

## B3 Wie funktioniert die Mülltrennung? – Stofftrennung nach Dichte und Magnetismus

Die vorgeschlagenen Telexperimente eignen sich bestens, um in das chemische Grundlagenthema Stofftrennung anhand des aktuellen Themenkreises „Umwelt, Müll, Recycling“ experimentell einzusteigen. Außerdem bietet dieser Kontext viele Anknüpfungspunkte für Werte wie Umweltbewusstsein oder Verantwortungsübernahme. Im Physikunterricht ist besonders das Telexperiment 2 interessant, bei dem die Schülerinnen und Schüler ihre Vorkenntnisse aus Elektrizitätslehre und Magnetismus am Beispiel Wirbelströme und deren Wirkung verifizieren können. Fehlen die Vorkenntnisse, sollte dies die Lehrkraft durch Vorbesprechung oder Nachbereitung ausgleichen. Natürlich können die Experimente auch fächerübergreifend z. B. im Rahmen eines Umweltprojekts eingesetzt werden.

### 1 Zentrale Fragestellung

Die ständig wachsende Flut von Abfall bzw. Müll aus Haushalten und Industrie führt weltweit zu immer stärkerer Umweltverschmutzung und gefährdet letztlich auch die Lebensgrundlagen des Menschen. Ein Beispiel ist der Plastikmüll im Meer, der inzwischen die Fischpopulationen bedroht. Müllvermeidung und Recycling der Abfälle sind deshalb wichtige Ziele des Umweltschutzes. Doch auch explodierende Rohstoffpreise und knapper werdende Ressourcen erfordern, dass Industrie, Privatbetriebe, öffentliche Stellen sowie auch die Privathaushalte mit den wertvollen Ressourcen unserer Erde schonend, sparsam und bewusst umgehen. „Recycling aller Wertstoffe“ heißt eine der Lösungen. Recycling ist bereits in vielen Ländern ein eigener industrieller Dienstleistungszweig, der mit immer raffinierteren Methoden noch den letzten Anteil Wertstoff aus dem Abfall wiedergewinnt und wiederverwertet. In einfachen Experimenten sollen die Schülerinnen und Schüler einige grundlegende Methoden der Mülltrennung kennen lernen, um sich auf dieser Basis kompliziertere Verfahren erschließen zu können.

### 2 Einordnung des Experiments in den Unterrichtszusammenhang

#### 2.1 Fachliche Grundlagen

Wünschenswerte, aber nicht zwingend notwendige Vorkenntnisse der Schülerinnen und Schüler:

- Kenntnis über die Dichte als materialabhängige Größe
- Auftriebskraft und Gewichtskraft als Erklärung, warum ein Körper sinkt oder schwimmt
- Anziehung von bestimmten Körpern durch magnetische Kräfte

#### 2.2 Lehrplanrelevanz

##### Altersstufe 12 – 15 Jahre:

Im Chemieunterricht sind die Stofftrennungsmethoden fester Bestandteil jeden Lehrplans. Insbesondere Sedimentieren, Dekantieren, Magnetscheiden, Verdampfen und Kondensieren. Aber auch das Lösungsverhalten von Feststoffen gehört zu den unverzichtbaren Grundlagen.

Im Physikunterricht wird im Teilbereich Mechanik die Dichte von Feststoffen, Flüssigkeiten und Gasen (→ Luft); der Auftrieb in Flüssigkeiten; das Schwimmen (Schweben), Sinken und Steigen behandelt. Im Teilbereich Magnetismus lauten die einschlägigen Themen: Ferromagnetische Stoffe, Theorie des Magnetismus (→ Elementarmagnet → Weiß'sche Bezirke), Magnetfelder und Magnetfeldstärke, Anziehende und abstoßende Kräfte eines Stabmagneten, Magnetische Influenz, Wirbelströme (Stromzählerprinzip).

**Themen und Begriffe:** Abfall, Dekantieren, Dichte, Feststoff, Gemenge, Industrie, Kondensieren, Lenz'sche Regel, Lösungen, Lösungsverhalten, Magnetismus, Mischungen, Mülltrennung, Nicht-Eisen-Metall, Privathaushalt, Ressourcen, Sedimentieren, Stofftrennung, Verdampfen, Wechselwirkung, Wertstoff, Wirbelströme

## 2.3 Kompetenzen

Die Schülerinnen und Schüler ...

- analysieren ihre eigenen praktischen Erfahrungen und Anschauungen zum Thema Mülltrennung.
- beschreiben Müll als ein Kompositum aus verschiedenen Wertstoffen und stellen dar, dass die Gewinnung von reinen Bestandteilen mit erheblichem Aufwand verbunden ist.
- reflektieren die sortenreine Trennung von Müllarten, wie sie aus dem privaten Haushalt inzwischen jedem geläufig ist (Glas, Papier, Kunststoffe, Bio- und Restmüll).
- diskutieren, dass sich gerade im Restmüll jedoch noch viele wertvolle Reststoffe verbergen, die in modernen Müllanlagen „gerettet“ werden können.
- führen einfache Handversuche zu grundlegenden Methoden der Mülltrennung durch.
- benennen die Sinnhaftigkeit einer Wiederverwertung der zurückgewonnenen Reststoffe.
- entwickeln einen verantwortungsbewussten Umgang mit Ressourcen.
- beschreiben die perspektivische Entwicklung neuer energiesparender Methoden des Wertstoffkreislaufs.
- erweitern und fördern diesbezüglich ihre Handlungskompetenzen.

## 2.4 Das Experiment im Erklärungszusammenhang

### 2.4.1 Teilexperiment 1: Trennung eines Feststoffgemenges aus Sand und Eisen

Hier geht es um die Trennung eines Gemisches aus Sand (in Form von Quarzsand) und Eisen-Metall (in Form von Fe-Spänen). Die Trennung dieser Materialien ist sehr einfach: Zum Abtrennen des Eisens nutzt man das sog. Magnetscheiden, d. h. die Trennung der ferromagnetischen Eisenbestandteile erfolgt durch die magnetische Anziehungskraft des Stabmagneten (durch magnetische Influenz) aus dem Feststoffgemenge heraus.

**Achtung:** Die Schülerinnen und Schüler dürfen nur unbeschädigte, absolut dichte Kunststoffbeutel als Schutzhülle für den Magneten verwenden! Kommen die Eisenspäne direkt an den Magneten, lassen sie sich kaum mehr restlos entfernen.

Übrigens, Eisen und Quarzsand ließen sich in wässriger Suspension auch durch ein spezielles Verfahren, die sog. Flotation trennen (Technikbezug). Diese wird auch zur Aufbereitung von Erzen verwendet. Die mit Tensiden versetzte Suspension läuft durch eine Rinne, die von unten mit Luft durchblasen wird. Das Material, das sich je nach verwendetem Detergentium schlechter mit Wasser benetzen lässt, haftet an den Luftblasen, wird zur Oberfläche getragen und dort abgestreift. Es ist also strenggenommen eine Trennung aufgrund unterschiedlicher Oberflächenspannung, wird aber durch unterschiedliche Dichte der Materialien unterstützt.

### 2.4.2 Teilexperiment 2: Können wir eine Sand-Kunststoff-Wasser-Salz-Mischung trennen?

Die Abtrennung der PE-Folienschnipsel vom Sand nutzt die unterschiedlichen Dichteigenschaften der Materialien gegenüber der Trennflüssigkeit Wasser. Materialien mit größerer Dichte als der von Wasser sinken ab, die Materialien, die weniger dicht als Wasser sind, schwimmen oben auf. Mit einem Rechen (im Versuch der Löffel) können die Kunststoffschnipsel abgeschöpft werden.

Der Quarzsand und die PE-Folienschnipsel können danach (auf Zeitungspapier oder evtl. auf Filterpapier) an der Luft getrocknet und wiederverwendet werden.

Industriell wird oft nicht mit Wasser, sondern im Luftstrom sortiert. Auch dies ist eine Trennung nach Dichte: Das weniger dichte Material fliegt weiter und sammelt sich an einem anderen Zielort als das dichtere. Noch modernere Verfahren arbeiten mit optischen und spektroskopischen Methoden. Das Fließband, unter dem viele feine Pressluftdüsen sitzen, wird mit einem Laser abgescannt. Je nachdem, in welchem Spektralbereich ein Teilchen absorbiert, wird es weggeblasen. So lassen sich nicht nur Papier und Kunststoff, sondern sogar verschiedene Kunststoffsorten zu 95 % trennen.

Das Zumischen von Kochsalz zu Sand und PE-Folienschnipseln gibt im trockenen Zustand zwar ein Gemenge. Doch Vorsicht vor falschen Schlussfolgerungen: Gibt man Wasser dazu, löst sich das Kochsalz im Wasser auf. Es bildet sich eine echte Lösung, d. h. eine Mischung auf Ebene kleinster Teilchen (hier Natrium-, Chloridionen und Wassermoleküle). Echte Lösungen lassen sich nicht mehr durch „grobmechanische“ Methoden wie Sedimentieren, Zentrifugieren oder Filtrieren trennen. Hier müssen Methoden angewendet werden, die ebenfalls auf der Ebene der kleinsten Teilchen arbeiten, z. B. Umkehrosmose oder Destillation (Anreiz zum Weiterforschen).

### 2.4.3 Telexperiment 3: Prinzip der Trennung von Aluminium von anderen Nicht-Eisen-Metallen

In diesem Telexperiment soll die Problematik aufgewiesen werden, wie schwer es ist, die nicht-magnetischen Nicht-Eisen-Metalle von Eisen-Metallen und anderen Materialien abzutrennen. Man kann hier nur bedingt mit Trennflüssigkeiten arbeiten. Die Dichten von nichtmagnetischen Metallen wie Kupfer, Messing, Zink, Zinn oder Aluminium bewegen sich in der Bandbreite zwischen 9 und 2,7 g/cm<sup>3</sup>. Im Unterschied zu Glas und Sand einerseits und Papier und Kunststoff andererseits ist der Dichteunterschied zu gering, um eine gute Trennung nach Dichte zu erreichen. Dass die zusammengefaltete Alu-Folie in unserem Experiment entgegen der Vermutung der Schülerinnen und Schüler auf dem Wasser obenauf schwimmt, liegt am Lufteinschluss zwischen den Schichten.

Der feststellbare Effekt, dass auch Aluminium durch einen starken Magneten bewegt werden kann, liegt am entstehenden Wirbelstromeffekt. Wird der Magnet bewegt, so ändert sich der magnetische Fluss durch den leitfähigen Aluminiumkörper. Dadurch werden Wirbelströme hervorgerufen. Die Wirbelströme erzeugen ihrerseits ein Magnetfeld, das dem des Magneten entgegen gerichtet ist. Die Wechselwirkungen mit dem Feld des Magneten führen gemäß der Lenz'schen Regel zur Abstoßung des Nicht-Eisen-Metalls (NE-Metall), d. h. das Aluminium bewegt sich.

**Hinweis:** Im Experiment wird die Aluminiumfolie zu einem Achteck gefaltet. Der Grund dafür ist, dass der Effekt bei einer nahezu kreisförmigen Fläche besonders ausgeprägt ist.

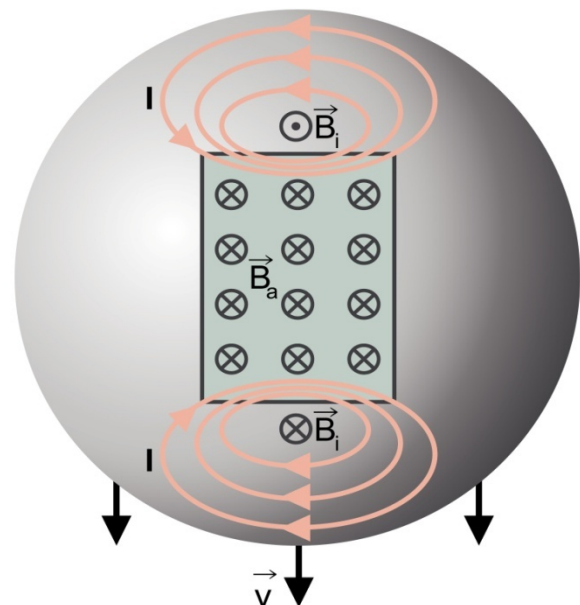


Abb. 1: Wirbelströme in Metallkörpern.

## 2.5 Durchführungsvarianten

- Die Schülerinnen und Schüler können bei Teilexperiment 1 und 2 im Zweierteam arbeiten.
- Beide Versuche können jedoch auch parallel in zwei oder mehreren Gruppen durchgeführt werden, sodass die Einzelteams dann in der Reststunde im Unterricht ihr Expertenwissen aus den Versuchen der jeweils anderen Gruppe mitteilen, vergleichen und diskutieren können.
- Alle Versuche können mit jeder der genannten Altersstufen durchgeführt werden, differenzieren kann die Lehrkraft dann hinsichtlich der Tiefe der Auswertung und der weiteren Fragestellung.

## 3 Ergänzende Informationen zum Experiment

Zur Vorbereitung bzw. zur Vertiefung dieses Experiments finden Sie ergänzende Medien auf dem Medienportal der Siemens Stiftung: <https://medienportal.siemens-stiftung.org>

## 4 Hinweise zur Durchführung der Teilexperimente

### 4.1 Räumlichkeiten

Es sind keine besonderen Räumlichkeiten notwendig.

### 4.2 Zeitbedarf

|                  | Vorbereitung | Durchführung | Auswertung | Besprechung   |
|------------------|--------------|--------------|------------|---------------|
| Teilexperiment 1 | 5 min        | 15 min       | 10 min     | Je nach Tiefe |
| Teilexperiment 2 | 5 min        | 5 min        | 10 min     | Je nach Tiefe |
| Teilexperiment 3 | 5 min        | 5 min        | 10 min     | Je nach Tiefe |

### 4.3 Sicherheitsaspekte

Die Versuche dürfen nur bei Anwesenheit und unter Aufsicht der Lehrkraft durchgeführt werden. Die Schülerinnen und Schüler sind darauf hinzuweisen, dass die bereitgestellten Materialien nur entsprechend den jeweiligen Anweisungen eingesetzt werden dürfen.

Stellen Sie sicher, dass keine Schäden an wasserempfindlichen Materialien und Geräten entstehen können.

#### 4.4 Benötigte Materialien

Die richtige Verkabelung und die richtige Benutzung von Multimeter, LEDs und Motor sollten je nach Kenntnissstand der Schülerinnen und Schüler von der Lehrkraft vorab erklärt, ggf. demonstriert werden. Für **eine** Schülergruppe werden folgende Materialien benötigt:

| Material  | Anzahl                 |
|---|------------------------|
| Alufolie, Rolle   | 1                      |
| Becher, 100 ml  | 2                      |
| Becher, 500 ml  | 3                      |
| Digitalmultimeter   | 1                      |
| Eisenpulver   | 1 für die ganze Klasse |
| Filter- oder Zeitungspapier, große Bögen                      | 1                      |
| Kaffeelöffel  | 1                      |
| Kochsalz  | 1 für die ganze Klasse |
| Lineal oder Geodreieck  | 1                      |
| Magnet (permanent), Quader                                    | 1                      |
| Messkabel-Set Banane/Kroko, je rot und schwarz                | 1                      |
| Nagel (Stahl, „Eisen“)  | 2                      |
| Neodymmagnet  | 1                      |
| evtl. Papiertücher zum zwischenzeitlichen Trocknen der Becher | nach Bedarf            |
| Plastikbeutel 3 l (aus PE)                                    | 1                      |
| Quarzsand („Filtersand“)                                      | 1                      |
| Schale  | 1                      |
| Schere  | 1                      |
| Wasser  | nach Bedarf            |



Abb. 2: Geräte bzw. Materialien für eine Schülergruppe, beispielhafte Abbildung.

## 4.5 Aufräumen, Entsorgen, Recyceln

Fast alle verwendeten Geräte und Materialien sind wiederverwendbar. Daher sollten sie nach Beendigung des jeweiligen Experiments ordentlich aufgeräumt werden. So stellen Sie sicher, dass Sie bzw. Ihre Kolleginnen und Kollegen beim nächsten Einsatz alles schnell wiederfinden.

Geräte, die beim Experimentieren verschmutzt wurden, wie z. B. Becher, Schalen, Löffel, Reagenzgläser, sollten vor dem Zurücklegen erst gereinigt werden. Sinnvollerweise lässt man dies die Schülerinnen und Schüler gleich nach Beendigung des Experiments erledigen.

Stellen Sie zudem sicher, dass die Geräte wieder für den nächsten Einsatz betriebsbereit sind.

Beispielsweise sind benutzte Akkus gleich aufzuladen (Auch bei längerer Nichtbenutzung ist das Aufladen der Akkus sinnvoll.).

Materialien, die nicht wiederverwendbar sind, wie z. B. gebrauchte pH-Messstäbchen oder Filterpapier, sollten fachgerecht entsorgt werden.

Die Entsorgung der in diesem Experiment anfallenden Abfälle kann über den normalen Hausmüll bzw. den Ausguss erfolgen.

### **Wichtiger Hinweis:**

Achten Sie als Lehrkraft bitte in diesem Experiment darauf, dass alle PE-Schnipsel sorgfältig abgeschöpft werden und keine Kunststoff-Reste in das Abwasser gelangen!