

## Fachliche und didaktisch-methodische Hinweise

Wasser ist die einzige Verbindung, die in allen drei Aggregatzuständen in der Natur vorkommt. Im Gegensatz zu anderen Stoffen und Flüssigkeiten dehnt sich Wasser bei Temperaturen unter 4 °C aus. Warum das so ist und welche Folgen dies für unseren Alltag hat, beschreibt dieser Beitrag.

### Einstieg und thematischer Überblick

Der Einstieg in das Thema „Die Anomalie des Wassers“ gelingt Ihnen mit Material **M 1**. In Form einer **Pinnwand** mit mehreren Teilinformationen erhalten Ihre Schüler einen ersten allgemeinen Überblick über die Eigenschaften des Wassers. Sie erstellen daraus selbstständig einen **Steckbrief** zu den wichtigsten Charakteristiken des Wassers. Das Teilchenmodell lernen Ihre Schüler in Material **M 2** kennen. Sie erfahren, dass Stoffe aus Atomen oder Molekülen bestehen, die je nach Aggregatzustand unterschiedlich dicht beieinander liegen. Das Verständnis des Teilchenmodells ist die Basis, um zu verstehen, warum sich die Dichte von Wasser mit der Temperatur ändert. Zur Dichte-Temperaturabhängigkeit finden Sie ein Diagramm auf **CD-ROM 38**. Material **M 3** thematisiert den chemischen Aufbau von Wasser. Es werden die Begriffe „**Dipol**“ und „**Wasserstoffbrückenbindung**“ erklärt, die letztendlich für die Anomalie des Wassers verantwortlich sind. Im Rahmen eines Experimentes **M 5** lernen Ihre Schüler die **Oberflächenspannung** von Wasser als weitere Besonderheit kennen. Aufbauend auf dem erworbenen Wissen, entdecken die Lernenden in einem weiteren Experiment **M 6**, dass Eis mehr Platz als Wasser benötigt. Das **Glossar** am Ende der Einheit gibt einen schnellen Überblick über die in der Lerneinheit verwendeten Fachbegriffe.

### Tipp zur Ermittlung des Kenntnisstandes Ihrer Klasse

Das **Glossar** können Sie vorab zur Ermittlung des Leistungsstands der Klasse verwenden. Dazu erhalten die Schüler nur die im Glossar aufgeführten **Fachbegriffe** und schreiben die Bedeutung auf ein separates Blatt.

### Alltagsbezug

Das Material **M 2** beschreibt die drei Aggregatzustände von Wasser, die alle Schüler kennen. In Material **M 5** wird das Thema Oberflächenspannung behandelt. Wasser hat eine Haut. Ohne den Zusatz von Spülmitteln (**Tensiden**) würden wir eine fettige Pfanne oder unsere Kleidung nicht sauber spülen können. Tenside setzen die Oberflächenspannung des Wassers herab und sorgen somit dafür, dass das Wasser die Pfanne oder die Kleidung benetzen kann. Das Experiment **M 6** zeigt, dass Eis mehr Platz benötigt als Wasser und welche Konsequenzen daraus resultieren. Ferner gibt das Experiment einen anschaulichen Einblick in die Thematik des **Klimawandels** und dessen Folgen für den Meeresspiegel.

Nutzen Sie diese praktischen Anknüpfungspunkte für Ihren Unterricht.

### Stärkung der sozialen Kompetenz und nachhaltiges Lernen

Schülerversuche in Kleingruppen stärken die soziale Kompetenz der Lernenden und sorgen dafür, dass der Unterrichtsinhalt nachhaltig haften bleibt. Verständnisfragen gepaart mit Rechercheaufgaben sichern den dauerhaften Lernerfolg. Ihre Schüler benutzen Fachbegriffe, argumentieren wissenschaftlich, stellen Wenn-Dann-Beziehungen auf. Ferner ziehen sie selbstständig ihr Vorwissen aus dem Unterricht zur Problemlösung heran. Bei der Durchführung der Experimente im Team dokumentieren Ihre Schüler ihre Arbeitsergebnisse in Form von Protokollen. Durch den Bezug zum Alltag der Schüler bleibt das Gelernte nachhaltig in ihrem Gedächtnis haften.

**Bezug zu den Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz**

<b>Allg. physikalische Kompetenz</b>	<b>Inhaltsbezogene Kompetenzen</b> Die Schüler ...	<b>Anforderungsbereich</b>
F 1, F 2,	... verschaffen sich einen Überblick über die Eigenschaften von Wasser und erstellen einen Steckbrief für Wasser ( <b>M 1</b> ),	I
F 2, F 2, E 1, E 3	... lernen das Teilchenmodell kennen und erfahren, dass die Dichte von Wasser von der Temperatur abhängt ( <b>M 2</b> ),	I
E 1, F 1, K 1	... befassen sich mit dem chemischen Aufbau von Wasser ( <b>M 3</b> ),	I/II
E 1, E 3, K 2	... beschreiben Alltagsphänomene, die auf der Anomalie des Wassers beruhen ( <b>M 4</b> ),	I
E 7–E 10; K 1	... führen selbstständig ein Experiment zur Oberflächenspannung von Wasser durch ( <b>M 5</b> ),	II/III
K 1, K 3	... entdecken, dass Eis mehr Platz benötigt als Wasser ( <b>M 6</b> ).	I/II

Für welche Kompetenzen und Anforderungsbereiche die Abkürzungen stehen, finden Sie auf der beiliegenden CD-ROM 38.

**Mediathek****Internet-Adressen**

<http://www.spiegel.de/spiegel/spiegelspecial/d-8027429.html>

Detaillierte Seite mit zahlreichen Experimenten, Bildern und verständlichen Erläuterungen:

<http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/umat/wasser/wasser.htm#Struktur>

Gute Seite, die in knappen, einfachen Sätzen die Anomalie des Wassers erklärt:

[http://www.helpster.de/anomalie-des-wassers-in-physik-erklaeren-sie-es-so\\_103423](http://www.helpster.de/anomalie-des-wassers-in-physik-erklaeren-sie-es-so_103423)

Die Seite erklärt anschaulich die „Dipol“-Thematik und die Anomalie des Wassers:

<http://www.delfine3d.de/anomalie-des-wassers-einfache-erklarung/>

**Video / Flash**

Sehr gute Animation zum Thema „Anomalie des Wassers“ mit zahlreichen interaktiven Schaubildern und einer sehr guten Beschreibung:

<http://www.chemie-interaktiv.net/bilder/dichteanomalie.swf>

I/C

## Materialübersicht

⌚ V = Vorbereitungszeit    SV = Schülerversuch    Ab = Arbeitsblatt/Informationsblatt  
 ⌚ D = Durchführungszeit    LV = Lehrerversuch    Fo = Folie

<b>M 1</b>	<b>Ab</b>	<b>Allgemeine Eigenschaften von Wasser</b>
<b>M 2</b>	<b>Ab</b>	<b>Die Dichte von Wasser anhand des Teilchenmodells verstehen</b>
<b>M 3</b>	<b>Ab</b>	<b>Wasser – die chemischen Grundlagen + Tippkarten</b>
<b>M 4</b>	<b>Fo</b>	<b>Phänomene, die auf der Anomalie des Wassers beruhen</b>
<b>M 5</b>	<b>Ab / SV</b>	<b>Die Oberflächenspannung des Wassers</b>
	⌚ V: 10 min	<input type="checkbox"/> 1 Becherglas à 250 ml
	⌚ D: 10 min	<input type="checkbox"/> 1 Pfefferstreuer mit gemahlenem Pfeffer
		<input type="checkbox"/> 1 Gefäß mit Leitungswasser
		<input type="checkbox"/> 1 Tropfpipette (3 ml Pasteurpipette)
		<input type="checkbox"/> 1 Gefäß mit einer Spülmittellösung
<b>Für Experten:</b>		<input type="checkbox"/> 1 Becherglas à 250 ml
⌚ V: 10 min		<input type="checkbox"/> 1 Büroklammer
⌚ D: 10 min		<input type="checkbox"/> 1 Kuchengabel
		<b>+ Vorlage für ein Versuchsprotokoll</b>
<b>M 6</b>	<b>Ab / SV</b>	<b>Die Arktis im Labormaßstab (Teamarbeit)</b>
	⌚ V: 10 min	<input type="checkbox"/> 1 Glas à 250 ml
	⌚ D: 10 min	<input type="checkbox"/> 1 Gefäß mit warmem Wasser
		<input type="checkbox"/> 1 Eiswürfel
		<input type="checkbox"/> Münzen, beispielsweise 5-Cent-Münzen
		<input type="checkbox"/> Wischlappen oder Geschirrtuch
<b>Für Experten:</b>		<input type="checkbox"/> 1 Glas à 100 ml
⌚ V: 10 min		<input type="checkbox"/> Speiseöl
⌚ D: 5 min		<input type="checkbox"/> 1 Eiswürfel

Die Lösungen für die Schülerhand zu den Materialien finden Sie ab Seite 13.

Nutzen Sie das **Glossar** am Ende des Beitrages (Seite 17/18).

### Minimalplan

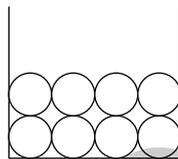
Bei Zeitnot bearbeiten Ihre Schüler das Material M 1 als Hausaufgabe. Die beiden Versuche M 5 und M 6 können Sie in einer Stunde durchführen. Ihre Schüler schreiben das Versuchsprotokoll zu Hause.

## M 2 Die Dichte von Wasser anhand des Teilchenmodells verstehen

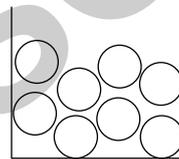
Das Teilchenmodell dient zur Veranschaulichung des komplexen Aufbaus der Materie. Mit seiner Hilfe können eine Reihe von physikalischen Beobachtungen erklärt werden. Beispielsweise kann man damit zeigen, warum bei steigenden Temperaturen die Dichte eines Stoffes normalerweise abnimmt.

### Merke: Das Teilchenmodell:

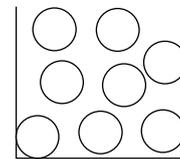
- Alle Stoffe bestehen aus Teilchen (Atomen).
- Wasser besteht wie alle anderen Stoffe auch aus Teilchen (Molekülen). Zwei Wasserstoffatome und ein Sauerstoffatom bilden ein Wassermolekül.
- Die Teilchen innerhalb eines Stoffes sind in ständiger Bewegung.
- Zwischen den einzelnen Teilchen sind Kräfte wirksam.
- Im festen Zustand liegen die Teilchen dicht beieinander und schwingen um ihre Ruhelage. Bei Flüssigkeiten sind die Teilchen etwas lockerer und können sich gegeneinander verschieben. Im gasförmigen Zustand besteht ein relativ großer Abstand zwischen den Teilchen. Die Teilchen bewegen sich frei kreuz und quer durch den Raum.
- Bei niedriger Temperatur schwingen die Teilchen eines festen Körpers um ihre Plätze hin und her. Bei höheren Temperaturen schwingen die Teilchen eines festen Körpers heftiger hin und her. Sie bleiben dabei jedoch an ihrer Stelle. Je höher die Temperatur eines Stoffes, desto schneller bewegen sich die Teilchen innerhalb des Stoffes.



fest



flüssig



gasförmig

### Aufgaben

1. In welchem Aggregatzustand benötigen die Atome oder Moleküle den meisten Platz?
2. Kreuze bei den nachfolgenden Sätzen die richtige Antwort an:

Bei steigender Temperatur nimmt der Platzbedarf der Teilchen (das Volumen) normalerweise

ab.

zu.

Bei Erwärmung

bleibt die Masse eines Stoffes konstant.

verändert sich die Masse eines Stoffes.

### Für Experten

Wie ändert sich die Dichte eines Stoffes bei Erwärmung normalerweise?

Begründe deine Antwort. In welcher SI-Einheit gibt man die Dichte an?

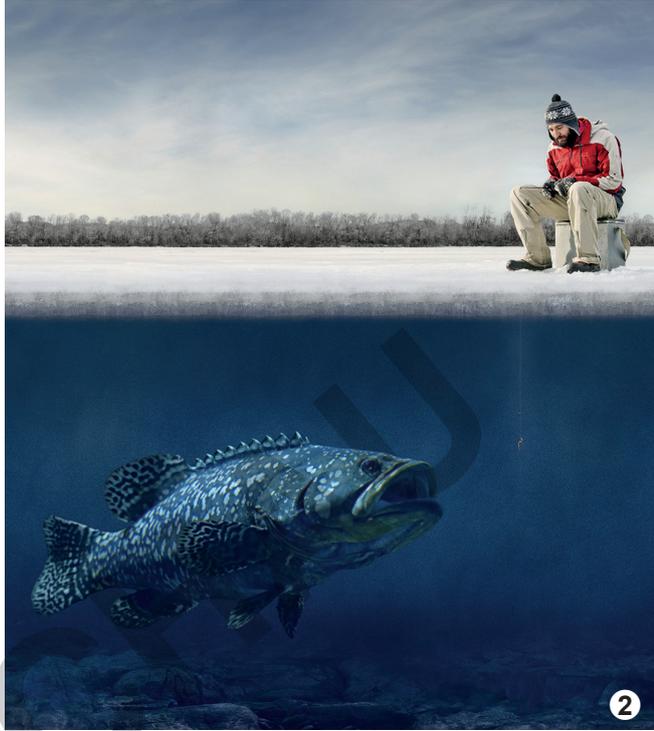
### M 4 Phänomene, die auf der Anomalie des Wassers beruhen

Büroklammer auf Wasseroberfläche



© Thinkstock / iStock

Mann auf Eis über schwimmendem Fisch



© Thinkstock / iStock

I/C

Eisberg in der Antarktis



© Thinkstock / iStock

## Lösungen für die Schülerhand

### M 1 Allgemeine Eigenschaften von Wasser

Die Aufgabe besteht im Wesentlichen darin, die gegebenen Informationen zu ordnen. Dazu unterstreicht man zweckmäßigerweise zunächst die wichtigsten Begriffe.



© Thinkstock / iStock

Wasser aus dem Hahn

I/C

### Aufgabe 2

#### Steckbrief Wasser

**Summenformel:**  $\text{H}_2\text{O}$

**Entdeckung:** Henry Cavendish bewies 1781, dass Wasser eine Verbindung aus Sauerstoff und Wasserstoff ist.

**Eigenschaften:**

- Wasser ist ein gutes Lösungsmittel für polare Stoffe.
- Beim Erstarren erfolgt eine Volumenzunahme, beim Schmelzen eine Volumenabnahme.
- Wasser ist ein Dipol.
- Bei rund 4 °C hat Wasser seine größte Dichte.
- Wasser ist ein Molekül und besteht aus zwei Wasserstoffatomen und einem Sauerstoffatom.
- Wasser hat im Vergleich zu anderen Stoffen eine sehr große spezifische Wärmekapazität.

**Vorkommen:** Wasser gibt es in der Natur in allen drei Aggregatzuständen: fest in Form von Eis, flüssig als Wasser und gasförmig als Wasserdampf.

**Verwendung:** Wasser wird als Lösungsmittel und als Kühlflüssigkeit verwendet.

2. Wasser hat bei 4 °C seine höchste Dichte.
3. Wie von anderen Stoffen gewohnt, nimmt die Dichte von Wasser bis ca. 4 °C mit abnehmender Temperatur zu. Sie erreicht bei ca. 4 °C ihr Maximum und nimmt von da an bei sinkenden Temperaturen wieder ab. Dieses Phänomen bezeichnet man als **Anomalie** des Wassers.

#### M 4 Phänomene, die auf der Anomalie des Wassers beruhen

Die **Farbfolie** zeigt auf Abb. 1 eine Büroklammer, die aufgrund der Oberflächenspannung des Wassers auf dem Wasser schwimmt. In Abb. 2 sieht man einen Fisch, der im Winter im See überleben kann, da der See von oben nach unten zufriert. Der Eisberg (Abb. 3) schwimmt auf dem Wasser, weil das Eis eine geringere Dichte hat als das darunter befindliche Wasser.

#### M 5 Die Oberflächenspannung des Wassers

Bei dem Versuch ist zu beobachten, dass die gemahlene Pfefferkörner auf der Wasseroberfläche schwimmen, genau wie die Büroklammer – diese allerdings nur, wenn man sie vorsichtig waagrecht auf die Wasseroberfläche legt. Legt man die Büroklammer senkrecht auf die Wasseroberfläche, sinkt sie direkt zu Boden, da die Kräfte, die die Wasseroberfläche zusammenhalten, auseinandergeschoben werden. Gibt man Spülmittellösung in das Wasser, sinken die Pfefferkörner und die Büroklammer. Die Oberflächenspannung des Wassers wird durch Spülmittel herabgesetzt.

**Für Experten:** Die Versuchsvariante zeigt, dass im Gegensatz zu leichten gemahlene Pfefferkörnern auch schwerere Gegenstände aufgrund der Oberflächenspannung des Wassers auf der Wasseroberfläche liegen bleiben. Dies hat nichts mit der Thematik „Dichte und Auftrieb“ zu tun.

#### Wissenswertes zur Oberflächenspannung des Wassers und der Wirkungsweise von Spülmitteln (Tensiden)



© Thinkstock / iStock

Aufgrund des Dipolcharakters des Wassers ziehen sich die Wassermoleküle gegenseitig an und bilden untereinander **Wasserstoffbrückenbindungen**. Die Anziehungskräfte wirken an der Grenzfläche nach innen und seitlich. Der starke Zusammenhalt der Wassermoleküle ist der Grund für die **Oberflächenspannung** des Wassers. Diese ist so stark, dass eine Büroklammer auf dem Wasser schwimmt.

In der Natur gibt es Insekten mit dem Namen **Wasserkäfer**, die problemlos über das Wasser laufen können, ohne dass sie einsinken.

Spülmittel (Tenside) sind aufgrund ihres chemischen Aufbaus in der Lage, die Oberflächenspannung des Wassers herabzusetzen. Tenside bestehen aus einem hydrophilen (wasserliebenden) und einem hydrophoben (wasserabweisenden) Teil.

So trennen beispielsweise die Carbonsäureanionen die Wassermoleküle voneinander und stoßen sich aufgrund der gleichnamigen Ladungen ihrer ins Wasser tauchenden  $-COOH$ -Gruppen ab. Die nebenstehende Abbildung zeigt die Ausrichtung von Spülmitteln an der Phasengrenzfläche.

