

# Dipol Wasser

## Eine Aufgabe mit gestuften Hilfen

Von Lutz Stäudel

**KLASSENSTUFE:** Klasse 10

**THEMA:** Dipoleigenschaften von Wassermolekülen als Beispiel für den Zusammenhang von Struktur und Eigenschaften

**METHODE:** Aufgabe mit gestuften Hilfen

Die Dipoleigenschaften der Wassermoleküle gehören zu den zentralen Bedingungen, unter denen sich das Leben auf der Erde entwickelt hat und abspielt. Dipole machen Lösungsprozesse und Stofftransporte möglich, sie bewirken, dass Eis wegen des größeren Volumens auf dem Wasser schwimmt, sie sind eine der Ursachen für die hohe Oberflächenspannung von Wasser u. v. a. m. Damit ist das Wassermolekül zugleich ein ausgezeichnetes Beispiel für den Zusammenhang von *Struktur und Eigenschaften*, es stellt gewissermaßen einen Markstein auf dem Weg zum Verständnis dieses Basiskonzeptes dar.

### Die Aufgabenstellung

„Ihr habt selbst ein Experiment durchgeführt, bei dem ihr einen Wasserstrahl mittels eines an Wollstoff geriebenen Plastiklineals abgelenkt habt: Der Wasserstrahl wurde aus der Senkrechten zum elektrisch aufgeladenen Gegenstand hin „gebogen“. Findet unter Nutzung eures Vorwissens heraus, welche Kräfte wirken und wie die Ablenkung schließlich zustande kommt.“

Ablenkung eines Wasserstrahls

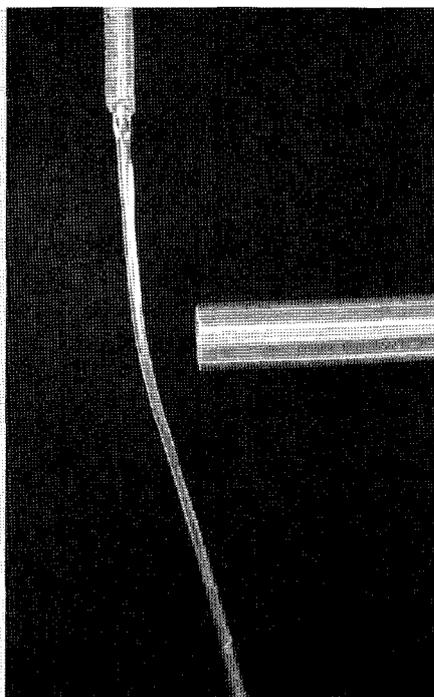
Im Unterricht wird, oft noch vor detaillierten Betrachtungen des Aufbaus von Wassermolekülen, der Dipolcharakter mittels eines vermeintlich einfachen und gut nachvollziehbaren Versuchs demonstriert, nämlich durch die Ablenkung eines Wasserstrahls durch einen statisch aufgeladenen Gegenstand aus Kunststoff oder Hartgummi. So einfach dieses Experiment erscheint, als so wenig gut verstanden stellt es sich heraus – bei Schülerinnen und Schülern, gelegentlich sogar bei künftigen oder bereits praktizierenden Lehrkräften. Während die Ausbildung eines elektrischen Feldes und die partielle Ordnung der Dipolteilchen des Wasserstrahls bei Passage durch dieses Feld meistens richtig beschrieben werden, bleibt die Frage nach der schließlich wirkenden – nicht unerheblich großen – Kraft im Dunkeln. Das gilt sogar für die meisten Chemieschulbücher, die diesen Versuch im thematischen Zusammenhang wiedergeben.

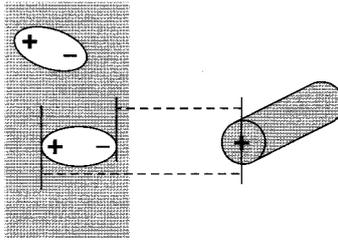
Die oft gegebene (und im Ergebnis natürlich zutreffende) Antwort, das Feld ziehe eben die orientierten Dipole an, kann leicht in Frage gestellt werden, schließlich wirken nicht nur Anziehungskräfte zwischen dem elektrischen Monopol und den entgegengesetzt geladenen „Enden“ der Dipole, sondern auch Abstoßungskräfte gegenüber den gleichsinnig geladenen „Enden“. Die Lösung ist wiederum einfach, ist aber das Ergebnis von Überlegungen auf einer tieferen Ebene: Entscheidend sind die (geringen) Entfernungsunterschiede zwischen dem Monopol und den jeweiligen Enden der Dipole. Da nach Coulomb die Kraft abhängig ist von der Größe der Ladungen, aber auch von den jeweiligen Abständen, die im Quadrat in die Berechnung eingehen, ergibt sich die wirkende Kraft als Differenz der etwas größeren Anziehungs- und der etwas kleineren Abstoßungskräfte. Die Entwicklung von Verständnis auf dieser Ebene ist das Ziel der hier vorgestellten Aufgabe.

Die Aufgabe ist so konzipiert, dass sie auf Vorwissen – teilweise aus dem Physikunterricht – aufbaut. Das Coulombsche Gesetz wird zwar nicht ausdrücklich erwähnt, auch nicht die Tatsache, dass sich der Ladungsabstand sogar in zweiter Potenz auf die Kräfte auswirkt, aber die angebotene Analogiebetrachtung nutzt das qualitative Wissen über solche Zusammenhänge bzw. auch entsprechende Alltagserfahrungen, z. B. bei der Annäherung von zwei Magneten.

Welche Ladung man dem geriebenen Gegenstand zuschreibt, ist eigentlich unerheblich. Für die Schüler ist es jedoch bei der Anfertigung einer Skizze einfacher, wenn sie sich auf einen konkreten Fall beziehen können. Tatsächlich gilt:

- Kunststoffgegenstände werden beim Reiben negativ aufgeladen.
- Ein Glasstab/Glasrohr wird beim Reiben positiv aufgeladen.



<p><b>Hilfe 1</b> Gebt die Aufgabenstellung in euren eigenen Worten wieder. Klärt dabei, wie ihr die Aufgabe verstanden habt.</p>	<p><b>Antwort 1</b> Wir sollen klären, woher die Kraft kommt, die den Wasserstrahl ablenkt und wie sie wirkt.</p>
<p><b>Hilfe 2</b> Ausgangspunkt für die Ablenkung ist das geriebene Plastiklineal. erinnert euch daran, was ihr im Physikunterricht darüber erfahren habt.</p>	<p><b>Antwort 2</b> 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.</p>
<p><b>Hilfe 3</b> Ihr habt bereits gelernt, dass Wassermoleküle Dipoleigenschaften haben. Was passiert als erstes, wenn sie in ein elektrisches Feld gelangen?</p>	<p><b>Antwort 3</b> 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.</p>
<p><b>Hilfe 4</b> Überlegt, welche Kräfte zwischen den ausgerichteten Dipolen und dem geriebenen Lineal auftreten. Macht eine Skizze und nehmt dabei an, dass das Lineal negativ geladen ist.</p>	<p><b>Antwort 4</b> Zwischen dem elektrostatisch aufgeladenen Lineal und den Wasserdipolen gibt es sowohl Anziehung (entgegengesetzte Ladungen) wie auch Abstoßung.</p> 
<p><b>Hilfe 5</b> Wenn sowohl anziehende wie auch abstoßende Kräfte zwischen Lineal und Wassermolekülen wirken, wie kommt es dann zu einer Ablenkung? erinnert euch daran, was ihr über Kräfte zwischen unterschiedlichen Ladungen wisst und wovon sie abhängen!</p>	<p><b>Antwort 5</b> Zu einer Ablenkung kann es nur kommen, wenn die anziehenden Kräfte größer sind als die abstoßenden. Das negative Ende des Dipols ist etwas weiter vom negativ geladenen Lineal entfernt als das positive. Je näher zwei entgegengesetzte Ladungen sind, desto größer ist die Anziehungskraft und umgekehrt.</p>
<p><b>Hilfe 6</b> Jetzt habt ihr alles zusammen und könnt die Ausgangsfrage beantworten, warum der Wasserstrahl abgelenkt wird.</p>	<p><b>Antwort 6</b> Im elektrischen Feld, das durch das negativ aufgeladene Lineal erzeugt wird, richten sich die Wasser-Dipole teilweise aus. Weil die positiven Enden dem negativ geladenen Lineal näher sind als die negativ geladenen und weil die Kräfte zwischen Ladungen umso größer sind, je kleiner der Abstand ist, überwiegt die Anziehung gegenüber der Abstoßung: Der Wasserstrahl wird abgelenkt.</p>

Tab. 1 | Übersicht über die gestuften Hilfen

Die unterschiedlichen Ladungen können übrigens leicht mittels einer Glimmlampe verifiziert werden. Das Verständnis für die Ablenkung des Wasserstrahls kann noch vertieft werden, wenn man – im Anschluss an die Bearbeitung der Aufgabe – die Ablenkung durch einen umgekehrt geladenen Gegenstand demonstriert bzw. ausprobieren lässt.

Ist sich die Lehrkraft unsicher, ob die notwendigen Vorkenntnisse aus dem Physikunterricht verfügbar sind, dann sollten die wesentlichen Sachverhalte kurz wiederholt werden, ggf. auch unterstützt durch einfache Experimente.

Nach Bearbeitung der Aufgabe, am besten in Zweiergruppen, sollte der „Mechanismus“ der Ablenkung noch einmal gemeinsam rekapituliert werden.

**Anmerkung:** Als Aufgabenformat empfiehlt sich bei Fragen wie dieser die „Aufgabe mit gestuften Hilfen“. Während leistungsstärkere Schülerinnen und Schüler mit gut verfügbarem Vorwissen – auch aus dem Nachbarfach Physik – die Frage ohne Hilfenutzung lösen können (sollten), werden schwächeren Lernern strukturierte Hilfen angeboten, z. T. inhaltlicher Art, zum Teil als lernstrategische Hilfe formuliert. Praktische

Gestaltungsvorschläge für die Hilfen und weitere Ausführungen zu Einsatz und didaktischer Platzierung finden sich unter [1] wie auch im Schriftenarchiv des Autors: [http://www.chemie.uni-kassel.de/did/schriften\\_LS/255%20Chemkon\\_AmH.pdf](http://www.chemie.uni-kassel.de/did/schriften_LS/255%20Chemkon_AmH.pdf) [2].

#### Literatur

- [1] Stäudel, L.: Aufgaben mit gestuften Hilfen für den Chemie-Unterricht. Seelze 2008  
 [2] Stäudel, L.; Franke-Braun, G.; Schmidt-Weigand, E.: Komplexität erhalten – auch in heterogenen Lerngruppen: Aufgaben mit gestuften Lernhilfen. In: Chemkon 14(2007) Heft 3, S. 115–122