stromkreis an einer Stelle geöffnet und an den freien Enden der Kabel Krokodilklemmen ohne Isolierung befestigt werden, die für das schnelle Ein- und Ausschalten gegeneinander geklackt werden, vgl. Blatt „Hinweise zum Versuchsmaterial“.] **Arbeitsblatt 3.5 „Elektromotor“:** • Es ist ausreichend, wenn alle SuS bis zum „Merke-Kasten“ kommen. Die Arbeitsaufträge ab Aufgabe 9 können für Binnendifferenzierung genutzt werden. Ggf. stellt LP den SuS bereits (ein) mit Klebeband versehene(s) Modell(e) (am Pult) zur Verfügung. **Arbeitsblatt 3.6 „Elektromotor“:** • SuS evtl. beim Zuschneiden/Aufkleben des Klebebands unterstützen. • Möglichst sicherstellen, dass alle SuS ein funktionsfähiges Motormodell fertigstellen.	
Klassengespräch ca. **5 min**	LP bespricht die Zusammenfassung „Magnetismus 6“ mit den SuS. Betont, dass das in Aufgabe 3c) thematisierte laufende Umpolen des Elektromagneten auch in den Elektromotoren aus dem Alltag an Stelle des Klebebands zum Einsatz kommt und dort automatisch passiert.	
Spiel **ca. 10 min**	LP teilt die Klasse in Gruppen ein, stellt Quizfragen zu verschiedenen Bereichen des Magnetismus und hält die erreichten Punkte an der Tafel fest.	• Quizfragen zum Magnetismus

Materialien

Grau unterlegte Materialien kennzeichnen Gegenstände, die sich in den Materialkisten für das Spiralcurriculum im Sekundarbereich befinden (vgl. Kap. 6.1.2).

Benötigtes Versuchsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	ca. je 3 oder für Alternative mind. 11	Gewebebandrolle und Schere zum Zuschneiden der Streifen durch die SuS vorne am Pult. Alternativ: Streifen Gewebeband/Isolierband zum Abkleben eines Kontaktes an der drehbar gelagerten Spule; Maße der Streifen: ca. 20 mm lang und ca. 4 mm breit
	ggf. 5	Magneten zum Anheften von Tipp- und Lösungskarten an die Tafel
Materialsatz pro 3er-Gruppe (für alle Gruppen notwendig)		
	1	Halterung für gewickelte Spulen
	je 1	Gewickelte Spule auf Holzspieß, gewickelte Spule zum Einhängen in Halterung
	je 1	Stange aus: Holz, Kupfer, Messing, Aluminium, Kunststoff und Eisen
	3	Experimentierleitung (eher kurz)
	4	Krokodilklemme
	1	Stellschalter, alternativ: zwei Krokodilklemmen mit und zwei ohne Isolierung (s. Blatt „Hinweise zum Versuchsmaterial“)
	1	Flachbatterie, alternativ: Netzteil mit ca. 4 Volt
	1	Stabmagnet AlNiCo, rot-grün markiert
	1	Scheibenmagnet Ferrit, mit 25 mm Durchmesser und 15 mm Höhe (Magnet muss in Bohrung der Halterung passen), der Nordpol sollte (mit Klebepunkt) markiert sein

Benötigte Lehrerdokumente

✓	Stückzahl	Dokument
	je 11	Ausgeschnittene Einzelbilder für Sortieraufgabe (fester Karton oder laminiert) und Legeschablone für Sortieraufgabe (fester Karton oder laminiert) in einem DIN-A4-Briefumschlag
	alle SuS	gelochtes Kontrollblatt Sortieraufgabe (zum Mitnehmen vom Pult)
	je 1	Lösungs- und Tippkarten (auf festem Karton zum Anheften an Tafel)
	1	Quizfragen zum Magnetismus
	1	Hinweise zum Versuchsmaterial (zur Orientierung für den Unterricht)

Benötigte Arbeitsblätter

✓	Stückzahl	Arbeitsblatt
	alle SuS	AB „Was ist eine Spule?“
	alle SuS	AB 2.1 – 2.3 „Elektromagnet“
	alle SuS	AB 3.1 – 3.6 „Elektromotor“
	alle SuS	Zusammenfassung M6 „Magnetismus 6“

Hinweise zum Versuchsmaterial für Lehrkräfte

Sicherheitshinweis

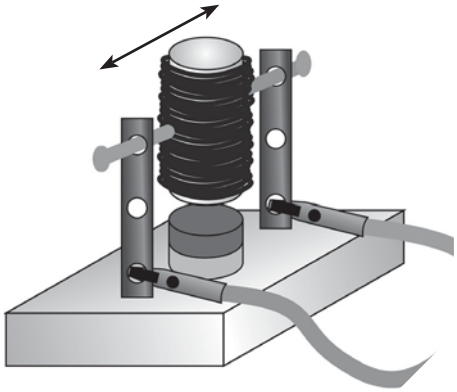
Da die auftretenden Stromstärken beim Anschluss einer Spule an die Spannungsquelle relativ groß sind, können die Kabel, offenen Kontakte und die Spule bei den Versuchen heiß werden. Darauf wird in zahlreichen Sicherheitshinweisen im Material verwiesen. Es ist unbedingt darauf zu achten, dass die Schülerinnen und Schüler diese Hinweise beachten und den Schalter zwischen Spule und Batterie einbauen und nach den Versuchsdurchführungen jeweils sofort öffnen.

Versuch zum Elektromagneten 2.1

Beim Versuch zum Elektromagneten auf Arbeitsblatt 2.1 wurde bewusst auf einen Eisenkern in der Spule verzichtet, damit ohne Anschluss an die Spannungsquelle keine Wechselwirkung mit einem Permanentmagneten zu beobachten ist. Die Anziehung der Eisennägel ist dementsprechend eher schwach. Es ist daher darauf zu achten, dass die SuS die Nägel in die Öffnungen der Spule hineinhalten, sodass ein Haftenbleiben der Nägel zu beobachten ist. Es sollten zudem möglichst unbenutzte Batterien in den Versuchen verwendet werden.

Modell des Elektromotors ab Arbeitsblatt 3.1

Bei den Versuchen mit dem drehbar gelagerten Elektromagneten muss darauf geachtet werden, dass sich an den Stahlstiften und in den Löchern der Halterung keine Klebstoffreste oder andere Rückstände befinden, die den elektrischen Kontakt zwischen Lochblech und Stiften unterbrechen. Tritt das Problem auf, kann man es meist lösen, indem man den Schülerinnen und Schülern den Tipp gibt, die Spule in verschiedenen Stellungen in dem Gestell hin und her zu bewegen, sodass Verunreinigungen durch das Lochblech abgeschliffen werden (s. Bild). Bei stärkeren Verunreinigungen sollten die Stifte und das Lochblech vor dem Unterricht mit etwas Schleifpapier gereinigt werden.



Die für die Einhängung vorgesehenen Spulen enthalten aus Fertigungsgründen keine Öffnung. Schülerinnen und Schüler können bei Rückfragen daran erinnert werden, dass ein Spulenkern aus Holz bestehen kann. Ebenfalls aus Fertigungsgründen sind die Enden des Kupferdrahtes verzinnt. Im Unterricht kann darauf verwiesen werden, dass die Verzinnung für den elektrischen Kontakt zwischen dem Kupferdraht und den an der Spule angebrachten Stangen hilfreich ist.
Aufgrund der Bauweise der Spulen gelingt es nur schwer, den Elektromagneten in Aufgabe 5 auf Arbeitsblatt 3.3 in mehrfache Rotation zu versetzen. Es ist ausreichend, wenn die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass dies durch (zielgerichtetes) Öffnen und Schließen des Schalters möglich ist. Als Hilfe für die Lehrkraft und ggf. auch für die Schülerinnen und Schüler findet sich im Downloadbereich zum Handbuch ein Video, auf dem der Betrieb des Motormodells gezeigt wird.
Das Abkleben der Stifte (Arbeitsblatt 3.6) kann je nach zu erwartendem Experimentiergeschick der Schülerinnen und Schüler vor dem Unterricht durchgeführt, oder durch die Schülerinnen und Schüler selbst vorgenommen werden. Es sind dann entsprechend ausreichend Scheren und Klebeband zur Verfügung zu stellen.
Der Umgang mit beiden Varianten des Motormodells (Schalter, Abklebung) sollte vor dem Unterricht ausprobiert werden, um den Schülerinnen und Schülern im Unterricht ggf. helfen zu können. Es ist zudem wichtig, den in der Materialliste aufgeführten Scheibenmagneten zu verwenden, da das Modell auf dessen Abmessungen abgestimmt ist.

Alternative zur Verwendung von Stellschaltern

Sollten die im Material vorgeschlagenen Schalter nicht zur Verfügung stehen, können sie zum Betrieb des Motormodells auch durch blanke Krokodilklemmen oder freie Kabelenden ersetzt werden, die zum Schließen des Stromkreises aneinandergehalten werden.

Quizfragen zum Magnetismus

Sollte am Ende der Sequenz noch Zeit sein, kann das Themenfeld Magnetismus mit einem Quiz abgeschlossen werden. Die hier aufgeführten Fragen stellen Beispiele für geeignete Fragen dar und können leicht durch ähnliche Fragen ergänzt werden.
Eine Möglichkeit der Durchführung ist, die Klasse in zwei oder mehr Teams aufzuteilen und dem schnelleren Team jeweils einen Punkt pro richtige Antwort zu geben. Alternativ können z. B. auch jedem Team nacheinander einzeln unterschiedliche Fragen gestellt werden; dazu finden sich Fragen, die inhaltlich ähnlich ausfallen. Die Punkte können an der Tafel festgehalten werden.

Frage	Antwort
Wie nennt man die Stellen stärkster Anziehung beim Magneten?	Pole
Welcher Pol eines Magneten liegt auf der meist grün gefärbten Hälfte?	Südpol
Was passiert, wenn man zwei Nordpole einander nähert?	Abstoßung
Wie nennt man das Innere einer Spule?	Kern
Wie viele Pole hat ein Magnet mindestens?	2
Wie heißen die Pole eines Magneten?	Nord- und Südpol
Wird das Metall Kupfer von einem Magneten angezogen?	Nein
Nenne ein magnetisierbares Metall außer Eisen.	Nickel, Kobalt
Welche Farbe hat oft die Hälfte eines Magneten, auf der der Nordpol liegt?	Rot
Woraus ist der Draht in den Spulen eures Motors?	Kupfer
Wird Gold von einem Magneten angezogen?	Nein
Wie nennt man eine stromdurchflossene Spule noch?	Elektromagnet
Welcher der folgenden Stoffe ist magnetisierbar: Nickel, Silber, Alu?	Nickel
Wahr oder falsch? Hinter einer Holzplatte zieht ein Magnet nicht an.	Falsch
Was darf nicht in die Nähe von Magneten gelangen?	Kontokarte, Armbanduhr, Handy
Zieht eine Spule immer Eisen an?	Nein
Ziehen zwei Stabmagneten sich immer an?	Nein
Was passiert, wenn man die Anschlüsse der Spule vertauscht?	N und S vertauschen sich auch
Warum verwendet man Elektromagneten an einem Schrottkran?	EM kann man ausschalten
Zieht ein Elektromagnet Kupfer an?	Nein
Aus welchem Material sind die starken silbernen Magneten?	Neodym
Wie nennt man die Drahtschleifen einer Spule in der Physik?	Windungen, Wicklungen
Ziehen eine Spule und ein Magnet sich immer an?	Nein
Welche der folgenden Stoffe sind nicht magnetisierbar: Kupfer, Kobalt, Silber?	Kupfer, Silber
Ergänze: Werden gleiche Magnetpole genähert, dann….	stoßen sich die Magneten ab
Wahr oder falsch? Je größer ein Magnet, desto stärker zieht er an.	Falsch
Woraus ist der Spulendraht eures Motors?	Kupfer

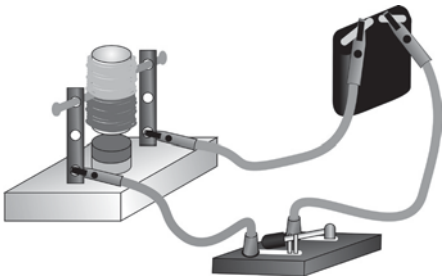
Sortieraufgabe

In Gruppenanzahl ausdrucken, Einzelbilder ausschneiden und mit Legeschablonen in je einen DIN-A4-Briefumschlag stecken.

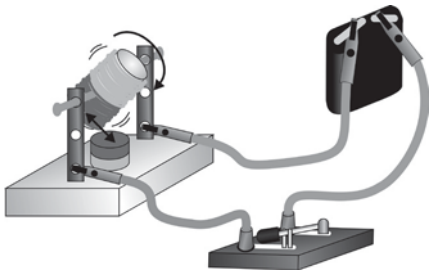
Lösung der Sortieraufgabe

In Schülerzahl ausdrucken und zur Mitnahme umgedreht am Pult auslegen

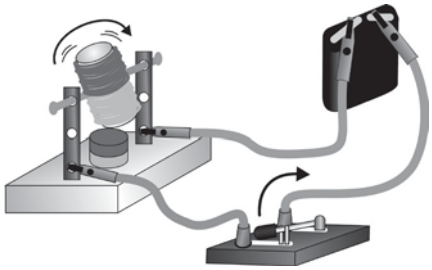
Sortieraufgabe – Einzelbilder



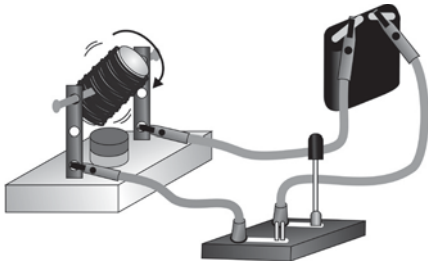
Durch das Schließen des Schalters wird die Spule mit der Batterie verbunden. Die Spule ist jetzt ein Elektromagnet und hat einen Nord- und einen Südpol.



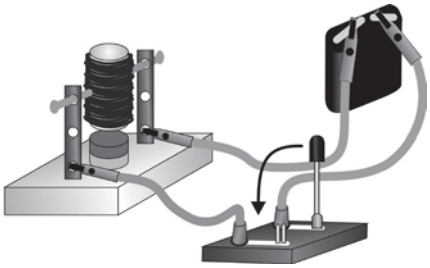
Der Nordpol des Elektromagneten und der Nordpol des Scheibenmagneten stoßen sich ab. Die Spule dreht ein Stück.



Wenn sich der Südpol des Elektromagneten und der Nordpol des Magneten gegenüberstehen, wird die Spule durch das Öffnen des Schalters von der Batterie getrennt.



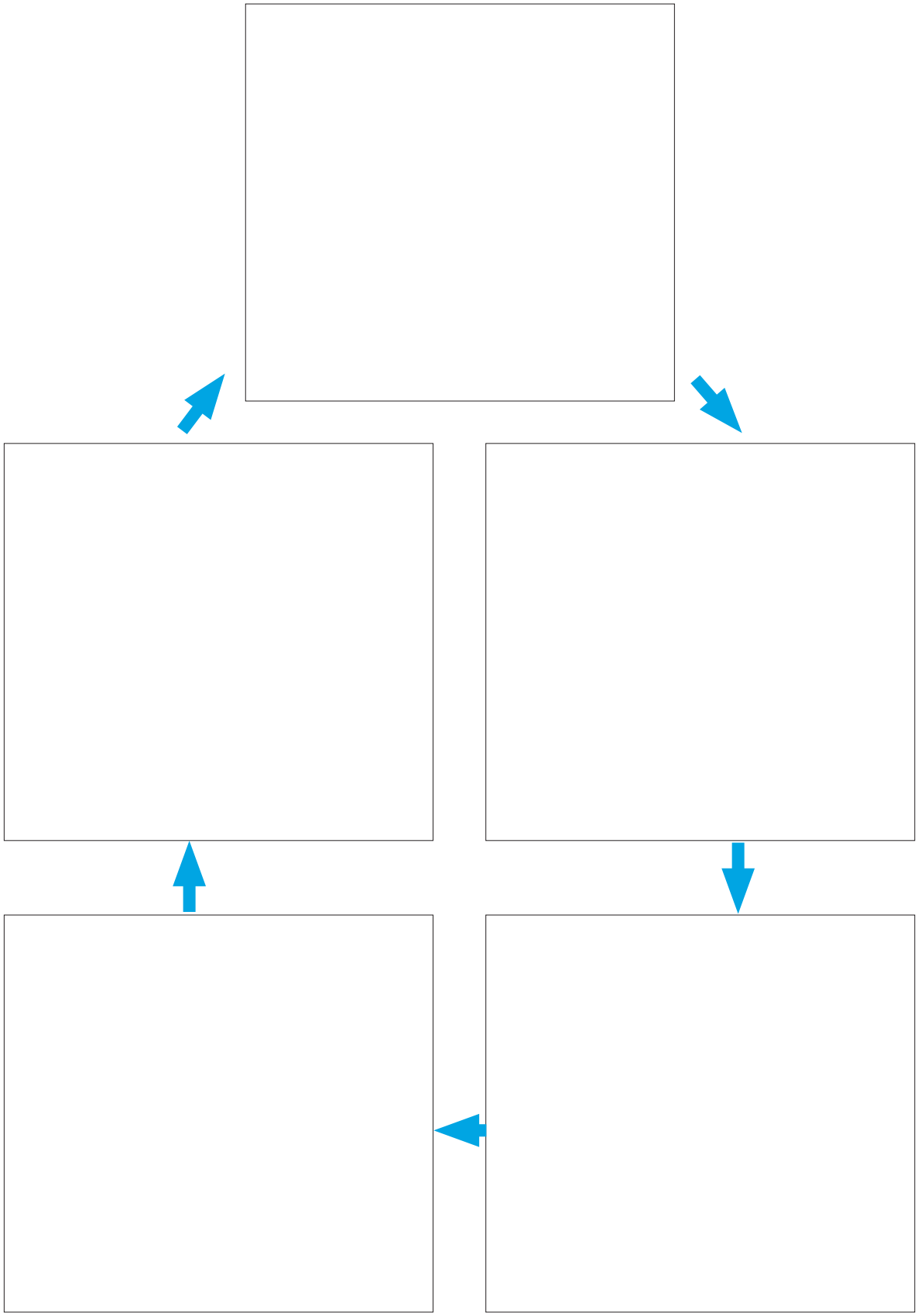
Die Spule hat jetzt keine magnetischen Pole mehr. Die Spule bleibt aber nicht stehen. Sie dreht durch den „Schwung“ noch weiter.



Wenn die Spule senkrecht steht, wird der Schalter wieder geschlossen.

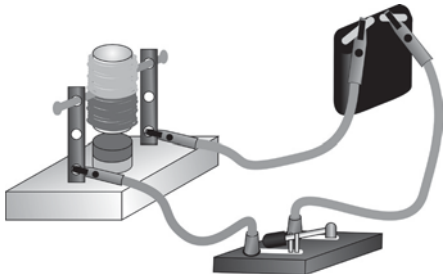
Sortieraufgabe – Legeschablone

Legt die Bilder aus dem Umschlag in der richtigen Reihenfolge auf die Felder.
Wenn ihr fertig seid, holt **für jeden aus der Gruppe** ein Lösungsblatt
vom Pult und vergleicht.

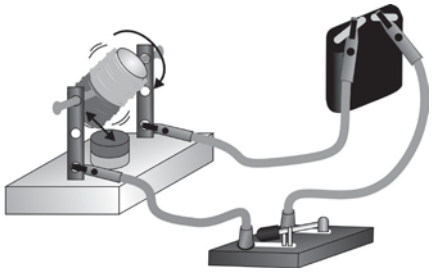


Lösung der Sortieraufgabe

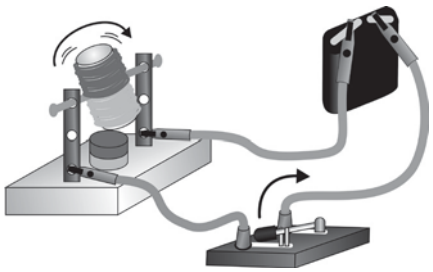
Überprüft: Habt ihr den Ablauf wie dargestellt gelegt?
Heftet dann das Lösungsblatt mit euren Unterlagen ab.



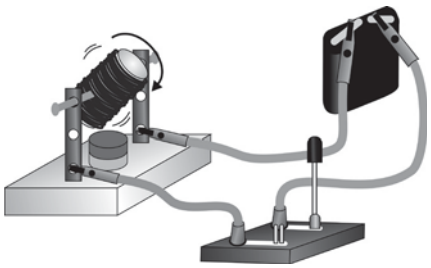
Durch das Schließen des Schalters wird die Spule mit der Batterie verbunden. Die Spule ist jetzt ein Elektromagnet und hat einen Nord- und einen Südpol.



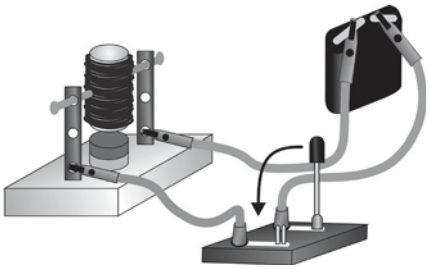
Der Nordpol des Elektromagneten und der Nordpol des Scheibenmagneten stoßen sich ab. Die Spule dreht ein Stück.



Wenn sich der Südpol des Elektromagneten und der Nordpol des Magneten gegenüberstehen, wird die Spule durch das Öffnen des Schalters von der Batterie getrennt.



Die Spule hat jetzt keine magnetischen Pole mehr. Die Spule bleibt aber nicht stehen. Sie dreht durch den „Schwung“ noch weiter.



Wenn die Spule senkrecht steht, wird der Schalter wieder geschlossen.

Lösungs- und Tippkarten

(Je einmal auf festes Papier zum Auslegen am Pult oder zum Anheften an die Tafel)

LÖSUNGSKARTE 1

Die Pole der Spule sind eingekreist.
Sie befinden sich an den Enden der Spule.

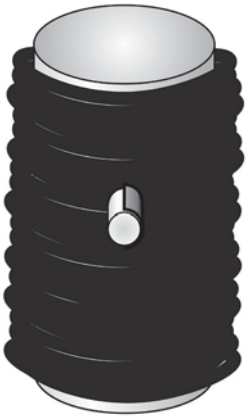
LÖSUNGSKARTE 2

- ☒ Zwei Stabmagneten können sich gegenseitig anziehen und abstoßen.
- ☐ Eine Spule kann immer Nägel aus Eisen anziehen, egal, ob sie stromdurchflossen ist oder nicht.
- ☒ Eine Spule kann nur dann Nägel aus Eisen anziehen, wenn sie stromdurchflossen ist.
- ☐ Eine stromdurchflossene Spule und ein Stabmagnet ziehen sich immer an.
- ☒ Eine stromdurchflossene Spule und ein Stabmagnet können sich anziehen und abstoßen.
- ☒ Bei einer stromdurchflossenen Spule vertauschen sich Nord- und Südpol, wenn man die Anschlüsse der Spule an der Batterie vertauscht.

LÖSUNGSKARTE 3

☐

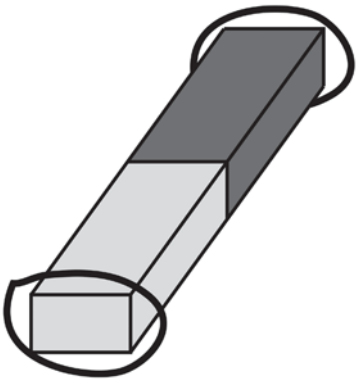
☒



Tippkarte

Eine Spule hat genau wie ein Stabmagnet zwei Pole.
An den Polen zeigt auch die Spule eine besonders starke Wirkung.

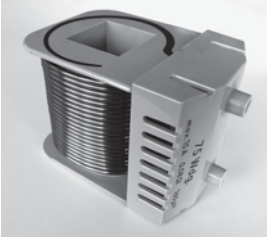
Ihr erinnert euch sicher noch, dass sich die beiden Pole eines Magneten an seinen Enden befinden.



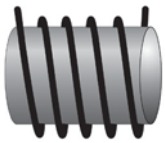
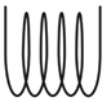
Eure Spule ist, genau wie ein Stabmagnet, länglich und besitzt zwei Enden.
Könnten nicht auch bei der Spule die Pole an den Enden sein?

Arbeitsblätter für die Schülerinnen und Schüler

Was ist eine Spule?



Einen aufgewickelten Draht wie auf dem Foto nennt man „Spule“.
Spulen können unterschiedlich aussehen.

a)	b)	c)	d)	e) 
f)	g) 	h)	i)	j)

Aufgabe 1:

In der Tabelle rechts werden Spulen beschrieben.
Sucht aus den Bildern oben auf der Seite immer **zwei Beispiele** für die beschriebene Spule heraus. Schreibt die Buchstaben auf, wie im ersten Beispiel.

Eher lange Spulen:	**a, h**
Spulen aus eher dickerem Draht:	
Spulen mit eher vielen Windungen:	
Eher kurze Spulen:	
Spulen mit kleinem Durchmesser:	
Spulen mit großem Durchmesser:	

Aufgabe 2:

Manchmal haben Spulen im Inneren eine Füllung. Diese wird als Kern bezeichnet.
Welche Spule oben besitzt einen Kern? Spule _____

Aufgabe 3:

In euren Materialien findet ihr die rechts abgebildete Spule. Aus welchen Materialien ist diese Spule hergestellt? Füllt die Tabelle aus wie im Beispiel.

Teil der Spule	**Material**
Material des Drahtes	Kupfer
Kern der Spule	
Stiel	

Aufgabe 4:

Überlegt: Würde diese Spule von einem Magneten angezogen werden? ☐ Ja ☐ Nein

Überlegt: Würde diese Spule Nägel aus Eisen anziehen? ☐ Ja ☐ Nein

Probiert aus, ob eure Überlegungen richtig waren.

Elektromagnet

Eigenschaften einer stromdurchflossenen Spule

Achtung! In den folgenden Versuchen können die Spule, die Laschen der Batterie und die Kabel sehr heiß werden! Öffnet nach jedem Versuch direkt den Schalter!

Versuchsaufbau:
Baut den Versuch wie im Bild auf. Schließt dann den Schalter.
Denkt daran, dass die Spule, die Laschen der Batterie und die Drähte heiß werden können.

Aufgabe 1:

Probiert aus, ob die Spule jetzt – wenn sie an die Batterie angeschlossen ist – Nägel aus Eisen anziehen kann.
Tipp: Haltet die Nägel auch in die Öffnung der Spule.

Merke: Ist eine Spule an eine Batterie angeschlossen, so nennt man diese „stromdurchflossene Spule“.

Probiert aus, ob die Spule auch dann Nägel aus Eisen anzieht, wenn der Schalter geöffnet ist.

Aufgabe 2:

Ist der Schalter geöffnet? Wenn nicht, öffnet den Schalter jetzt!
Habt ihr gesehen, dass die stromdurchflossene Spule Nägel aus Eisen anzieht wie ein Magnet? Wenn nicht, dann fragt eure Lehrerin oder euren Lehrer, ob sie/er beim Versuch helfen kann.
Wenn sich die stromdurchflossene Spule wie ein Magnet verhält, welche Materialien zieht sie dann **nicht** an?

Macht für alle Materialien ein Kreuz, die **nicht** angezogen werden sollten.

☐ Holz	☐ Eisen	☐ Kupfer
☐ Aluminium	☐ Kunststoff	☐ Messing

Überprüft eure Vermutung, indem ihr die Stäbe oder andere Gegenstände an die stromdurchflossene Spule haltet. Schließt dazu den Schalter wieder.

Merke: Eine stromdurchflossene Spule zieht genau die Materialien an, die auch von einem Magneten angezogen werden.

Aufgabe 3:

a) Wenn sich eine stromdurchflossene Spule wie ein Stabmagnet verhält, dann müsste sie auch magnetische Pole haben. Schließt den Schalter wieder.

Hinweis: Batterie und Schalter sind auf dem Bild nicht zu sehen.

Versucht, mithilfe eines Stabmagneten herauszufinden, an welcher Stelle die magnetischen Pole der stromdurchflossenen Spule liegen. Markiert in der Zeichnung mit Bleistift, wo sich die Pole der Spule befinden. (Wenn ihr die Pole nicht finden könnt, schaut auf der **Tippkarte** nach.)

Öffnet jetzt den Schalter wieder.

b) Vergleicht eure Markierungen mit der Lösung auf **Lösungskarte 1**. Ändert eure Markierungen, falls sie falsch waren.

Aufgabe 4:

a) Wo hat die stromdurchflossene Spule ihren magnetischen Nord- und ihren magnetischen Südpol? Ihr könnt es mit einem Stabmagneten herausfinden. Denkt daran, zuerst den Schalter zu schließen.

b) Merkt euch, wo der Nordpol der Spule ist. Vertauscht jetzt die Kabel an der Batterie und überprüft, ob sich immer noch ein Nordpol an der Stelle befindet.

Öffnet jetzt den Schalter wieder.

c) Probiert aus, ob die Spule auch dann einen magnetischen Nord- und Südpol hat, wenn der Schalter geöffnet ist.

Was habt ihr in eurem Versuch herausgefunden? Kreuzt an.

- ☐ Das Vertauschen der Anschlüsse an der Batterie ändert nichts daran, wo der Nord- und wo der Südpol der Spule liegen.
- ☐ Wenn man die Anschlüsse an der Batterie vertauscht, verhält sich die Spule gar nicht mehr wie ein Stabmagnet.
- ☐ Wenn man die Anschlüsse an der Batterie vertauscht, tauschen der Nord- und der Südpol der Spule ihre Lage aus. Wo vorher der Südpol war, ist jetzt der Nordpol und umgekehrt.
- ☐ Wenn man den Schalter öffnet, verhält sich die Spule nicht mehr wie ein Stabmagnet.

Merke: Genau wie der Stabmagnet besitzt die stromdurchflossene Spule zwei magnetische Pole, einen Nordpol und einen Südpol. Die Lage der magnetischen Pole hängt davon ab, wie man die Spule an die Batterie anschließt.
Überprüft: Habt ihr in Aufgabe 4 richtig angekreuzt?

Aufgabe 5:

Ist noch alles klar? Kreuzt **alle richtigen** Aussagen an.

- ☐ Zwei Stabmagneten können sich gegenseitig anziehen und abstoßen.
- ☐ Eine Spule kann immer Nägel aus Eisen anziehen, egal, ob sie stromdurchflossen ist oder nicht.
- ☐ Eine Spule kann nur dann Nägel aus Eisen anziehen, wenn sie stromdurchflossen ist.
- ☐ Eine stromdurchflossene Spule und ein Stabmagnet ziehen sich immer an.
- ☐ Eine stromdurchflossene Spule und ein Stabmagnet können sich anziehen und abstoßen.
- ☐ Bei einer stromdurchflossenen Spule vertauschen sich Nord- und Südpol, wenn man die Anschlüsse der Spule an der Batterie vertauscht.

Vergleicht eure Ergebnisse mit den Lösungen auf **Lösungskarte 2**.

Merke: Eine stromdurchflossene Spule verhält sich ähnlich wie ein Stabmagnet. Sie wird daher auch als **Elektromagnet** bezeichnet.

Aufgabe 6:

Auf einem Schrottplatz wird Schrott aus Eisen mit einem Elektromagneten angehoben und über einer Schrottpresse fallengelassen.

Welchen Vorteil hat es, den Schrott mit einem Elektromagneten und nicht mit einem „normalen“ Magneten anzuheben?

Tipp: Denkt an das Abladen des Schrotts.

Es wird ein Elektromagnet benutzt, weil

Elektromotor

Spulen in Elektromotoren

Bei manchen Geräten in Haushalt, Werkstatt und Garten müssen sich Teile auf Knopfdruck **drehen**. Damit sich diese Teile drehen, benötigt man Motoren. Diese Motoren werden elektrisch betrieben. Man nennt diese Motoren auch **Elektromotoren**.

Aufgabe 1:

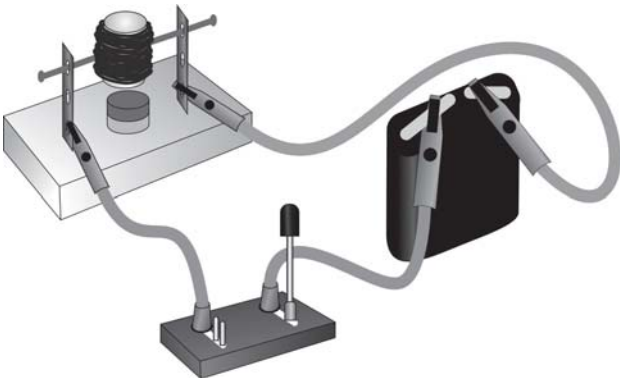
Welche der folgenden Elektrogeräte müssten einen Elektromotor enthalten? Kreuzt an.

☐ ☐ ☐

☐ ☐ ☐ ☐

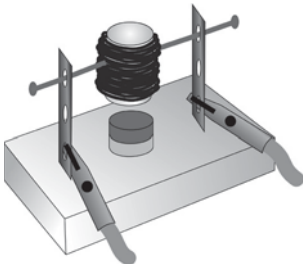
Aufgabe 2:

Versuchsaufbau
Legt den runden Scheibenmagneten in die Vertiefung unter die Spule, sodass der Nordpol nach oben zeigt. Schließt den Schalter jetzt.
Eure Spule sollte jetzt wie auf dem Bild senkrecht nach oben stehen.



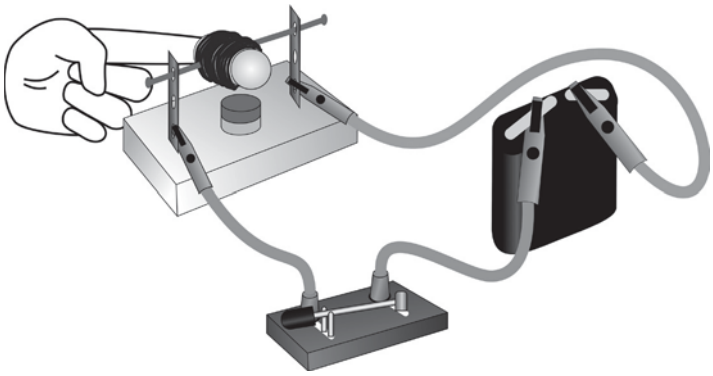
Öffnet den Schalter wieder!

Aufgabe 3:



Erinnert ihr euch? Eine stromdurchflossene Spule wird auch als *Elektromagnet* bezeichnet.
Schaut auf das Bild rechts: Wo sollte der Elektromagnet seinen magnetischen Nordpol, wo seinen magnetischen Südpol haben, damit er sich wie im Bild ausrichtet?
Schreibt ein „N“ und ein „S“ an die richtige Stelle.

Aufgabe 4:



a) **Überlegt:** Was würde passieren, wenn ihr bei geschlossenem Schalter mit einem Finger den Elektromagneten in eine waagerechte Position stellt (s. Bild) und ihn danach loslasst?

Probiert den Versuch aus.
Hattet ihr euch die Bewegung des Elektromagneten richtig überlegt?

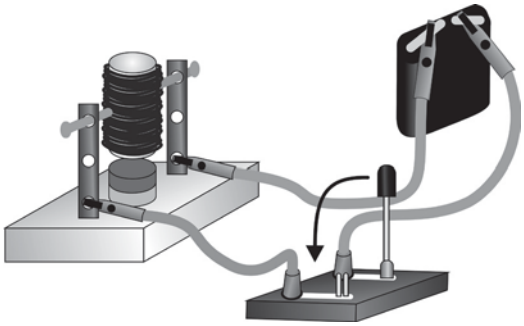
b) Versucht, den Elektromagneten leicht anzuschubsen, sodass er sich ein paar Mal im Kreis dreht. Dreht sich der Elektromagnet jetzt dauerhaft oder bleibt er nach kurzer Zeit wieder stehen?

Öffnet nach dem Versuch den Schalter wieder!

c) Kreuzt die richtige Antwort an.

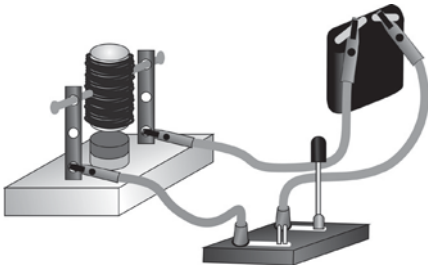
- ☐ Ja, der Elektromagnet dreht sich dauerhaft weiter.
- ☐ Nein, der Elektromagnet dreht sich nicht dauerhaft, weil er nach einer Weile kein Elektromagnet mehr ist.
- ☐ Nein, der Elektromagnet dreht sich nicht dauerhaft, weil die Anziehung ungleicher Pole ihn abbremst.
- ☐ Nein, der Elektromagnet dreht sich nicht dauerhaft, weil die Anziehung gleicher Pole ihn abbremst.

Versuchsaufbau:
Wenn ihr den Schalter schließt, ist die Spule direkt mit der Batterie verbunden. Sie ist dann ein Elektromagnet.
Öffnet ihr den Schalter, ist die Spule wieder von der Batterie getrennt.



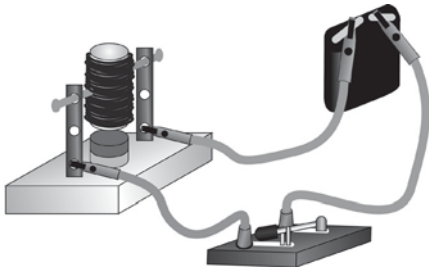
Aufgabe 5:

a) Kreuzt die richtige Aussage an.



Der Schalter ist offen und die Spule ist von der Batterie getrennt.
Hat die Spule einen Nord- und einen Südpol?

- ☐ Ja, die Spule hat einen Nord- und einen Südpol.
- ☐ Nein, die Spule hat keinen Nord- und Südpol.



Der Schalter ist geschlossen und die Spule ist mit der Batterie verbunden.
Hat die Spule einen Nord- und einen Südpol?

- ☐ Ja, die Spule hat einen Nord- und einen Südpol.
- ☐ Nein, die Spule hat keinen Nord- und Südpol.

b) Versucht nun, den Schalter so zu bedienen, dass sich der Elektromagnet ein- bis zweimal im Kreis dreht.

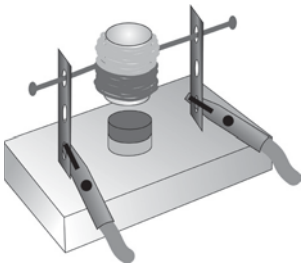
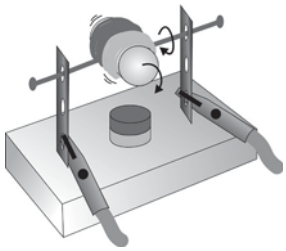
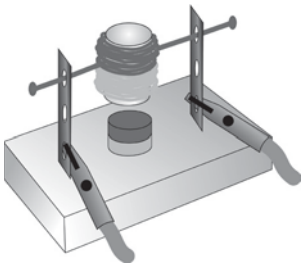
Hinweis: Eine Drehung hinzubekommen ist nicht leicht.
Der Schalter muss nicht fest geschlossen werden. Es reicht aus, wenn sich die Metallteile berühren.
Könnt ihr erkennen, wie sich der Elektromagnet mit dem Schalter in Drehung versetzen lässt? **Es ist nicht schlimm, wenn sich der Elektromagnet nur kurz dreht.**

Aufgabe 6:

Wann muss der Schalter geschlossen und wann geöffnet werden, damit sich die Spule dauerhaft dreht?

Tipp: Überlegt euch, wann der Elektromagnet von dem Scheibenmagneten abgebremst würde.

Kreuzt die richtigen Aussagen an.

		
☐ Der **Schalter** muss **geschlossen** bleiben. ☐ Der **Schalter** muss **geöffnet** werden.	☐ Der **Schalter** muss **geschlossen** bleiben. ☐ Der **Schalter** muss **geöffnet** werden.	☐ Der **Schalter** muss **geschlossen** bleiben. ☐ Der **Schalter** muss **geöffnet** werden.

Aufgabe 7:

a) Wieso kann man mit einem Schalter eine Spule dazu bringen, sich dauerhaft im Kreis zu drehen?

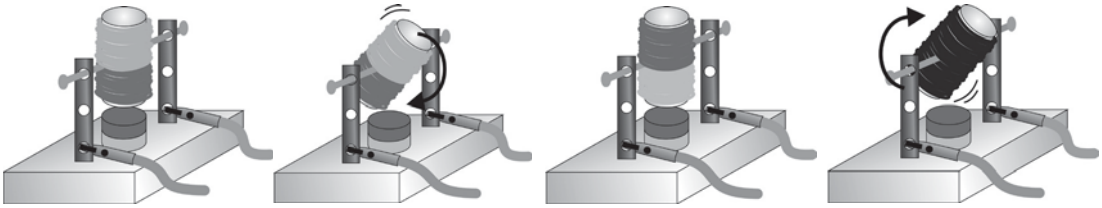
Holt euch dazu vom Pult einen Briefumschlag.
Bringt die Bilder darin mit den Aussagen in die richtige Reihenfolge.
Legt dazu die Bilder auf die freien Felder in der Vorlage aus dem Briefumschlag.

b) Wenn ihr fertig seid, holt euch vom Pult die **Lösung**.
Nehmt für jedes Gruppenmitglied ein Blatt mit.

Habt ihr alles richtig gelegt?

c) Legt die Bilder und die Legeschablone zurück in den Umschlag und bringt ihn wieder ans Pult. Das Lösungsblatt behaltet ihr.

Merke: Für einen einfachen Elektromotor braucht man mindestens einen drehbar gelagerten Elektromagneten, einen weiteren Magneten und einen Schalter, der den Stromkreis öffnet und schließt. Der Stromkreis ist in eurem Modellmotor immer eine halbe Drehung lang geschlossen und eine halbe Drehung lang geöffnet.



Schalter geschlossen

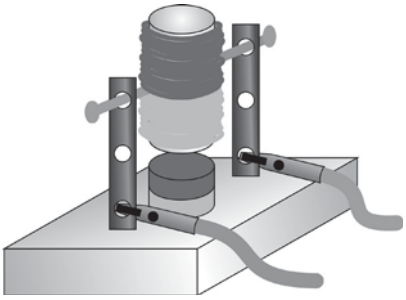
Der Elektromagnet dreht sich, bis sich ungleiche Pole gegenüberstehen.

Schalter wird geöffnet.

Die Spule dreht sich weiter, weil es keine Anziehung gleicher Pole mehr gibt.

Aufgabe 8:

Stellt euch vor, ihr **schließt** den Schalter und die Spule steht so, wie im Bild.
Würde sich die Spule von allein in Bewegung setzen?



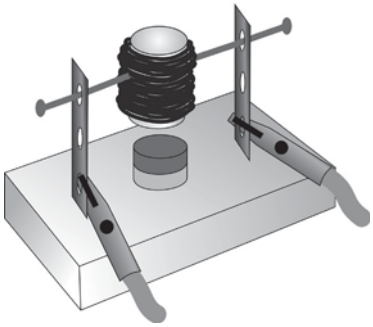
☐ Ja ☐ Nein

Was müsstet ihr tun, damit sich die Spule drehen kann?
Tipp: Schaut euch noch einmal Aufgabe 4 an.

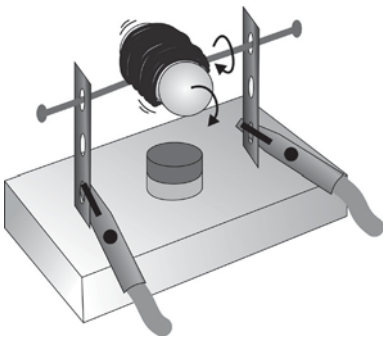
Aufgabe 9:

Überlegt noch einmal: In welcher Stellung der Spule musste man den Schalter öffnen?
Kreuzt das richtige Bild an.

☐



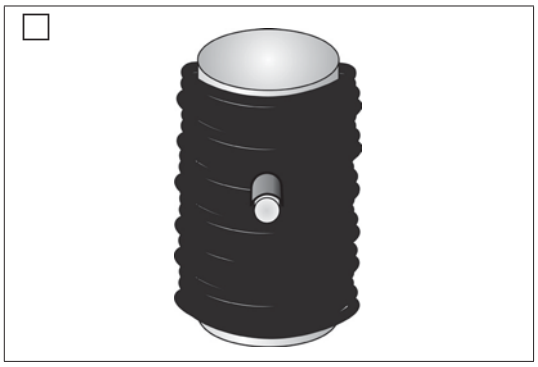
☐

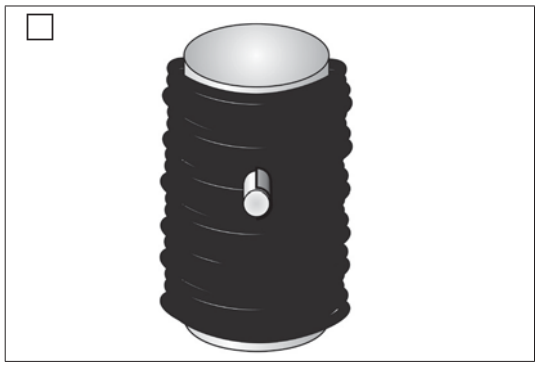


Aufgabe 10:

Ein Stück Klebeband soll jetzt die Aufgabe des Schalters übernehmen.
Das Klebeband verhindert den direkten Kontakt von Nagel und Halterung und öffnet dadurch den Stromkreis.
Der Nagel berührt die Halterung immer im unteren Teil des Loches.

a) Überlegt: Wie muss das Stück Klebeband aufgeklebt werden, damit der Stromkreis an den richtigen Stellen geöffnet und geschlossen wird? Kreuzt das richtige Bild an.





Schaut auf Lösungskarte 3, ob ihr das richtige Bild gewählt habt.

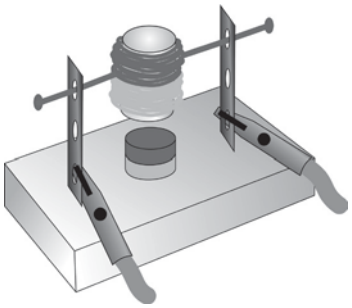
b) Holt euch am Pult ein Stück Klebeband. Beklebt damit eine Seite von einem Nagel an der Spule, wie es das Bild auf Lösungskarte 3 zeigt.

Baut die Spule wieder in ihre Halterung ein und schließt den Schalter.
Schafft ihr es, der Spule einen leichten Schubs zu geben, so dass sie sich dauerhaft dreht?

Hinweis: Vielleicht braucht ihr ein paar Versuche, nicht gleich aufgeben.

Merke: Um einen einfachen Elektromotor zu bauen, benötigt man:
- einen Elektromagneten, der sich drehen kann
- einen Magneten
- einen Schalter

Statt eines Schalters kann auch ein Klebeband an der Halterung der Spule angebracht werden. An der Stelle, wo das Klebeband an der Halterung ist, ist der Kontakt zur Batterie unterbrochen.



Aufgabe für Experten

Diskutiert gemeinsam: Der Motor im Bild rechts würde stehenbleiben, wenn kein Schalter betätigt würde.
Was kann man tun, damit sich der Motor weiter dreht, ohne dass ein Schalter benutzt wird?

Tipp: Denkt daran, was beim Vertauschen der Pole an der Batterie mit den magnetischen Polen der Spule passiert.

Magnetismus 6

Was wird mindestens für einen Elektromagneten benötigt?

Was benötigt man mindestens für einen funktionierenden Elektromagneten?
Kreuze an.
Wenn du nicht sicher bist, schau dir noch einmal euren Elektromagneten an.

- ☐ Spule
- ☐ Magneten
- ☐ Eisennägel
- ☐ Schalter
- ☐ Batterie
- ☐ Elektromotor

Vor- und Nachteile eines Elektromagneten

Welchen Vorteil hat ein Elektromagnet gegenüber einem Stabmagneten?

_____

_____

Tipp: Denke an den Schrottkran von Arbeitsblatt 2.3.

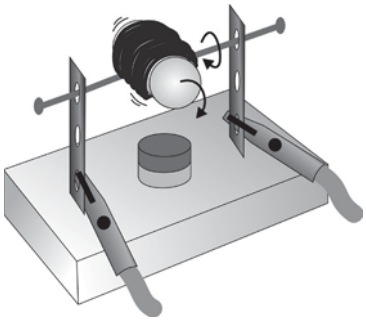
Hat ein Elektromagnet auch Nachteile?

_____

_____

Tipp: Überlege, wofür ihr zu Hause Magneten benutzt.
Könnte man diese gut durch einen Elektromagneten ersetzen?

Funktionsweise eines Elektromagneten



a) Welcher magnetische Pol des Elektromagneten ist auf dem Bild gerade vorn zu sehen (Schalter geschlossen)? Beschrifte den Pol mit einem „N“ oder einem „S“.

b) Wann muss der Schalter geöffnet werden, damit der Motor nicht stehenbleibt? Kreuze an.

- ☐ Wenn sich gleiche Magnetpole gegenüberstehen.
- ☐ Wenn sich ungleiche Magnetpole gegenüberstehen.
- ☐ Wenn die Spule waagrecht steht wie im Bild.

Elektromagneten im Haushalt

Schreibe zwei unterschiedliche Haushaltsgeräte auf,
die einen Elektromagneten enthalten:

1. _____ 2. _____

Name: _____ Klasse: _____ Datum: _____

Magnetismus

Aufgabe 1:

In den folgenden Bildern siehst du, wie zwei Magneten oder ein Magnet und ein Eisenstück einander genähert werden. Was wird passieren? Kreuze an.

☐ Die Magneten ziehen sich an.
☐ Die Magneten stoßen sich ab.

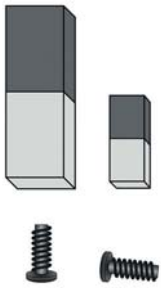
☐ Die Magneten ziehen sich an.
☐ Die Magneten stoßen sich ab.

☐ Das Eisenstück und der Magnet ziehen sich an.
☐ Das Eisenstück und der Magnet stoßen sich ab.

☐ Das Eisenstück und der Magnet ziehen sich an.
☐ Das Eisenstück und der Magnet stoßen sich ab.

Aufgabe 2:

Sabine möchte untersuchen, ob ein großer Magnet stärker anzieht als ein kleiner Magnet. Sie hat sich das folgende Experiment überlegt:



a) Ist das ein geeignetes Experiment? Entscheide und gibt eine Begründung an!
Das Experiment ist ☐ geeignet ☐ nicht geeignet, weil

_____

_____

b) Beantworte Sabines Frage: Zieht ein großer Magnet immer stärker an als ein kleiner Magnet? ☐ Ja ☐ Nein

Aufgabe 3:

Welche Gegenstände werden von einem Magneten angezogen?
Kreuze alle richtigen Gegenstände an.

☐ Gegenstände aus Holz
☐ Gegenstände aus Eisen
☐ Gegenstände aus Aluminium
☐ Gegenstände aus Kunststoff
☐ Gegenstände aus Glas
☐ Gegenstände aus Kupfer

Aufgabe 4:

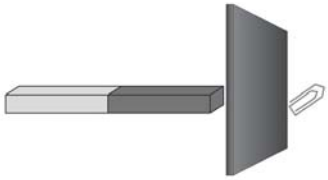
Kreuze für die folgenden Versuche an, was passiert.

Ein starker Magnet wird in die Nähe einer leichten Büroklammer aus Eisen gehalten.

☐ Die Büroklammer wird angezogen.
☐ Die Büroklammer wird nicht angezogen.

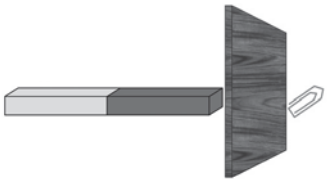
Ein starker Magnet wird in die Nähe einer leichten Büroklammer aus Kunststoff gehalten.

☐ Die Büroklammer wird angezogen.
☐ Die Büroklammer wird nicht angezogen.



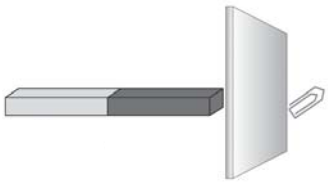
Zwischen einen starken Magneten und eine Büroklammer aus Eisen wird eine Eisenplatte gehalten.

☐ Die Büroklammer wird angezogen.
☐ Die Büroklammer wird nicht angezogen.



Zwischen einen starken Magneten und eine Büroklammer aus Eisen wird eine Holzplatte gehalten.

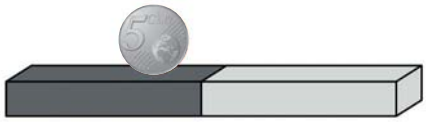
☐ Die Büroklammer wird angezogen.
☐ Die Büroklammer wird nicht angezogen.



Zwischen einen starken Magneten und eine Büroklammer aus Eisen wird eine Aluminiumplatte gehalten.

☐ Die Büroklammer wird angezogen.
☐ Die Büroklammer wird nicht angezogen.

Aufgabe 5:



a) Eine Münze wird auf einen Magneten gestellt.
Wo rollt die Münze hin?
Kennzeichne in der Abbildung mit einem Pfeil.

b) Kreise die Pole im Bild ein und benenne richtig „N“ für Nordpol und „S“ für Südpol.

c) Peter behauptet, dass Kupfer von einem Magneten angezogen wird, weil ja die Münze angezogen wird. Hat Peter recht?
Begründe deine Antwort.

Peter hat ☐ recht ☐ nicht recht, weil

_____

_____

Aufgabe 6:

Beschreibe einen Versuch, mit dem du herausfinden kannst,
ob ein magnetischer Pol ein Nordpol ist.

_____

_____

_____

_____

Aufgabe 7:

Der Lehrerin Frau Knippel ist ein Magnet genau in der Mitte durchgebrochen.
Was meinst du, ist passiert? Kreuze an.

- ☐ Aus dem Magneten sind jetzt zwei Magneten geworden.
- ☐ Die beiden kaputten Teile sind keine Magneten mehr.
- ☐ Nur noch ein Teil ist ein Magnet, der andere Teil nicht mehr.
- ☐ Der eine Teil zieht Nägel an, der andere stößt Nägel ab.
- ☐ Jeder Teil hat nur noch ein Ende, an dem er Nägel anzieht.

Aufgabe 8:

a) Welches der beiden Bilder zeigt ein Modell von magnetisiertem Eisen? Bild Nr: _____

Bild 1

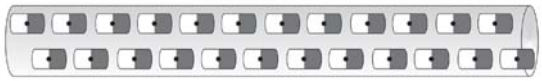


Bild 2

b) Zeichne in **Aufgabe 7** in die helle Hälfte vier Elementarmagneten ein.
Du kannst sie ganz grob zeichnen, man muss nur ihre Lage und die Pole erkennen können.

Aufgabe 9:

Wird ein magnetisierter Eisenstab heftig gegen einen harten Gegenstand
(z. B. einen großen Stein) geschlagen, verliert der Eisenstab seine magnetische Wirkung.
Was stellt man sich vor, ist mit den Elementarmagneten bei der Erschütterung passiert?

_____

_____

Aufgabe 10:

Gib einen Grund an, warum es Elementarmagneten in der Wirklichkeit nicht geben kann:

Elementarmagneten kann es nicht geben, weil

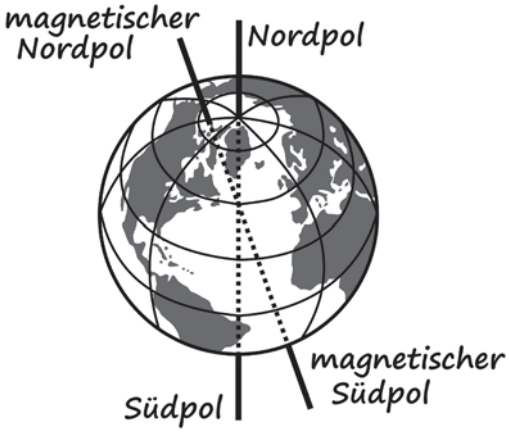
Aufgabe 11:

Wie kannst du zeigen, dass die Nadel eines Kompasses selbst ein Magnet ist?
Zeichne oder beschreibe einen geeigneten Versuch:

Aufgabe 12:

a) In das Bild rechts hat sich ein Fehler eingeschlichen. Streiche den Fehler an und korrigiere ihn.

b) Zeichne an eine Stelle eine Magnetnadel richtig ein. Markiere den Nordpol der Magnetnadel.



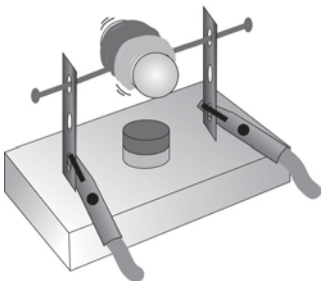
Aufgabe 13:

Welche der folgenden Aussagen zum Elektromagneten sind auf jeden Fall richtig?
Kreuze an.

- ☐ Ein Elektromagnet zieht nur Eisen an.
- ☐ Ein Elektromagnet zieht die gleichen Gegenstände an wie ein Stabmagnet.
- ☐ Ein Elektromagnet kann einen anderen Magneten nicht abstoßen.
- ☐ Vertauscht man die elektrischen Anschlüsse an einem Elektromagneten, so tauschen Nord- und Südpol des Elektromagneten ihren Platz.
- ☐ Es macht keinen Unterschied für die Lage der magnetischen Pole, wie herum man einen Elektromagneten an eine Batterie anschließt.

Aufgabe 14:

Auf dem Bild siehst du den Aufbau aus dem Unterricht. Die Kabel werden an eine Batterie angeschlossen (nicht zu sehen).



a) In welche Richtung würde sich die Spule drehen? Zeichne einen Pfeil in das Bild.

b) Es befindet sich kein Klebeband an den Nägeln. Welche Aussage beschreibt das Drehen der Spule am besten? Kreuze an.

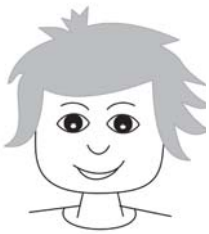
☐ Die Spule dreht sich so lange, bis die Batterie keine Elektrizität mehr liefert.

☐ Die Spule dreht sich so lange, bis sich gleiche magnetische Pole gegenüberstehen.

☐ Die Spule dreht sich so lange, bis sich ungleiche magnetische Pole gegenüberstehen.

Aufgabe 15:

Man könnte doch einen drehbaren Stabmagneten in den Elektromotor einbauen statt einer Spule. Dann ginge es ganz ohne Batterie.



Stimmt die Aussage? Kreuze an.

☐ Ja, man könnte die Spule durch einen Stabmagneten ersetzen. Der Motor würde trotzdem funktionieren, weil…

☐ Nein, man könnte die Spule nicht durch einen Stabmagneten ersetzen. Der Motor würde nicht funktionieren, weil…

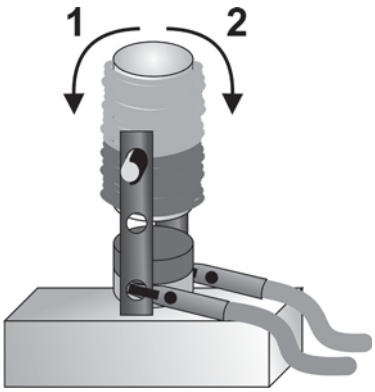
Vervollständige den Satz, für den du dich entschieden hast, mit einer kurzen Begründung.

_____

_____

Aufgabe 16:

Bei dem Motormodell auf dem Bild wurde die nach rechts zeigende Hälfte der Achse abgeklebt. Der Motor kann sich nach einem Schubs dauerhaft drehen. In welche Richtung würde sich der abgebildete Motor drehen? Kreuze an.



☐ Der Motor dreht sich immer in die Richtung, in die er angeschubst wird.

☐ Der Motor würde sich in Richtung von Pfeil 1 drehen.

☐ Der Motor würde sich in Richtung von Pfeil 2 drehen.

Würde sich die Drehrichtung des Motors ändern, wenn der Scheibenmagnet umgedreht würde? Kreuze an und begründe deine Antwort.

☐ Ja ☐ Nein Begründung: _____

_____

6 Anhang

6 Anhang

6.1 Materiallisten

Für die Lehrer- und Schülerversuche werden neben Magneten (sowohl Neodym-Magneten als auch AlNiCo- und Ferrit-Magneten) und Kompassen vor allem Quader, Stangen und Platten aus unterschiedlichen Materialien sowie einige Kleinteile (Schrauben, Nägel, Büroklammern) benötigt. Grundsätzlich sind die Materialien an die Sammlung der Schule anpassbar, einige Teile sind jedoch spezifisch unter dem Blickwinkel der Variablenkontrolle angefertigt (Quader, Stangen und Platten, s. Auflistung 6.1.2). Sie eignen sich auch für Schülerexperimente zu anderen Themen (z. B. Dichte, Auftrieb, elektrische Leitfähigkeit), weshalb sich die Anschaffung der für die Lernenheit erstellten Experimentiermaterialien auch über das Thema Magnetismus hinaus lohnenswert erscheint. Wenige Materialien werden im Unterricht verbraucht (Kreide, Klebepunkte, Gewebeband und Knickdrähte), sie sind mit dem Hinweis [V] gekennzeichnet.
Die Auflistung der Materialien beginnt in Kapitel 6.1.1 mit allen benötigten Magneten und Kompassen. Die Magneten können einzeln oder als Paket beim Magnetladen (www.magnetladen.de) bestellt werden. Dort, wo ein ganz bestimmter Magnet für den Unterricht vorgesehen ist, wird die Artikelnummer angegeben. Es folgt die Auflistung der Materialien, die speziell für die Einheit angertigt wurden und vom Caritasverband (www.caritas-coesfeld.de/magnetismus) bezogen werden können (Kap. 6.1.2). In Kapitel 6.1.3 werden die Materialien aufgeführt, die sich typischwerweise in der Physiksammlung oder in der Schule finden lassen, wie z. B. Einhänger für Massestücke oder Experimentierleitungen. Sollten entsprechende Materialien fehlen, können sie bei den für den schulischen Bedarf üblichen Anbietern (z. B. Conatex, Phywe, Leybold) beschafft werden. Im gleichen Kapitel finden sich auch alle Materialien, die meistens im Haushalt vorhanden sind oder von ortsansässigen Bastelgeschäften bzw. Baumärkten bezogen werden können. Aufgrund der leichten Beschaffbarkeit wird durchgängig auf eine Angabe der Bezugsquellen verzichtet.

Die Angaben für die Stückzahlen richten sich bei Materialien für die Kleingruppenarbeit nach der Anzahl der Gruppen. Für die Auflistung wurde von insgesammt elf Gruppen zu je drei Lernern ausgegangen, was einer Klassenstärke von 33 Schülerinnen und Schülern entspricht. Für kleinere Klassen können die Sätze mit 11 Stückzahlen (bzw. deren Vielfaches) auf die Gruppenanzahl angepasst werden.

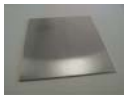
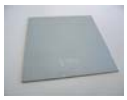
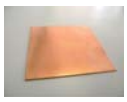
6.1.1 Magneten und Kompasse

Stk.	Material	Foto	Seq.
22 + 1	Quaderförmiger Stabmagnet AlNiCo, rot-grün markiert, z.B. in den Abmessungen 75×15×10 mm (www.magnetladen.de, Artikelnummer Q-75x15x10-Al-rg)		1, 2, 3, 4, 5
11	Quaderförmiger Stabmagnet Neodym, unmarkiert, 50×15×6 mm (www.magnetladen.de, Artikelnummer Q-50x06x15-Nd-Ni)		1, 2
11	Zylinderförmiger Scheibenmagnet Ferrit, nachträglich mit Klebepunkt oder Bemalung farbig markiert, Ø 25 mm, Höhe 15 mm (www.magnetladen.de, Artikelnummer S-25x15-Fe)		1, 5
1–2	Hufeisenmagnet AlNiCo, rot-grün markiert (typischerweise in Schulsammlung vorhanden)		1
1	Kugelmagnet Neodym		1
2	Ringmagnet (Neodym oder Ferrit), auf Stab schwebend angeordnet (alternativ: Magneten im Reagenzglas schwebend anordnen)		1
je 1	Zylinderförmige Stabmagneten AlNiCo und Neodym, unmarkiert, Ø 10 mm, Länge 50 mm (www.magnetladen.de, Artikelnummern St-10x50-Al und St-10x50-Nd-Ni)		2
1	Quaderförmiger Stabmagnet Ferrit, unmarkiert, 50×15×6 mm zum Vergleich mit bemaßungsgleichem Neodym (oben in Liste) (www.magnetladen.de, Artikelnummer Q-50x15x06-Fe)		2
1	Quaderförmiger oder zylinderförmiger Stabmagnet AlNiCo, mind. 150 mm lang (starke Anziehung nicht notwendig) (typischerweise in Schulsammlung vorhanden)		2
8	Diverse Haushaltsmagneten oder sonstige Magneten		1, 5
1–2	Magneto Spielzeug Katz und Maus (z. B. www.mytoys.de)		1
11	Kompass ohne Beschriftung mit den Buchstaben N und/oder S (nur farbige Markierung) (z. B. „Wildfox Kartenkompass“ bei www.kraxel.com)		3, 4

Hinweis zur Lagerung von Magneten: Die Magnetisierung bleibt besser erhalten, wenn die Magneten so gelagert werden, dass immer gegensinnige Pole aufeinander/ nebeneinander liegen (wechselseitige Anziehung). Die Lagerung kann in Pappschachteln mit Trennwänden, auch Eierkartons, oder z. B. in Sortierkästen für Schrauben (aus dem Baumarkt) erfolgen (vgl. Abbildungen links).

6.1.2 Inhalt der Materialkisten zum Spiralcurriculum Magnetismus. Sekundarbereich (Caritas Werkstätten Nordkirchen)

Stk.	Material	Foto	Seq.
11	Materialbox mit den folgenden Materialien:		1, 4
11	Stange aus Holz (Ø 6 mm, Länge 50 mm)		1, 4, 5
11	Stange aus Aluminium (Ø 6 mm, Länge 50 mm)		1, 4, 5
11	Stange aus Eisen (Ø 6 mm, Länge 50 mm)		1, 4, 5
11	Stange aus Kupfer (Ø 6 mm, Länge 50 mm)		1, 4, 5
11	Stange aus Messing (Ø 6 mm, Länge 50 mm)		1, 4, 5
11	Stange aus Kunststoff (Ø 6 mm, Länge 50 mm)		1, 4, 5
11	Quader aus Holz (50×15×6 mm)		1, 4
11	Quader aus Kunststoff (50×15×6 mm)		1, 4
11	Quader aus Kork (50×15×6 mm)		1, 4
11	Quader aus Aluminium (50×15×6 mm)		1, 4
11	Quader aus Messing (50×15×6 mm)		1, 4
11	Quader aus Eisen (50×15×6 mm)		1, 4
11	Quader aus Kupfer (50×15×6 mm)		1, 4
11	1-Cent-Münze		1, 4
11	Büroklammer mit Kupferüberzug		1, 4
66	Schraube aus Eisen (M4, Länge 20 mm)		1, 4
11	Schraube aus Eisen (M4, Länge 20 mm) mit Bindfaden ca. 250 mm		1, 4
11	Boxen mit ca. 50 g kleinen Eisennägeln (1×16 mm)		1

Stk.	Material	Foto	Seq.
je 3	Eisenstück (75×15×10 mm und 30×15×10 mm)		1, 4
11	Tüten für die Aufbewahrung der folgenden Platten:		2
11	Platte aus Holz (100×100×4 mm)		2
11	Platte aus Aluminium (100×100×1mm)		2
11	Platte aus Eisen (100×100×1mm)		2
11	Platte aus Kupfer(100×100×1mm)		2
11	Platte aus Kunststoff (100×100×1mm)		2
11	Versuchsaufbau „schwebende Büroklammer“		2
11	Spule auf Stiel		5
11	Spule zum Einhängen		5
11	Spulenhalterung		5

Nachbestellungen:
Die Materialien können beim Caritas Werkstätten Nordkirchen nachbestellt werden.
Telefon: 02596 914-0
E-Mail: magnetismus@caritas-coesfeld.de

6.1.3 Weitere Experimentiermaterialien

Stk.	Material	Foto	Seq.
2–3	Satz mit allen Euro- und Cent-Münzen		1
11	Einhänger mit Massestücken (ca. 3 mal 50 g)		1
1	Rolle Aluminiumfolie		1
1	Großer Einhänger mit Massestücken, mind. 2 kg		2
1	Glasscheibe oder Plexiglasplatte ca. DIN-A4-Format		2
1	Kopier- oder Schreibfolie unbedruckt		2
1	Streudose mit Eisenfeilspänen		2
3	Mit Wasser befüllbare Wanne (möglichst durchsichtig), ca. 400×300×150 mm		3
3	Styroporscheibe oder Kunststoffschüssel mit flachem Rand, Ø ca. 150 mm		3
1	Handtuch		3
11	Kreidestück [V]		3
11	Knickdraht [V] (bei www.phywe.de als „Eisendraht, gekerbt“, Artikelnummer 06343-03)		4
1	Dünne Eisenstange (z. B. Sticknadel, Fahrradspeiche) oder Knickdraht, nicht magnetisiert		4
je 11	kleiner Klebepunkt rot und grün [V]		4

Stk.	Material	Foto	Seq.
11	Stellschalter (alternativ: je 2 Krokodilklemmen)		5
11	Flachbatterie [V] (alternativ: Netzgerät mit 4 V)		5
22	Krokodilklemme (falls Nutzung Flachbatterie)		5
33	Experimentierleitung, Länge ca. 200 mm		5
2	Gewebebandrolle, 20 mm breit (alternativ: gleich breites Tesafilm) [V]		5
5	Schere (zum Abschneiden Gewebeband)		5

Die folgenden Materialien sind für den Unterricht hilfreich, jedoch verzichtbar, wenn sie nicht verfügbar sind.

Stk.	Material	Foto	Seq.
1–2	aufgeschnittene 1-Cent-Münze		1
1, 1	Schmuck aus Gold und Silber		1
1	Besteckstück aus Edelstahl (nicht magnetisierbar)		1
je 1	Nickel- und/oder Kobalt-Stück		1
1	Globus, drehbar gelagert		3

6.2 Verwendete Literatur

Die Angabe der Literatur ist kapitelweise gegliedert. Innerhalb der Kapitel, die alle drei Bildungsbereiche betreffen, ist die Literatur zusätzlich aufgeschlüsselt nach Literatur, die von eher übergeordneter Bedeutung ist, sowie nach Literatur, die schwerpunktmäßig die einzelnen Bildungsbereiche betrifft. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird nicht getrennt zwischen explizit in den Kapiteln genannten Quellen und Quellen, die zur Abfassung der Kapitel herangezogen wurden.

Kapitel 2 Lernen und Lerngelegenheiten in den Naturwissenschaften

Übergeordnet

Duit, R. (2007): *Schülervorstellungen und Lernen von Physik – Stand der Dinge und Ausblick*. In: M. Hopf; R. Müller & R. Wodzinski (Hrsg.), Schülervorstellungen in der Physik (S. 267–272). Köln: Aulis.

Schwerpunkt Elementarbereich

Anders, Y.; Hardy, I.; Pauen, S. & Steffensky, M. (im Druck): *Zieldimensionen früher naturwissenschaftlicher Bildung im Kita-Alter und ihre Messung*. In: Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ (Hrsg.), Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“ (Band 5). Schaffhausen: Schubi Lernmedien AG.

Hellmich, F. & Köster, H. (Hrsg.) (2008): *Vorschulische Bildungsprozesse in Mathematik und Naturwissenschaften*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Leuchter, M. (Hrsg.) (2010): *Didaktik für die ersten Bildungsjahre: Unterricht mit 4- bis 8-jährigen Kindern*. Zug: Klett und Balmer.

Schwerpunkt Primarbereich

Kleickmann, T. (2012): *Kognitiv aktivieren und inhaltlich strukturieren im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. Handreichung des Programms SINUS an Grundschulen.* http://www.sinus-an-grundschulen.de/fileadmin/uploads/Material_aus_SGS/Handreichung_Kleickmann.pdf [01.07.2013].

Möller, K. (2010): *Lernen von Naturwissenschaft heißt: Konzepte verändern*. In: P. Labudde (Hrsg.), Fachdidaktik Naturwissenschaft. 1.–9. Schuljahr (S. 57–72). Stuttgart: Haupt.

Möller, K. (2012): *Konstruktion vs. Instruktion oder Konstruktion durch Instruktion? Konstruktionsfördernde Unterstützungsmaßnahmen im Sachunterricht.* In: H. Giest; E. Heran-Dörr & C. Archie (Hrsg.), Lernen und Lehren im Sachunterricht. Zum Verhältnis von Konstruktion und Instruktion (S. 37–50). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Wodzinski, R. (2006): *Lernschwierigkeiten erkennen – verständnisvolles Lernen fördern. Naturwissenschaftsmodul G4. Sinus Transfer Grundschule.* http://sinus-transfer-grundschule.de/fileadmin/MaterialienIPN/G4_ueberarb_Internet.pdf [01.07.2013].

Schwerpunkt Sekundarbereich

Duit, R. (2010): *Alltagsvorstellungen und Physik lernen*. In: E. Kircher; R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), Physikdidaktik. Theorie und Praxis (2. Aufl., S. 83–114). Berlin, Heidelberg: Springer.

Kapitel 3 Das Thema Magnetismus in einem bildungsstufenübergreifenden Curriculum

Übergeordnet

Bartholomew, H.; Osborne, J. & Ratcliffe, M. (2004): *Teaching students “ideas-about-science”: Five dimensions of effective practice*. Science Education, 88(5), S. 655–682.

Höttecke, D. (2001): *Die Vorstellungen von Schülern und Schülerinnen von der „Natur der Naturwissenschaften“*. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 7, S. 7–23.

Lederman, N. G.; Abd-El-Khalick, F.; Bell, R. L. & Schwartz, R. S. (2002): *Views of nature of science questionnaire*: *Toward valid and meaningful assessment of learners’ conceptions of nature of science*. Journal of Research in Science Teaching, 39(6), S. 497–521.

Mayer, J. (2007): *Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen*. In: D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), Theorien in der biologiedidaktischen Forschung (S. 177–186). Berlin: Springer.

McComas, W. (2002): *The principal elements of the nature of science: Dispelling the myths*. In: W. McComas (Hrsg.), The Nature of Science in Science Education (Band 5, S. 53–70). New York: Kluwer.

Merzyn, G. (1989): *Unterricht zum Magnetismus und das Elementarmagnet-Modell*. Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie, 44(37), S. 130–131.

Priemer, B. (2006): *Deutschsprachige Verfahren der Erfassung von epistemologischen Überzeu-*

gungen. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 12, S. 159–175.
Sodian, B.; Bullock, M. & Koerber, S. (2008): *Wissenschaftliches Denken und Argumentieren. Was muss Hänschen lernen, damit aus Hans etwas wird?* In: W. Schneider (Hrsg.), Entwicklung von der Kindheit bis zum Erwachsenenalter. Befunde der Münchner Längsschnittstudie LOGIK. (S. 67–84). Weinheim: Beltz.
Wong, S. L. & Hodson, D. (2009): *From the horse's mouth: What scientists say about scientific investigation and scientific knowledge*. Science Education, 93(1), S. 109–130.

Schwerpunkt Elementarbereich

Möller, K. & Steffensky, M. (2010): *Naturwissenschaftliches Lernen im Unterricht mit 4- bis 8-jährigen Kindern. Kompetenzbereiche frühen naturwissenschaftlichen Lernens.* In: M. Leuchter (Hrsg.), Didaktik für die ersten Bildungsjahre. Unterricht mit 4- bis 8-jährigen Kindern (S. 163–178). Seelze: Friedrich.
Sodian, B.; Thoermer, C. & Koerber, S. (2008): *Das Kind als Wissenschaftler – schon im Vor- und Grundschulalter?* In: L. Fried (Hrsg.), Das wissbegierige Kind. Neue Perspektiven in der Früh- und Elementarpädagogik (S. 29–36). Weinheim: Juventa.

Schwerpunkt Primarbereich

Duit, R. (2003): *Naturwissenschaftliches Arbeiten*. Unterricht Physik, 14(74), S. 4–8.
Grygier, P.; Gunther, J. & Kircher, E. (2007): *Über Naturwissenschaften lernen: Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule*. Baltmannsweiler: Schneider.
Möller, K.; Kleickmann, T. & Sodian, B. (2011): *Naturwissenschaftlich-technischer Lernbereich*. In: W. Einsiedler; M. Götz; A. Hartinger; F. Heinzel; J. Kahlert & U. Sandfuchs (Hrsg.), Handbuch Grundschulpädagogik und Grundschuldidaktik (3. vollst. überarb. Aufl., S. 509–517). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
Möller, K. & Steffensky, M. (2010): *Naturwissenschaftliches Lernen im Unterricht mit 4- bis 8-jährigen Kindern. Kompetenzbereiche frühen naturwissenschaftlichen Lernens.* In: M. Leuchter (Hrsg.), Didaktik für die ersten Bildungsjahre. Unterricht mit 4- bis 8-jährigen Kindern (S. 163–178). Seelze: Friedrich.

Schwerpunkt Sekundarbereich

Duit, R.; Gropengießer, H. & Stäudel, L. (Hrsg.) (2004): *Naturwissenschaftliches Arbeiten – Unterricht und Material 5–10*. Seelze: Friedrich.
Duit, R.; Kraus, M. E. & Rincke, K. (2012): *Magnetismus im Physikunterricht. Fachliche und didaktische Informationen zu einem komplexen Thema.* Unterricht Physik, 23(127), S. 4–9.
Hammann, M. (2006): *PISA und Scientific Literacy*. In: U. Steffens & R. Messner (Hrsg.), PISA macht Schule: Konzeptionen und Praxisbeispiele zur neuen Aufgabenkultur (Band 3 der Reihe: Folgerungen aus PISA für Schule und Unterricht, S. 127–179). Wiesbaden: Institut für Qualitätsentwicklung.
Hammann, M.; Phan, T. T. H.; Ehmer, M. & Bayrhuber, H. (2006): *Fehlerfrei Experimentieren*. Mathematischer und Naturwissenschaftlicher Unterricht, 59(5), S. 292–299.
Kircher, E.; Girwidz, R. & Häußler, P. (2010): *Ziele und Kompetenzen im Physikunterricht*. In: E. Kircher; R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), Physikdidaktik. Theorie und Praxis (2. Aufl., S. 83–114). Berlin: Springer.
Nawrath, D.; Maiseyenka, V. & Schecker, H. (2011): *Experimentelle Kompetenz – Ein Modell für die Unterrichtspraxis*. Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule, 60(6), S. 42–49.
Stäudel, L.; Werber, B. & Wodzinski, R (2006): *Lernbox: Forschen wie ein Naturwissenschaftler. Das Arbeits- und Methodenbuch.* Seelze: Friedrich.
Urhahne, D.; Kremer, K. & Mayer, J. (2008): *Welches Verständnis haben Jugendliche von der Natur der Naturwissenschaften? Entwicklung und erste Schritte zur Validierung eines Fragebogens*. Unterrichtswissenschaft, 36(1), S. 71–93.

Kapitel 4
Das Thema Magnetismus im Sekundarbereich

Kapitel 4.1 Fachlicher Hintergrund

Achilles, M. (1996): *Historische Versuche der Physik funktionsfähig nachgebaut (2*. Aufl.). Dreieich: Edition Wötzel.
Demtröder, W. (2013): *Experimentalphysik 2: Elektrizität und Optik* (6. Aufl.). Heidelberg: Springer Spektrum.
Duit, R.; Kraus, M. E. & Rincke, K. (2012): *Magnetismus im Physikunterricht. Fachliche und didaktische Informationen zu einem komplexen Thema.* Unterricht Physik, 127, S. 4–9.
Giancoli, D. C. (2006): *Physik* (3. Aufl.). München: Pearson.
Haliday, D.; Resnick, R. & Walker, J. (2009): *Physik* (2. Aufl., hrsg. von S. W. Koch). Weinheim: Wiley-VCH.
Hees, B. (2008): *Das Elementarmagneten-Modell im Physikunterricht am Gymnasium. Eine fachdidaktische Analyse der klassischen Modelle & Konzeptionen und Erprobung eines alternativen Modells.* http://duepublico.uni-duisburg-essen.de/

servlets/DerivateServlet/Derivate-20812/Hees_Diss.pdf [06.02.2013].
Kube, J. (2013): *Welt der Physik. Magnete.* http://www.weltderphysik.de/gebiete/stoffe/magnete/ [27.06.2013].
Merzyn, G. (1989): *Unterricht zum Magnetismus und das Elementarmagnet-Modell*. Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie, 44(37), S. 130–131.
Raith, W. (2006): *Bergmann Schaefer, Lehrbuch der Experimentalphysik*. *Band 2: Elektromagnetismus* (9. Aufl.). Berlin: Walter de Gruyter.
Skomski, R. (2008): *Simple Models of Magnetism*. New York: Oxford University Press.
Steger, D.–M. (2004): *Freihandversuche aus Elektrizitätslehre und Magnetismus*. Diplomarbeit TU Graz. http://portal.tugraz.at/portal/page/portal/Files/i5110/files/Forschung/Thermophysik/DA-Daniel-Markus_Steger.pdf [06.02.2013].
Vogel, H. (1999): *Gerthsen Physik* (20. Aufl.). Heidelberg: Springer.

Kapitel 4.2
Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten

übergeordnet

Barrow, L. H. (1987): *Magnet concepts and elementary students' misconceptions*. In: J. Novak (Hrsg.), Proceedings of the Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics (S. 17–22). Ithaca: Cornell University.
Borges, A. T.; Tecnico, C. & Gilbert, J. K. (1998): *Models of magnetism*. International Journal of Science Education, 20(3), S. 361–378.
Duit, R. (2007): *Alltagsvorstellungen und Physik lernen*. In: E. Kircher & W. Schneider (Hrsg.), Physikdidaktik in der Praxis (S. 1–26). Berlin: Springer.
Hickey, R. & Schibeci, R. A. (1999): *The attraction of magnetism*. Physics Education, 34(6), S. 383–388.

Schwerpunkt Elementarbereich

Hardy, I. & Kempert, S. (2011): *Entwicklung und Förderung früher naturwissenschaftlicher Kompetenzen im Elementarbereich*. In: F. Vogt; M. Leuchter; A. Tettenborn; U. Hottinger; M. Jäger & E. Wannack (Hrsg.), Entwicklung und Lernen junger Kinder (S. 23–36). Münster: Waxmann.

Schwerpunkt Primarbereich

Banholzer, A. (2008): *Die Auffassung physikalischer Sachverhalte im Schulalter*. In: B. Feige & H. Köster (Hrsg.), Die Auffassung physikalischer Sachverhalte im Schulalter. (Wiederabdruck, S. 38–155). Bad Heilbrunn: Klinkhardt. (Im Original erschienen als **Banholzer, A. (1936):** *Die Auffassung physikalischer Sachverhalte im Schulalter.* Dissertation, Eberhard Karls-Universität Tübingen.)
Grygier, P.; Gunther, J. & Kircher, E. (2007): *Über Naturwissenschaften lernen: Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule*. Baltmannsweiler: Schneider.
Kircher, E. & Rohrer, H. (2007): *Schülervorstellungen zum Magnetismus in der Primarstufe*. In: M. Hopf; R. Müller & R. Wodzinski (Hrsg.), Schülervorstellungen in der Physik (Wiederabdruck, S. 46–52). Köln: Aulis. (Im Original erschienen als **Kircher, E. & Rohrer, H. (1993):** *Schülervorstellungen zum Magnetismus in der Primarstufe.* Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe, 21, S. 336–341.)

Schwerpunkt Sekundarbereich

Duit, R.; Kraus, M. E. & Rincke, K. (2012): *Magnetismus im Physikunterricht*. *Fachliche und didaktische Informationen zu einem komplexen Thema.* Unterricht Physik, 23(127), S. 4–9.
Merzyn, G. (1989): *Unterricht zum Magnetismus und das Elementarmagnet-Modell*. Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie, 44(37), S. 130–131.

Kapitel 5
Unterricht in der Sekundarstufe I (Klasse 5 bis 7)

Duit, R.; Häußler, P.; Mikelskis, H. & Westphal, W. (1994): *Physik 5/6 um die Welt zu begreifen (Ausgabe Niedersachsen)*. Frankfurt/Main: Diesterweg und Konkordia.
Hees, B. (2008): *Das Elementarmagneten-Modell im Physikunterricht am Gymnasium*. *Eine fachdidaktische Analyse der klassischen Modelle & Konzeptionen und Erprobung eines alternativen Modells.* http://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-20812/Hees_Diss.pdf [06.02.2013].

6.3 Literaturempfehlungen

Zum Thema Magnetismus

Kloss, A. (1994): *Geschichte des Magnetismus*. Berlin: VDE.
Kube, J. (2013): *Welt der Physik*. *Magnete.* http://www.weltderphysik.de/gebiete/stoffe/magnete/ [27.06.13].

Zum Thema Vorstellungen und Lernen

Aufschnaiter, C. v. (2008): *Mithilfe von Experimenten lernen – (wie) geht das? Experimentierserien als systematischer Zugang zu physikalischen Konzepten*. Naturwissenschaften im Unterricht Physik, 19(108), S. 4–9.
Aufschnaiter, C. v. & Aufschnaiter, S. v. (2001): *Eine neue Aufgabenkultur für den Physikunterricht: Was fachdidaktische Lernprozess-Forschung zu der Entwicklung von Aufgaben beitragen kann*. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht (MNU), 54(7), S. 409–416.
Aufschnaiter, C. v. & Rogge, C. (2009): *Im Physikunterricht wird zu viel erklärt!* Lernchancen, 12(69/70), *S*. 54–59.

6.4 Bildquellenverzeichnis

Die im Handbuch enthaltenen Fotos der Materialien stammen von Claudia von Aufschnaiter und Rita Wodzinski.

Alle übrigen:

S. 31: Ferrofluid (GeeJo/wikimedia.org), Ferrit-Magnet (kostsov/panthermedia.net)
S. 69, S. 90, S. 234: Euro- und Cent-Münzen (beboy/shutterstock.com)
S. 224: Schrottkran (BanksPhotos/istockphoto.com)
S. 225: Toaster (ciseren korkut/istockphoto.com), Akkuschrauber (Apart Foto –Fotolia.com), Wasserkocher (Sergil Moscaliuk – Fotolia.com), Zahnbürste (Gresel – Fotolia.com), Ventilator (Alexandr Mitiuc – Fotolia.com), Lampe mit Metallfuß (Tuomas Kujansuu/istockphoto.com), Mixer (lantapix – Fotolia.com)

Spiralcurriculum Magnetismus:

Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen.

Ein Curriculum vom Kindergarten bis zur 7. Klasse

Herausgeberin: Kornelia Möller

Das Spiralcurriculum Magnetismus

Das Spiralcurriculum zum Thema Magnetismus ist bildungsstufenübergreifend für den Kindergarten bis zur Sekundarstufe I (Klassen 5 bis 7) konzipiert. Es zielt darauf ab, die Entwicklung naturwissenschaftlicher Kompetenzen von Anfang an stufengerecht zu fördern und die Übergänge vom Kindergarten in die Grundschule und von der Grundschule in die Sekundarstufe zu erleichtern.
Neben dem Aufbau fachlicher Kompetenzen zum Themenfeld Magnetismus steht die systematische Heranführung an naturwissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen im Zentrum des Spiralcurriculums. Leitendes Prinzip ist das durch pädagogische Fachkräfte bzw. Lehrkräfte angemessen begleitete forschende Lernen.
Materialpakete unterstützen die Fachpersonen des Kindergartens sowie die Lehrkräfte darin, die angestrebten Ziele zu erreichen. Sie wurden nach dem Prinzip der KiNT-Klasse(n)kisten auf der Basis von Forschungsergebnissen von Wissenschaftlerinnen aus dem Elementar-, Primar- und Sekundarbereich gemeinsam entwickelt und in der jeweiligen Bildungsstufe vielfach erprobt.
Jedes Materialpaket besteht aus

- einem Ordner für die jeweilige Bildungsstufe,
- einer bzw. mehreren dazugehörigen Materialkisten (erhältlich über die Caritas Werkstätten Nordkirchen, www.caritas-coesfeld.de/magnetismus oder magnetismus@caritas-coesfeld.de).

Band 3: Sekundarbereich

Der Ordner für die Klassenstufen 5 bis 7 umfasst fünf Sequenzen im Umfang von je einer Doppelstunde, welche die in der Primarstufe entwickelten Kompetenzen aufgreifen und vertiefen. Dazu gehören sowohl die grundlegenden Eigenschaften von Magneten als auch Aspekte des Erdmagnetismus. Im Hinblick auf naturwissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen werden das Prinzip der Variablenkontrolle eingeführt sowie das Modellieren am Beispiel der Elementarmagneten thematisiert. Die Schülerinnen und Schüler bauen zudem einen einfachen Elektromotor und entwickeln so ihre in der Grundschule gemachten Erfahrungen zum Elektromagnetismus weiter.
Der Ordner enthält strukturierte Arbeitsblätter sowie detaillierte Unterrichtsplanungen, die es auch fachfremd unterrichtenden Lehrkräften ermöglichen, den Unterricht umzusetzen.
In den zwei auf den vorgeschlagenen Unterricht abgestimmten Materialkisten befinden sich Experimentiermaterialien für 33 Schülerinnen und Schüler, die in Gruppen zu dritt arbeiten.

Autorinnen: Claudia von Aufschnaiter, Rita Wodzinski

Prof. Dr. Kornelia Möller
ist Professorin für Didaktik des Sachunterrichts an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster.

Prof. Dr. Claudia von Aufschnaiter
ist Professorin für Didaktik der Physik an der Justus-Liebig-Universität Gießen.

Prof. Dr. Rita Wodzinski
ist Professorin für Didaktik der Physik an der Universität Kassel.