

Inhalt dieses Abschnitts:

1. Wirkungen von Magneten
2. Magnetisches Feld
3. Das Magnetfeld der Erde
4. Magnetisieren
5. Eine Modellvorstellung
6. Warum lässt sich Eisen magnetisieren?
7. Warum wird Eisen von einem Magneten angezogen, Holz oder Plastik aber nicht?
8. Die Modellvorstellung im Unterricht: Das „Eisen-Magnet-Modell“
9. Abschwächen des Magnetismus
10. Visualisierungen zum Eisen-Magnet-Modell

In der Natur findet man gelegentlich Eisenerzstücke, die eine besondere Eigenschaft haben: Bringt man Eisen, Nickel, Kobalt oder Legierungen dieser Stoffe in ihre Nähe, werden sie angezogen. Diese anziehenden Kräfte werden magnetische Kräfte genannt. Heute bereitet es keine Schwierigkeiten, Magnete in verschiedenster Form so herzustellen, dass die magnetische Wirkung über Jahre hinweg anhält.

Die einfachste Form hat der so genannte Stabmagnet (auch Permanentmagnet genannt, weil die magnetische Wirkung über einen sehr langen Zeitraum anhält), für den im Folgenden zunächst die wichtigsten Eigenschaften zusammengestellt werden sollen.

1. Wirkungen von Magneten

- Die magnetische Wirkung nimmt mit zunehmendem Abstand zwischen Magneten und Eisenstück ab.
- Wird Pappe, dünnes Holz oder Kunststoff zwischen Magneten und Eisenstück eingefügt, ändert sich an der magnetischen Wirkung nichts. Die magnetische Wirkung geht nicht nur durch Luft hindurch, auch im Vakuum ist sie vorhanden.
- An den beiden Enden des Stabmagneten ist die magnetische Wirkung am größten, in der Mitte praktisch nicht vorhanden. Dies lässt sich mit Ketten aneinander gehängter Nägel oder Büroklammern nachweisen: An den Enden lassen sich längere Ketten herstellen als an Orten zur Mitte zu. Die beiden Enden mit der stärksten magnetischen Wirkung nennt man Pole.
- Hängt man einen Stabmagneten an einem langen dünnen Faden auf (es sollten keine anderen Magnete oder Eisenstücke in der Nähe sein), dann pendelt sich der Magnet nach einer Weile in Nord-Süd-Richtung ein. Den nach Norden zeigenden Pol nennt man Nordpol, entsprechend den nach Süden zeigenden Südpol.
- Untersucht man die Kräfte, die zwei Stabmagnete aufeinander ausüben, dann stellt man fest: Gleichnamige Pole stoßen sich ab, ungleichnamige ziehen sich an.
- Eine Kompassnadel ist im Wesentlichen ein kleiner, leicht drehbarer Stabmagnet.
- Bringt man einen zunächst völlig unmagnetischen Nagel dicht an einen Magneten, ohne ihn direkt zu berühren, übt auch er eine magnetische Wirkung aus.

2. Magnetisches Feld

Der Raum um den Magneten herum, in dem magnetische Kräfte wirken, wird *magnetisches Feld* genannt. Um die Richtung der magnetischen Wirkung festzustellen, gehen wir folgendermaßen vor: Der Stabmagnet wird auf ein Papier gelegt und eine kleine Magnetnadel wird an viele Stellen um den Magneten herum hingestellt und seine Orientierung auf dem Papier als Pfeil aufgezeichnet. Es entsteht ein Bild, wie in der Abb. 1a dargestellt. Es sieht so aus, als ob kleine Pfeile aus dem Nordpol des Magneten herausströmen und beim Südpol wieder hineinströmen. Die so entstehenden Linien nennt man Magnetfeldlinien. Beim so genannten Hufeisenmagneten entsteht ein etwas anders aussehendes Bild (Abb. 1b).



Abb. 1a und b: Veranschaulichung des Magnetfeldes durch kleine Magnetnadeln

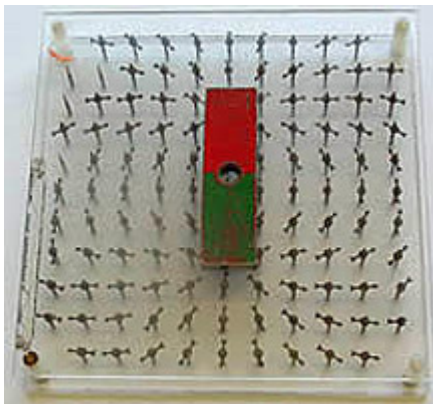


Abb. 2: Veranschaulichung des Magnetfeldes eines Stabmagneten (2a) und eines Hufeisenmagneten (2b) durch kleine Magnetnadeln

3. Das Magnetfeld der Erde

Da sich eine frei aufgehängte Kompassnadel immer in eine bestimmte Richtung einpendelt, muss es um die Erde ein Magnetfeld geben. Der magnetische Pol der Erde im Norden fällt allerdings nicht mit dem geographischen Nordpol zusammen. Er liegt etwas nördlich von Kanada und verändert zudem im Laufe der Zeit etwas seine Lage. Der magnetische Pol im Norden der Erde ist der magnetische Südpol der Erde. Manche Tiere, z.B. Wandertauben, orientieren sich am Magnetfeld der Erde.

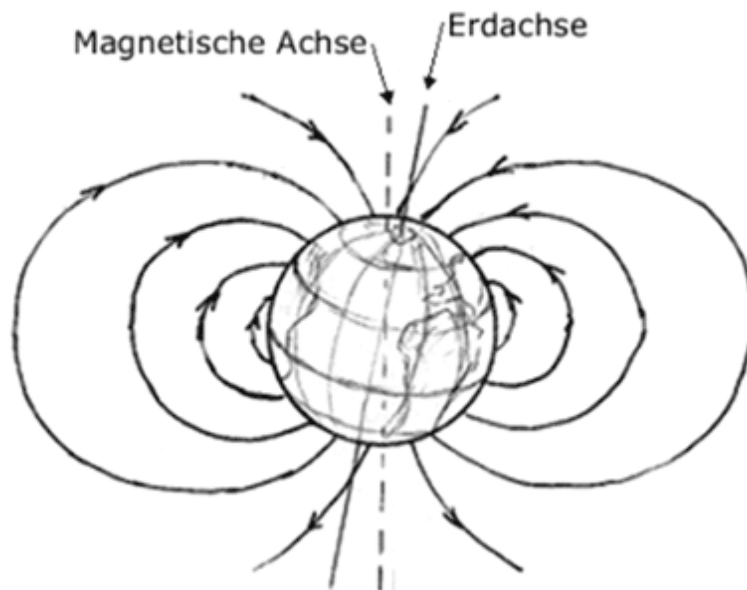


Abb. 3: Magnetfeld um die Erde

Man nimmt heute an, dass der Erdmagnetismus durch elektrische Ströme im flüssigen Erdkern (dieser besteht zu einem beträchtlichen Teil aus Ionen = elektrisch geladene Teilchen) zustande kommt. Die Abweichung des magnetischen Pols im Norden vom geographischen Nordpol nennt man Deklination.

Die Magnetfeldlinien der Erde verlaufen bei uns nicht horizontal zur Erdoberfläche, sondern bilden einen recht steilen Winkel von etwa 65 Grad. Dies wird Inklination genannt.

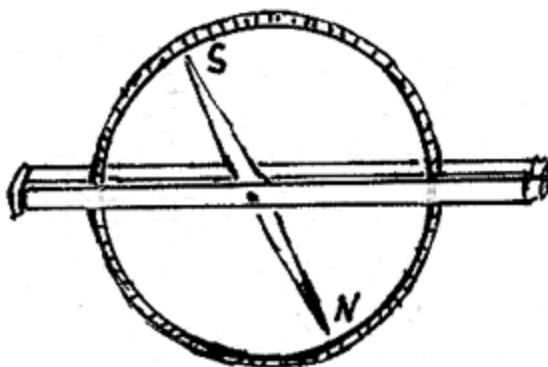


Abb. 4: Nachweis der Inklination

4. Magnetisieren

Mit Hilfe eines starken Stabmagneten kann ein neuer Stabmagnet hergestellt werden, dessen magnetische Wirkung eine Zeitlang anhält. Zur Herstellung eignen sich die meisten Fahrradspeichen und viele Nägel. Ein Pol des Stabmagneten wird mehrfach wie in der Abbildung gezeigt über die Speiche gestrichen. (Magnet direkt an den Anfang der Speiche halten, an der Speiche entlang ziehen, den Magneten in einem Bogen in der Luft zum Anfang zurückbewegen und erneut an der Speiche entlang ziehen. Dies 5 – 10-mal wiederholen.) Der Test zeigt, dass die Speiche dadurch ebenfalls zu einem Magneten mit Nord- und Südpol geworden ist.

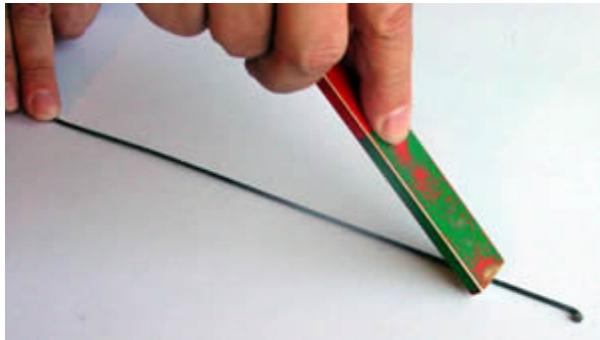


Abb. 5: Magnetisieren einer Fahrradspeiche

Zwicken wir die magnetisierte Fahrradspeiche in der Mitte auseinander, erhalten wir zwei neue Stabmagnete. Jeder hat sowohl einen Süd- als auch einen Nordpol. Wir können die beiden Speichenstücke erneut in der Mitte durchschneiden und erhalten nun vier Magnete, die wiederum alle einen Nord- und einen Südpol besitzen. Dies kann man immer weiter führen, stets treten Nord- und Südpol gemeinsam auf. Im Gegensatz zur elektrischen Ladung lassen sich die beiden Magnetpole nicht so trennen, dass sich nur ein Nordpol und kein Südpol auf dem einen und der Südpol und kein Nordpol auf dem zweiten Magneten befinden.

5. Eine Modellvorstellung

Das Magnetisieren legt folgende Vorstellung nahe: Auch in nach außen unmagnetisiert erscheinendem Eisen gibt es kleine, so genannte magnetische Elementarbezirke, die sich wie kleine Magnete verhalten. Die Richtungen dieser Elementarmagnete sind zunächst völlig unregelmäßig verteilt. Dadurch hebt sich die magnetische Wirkung nach außen auf. Durch das Entlangstreichen mit dem starken Magneten orientieren sich viele Elementarmagneten nach dem Stabmagneten, sodass am Ende die Nordpole der meisten Elementarmagneten in eine einheitliche Richtung zeigen. An den beiden Enden des Eisenstücks liegt jetzt ein Nord- bzw. Südpol vor. Wird das magnetisierte Eisenstück wie die Speiche geteilt, entstehen zwei Stabmagnete, von denen jeder wieder einen Nord- und einen Südpol besitzen.

6. Warum lässt sich Eisen magnetisieren?

Alle Atome sind aus Protonen, Neutronen (Kernbausteine) und Elektronen (Atomhülle) aufgebaut. Diese kleinsten Atombausteine verhalten sich ihrerseits bereits wie winzigste kleine Magnete. Für Eisen ergibt sich hinsichtlich der Anordnung dieser winzigsten kleinen Magnete und damit der magnetischen Wirkung eine Besonderheit: Eisen ist ein Kristall, d.h. die Eisenatome sind an feste, gleichmäßig angeordnete Plätze gebunden. In den Eisenatomen in einem Kristall sind die Elektronen in die zweitäußerste Elektronenschale so eingebaut, dass sich dadurch die magnetische Wirkung des gesamten Eisenatoms verstärkt. Dadurch sind die Eisenatome im Kristall bereits kleine ‚Magnetchen‘. In einem unmagnetischen Stück Eisen sind diese einzelnen ‚Magnetchen‘ unregelmäßig in alle Richtungen orientiert. Die magnetischen Wirkungen der ‚Magnetchen‘ heben sich deshalb gegenseitig auf. Nach außen zeigt das Eisenstück keine magnetische Wirkung. Wird nun von außen ein Magnet (z.B. ein Stabmagnet) in die Nähe des Eisenstücks gebracht, orientieren sich die ‚Magnetchen‘ in eine Richtung, die durch den äußeren Magneten vorgegeben ist (wie Kompassnadeln in der Nähe eines Magneten). Dadurch ist das Eisenstück magnetisiert und selbst zu einem Magneten geworden.

Dass die gleichorientierten Elementarmagneten nach außen auf einen anderen Magneten eine Kraft ausüben lässt sich folgendermaßen verdeutlichen. Wir untersuchen dazu die magnetische Kraft eines bzw. zwei Stabmagnete auf einen dritten Magneten (s. Abb. 6 und 7). Zunächst nehmen wir einen Magneten und orientieren ihn so, dass der dritte Magnet abgestoßen wird. Nun wird der zweite Stabmagnet mit gleicher Orientierung an den ersten gepresst (sie stoßen sich ab) und die Wirkung auf den dritten Magneten betrachtet: diese ist größer geworden, denn nun wird der dritte Magnet von zwei Magneten abgestoßen. Nun drehen wir den zweiten Stabmagneten um (erster und zweiter Magnet ziehen sich jetzt an). Auf den dritten Magneten gibt es jetzt praktisch keine Wirkung, denn der erste Stabmagnet stößt ihn ab, der zweite zieht ihn etwa genauso stark an. Damit heben sich die Wirkungen der beiden Stabmagneten auf.

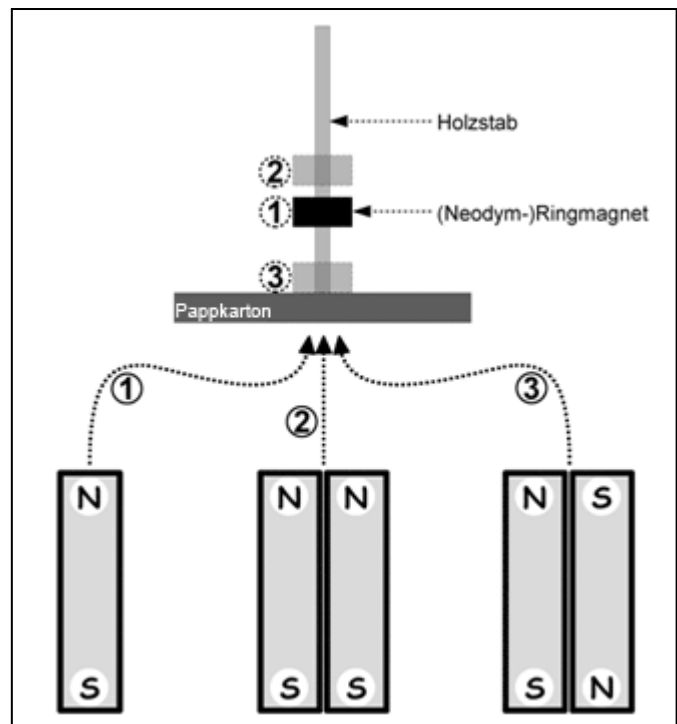


Abbildung 6: Vergleich der Stärke einer kombinierten Magneten mit der eines einzelnen Magneten

Wenn die Elementarmagnetchen in ihren Orientierungen in alle Richtungen etwa gleich verteilt sind, gibt es nach außen etwa gleich viele die anziehen und gleich viele die abstoßen, es liegt ein gewöhnliches, unmagnetisiertes Stück Eisen vor.

Die folgenden Bilder zeigen, wie unterschiedlich stark der Magnet auf dem Wägelchen die Rampe nach oben geschoben wird:

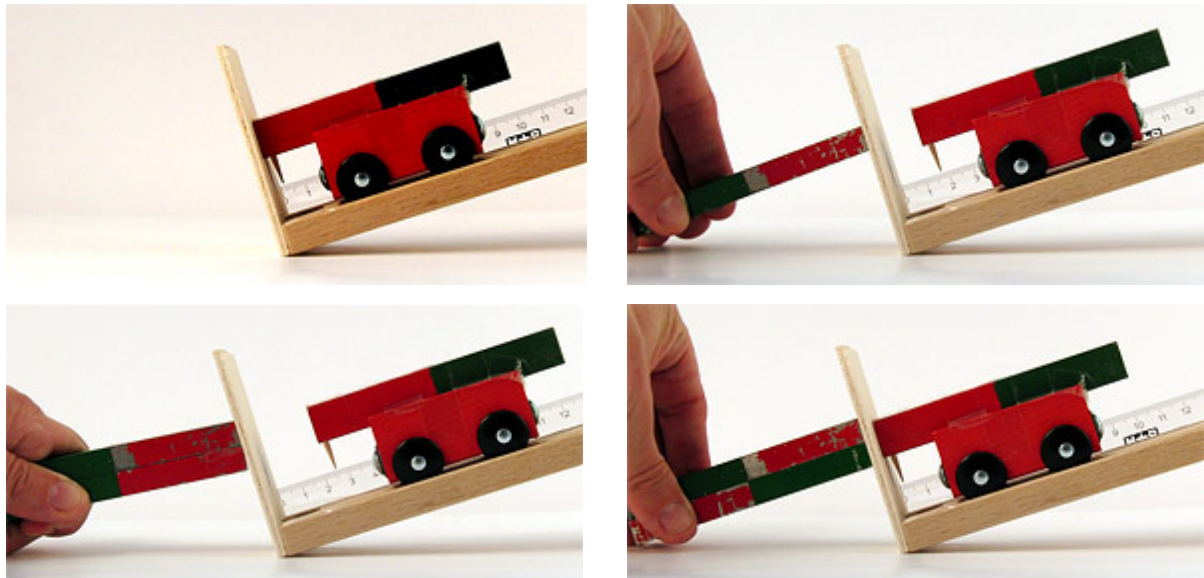


Abb. 7a-d: Die magnetische Wirkung von zwei Stabmagneten verstärkt sich (7a) oder hebt sich auf (7d).

7. Warum wird ein Eisenstück von einem Magneten angezogen, Holz oder Plastik aber nicht?

Diese etwas verwunderliche Frage führt uns zu dem Grundphänomen des Permanent-Magnetismus: Magnete üben Kräfte aufeinander aus, diese sind je nach Orientierung der Magneten zueinander anziehend oder abstoßend. Eisen wird wie in 6. beschrieben in der Nähe eines Magneten magnetisiert und damit wird das Eisenstück selbst zu einem Magneten. Dessen Pole sind so, dass das magnetisierte Eisenstück von dem Permanentmagneten angezogen wird. Holz und Plastik z.B. sind nicht magnetisierbar, der Permanentmagnet kann aus ihnen also keinen Magneten machen. Damit gibt es nicht - wie bei magnetisiertem Eisenstück und dem Permanentmagneten - zwei Magnete die sich gegenseitig anziehen können.

8. Die Modellvorstellung im Unterricht: Das „Eisen-Magnet-Modell“

Das Modell auf der Teilchenebene – von uns „Eisen-Magnet-Modell“ genannt – kann also zusammenfassend folgendermaßen beschrieben werden: In einem magnetisierbaren Material (hier: Eisen) befinden sich winzig kleine „Magnetchen“ (als Weiß'sche Bezirke), die ortsfest und drehbar sind. Diese Magnetchen werden als Pfeile symbolisiert und haben ihren Nordpol an der Spitze, den Südpol am stumpfen Ende. Vorteil der kleinen Pfeile ist unter anderem, dass damit die Modellvorstellung unterstützt wird d.h., dass die Kinder die Pfeile nicht mit „echten“ makroskopischen Stabmagneten identifizieren.

Ist ein Eisenstück unmagnetisiert, so sind die Magnetchen im Inneren statistisch in alle Richtungen orientiert und heben sich in ihrer Wirkung nach Außen auf. Bringt man einen (Permanent-)Magnet in die Nähe, so beeinflusst dieser die Magnetchen und bringt sie in eine zunehmend parallele Ordnung. Die gleichsinnig ausgerichteten Magnetchen verstärken sich in ihrer Wirkung. Das Eisenstück wird selbst ein Magnet und wird angezogen. Entfernt man den Magneten, so drehen sich die meisten Magnetchen wieder in ihre ursprüngliche Position

zurück. Ein Permanentmagnet selbst ist ähnlich aufgebaut wie das Eisenstück – mit dem Unterschied, dass sich die Magnetchen hier deutlich schwerer aus ihrer gleichsinnigen Ausrichtung weg drehen lassen und so die Magnetisierung dauerhaft erhalten bleibt. Im Eisen-Magnet-Modell wird – schulgemäß - die spontane Magnetisierung in Elementarbezirke und deren unterschiedliche Größe vernachlässigt. Weiterhin wird deren Vergrößerung in einem externen Magnetfeld ausgeklammert. Im Modell wird nur von ‚Umorientierungen‘ ausgegangen.

9. Abschwächen des Magnetismus

Die Modellvorstellung erklärt auch, weshalb der Magnetismus verschwindet, wenn das Material sehr stark erhitzt wird. Man hängt einen Nagel an einem dünnen Draht so auf, dass er gerade von einem Magneten gehalten wird. Nun erhitzt man den Nagel so stark, dass er zu glühen beginnt: Er löst sich vom Magneten, weil sich seine Elementarbezirke durch die heftige Wärmebewegung wieder unregelmäßig orientieren. Einen Magneten soll man auch nicht auf den Boden fallen lassen. Durch den Aufprall gibt es ebenfalls eine heftige Bewegung, die die gemeinsame Orientierung zerstört.

10. Visualisierungen zum Eisen-Magnet-Modell

Wir schlagen zur Einführung der Modellvorstellung die Nutzung folgender Darstellungsformen vor:

- Darstellung an der Tafel (Abb. 8)
- Darstellung in einem ‚Holzbrettmodell‘ (Abb. 9)
- Darstellung auf einem Arbeitsblatt (Abb. 10 und 11)
- Im Hefteintrag können die Kinder die Pfeile auch vereinfacht selbst zeichnen
- Darstellung in der Computersimulation (Abb. 12-14) sie kann sowohl den Kindern zur selbständigen Arbeit zur Verfügung gestellt werden, als auch über Laptop und Beamer im Unterricht präsentiert werden.)

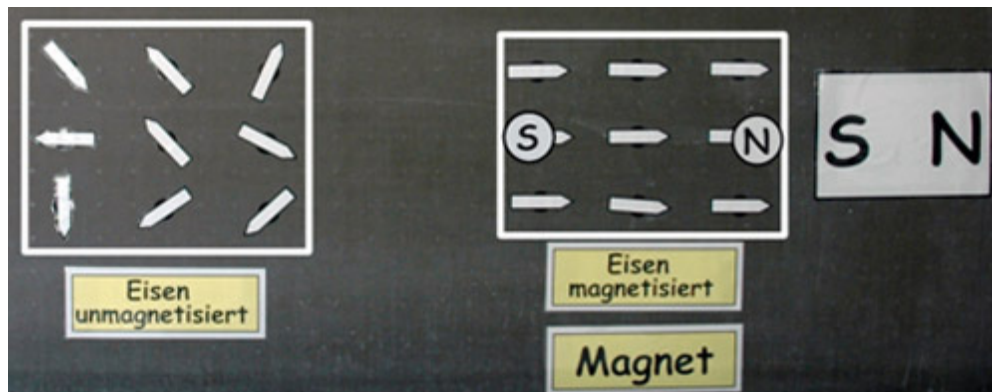


Abb. 8: Darstellung an der Tafel: Tafelbild mit drehbaren Pfeilen, diese können mit Hilfe von Magnetklebeband leicht drehbar an der Tafel befestigt werden.

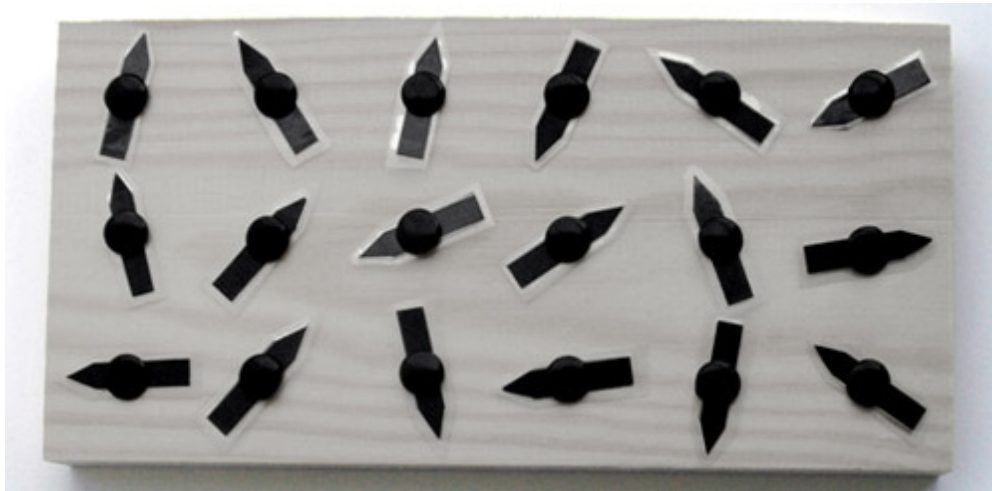


Abb. 9: Darstellung als ‚Holzbrettmodell‘ auf einem Holzbrett mit drehbaren Pfeilen, die aus Papier ausgeschnittenen, laminiert und mit Hilfe von Reißnägeln befestigt werden.



Abb. 10: Darstellung für Arbeitsblatt: unmagnetisiertes Eisen

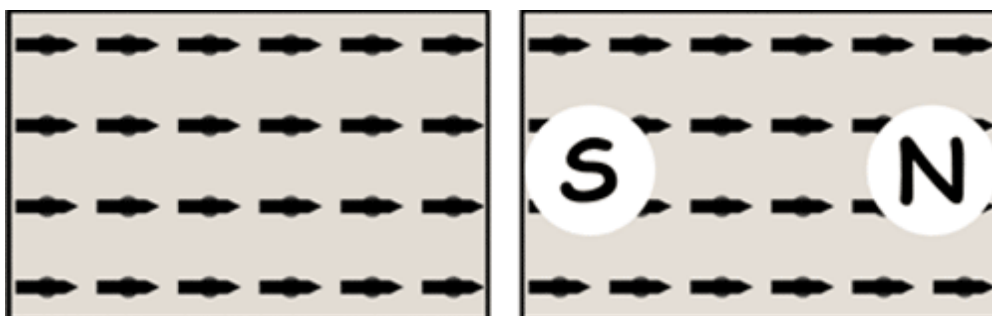


Abb. 11: Darstellung für Arbeitsblatt: magnetisiertes Eisen – Magnet (rechts mit Markierung der entstandenen Pole)



Abb. 12: Darstellung in der Computersimulation - unmagnetisiertes Eisen

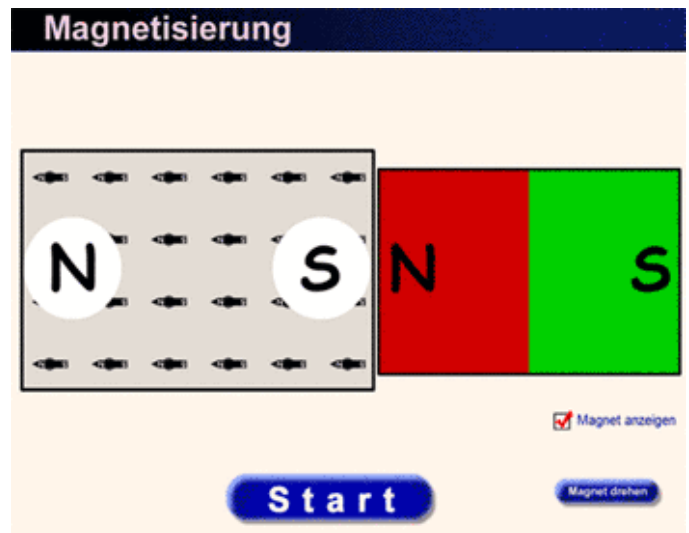


Abb. 13: Darstellung in der Computersimulation - magnetisiertes Eisen

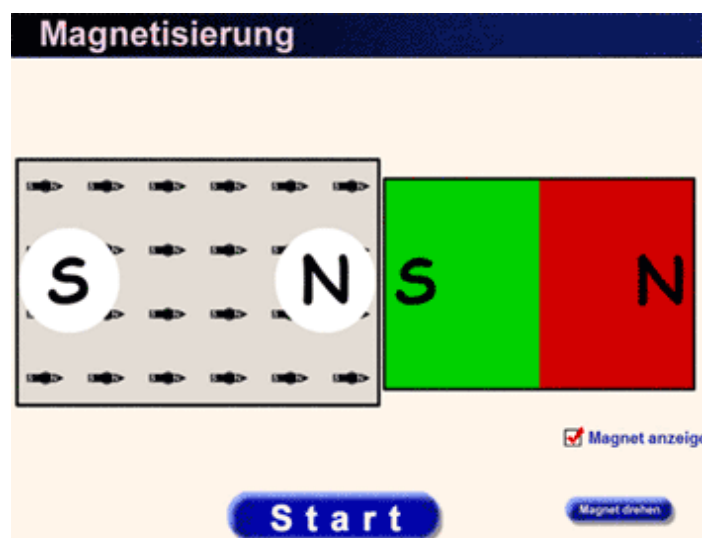


Abb. 14: Darstellung in der Computersimulation - magnetisiertes Eisen (umgekehrte Polung als in Abb. 13)