

Wasser – aus der Bahn gebracht

Hinweis: Diese Aufgabe ist so konzipiert, dass sie mit gestuften Hilfen gelöst werden kann. Die Hilfen stehen im Medienportal zum Ausdruck auf Papier zur Verfügung oder können von den Schülerinnen und Schüler über den auf dem Arbeitsblatt enthaltenen QR-Code auf einem Tablet oder Smartphone online genutzt werden.

Das Arbeitsblatt für die Schülerinnen und Schüler sowie die Hilfen zum Druck sind in gesonderten Dateien auf dem Medienportal der Siemens Stiftung verfügbar. Allgemeines zum Einsatz von Aufgaben mit gestuften Hilfen im Unterricht findet sich in Dokument „Aufgaben mit gestuften Hilfen – Einführung“, das auch auf dem Medienportal vorhanden ist.

1 Themenaspekte

Die Aufgabe thematisiert die Dipoleigenschaften des Wassers. Bei der Deutung des Experiments „Ablenkung eines Wasserstrahls im elektrostatischen Feld“ sollen elementare Vorstellungen von Teilchen mit Dipolcharakter eingesetzt werden.

2 Lernvoraussetzungen und Schwierigkeitsgrad

Um die Aufgabe bearbeiten zu können, müssen die Schülerinnen und Schüler Vorwissen in folgenden Bereichen besitzen:

Elektrostatik: Anziehung und Abstoßung bei der Wechselwirkung mit elektrostatischen Feldern; Abhängigkeit der auftretenden Kräfte vom Abstand (und von der Ladungsgröße); Ladungstrennung durch Reibung.

Feinbau der Materie: Kleinste Teilchen/Moleküle können zugleich entgegengesetzte Ladungszentren besitzen und insgesamt elektrisch neutral sein. Sie besitzen dann Dipoleigenschaften.

Der Schwierigkeitsgrad der die Aufgabe ist je nach Ausprägung des Vorwissens mittelschwer bis schwer.

3 Zum Hintergrund der Aufgabe

Wasser bildet eines der Basiselemente für Leben auf der Erde. Es ist nicht nur der Ausgangspunkt der Entwicklung einfacher Lebensformen, sondern spielt auch bei hochentwickelten Lebensformen – Pflanzen, Tieren und Menschen – eine zentrale Rolle bei fast allen physiologischen Prozessen. Es dient als Transportmittel für gelöste Stoffe, ist selbst Stoffwechselprodukt und unterstützt viele biologische Funktionen, z. B. den Wärmehaushalt.

Für die meisten dieser Funktionen sind die besonderen Eigenschaften des Wassers von erheblicher Bedeutung. Seine Dipoleigenschaften sind u. a. dafür verantwortlich, dass Gefrierpunkt und Siedepunkt (im Vergleich zu chemisch ähnlichen Stoffen) so hoch liegen, dass Schmelz- und Verdampfungswärme ebenfalls deutlich größer sind. Die Dipoleigenschaften sind auch dafür verantwortlich, dass Wasser ein so ausgezeichnetes Lösungsmittel ist. Dank des Dipolcharakters des Wassers können sich die Moleküle um geladene Teilchen herum anordnen, z. B. um die Natrium- und die Chlorid-Ionen beim Kochsalz, und so viele Salze rasch lösen, ebenso aber auch elektrisch neutrale Stoffe wie Zucker, die selbst Ladungsschwerpunkte im Molekül besitzen. Ähnlich verhält es sich bei der Mischbarkeit von Wasser mit einfachen Alkoholen. Schmelz- und Siedepunkt bilden ein Temperaturintervall, innerhalb dessen u. a. günstige Bedingungen für die Existenz und Wechselwirkung von Aminosäuren und deren Wechselwirkungen herrschen. Daher suchen Astronomen primär nach Vorkommen von Wasser, wenn es um Planeten geht, die möglicherweise selbst Lebensformen hervorgebracht haben könnten.

Auch wenn die Vielzahl dieser Aspekte nicht von Anfang an mit den Schülerinnen und Schülern durchgängig thematisiert werden kann, stellt das Wissen um die Dipoleigenschaften des Wassers und ein elementares Verständnis der damit verbundenen Mechanismen eine solide Basis dar, um später weitere Bedeutungselemente angemessen interpretieren zu können.

Verzichtet wird bei dieser elementaren Interpretation des abgelenkten Wasserstrahls bewusst auf den chemischen Feinbau des Wassers im engeren Sinn, also die räumliche Anordnung von Wasserstoff- und Sauerstoffatomen im Molekül; die Interpretation des experimentellen Phänomens erfolgt stattdessen auf der einfachst möglichen Ebene eines Teilchens mit entgegengesetzt geladenen Enden.

4 Die Aufgabe

In der einfachsten Form kann die Aufgabe wie folgt formuliert werden:

Findet unter Nutzung eures Vorwissens heraus, welche Kräfte wirken und wie die Ablenkung schließlich zustande kommt.

Statt eines lebensweltlichen Kontextes wird die Aufgabe mit dem zuvor ausgeführten Experiment verknüpft. Dieses kann als Demonstration von der Lehrkraft vorgeführt und anschließend von den Schülerinnen und Schülern in Kleingruppen nachgearbeitet werden. Neben einem gut regulierbaren Wasserhahn werden lediglich ein Gegenstand aus Kunststoff (Lineal, PE-Schlauchstück, größerer Kamm) und ein Wolltuch benötigt. Sicherheitsmaßnahmen sind nicht erforderlich.

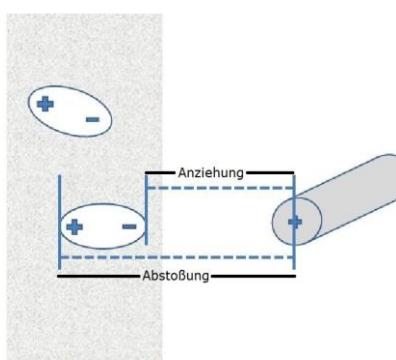
Ziel der Bearbeitung ist es, ein einfaches Modell für die Wechselwirkung von Teilchen mit Dipolcharakter mit einem elektrischen Feld auf das Phänomen anzuwenden und eine Begründung für die Kraft zu finden, die den Wasserstrahl aus der Senkrechten ablenkt.

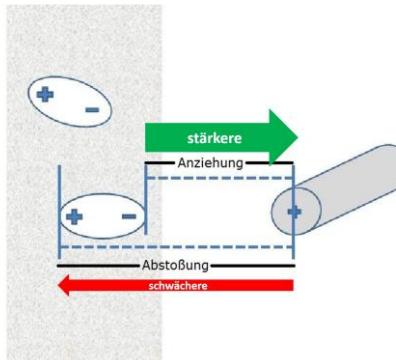
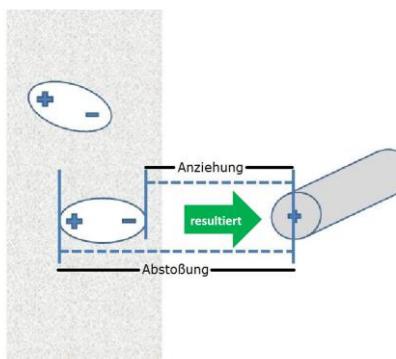
5 Variationen

Je nach Lerngruppe kann die Zahl der Hilfen vermindert oder vermehrt werden. In Jahrgangsstufen, wo der molekulare Aufbau des Wassers bereits erarbeitet ist, können auch andere Formen im Modell eingesetzt werden.

6 Die Hilfen in der Übersicht

Hinweis: Die Hilfen sind in einer separaten Datei zum Ausdruck vorbereitet oder können über die QR-Codes im Arbeitsblatt online genutzt werden. Auf dem Medienportal steht ein Video zur Verfügung, das den Ablauf des Experiments zeigt. In den Online-Hilfen ist das Video bereits enthalten.

Hilfe 1 Erklärt euch gegenseitig die Aufgabe noch einmal in euren eigenen Worten. Klärt dabei, wie ihr die Aufgabe verstanden habt und was euch noch unklar ist.	Antwort 1 Wir sollen klären, woher die Kraft kommt, die den Wasserstrahl ablenkt und wie sie wirkt.
Hilfe 2 Ausgangspunkt für die Ablenkung ist das geriebene Plastiklineal. Erinnert euch daran, was ihr im Physikunterricht darüber erfahren habt.	Antwort 2 Beim Reiben eines Gegenstandes aus Kunststoff mit einem Tuch kommt es zu einer Ladungstrennung. Das elektrostatisch aufgeladene Lineal erzeugt um sich herum ein elektrisches Feld.
Hilfe 3 Ihr habt bereits gelernt, dass Wassermoleküle Dipoleigenschaften haben. Was passiert als erstes, wenn ein Dipol in ein elektrisches Feld gelangt?	Antwort 3 Ein elektrischer Dipol richtet sich in einem Feld so aus, dass die entgegengesetzte Ladung dem Ladungszentrum gegenüber liegt. Es werden nicht alle Wassermoleküle so ausgerichtet, aber ein großer Teil.
Hilfe 4 Überlegt, welche Kräfte zwischen den ausgerichteten Dipolen und dem geriebenen Lineal auftreten. Macht eine Skizze und nehmt dabei an, dass das Lineal positiv geladen ist.	Antwort 4 Zwischen dem elektrostatisch aufgeladenen Lineal und den Wasserdipolen gibt es sowohl <ul style="list-style-type: none"> ▪ Anziehung (entgegengesetzte Ladungen) ▪ Abstoßung (gleichsinnige Ladungen).  <p>Das Diagramm zeigt einen vertikalen grauen Balken, der als 'Lineal' bezeichnet wird. Auf dem Balken befinden sich zwei blaue Kreise mit einem '+' Zeichen, was eine positive Ladung darstellt. Unter dem Balken sind zwei Wassersträhne dargestellt, die ebenfalls positive Ladungen ('+') tragen. Die obere Wassersträhne ist durch einen gestrichelten Rahmen umgeben, der die 'Anziehung' markiert. Die untere Wassersträhne ist durch einen gestrichelten Rahmen umgeben, der die 'Abstoßung' markiert. Die Wassersträhne sind so positioniert, dass sie auf das Lineal zugezogen werden (Anziehung) und weggestoßen werden (Abstoßung).</p>

<p>Hilfe 5</p> <p>Wenn sowohl anziehende als auch abstoßende Kräfte zwischen Lineal und Wassermolekülen wirken, wie kommt es dann zu einer Ablenkung?</p> <p>Erinnert euch daran, was ihr über Kräfte zwischen unterschiedlichen Ladungen wisst und wovon sie abhängen!</p>	<p>Antwort 5</p> <p>Zu einer Ablenkung kann es nur kommen, wenn die anziehenden Kräfte größer sind als die abstoßenden.</p> <p>Das negative Ende des Dipols ist etwas weiter vom negativ geladenen Lineal entfernt als das positive.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Je näher zwei Ladungen sind, desto größer ist die wirkende Kraft. ▪ Je größer der Abstand ist, desto kleiner ist die wirkende Kraft. <p>Das gilt für Anziehungskräfte genauso wie für Abstoßungskräfte.</p> 
<p>Hilfe 6</p> <p>Jetzt habt ihr alles zusammen und könnt die gestellte Frage beantworten, warum der Wasserstrahl abgelenkt wird. Erläutert mit der Skizze.</p>	<p>Antwort 6</p> <p>Das positiv aufgeladene Lineal erzeugt ein elektrisches Feld. In diesem Feld richten sich die Wasser-Dipole teilweise aus.</p> <p>Weil die negativen Enden dem positiv geladenen Lineal näher sind als die positiv geladenen und weil die Kräfte zwischen Ladungen umso größer sind, je kleiner der Abstand ist, überwiegt die Anziehung gegenüber der Abstoßung: Der Wasserstrahl wird zum Lineal hin abgelenkt.</p>  <p>(Ihr könnt euch das Experiment im Video „Wasser aus der Bahn gebracht“ ansehen.)</p>