



WBF

Institut für Weltkunde in Bildung und Forschung • Gemeinnützige Gesellschaft mbH  
Holzdamm 34 • D-20099 Hamburg • Tel. (040) 68 71 61 • Fax (040) 68 72 04  
office@wbf-medien.de • www.wbf-medien.de

Verleihnummer der Bildstelle

Unterrichtsblatt zu der didaktischen DVD

# Warum Schiffe schwimmen

## Grundlagen zum Auftrieb



**Unterrichtsfilm, ca. 16 Minuten,  
Filmsequenzen, umfangreiches Zusatzmaterial und Arbeitsblätter**

### Adressatengruppen

Alle Schulen ab 5. Schuljahr,  
Jugend- und Erwachsenenbildung

### Unterrichtsfächer

Naturwissenschaften, Physik,  
Technik

### Kurzbeschreibung des Films

Es scheint völlig selbstverständlich, dass Schiffe auf dem Wasser schwimmen. Genauso selbstverständlich nehmen wir aber auch wahr, dass Gegenstände aus Metall im Wasser versinken. Diesen scheinbaren Widerspruch nimmt der Film zum Anlass, sich mit den Grundlagen des Auftriebs auseinanderzusetzen. So werden im Grundlagenteil die Dichte, die Masse, die Anziehungskraft sowie die Gewichtskraft erklärt und die Zusammenhänge zwischen ihnen verdeutlicht. Anschaulich wird erläutert, warum Gegenstände, die in Wasser eintauchen, scheinbar leichter werden. Letztendlich folgt dann auch die Erklärung, warum Schiffe schwimmen. Eine Animation verdeutlicht bei einem Schiff den Gleichgewichtszustand von Gewichtskraft und Auftriebskraft beim Schwimmen und zeigt die Dichteverhältnisse dabei.

### Kompetenzen

Die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass Dichte und Masse zusammenhängende physikalische Größen sind und sich diese auch auf die Gewichtskraft eines Gegenstandes auswirken. Sie lernen unterschiedliche Materialien mit unterschiedlicher Dichte kennen. Die Schülerinnen und Schüler verstehen, dass Gegenstände, die in Wasser eingetaucht werden, einen Teil des Wassers verdrängen und die Gewichtskraft des verdrängten Wasseranteils der Auftriebskraft entspricht. Ihnen wird bewusst, dass Schiffe nur schwimmen, weil ihre mittlere Dichte durch den hohen Luftanteil im Bootsrumpf niedriger ist als die des verdrängten Wassers.

**Verleih in Deutschland:** WBF-Unterrichtsmedien können bei den Landes-, Stadt- und Kreisbildstellen sowie den Medienzentren entliehen werden.

**Verleih in Österreich:** WBF-Unterrichtsmedien können bei den Landesbildstellen, Landesschulmedienstellen sowie Bildungsinstituten entliehen werden.

**Weitere Verleihstellen** in der Schweiz, in Liechtenstein und Südtirol.

## Inhaltsverzeichnis

• Hilfe für den Benutzer	S. 2	• Anregungen für den Unterricht:	S. 7
• Informationen zu den interaktiven Arbeitsblättern	S. 3	Einsatz des Unterrichtsfilms	
• Struktur der WBF-DVD	S. 4	• Ergänzende Informationen	S. 11
• Einsatzmöglichkeiten zu Themen der Lehrpläne und Schulbücher	S. 5	• Übersicht über die Materialien	S. 12
• Inhalt des Films	S. 5	• Didaktische Merkmale der WBF-DVD	S. 14
		• Anregungen für den Unterricht:	S. 14
		Einsatz der gesamten WBF-DVD	

## Hilfe für den Benutzer

Die WBF-DVD Premium plus besteht aus einem **DVD-Video-Teil**, den Sie auf Ihrem DVD-Player oder über die DVD-Software Ihres PC abspielen können, und aus einem **DVD-ROM-Teil**, den Sie über das DVD-Laufwerk Ihres PC aufrufen können.

### DVD-Video-Teil

In Ihrem DVD-Player wird der DVD-Video-Teil automatisch gestartet.

**Hauptfilm starten:** Der WBF-Unterrichtsfilm läuft ohne Unterbrechung ab.

**Schwerpunkte:** Der WBF-Unterrichtsfilm ist in Filmsequenzen (= Schwerpunkte) unterteilt. Jeder Sequenz sind Problemstellungen zugeordnet, die mithilfe des filmischen Inhalts und der Materialien erarbeitet werden können. Die Schwerpunkte, Problemstellungen und Materialien sind durchnummeriert, zum Beispiel:

Hauptmenü	Schwerpunkt	Problemstellung	Material
Schwerpunkte	1. Masse, Volumen und Dichte	1.1 Was sind Masse, Volumen und Dichte?	1.1.7 Die Dichte verschiedener Stoffe

Bei den Filmsequenzen und den zusätzlichen Filmclips werden im Vorspann Arbeitsaufträge eingeblendet. Zur Unterstützung der Binnendifferenzierung sind diese in die folgenden drei Schwierigkeitsgrade unterteilt:

<input type="radio"/> leicht	<input checked="" type="radio"/> mittel	<input type="radio"/> schwer
------------------------------	---	------------------------------

### DVD-ROM-Teil

Im DVD-Laufwerk Ihres PC wird - in Abhängigkeit von den Systemeinstellungen Ihres Rechners - automatisch der DVD-ROM-Teil geöffnet. Alternativ können Sie den DVD-ROM-Teil über den Explorer durch Öffnen der **Index-Datei** starten. Für den Wechsel zum DVD-Video-Teil starten Sie Ihre DVD-Software.

**Der Aufbau des DVD-ROM-Teils** entspricht dem des DVD-Video-Teils, bietet darüber hinaus aber noch weiterführende Materialien, interaktive Arbeitsblätter (siehe Seite 3) und hilfreiche Informationen wie zum Beispiel das didaktische Unterrichtsblatt, den Vorschlag für eine Unterrichtseinheit, Internet-Links zum Thema oder Lehrplanbezüge für alle Bundesländer.

### **Schwerpunkte mit Filmsequenzen und Materialien**

Der **Hauptfilm**, die **Filmsequenzen** und die zusätzlichen **Filmclips** können über das Hauptmenü gestartet werden.

**Alle Materialien** können als PDF- oder Word-Datei aufgerufen und ausgedruckt werden. Sie sind - wie oben für den DVD-Video-Teil beschrieben - nach den Schwerpunkten und Problemstellungen gegliedert. Zu allen Materialien werden **Arbeitsaufträge** angeboten. In den Word-Dateien finden Sie das jeweilige Material mit Arbeitsaufträgen, in den PDF-Dateien ohne Arbeitsaufträge.

Zur Unterstützung der **Binnendifferenzierung** sind auch diese Arbeitsaufträge in drei Schwierigkeitsgrade unterteilt:

<input type="radio"/> leicht	<input checked="" type="radio"/> mittel	<input type="radio"/> schwer
------------------------------	---	------------------------------

In den Schwerpunkten und Problemstellungen werden die Arbeitsblätter bewusst ohne Lösungen angeboten, um den Schülerinnen und Schülern ein selbstständiges Arbeiten zu ermöglichen. Die Arbeitsblätter mit Lösungen finden Sie in der Infothek unter **Sammlungen aller Arbeitsblätter - Lehrer**.

### Infothek

Hier finden Sie folgende Dokumente als PDF- und Word-Datei:

- die **Übersicht über die Materialien**
- das **didaktische Unterrichtsblatt** mit Anregungen für den Unterricht
- die **Arbeitsaufträge für alle Materialien**, zusammengestellt in einer Datei
- die **Sammlung aller Arbeitsblätter - Lehrer** (mit Lösungen)
- die **Sammlung aller Arbeitsblätter - Schüler** (ohne Lösungen)
- die **Sammlung aller Arbeitsmaterialien**
- die **Sprechertexte** für den Hauptfilm, die Filmsequenzen und die Filmclips
- die **Internet-Links** zum Thema
- den **Vorschlag für eine Unterrichtseinheit**
- die **Bildungsstandards und WBF-Medien** sowie
- die **Lehrplanbezüge nach Bundesländern**

### Informationen zu den interaktiven Arbeitsblättern



Die WBF-DVD Premium plus bietet Ihnen zusätzlich zu den bisherigen didaktisch aufbereiteten Materialien eine Auswahl von **vier interaktiven Arbeitsblättern**. Sie können diese Arbeitsblätter direkt über die Startseite unter **Interaktive Arbeitsblätter** oder über die Schwerpunkte und Problemstellungen aufrufen. Die interaktiven Arbeitsblätter liegen im PDF-Format oder als whiteboardgeeignete Dateien vor.

Auf der Ebene der Problemstellungen befinden sich darüber hinaus die herkömmlichen Versionen der Arbeitsblätter im Word- und PDF-Format. Ferner können Sie in der Infothek die Dokumente **Sammlung aller Arbeitsblätter - Lehrer** (mit Lösungen) und **Sammlung aller Arbeitsblätter - Schüler** (ohne Lösungen) aufrufen.

Bitte beachten Sie, dass Sie für die interaktiven Arbeitsblätter im PDF-Format eine aktuelle Version des Acrobat Reader benötigen.

#### **Systemvoraussetzungen für den Einsatz der DVD-ROM:**

Windows XP, Windows 7, 8 und 10, Mac OS X, DVD-Laufwerk mit gängiger Abspielsoftware, 16-Bit-Soundkarte mit Lautsprechern, Bildschirmauflösung von 800 x 600 Pixel oder höher

## Struktur der WBF-DVD

<b>Unterrichtsfilm:</b> <b>Warum Schiffe schwimmen</b> <b>Grundlagen zum Auftrieb</b>	
<b>1. Schwerpunkt</b> <b>Masse, Volumen und Dichte</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Filmsequenz (4:55 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM</b></li><li>• <b>Problemstellung, Materialien (siehe Seite 12)</b></li></ul>	
1.1	Was sind Masse, Volumen und Dichte?
<b>2. Schwerpunkt</b> <b>Anziehungskraft und Gewichtskraft</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Filmsequenz (3:05 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM</b></li><li>• <b>Problemstellung, Materialien (siehe Seite 12/13)</b></li></ul>	
2.1	Warum fällt jeder Gegenstand auf der Erde nach unten?
<b>3. Schwerpunkt</b> <b>Auftriebskraft</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Filmsequenz (4:00 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM</b></li><li>• <b>Problemstellung, Materialien (siehe Seite 13)</b></li></ul>	
3.1	Was verstehen wir unter der Auftriebskraft?
<b>4. Schwerpunkt</b> <b>Anwendung der Grundlagen bei Schiffen</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Filmsequenz (3:05 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM</b></li><li>• <b>Problemstellung, Materialien (siehe Seite 13)</b></li></ul>	
4.1	Warum gehen Schiffe im Wasser nicht unter?

## Einsatzmöglichkeiten zu Themen der Lehrpläne und Schulbücher

- Massebestimmung
- Volumenberechnung (Würfel)
- Dichteberechnung
- Dichte verschiedener Materialien
- Massenanziehung
- Gewichtskraft als Folge der Erdanziehung
- Auftriebskraft als Folge der Wasserverdrängung
- Die mittlere Dichte bei unterschiedlichen Werkstoffkombinationen
- Schwimmen als Gleichgewichtszustand von Gewichtskraft und Auftriebskraft

### Inhalt des Films

Der Film beginnt mit einer alltäglichen Szene. Zu sehen ist eine Aufnahme, die eine Landschaft zeigt, Häuser, eine Straße und einen Kanal, auf dem Schiffe fahren. In einer zweiten Szene nimmt ein Mädchen eine Schraube aus Metall und legt diese in ein Wasserglas. Metalle versinken im Wasser, Schiffe aus Metall dagegen nicht. Dieser scheinbare Widerspruch ist der Einstieg in die Erklärung des Auftriebs.

Im Grundlagenteil wird als Erstes erklärt, wie sich ein Metall- von einem Holzwürfel unterscheidet. Zwei Jugendliche untersuchen zwei gleich große Würfel. Neben den rein optischen Unterscheidungsmerkmalen variieren sie in ihrer Masse. Der Metallwürfel ist viel schwerer als der Holzwürfel. Da beide Würfel die gleiche Größe haben, müssen sie eine unterschiedliche Dichte besitzen. Der Film zeigt anschaulich mithilfe einer Animation, wie man die Dichte für den Metallwürfel berechnen kann, wenn man die Masse und das Volumen kennt. Dann werden unterschiedliche Materialien gezeigt und ihre spezifische Dichte genannt. Hierbei wird auch die Dichte für Wasser einbezogen, da sie für den Schwimmvorgang eine große Rolle spielt.

Als nächste Grundlage wird gezeigt, dass Gegenstände nach unten fallen, wenn sie nicht daran gehindert werden. Einem Jungen fällt ein Stift zu Boden, ein Apfel fällt von einem Baum. Als Ursache dafür werden die Massenanziehungskräfte genannt und erklärt. Jede Masse zieht jede andere Masse an. Allerdings sind diese Kräfte extrem klein. Je größer die Masse, desto stärker sind die Anziehungskräfte. Eine Animation veranschaulicht, dass die Erde eine so große Masse besitzt, dass sie alle anderen Massen anzieht und dadurch jede Masse auf der Erde eine Gewichtskraft besitzt. Zwei unterschiedlich große Massестücke werden auf ein dünnes Brettchen gelegt und verbiegen das Brettchen unterschiedlich stark. Dies verdeutlicht, dass die Gewichtskraft eines Gegenstandes von seiner Masse abhängt.

Als dritte Grundlage folgt die Erarbeitung der Auftriebskraft. Ein Mädchen am Strand geht ins Wasser und hebt einen Stein heraus. Der Film greift die von vielen Jugendlichen gemachte Erfahrung auf, dass Gegenstände scheinbar schwerer werden, wenn man sie aus dem Wasser herausnimmt - oder umgekehrt, dass sie scheinbar leichter werden, wenn man sie ins Wasser mitnimmt. Es muss also eine Kraft geben, die der Gewichtskraft entgegengerichtet ist - die Auftriebskraft.

In einem Experiment füllen zwei Jugendliche ein Überlaufgefäß bis zum Rand mit Wasser. Dann senken sie einen Metallwürfel in das Glas und fangen das überlaufende Wasser auf. Das Volumen des verdrängten Wassers entspricht dabei genau dem Volumen des eingetauchten Gegenstandes. Mit einem Federkraftmesser wird die Gewichtskraft des Würfels vor dem Eintauchen und beim Eintauchen gemessen. Außerhalb des Wassers besitzt der Würfel eine Gewichtskraft von 17 Newton. Beim Eintauchen reduziert sich die gemessene Kraft auf 15 Newton. Der Würfel erfährt also zwei Newton Auftriebskraft. Diese zwei Newton Differenz entsprechen genau der Gewichtskraft des verdrängten Wassers.

Nun wird der Versuch wiederholt. Statt des Eisenwürfels verwenden die Jugendlichen jetzt einen Holzwürfel. Der Holzwürfel wird komplett in das Überlaufgefäß getaucht und das überlaufende Wasser in einem zweiten Gefäß gesammelt. Die verdrängte Menge Wasser ist genauso groß wie die Wassermenge, die der Eisenwürfel zum Überlaufen gebracht hat. Die Menge des verdrängten Wassers ist also ausschließlich vom Volumen des eingetauchten Gegenstandes abhängig, nicht von der Masse oder der Dichte.

Zum Abschluss macht der Film deutlich, warum der Holzwürfel schwimmt, während der Eisenwürfel untergeht: Die Menge des verdrängten Wassers ist bei beiden Würfeln identisch, weil sie gleich groß sind. Beide erfahren also auch die gleiche Auftriebskraft. Da der Eisenwürfel aber eine viel größere Masse besitzt und damit auch eine viel größere Gewichtskraft, reicht die Auftriebskraft nicht aus, ihn zum Schwimmen zu bringen. Beim Holz ist es anders. Die Menge Wasser, die er verdrängt, erzeugt eine größere Auftriebskraft als er selbst an Gewichtskraft besitzt. In vereinfachter Form kann man sagen, dass jeder Gegenstand, der eine geringere Dichte als Wasser besitzt, schwimmt.

Im letzten Teil des Filmes veranschaulicht eine Animation nun die Zusammenhänge beim Schwimmen eines Schiffes. Die Gewichtskraft des Schiffes wirkt nach unten, die Auftriebskraft des verdrängten Wassers wirkt nach oben. Wenn beide Kräfte gleich groß sind, entsteht ein Gleichgewichtszustand, den wir „Schwimmen“ nennen. Die Dichte des Metalls des Schiffes ist viel größer als die Dichte von Wasser. Folglich dürfte das Schiff nicht schwimmen. Die Animation zeigt aber nun einen Querschnitt des Schiffes. Hier sieht man, dass nur eine dünne Außenschicht aus Metall besteht. Der größte Teil des Schiffes besteht aus Luft. Und die Dichte von Luft beträgt nur einen Bruchteil der Dichte von Wasser. Nimmt man das Gesamtvolumen des eintauchenden Schiffes und berechnet die mittlere Dichte, so sieht man, dass die mittlere Dichte eines Schiffes deutlich unter der Dichte von Wasser liegt. Es ist sogar noch so viel „Reserve“ da, dass ein Schiff zusätzlich viel Ladung aufnehmen kann, ohne dass seine mittlere Dichte die Dichte von Wasser übersteigt. Die Form eines Schiffes mit der eingeschlossenen Luft sorgt also dafür, dass ein großes Volumen viel Wasser verdrängt und dadurch eine große Auftriebskraft entsteht.

Der Film endet mit einer Szene, in der eine Jugendliche eine Knetkugel in eine Schüssel mit Wasser legt. Die Kugel geht unter. Dann beginnt die Jugendliche die Kugel so zu kneten, dass eine Form entsteht, die viel Luft einschließt. Dadurch hat sich die mittlere Dichte so verkleinert, dass das einfache „Knetschiff“ nun eine kleinere Dichte als Wasser besitzt und folglich auf dem Wasser schwimmt. Nach diesem Prinzip schwimmen auch die größten Schiffe. Abschließend fordert der Film die Schülerinnen und Schüler auf, nun selbst einmal ein Schiff zu basteln.

## Anregungen für den Unterricht: Einsatz des Unterrichtsfilms

Die Schülerinnen und Schüler nehmen es alle als selbstverständlich hin, dass Schiffe aus Metall schwimmen. Es ist aber auch jeder Schülerin und jedem Schüler klar, dass ungeformtes Metall im Wasser untergeht. Dieser Widerspruch soll die Schülerinnen und Schüler motivieren, sich mit der Thematik auseinanderzusetzen, und sie neugierig darauf machen, die physikalischen Grundlagen von Dichte, Masse, Gewichtskraft und Auftrieb zu erarbeiten.

<b>Thema der Unterrichtseinheit:</b>	<b>Warum Schiffe schwimmen Grundlagen zum Auftrieb</b>
--------------------------------------	--

### Kompetenzen

Die Schülerinnen und Schüler

- lernen die Dichte als Quotient aus Masse und Volumen kennen.
- erkennen, dass unterschiedliche Materialien unterschiedliche spezifische Dichten besitzen.
- verstehen, dass Gegenstände eine Gewichtskraft besitzen und nach unten fallen, weil sie von der Erde angezogen werden.
- entdecken, dass Gegenstände, die in eine Flüssigkeit getaucht werden, genauso viel Flüssigkeitsvolumen verdrängen, wie sie selbst an Volumen besitzen.
- lernen, dass die Auftriebskraft genauso groß wie die Gewichtskraft der verdrängten Flüssigkeit ist.
- bekommen eine Vorstellung davon, was die mittlere Dichte eines Schiffes ist.
- verstehen, warum die Form eines Schiffes dazu führt, die mittlere Dichte kleiner als die Dichte von Wasser werden zu lassen.
- werden aufgefordert, selbst ein schwimmendes Objekt herzustellen.

### Einstieg

Der Einstieg in das Thema kann auf unterschiedliche Weise erfolgen. Eine Möglichkeit wäre, ein Wasserbecken auf dem Pult aufzubauen und die Schülerinnen und Schüler durch eine geschickte Auswahl an vorbereiteten Materialien neugierig zu machen. Nachdem man zwei „normale“ Gegenstände im Wasser hat schwimmen oder eintauchen lassen, könnte man zum Beispiel ein Hartholz verwenden, das nicht schwimmt. Oder man könnte Holz mit Metallfarbe lackieren und das vermeintliche Metall schwimmen lassen. So überrascht man die Schülerinnen und Schüler und die Frage wird automatisch auftauchen, wann Gegenstände schwimmen.

Eine zweite Möglichkeit wäre, den Einstieg des Films zu nutzen und direkt bei der ersten Szene die Filmvorführung zu unterbrechen. Dann könnte die Frage gestellt werden, ob jemandem in der Szene etwas auffällt, was eigentlich nicht selbstverständlich ist. Je nach Findigkeit der Schülerinnen und Schüler kann oder muss man mit geschickten Hinweisen auf die Schiffe aufmerksam machen oder den Film einen Moment weiterlaufen lassen, bis die zweite Szene mit der Schraube gezeigt wurde. Dann kann die Frage wiederholt werden.

Eine dritte Möglichkeit des Einstiegs wäre, sozusagen mit dem Ende des Films zu beginnen und die Schülerinnen und Schüler ohne Erarbeitung der Thematik erst einmal in Gruppen mit unterschiedlichen Materialien (Papier, Holz, Knete, Metalle etc.) experimentieren zu lassen. Die Aufgabe könnte lauten, ein Schiff mit einer möglichst hohen Tragfähigkeit zu bauen. Somit würden sich die Schülerinnen und Schüler intuitiv mit dem Thema beschäftigen und versuchen, durch Probieren oder durch Vorerfahrungen ein Schiff zu bauen, das schwimmt und noch mit zusätzlicher Ladung belastet werden kann. Durch den Wettbewerbscharakter ist eine zusätzliche Motivation gegeben. Eventuell kann die Lehrkraft sogar einen Preis ausloben.

### **Vor der Filmvorführung**

Die Lehrkraft teilt die Schülerinnen und Schüler in vier Lerngruppen mit unterschiedlichen Schwerpunkten ein. Um die Beobachtungsaufgabe und die Konzentration der Schülerinnen und Schüler zu fördern, erhält jede Lerngruppe vor der Filmvorführung Beobachtungs- und Arbeitsaufträge.

Abhängig von der Methodenkompetenz der Schülerinnen und Schüler (Erfahrung mit Gruppenarbeit) und der Sachkompetenz können die Arbeitsaufträge auch geschlossen an den Klassenverband verteilt werden.

**Zur Unterstützung der Binnendifferenzierung** sind die Aufgaben in drei Schwierigkeitsgrade unterteilt:

leicht,  mittel und  schwer.

### **Beobachtungs- und Arbeitsaufträge**

#### **Erste Lerngruppe: Masse, Volumen und Dichte**

- 1. Beschreibe, wie sich ein Holz- und ein Eisenwürfel voneinander unterscheiden.
- 2. Berichte, wie man das Volumen eines Würfels berechnet.
- 3. Berechne, wie groß die Dichte eines Quaders ist, der 5 cm lang, 3 cm breit und 8 cm hoch ist und dessen Masse 1,2 kg beträgt.
- 4. Gib für drei verschiedene Materialien jeweils die Dichte an.
- 5. Ordne die folgenden Materialien nach ihrer Dichte. Beginne mit dem Material, das die größte Dichte hat (Wasser, Luft, Eisen, Aluminium, Gold, Blei).
- 6. Nenne die Einheit, in der die Dichte angegeben wird.

#### **Zweite Lerngruppe: Anziehungskraft und Gewichtskraft**

- 1. Berichte, warum auf der Erde alle Gegenstände nach unten fallen.
- 2. Erkläre, was eine Personenwaage misst. Beachte dabei: Was würde eine Personenwaage anzeigen, wenn man sich frei im Weltraum befinden würde?
- 3. Beschreibe, in welche Richtung die Gewichtskraft wirkt.
- 4. Benenne das Messgerät, mit dem man die Gewichtskräfte messen kann.
- 5. Erläutere, warum das große Gewichtsstück im Film das Brettchen stärker verformt als das kleine.



### Dritte Lerngruppe: Auftriebskraft

- 1. Beschreibe, was passiert, wenn du einen schweren Stein vom Strand ins Wasser mitnimmst.
- ⊙ 2. Begründe, in welche Richtung die Auftriebskraft immer wirkt.
- ⊙ 3. Erkläre, wie man die Größe der Auftriebskraft bestimmen kann.
- ⊙ 4. Erläutere, was ein Überlaufgefäß ist und wie es aufgebaut ist.
- 5. Erläutere, wie du das Volumen eines unförmigen Körpers bestimmen kannst, der nicht durch eine einfache mathematische Formel zu berechnen ist.
- 6. Überlege, woran es liegen könnte, dass Menschen im Toten Meer im Wasser nicht untergehen, sondern auf der Wasseroberfläche ohne Kraftanstrengung schwimmen. Nenne deine Ergebnisse.

### Vierte Lerngruppe: Anwendung der Grundlagen bei Schiffen

- ⊙ 1. Erkläre, wie man es schafft, ein Stück Knete mit einer Dichte größer als Wasser trotzdem schwimmen zu lassen.
- 2. Erläutere, wieso Schiffe aus Metall insgesamt eine geringere Dichte als Wasser haben.
- 3. Ein Würfel aus Eisen mit einer Dichte von  $7,9 \text{ g/cm}^3$  ist innen mit Luft (Dichte:  $0,0012 \text{ g/cm}^3$ ) gefüllt. Die Außenwände sind 1 cm stark, der Würfel ist 10 cm lang, breit und hoch. Berechne, ob er im Wasser schwimmt oder untergeht.

**Nach der Filmvorführung** bearbeiten die Schülerinnen und Schüler die Beobachtungs- und Arbeitsaufträge mithilfe der Notizen, die sie während des Films gemacht haben. Im Unterrichtsgespräch werden die Ausarbeitungen dann besprochen, Schwerpunkte gegebenenfalls intensiviert und Unklarheiten beseitigt. Danach erfolgt eine gemeinsame Sammlung aller wichtigen Punkte, die dann als Hefteintrag von den Schülerinnen und Schülern angefertigt werden.

Die folgenden Lösungen geben kurz und knapp mögliche Antworten auf die einzelnen Lerngruppenaufgaben wieder. Aus Platzgründen können nicht bei allen Beobachtungs- und Arbeitsaufträgen vollständige und allumfassende Lösungen angegeben werden. Vertiefende Lösungen können den Fachbüchern entnommen werden.

### Erste Lerngruppe: Masse, Volumen und Dichte

- 1. Beschreibe, wie sich ein Holz- und ein Eisenwürfel voneinander unterscheiden. *In der Oberflächenbeschaffenheit und in der Masse/Gewichtskraft*
- 2. Berichte, wie man das Volumen eines Würfels berechnet. *Länge mal Breite mal Höhe*
- 3. Berechne, wie groß die Dichte eines Quaders ist, der 5 cm lang, 3 cm breit und 8 cm hoch ist und dessen Masse 1,2 kg beträgt.  $V=5 \cdot 3 \cdot 8=120 \text{ cm}^3$ .  $Dichte=Masse/Volumen=1200 \text{ g}/120 \text{ cm}^3=10 \text{ g/cm}^3$
- ⊙ 4. Gib für drei verschiedene Materialien jeweils die Dichte an. *Gold (19,3), Blei (11,3), Eisen (7,9), Aluminium (2,7), Wasser (1), Luft (0,0012)*
- ⊙ 5. Ordne die folgenden Materialien nach ihrer Dichte. Beginne mit dem Material, das die größte Dichte hat (Wasser, Luft, Eisen, Aluminium, Gold, Blei). *Siehe 4*
- 6. Nenne die Einheit, in der die Dichte angegeben wird. *In Gramm pro Kubikzentimeter (manchmal auch in Kilogramm pro Kubikmeter)*

### Zweite Lerngruppe: Anziehungskraft und Gewichtskraft

1. Berichte, warum auf der Erde alle Gegenstände nach unten fallen. *Weil sie von der Erdanziehungskraft angezogen werden.*
2. Erkläre, was eine Personenwaage misst. Beachte dabei: Was würde eine Personenwaage anzeigen, wenn man sich frei im Weltraum befinden würde? *Eine Personenwaage misst die Gewichtskraft. Sie berechnet aber daraus die Masse und zeigt diese an. Die Masse ist ortsunabhängig. Daher würde die Waage im Weltraum nichts anzeigen (Schwereelosigkeit), obwohl die Masse gleich bleibt.*
3. Beschreibe, in welche Richtung die Gewichtskraft wirkt. *Immer in Richtung Erdmittelpunkt*
4. Benenne das Messgerät, mit dem man die Gewichtskräfte messen kann. *Mit einem Federkraftmesser (auch mit einer Personenwaage, siehe Arbeitsauftrag 2)*
5. Erläutere, warum das große Gewichtsstück im Film das Brettchen stärker verformt als das kleine. *Da das große Gewichtsstück eine größere Masse hat, hat es auch eine größere Gewichtskraft.*

### Dritte Lerngruppe: Auftriebskraft

1. Beschreibe, was passiert, wenn du einen schweren Stein vom Strand ins Wasser mitnimmst. *Er wirkt im Wasser leichter.*
2. Begründe, in welche Richtung die Auftriebskraft immer wirkt. *Immer entgegen der Gewichtskraft, also vom Erdmittelpunkt weg nach oben.*
3. Erkläre, wie man die Größe der Auftriebskraft bestimmen kann. Entweder einen Federkraftmesser nutzen und die Differenz der beiden Messwerte außerhalb und innerhalb des Wassers bilden oder ein Gefäß bis zum Rand füllen, das überlaufende Wasser sammeln und die Gewichtskraft des Wassers bestimmen.
4. Erläutere, was ein Überlaufgefäß ist und wie es aufgebaut ist. *Es ist ein Gefäß mit einem Ablauf im oberen Teil. Die Flüssigkeit kann dort gezielt abfließen, um gesammelt zu werden.*
5. Erläutere, wie du das Volumen eines unförmigen Körpers bestimmen kannst, der nicht durch eine einfache mathematische Formel zu berechnen ist. *Ein Überlaufgefäß nehmen, den Gegenstand komplett eintauchen lassen und das Volumen des Wassers bestimmen. Es ist identisch mit dem Volumen des Körpers.*
6. Überlege, woran es liegen könnte, dass Menschen im Toten Meer im Wasser nicht untergehen, sondern auf der Wasseroberfläche ohne Kraftanstrengung schwimmen. *Die Dichte des menschlichen Körpers ist größer als die von Wasser. Das Wasser des Toten Meeres ist aber stark mit Salzen durchsetzt. Daher beträgt die Dichte des Wassers  $1,24 \text{ g/cm}^3$ . Die durchschnittliche Dichte eines Menschen liegt über 1, aber etwas unter der Dichte des Toten Meeres. Also kann man dort mit etwas Geschick über Wasser bleiben.*

### Vierte Lerngruppe: Anwendung der Grundlagen bei Schiffen

1. Erkläre, wie man es schafft, ein Stück Knete mit einer Dichte größer als Wasser trotzdem schwimmen zu lassen. *Man formt die Knete so, dass sie ausreichend Luft einschließt. Das vergrößert das Volumen und somit auch die Auftriebskraft.*
2. Erläutere, wieso Schiffe aus Metall insgesamt eine geringere Dichte als Wasser haben. *Zwar beträgt die Dichte von Eisen fast  $8 \text{ g/cm}^3$ , aber der Großteil des Schiffsvolumens ist Luft. Die mittlere Dichte aus dem kleinen Anteil Metall und dem großen Anteil Luft führt zu einer mittleren Dichte, die unter der von Wasser liegt.*
3. Ein Würfel aus Eisen mit einer Dichte von  $7,9 \text{ g/cm}^3$  ist innen mit Luft (Dichte:  $0,0012 \text{ g/cm}^3$ ) gefüllt. Die Außenwände sind 1 cm stark, der Würfel ist 10 cm lang, breit und hoch. Berechne, ob er im Wasser schwimmt oder untergeht. *Er geht unter. Das Volumen der Luft beträgt  $8 \cdot 8 \cdot 8 = 512 \text{ cm}^3$ . Der Eisenanteil hat somit ein Volumen von  $1000 - 512 = 488 \text{ cm}^3$ . Daraus resultiert eine Masse von  $7,9 \cdot 488 = 3855 \text{ g}$ . Die Luft hat eine Masse von  $0,0012 \cdot 512 = 0,6 \text{ g}$ . Zusammen hat der Würfel aus Eisen und Luft eine Masse von etwa  $3856 \text{ g}$ . Die mittlere Dichte beträgt somit  $3856 / 1000 = 3,856 \text{ g/cm}^3$  und damit deutlich mehr als die Dichte von Wasser.*

## Ergänzende Informationen

**Hinweis:** Aus Gründen der didaktischen Reduktion werden gewisse Zusammenhänge oder Einschränkungen nicht weiter ausgeführt. Wird der Film in höheren Klassenstufen eingesetzt, so sollten folgende Dinge beachtet werden:

Auf die Zusammenhänge von Erdbeschleunigung, Gravitationskraft und Corioliskraft wird nicht gesondert eingegangen, auch wenn sie durchaus bei der Besprechung der Gewichtskraft eine Bedeutung haben. Vielmehr wird die Gewichtskraft nur als direkte Wirkung der Erdanziehungskraft gesehen. In höheren Klassenstufen ist eine genauere Betrachtung sicherlich sinnvoll. Hier können die Einflüsse von Standort, Erdrotation und sonstige Faktoren benannt und erarbeitet werden. Für eine Erstbetrachtung im Eingangsunterricht würden sie vom eigentlichen Ziel zu sehr wegführen.

Es wird nicht darauf eingegangen, dass die Auftriebskraft eigentlich aus den Druckdifferenzen der unterschiedlichen umgebenden Schichten entsteht. In höheren Klassenstufen kann man genauer auf die eigentliche Ursache eingehen. Ebenso kann man hier den Sonderfall behandeln, was passiert, wenn es keine Flüssigkeit unter dem Gegenstand gibt.

Weiterhin wird nicht berücksichtigt, dass die Dichte von Wasser nicht genau  $1 \text{ g/cm}^3$  beträgt, sondern je nach Temperatur und Luftdruck leicht von dem Wert abweicht. Die Abweichungen bei flüssigem Wasser sind allerdings sehr gering (Wasser bei  $4 \text{ °C}$ :  $0,99997 \text{ g/cm}^3$ ; Wasser bei  $100 \text{ °C}$ :  $0,95835 \text{ g/cm}^3$ ). Die Meere bestehen gewöhnlich aus Salzwasser (etwa 3,5 % Salzgehalt, von Meer zu Meer leicht unterschiedlich). Hier erhöht sich die Dichte auf etwa  $1,025 \text{ g/cm}^3$ . Auch die Dichten von anderen Materialien sind aus Übersichtlichkeitsgründen teilweise gerundet.

In dem Film wird nur der statische Auftrieb behandelt. In höheren Klassenstufen kann auch betrachtet werden, was bei Umströmungen passiert (dynamischer Auftrieb).

**Das archimedische Prinzip:** Im Film wird ausschließlich der Auftrieb in Wasser besprochen und thematisiert. Das archimedische Prinzip ist aber in allen Fluiden und Gasen anwendbar und somit deutlich umfangreicher. Bei ausreichend Unterrichtszeit kann der Auftrieb in Gasen angesprochen werden. Ebenso kann man ein anderes Fluid nehmen und zum Beispiel Quecksilber thematisieren. Quecksilber ist ein bei Zimmertemperatur flüssiges Metall mit einer Dichte von etwa  $13,6 \text{ g/cm}^3$ . Da die Auftriebskraft so groß ist wie die Gewichtskraft der verdrängten Flüssigkeit, schwimmen auf Quecksilber sogar Metalle wie Eisen, Stahl und sogar Blei. Allerdings wird Quecksilber als gesundheitsgefährdend eingestuft und ist daher zum Experimentieren in der Schule nicht geeignet.

**Eisberge und die Titanic:** Der „Untergang der Titanic“ eignet sich gut, bei ausreichender Unterrichtszeit ein Klassengespräch zu führen. Hier vereinen sich fast alle relevanten Dinge zum Auftrieb. Einerseits galt die Titanic als „unsinkbar“, weil sie aus vielen einzelnen, gegeneinander abschottbaren Kammern bestand. Dieses System kann man aufgreifen und besprechen, dass heutige Schiffe ähnliche Prinzipien anwenden (zusätzlich noch Doppelrumpfbauweise etc.). Andererseits ist es auch ein gutes Beispiel für Dichteunterschiede. Da Wasser und Eis eine nur sehr geringe Dichtedifferenz besitzen, schwimmt der größte Teil eines Eisberges unter der Wasseroberfläche. Lediglich etwa 10 % (je nach Dichteunterschied und Form des Eisberges) ragen aus dem Wasser. Der größte Teil ist unter der Oberfläche und kann so sehr gefährlich für die Schifffahrt werden. Der Titanic wurde zum Verhängnis, dass der Unterwasserteil des Eisberges das Schiff der Länge nach aufschlitzte.

## Übersicht über die Materialien

**Ziffern:** 1. Schwerpunkt 1.1 Problemstellung 1.1.1 Material

**Abkürzungen:** F = Filmclip Sch = Schaubild Fo = Foto  
 T = Text Tt = Texttafel ☞ = interaktiv  
 A = Arbeitsblatt

<b>1. Masse, Volumen und Dichte</b>		
<b>Filmsequenz (4:55 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM</b>		
<b>1.1 Was sind Masse, Volumen und Dichte?</b>		
1.1.1 Filmclip: Wie die Dichte eines Stoffes ermittelt wird (1:30)	F	DVD-Video + ROM
1.1.2 Gegenstände aus Metall	Fo	DVD-Video + ROM
1.1.3 Die Masse von Körpern	Tt	DVD-Video
1.1.3 Die Masse von Körpern	Tt/T	DVD-ROM
1.1.4 Holz und Eisen im Vergleich	Sch	DVD-Video + ROM
1.1.5 Das Volumen und wie es bestimmt wird	Tt	DVD-Video
1.1.5 Das Volumen und wie es bestimmt wird	Tt/T	DVD-ROM
1.1.6 Die Dichte - eine spezifische Stoffeigenschaft	Tt	DVD-Video + ROM
1.1.7 Die Dichte verschiedener Stoffe	Tt	DVD-Video + ROM
1.1.8 Arbeitsblatt: Masse und Dichte - ein Quiz	A/☞	DVD-ROM
1.1.9 Arbeitsblatt: Ein Lückentext zur Masse, zum Volumen und zur Dichte	A	DVD-ROM
1.1.10 Arbeitsblatt: Aufgaben rund um die Dichte	A	DVD-ROM

<b>2. Anziehungskraft und Gewichtskraft</b>		
<b>Filmsequenz (3:05 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM</b>		
<b>2.1 Warum fällt jeder Gegenstand auf der Erde nach unten?</b>		
2.1.1 Filmclip: Warum alles nach unten fällt (1:10)	F	DVD-Video + ROM
2.1.2 Massen ziehen sich gegenseitig an	Tt	DVD-Video + ROM
2.1.3 Die Anziehungskraft der Erde	Sch	DVD-Video + ROM
2.1.4 Was wir unter Gewichtskraft verstehen	Tt	DVD-Video
2.1.4 Was wir unter Gewichtskraft verstehen	Tt/T	DVD-ROM
2.1.5 Ein Versuch zur Gewichtskraft	Fo	DVD-Video + ROM
2.1.6 Die Gewichtskraft auf dem Mond	Tt	DVD-Video + ROM

2.1.7	Worin sich Masse und Gewichtskraft unterscheiden	Tt	DVD-Video + ROM
2.1.8	Arbeitsblatt: Masse, Gewichtskraft und Anziehungskraft	A/☞	DVD-ROM

<b>3. Auftriebskraft</b>			
<b>Filmsequenz (4:00 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM</b>			
<b>3.1 Was verstehen wir unter der Auftriebskraft?</b>			
3.1.1	Der Auftrieb in Flüssigkeiten	Tt	DVD-Video + ROM
3.1.2	Versuche mit zwei Würfeln	Sch	DVD-Video + ROM
3.1.3	Das archimedische Gesetz	Tt	DVD-Video + ROM
3.1.4	Wie Archimedes den Goldgehalt einer Krone überprüfte	Sch	DVD-Video + ROM
3.1.5	Sinken, schweben, steigen, schwimmen	Sch	DVD-Video + ROM
3.1.6	Arbeitsblatt: Auftriebskraft und Gewichtskraft	A	DVD-ROM

<b>4. Anwendung der Grundlagen bei Schiffen</b>			
<b>Filmsequenz (3:05 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM</b>			
<b>4.1 Warum gehen Schiffe im Wasser nicht unter?</b>			
4.1.1	Filmclip: Warum ein Schiff aus Eisen schwimmt (2:10)	F	DVD-Video + ROM
4.1.2	Filmclip: Wie sich Taucher unter Wasser bewegen (1:25)	F	DVD-Video + ROM
4.1.3	Filmclip: Auch Gase üben eine Auftriebskraft aus (0:35)	F	DVD-Video + ROM
4.1.4	Was die mittlere Dichte eines Schiffes ist	Tt	DVD-Video
4.1.4	Was die mittlere Dichte eines Schiffes ist	Tt/T	DVD-ROM
4.1.5	Gegenstände aus Knete im Vergleich	Sch	DVD-Video + ROM
4.1.6	Warum viele Fische eine Schwimmblase haben	Sch	DVD-Video + ROM
4.1.7	Wie ein U-Boot sinkt und steigt	Sch	DVD-Video + ROM
4.1.8	Der Auftrieb in Gasen	Fo	DVD-Video + ROM
4.1.9	Arbeitsblatt: Warum Schiffe schwimmen - Satzteile verbinden	A/☞	DVD-ROM
4.1.10	Arbeitsblatt: Physikalische Grundlagen - ein Kreuzworträtsel	A/☞	DVD-ROM

## Didaktische Merkmale der WBF-DVD

- Der **didaktischen Konzeption** liegen die Bildungsstandards und Lehrpläne zugrunde, wobei Kompetenzen und Operatoren eine zentrale Rolle spielen. Durch die Berücksichtigung der Lernziel-, Problem- und Handlungsorientierung werden entdeckendes Lernen ermöglicht sowie die Sach-, Methoden-, Medien-, Urteils- und Handlungskompetenz der Schülerinnen und Schüler gefördert.
- Die DVD ist in **Schwerpunkte** unterteilt, die der Untergliederung des Unterrichtsfilms in Sequenzen entsprechen. Den Schwerpunkten sind **Problemstellungen** zugeordnet, die sich mit den angebotenen Materialien bearbeiten lassen.
- Das **Unterrichtsmaterial** umfasst zahlreiche Quellen wie Filmclips, Texttafeln, Fotos, Texte und Schaubilder.
- Zu allen Unterrichtsmaterialien werden **Arbeitsaufträge** angeboten. In den Word-Dateien wird das jeweilige Material mit Arbeitsaufträgen, in den PDF-Dateien ohne Arbeitsaufträge angeboten. Die Arbeitsaufträge ermöglichen den Lerngruppen einen gezielten Zugang zu den Materialien, da die verschiedenen Kompetenzbereiche abgedeckt werden. Die mehrschrittigen Arbeitsaufträge erleichtern die **Binnendifferenzierung**.
- Die **Arbeitsblätter** auf dem DVD-ROM-Teil können als PDF- und als Word-Datei ausgedruckt werden. Sie fördern die selbstständige und handlungsorientierte Erschließung und Bearbeitung einzelner Problemfelder. Zu allen Arbeitsblättern werden - soweit möglich - Lösungen angeboten. Die vorgegebenen Arbeitsaufträge auf den Arbeitsblättern sind nicht verbindlich, sondern können reduziert, ergänzt oder weggelassen werden. Zusätzlich bietet der DVD-ROM-Teil **interaktive Arbeitsblätter** an. Diese Arbeitsblätter können auch an einem **Whiteboard** bearbeitet werden (siehe Seite 3).

## Anregungen für den Unterricht: Einsatz der gesamten WBF-DVD

Das umfangreiche Zusatzmaterial zu jedem Schwerpunktthema ist ein Angebot, das selbstverständlich nicht in seinem vollen Umfang bearbeitet werden kann. Je nach Zielvorstellung, Klassensituation und der zur Verfügung stehenden Zeit sollte die Lehrkraft die Materialien auswählen und zusammenstellen.

**Vor der Filmvorführung:** Die Einstiegsphase (siehe Seite 7/8) kann auch für den Einsatz der DVD übernommen werden. Anschließend schreibt die Lehrkraft die Beobachtungs- und Arbeitsaufträge (siehe Seite 8/9) an die Tafel bzw. verteilt sie an die Schülerinnen und Schüler. Der Film wird zunächst als Einheit vorgeführt.

**Nach der Filmvorführung** äußern die Schülerinnen und Schüler spontan ihre Eindrücke und berichten ausführlich über Einzelheiten, die sie im Unterrichtsfilm zum Thema „Warum Schiffe schwimmen“ erfahren haben. Die Auswertung erfolgt nach dem Vorschlag auf Seite 9.

Je nach der zur Verfügung stehenden Zeit und dem Arbeitsverhalten der Klasse kann die weiterführende Erarbeitungsphase arbeitsteilig oder im Klassenverband geschehen. Es bieten sich verschiedene Möglichkeiten an:

### 1. Möglichkeit: Bearbeitung im Klassenverband

Für eine Bearbeitung im Klassenverband strukturiert die Lehrkraft die Materialien vor. Damit kann der Lernfortschritt dem Leistungsstand der Klasse angepasst werden. Die **Arbeitsaufträge** erleichtern die Erschließung der Materialien.

Ein Beispiel für diese Form der Erarbeitungsphase:

#### Thema: Masse, Volumen und Dichte

- Berichte, wie du die Dichte eines Eisenwürfels bestimmen kannst.
- Erkläre, warum die Metallschraube im Wasser untergeht, während das Schiff aus Metall im Wasser schwimmt.
- Stelle dar, was du über die Masse von Körpern erfährst.

<b>Materialien</b>	<b>DVD-Video-Teil</b>	⇒	<b>1.1.1 - 1.1.4</b>
	<b>DVD-ROM-Teil</b>	⇒	<b>1.1.1 - 1.1.4</b>

- Gib wieder, was man unter dem Volumen eines Körpers versteht.
- Erkläre den Begriff Dichte.
- Begründe, warum ein Styroporwürfel auf Olivenöl schwimmt und ein Eiswürfel in Olivenöl untergeht.

<b>Materialien</b>	<b>DVD-Video-Teil</b>	⇒	<b>1.1.5 - 1.1.7</b>
	<b>DVD-ROM-Teil</b>	⇒	<b>1.1.5 - 1.1.7</b>

### 2. Möglichkeit: Freie Bearbeitung in Gruppen oder an Stationstischen

Das umfangreiche Zusatzmaterial bietet die Möglichkeit, die Problemstellungen - je nach Schülerinteressen - in Gruppenarbeit oder an Stationstischen frei zu erarbeiten. Diese Vorgehensweise ist schülernah und problemorientiert.

### 3. Möglichkeit: Vorstrukturierung der Gruppenarbeit durch die Lehrkraft

Die Lehrkraft stellt aus dem DVD-ROM-Teil zu jedem der Themenbereiche Materialien zusammen, druckt sie aus und kopiert sie. Die Schülerinnen und Schüler entscheiden möglichst selbstständig, wer welches Thema erarbeitet.

Ein Beispiel für diese Form der Erarbeitungsphase:

#### 1. Gruppe: Anziehungskraft und Gewichtskraft

- Beschreibe die Kraft, die zwischen Massen wirkt.
- Erkläre, warum die Anziehungskraft der Erde so stark ist.
- Berechne jeweils die Gewichtskraft, die ein Koffer mit einer Masse von 80 Kilogramm a) auf der Erde, b) auf dem Mond besitzt.
- Beschreibe, worin sich Masse und Gewichtskraft unterscheiden.

<b>Materialien</b>	<b>DVD-Video-Teil</b>	⇒	<b>2.1.1 - 2.1.7</b>
	<b>DVD-ROM-Teil</b>	⇒	<b>2.1.1 - 2.1.7</b>

#### 2. Gruppe: Auftriebskraft

- Erläutere, warum Gegenstände leichter zu sein scheinen, wenn sie sich in einer Flüssigkeit befinden.
- Schreibe das archimedische Gesetz in dein Arbeitsheft.

