

## **Inhalt des Ordners:**

1. Strukturierung (MindMap) für die Chemie im Kontext der Ökologie des Wattenmeeres im Sachunterricht
2. Versuchs- und Materialliste für die drei bereitgestellten Kisten
3. Skript „Chemie im Kontext der Ökologie des Wattenmeeres“



## Durchsichtige Kiste (Schwarze Punkte): MIND MAP Schwarze Linie + Skript Stoffe haben Eigenschaften/Dichte I + II

Versuch	Anzahl des Materials	Benötigte Materialien aus Kiste	Eigenbesorgung	Seite im Skript
Meerwasser herstellen	LV	Glas (500 mL), Teelöffel, Kaffeerührer, Meersalz, verschiedene Salze <sup>1</sup> , weißer Sand,	Leitungswasser, schwarze Erde bzw. Wattboden	S.19
Unterscheidung von Salz-, Meer- und Leitungswasser (durch Pflanzen)	LV	3 kleine Gläschen mit rotem Deckel (Schnapsglasgröße), 1 Glas mit Deckel (ca. 500 mL), Teelöffel, Kochsalz (mind. 250 g)	Löwenzahnblüten/ Melisse; Leitungswasser, Meerwasser (oder Herstellung nach S. 19 Skript)	S.29
Dichte - Selbstgebautes Aräometer	SV (3x)	3 Trinkhalme, Knete, 9 hohe Gläser, 3 Eddingstifte	Verschiedene Wasserproben	S.31
Dichte Aräometer - Herstellung von Meerwasser	SV (4x)	Meersalz, 4 Löffel, 4 selbstgebaute Aräometer, 4 Eddingstifte, 8 hohe Gläser	Meerwasserprobe, Leitungswasser	S.33
Wie viel Salz ist in der Nordsee gelöst? – Salzgehalt der Nordsee	SV (5x)	5 leere Teelichtschalen, schwarze Alufolie, 5 Eddingstifte, 5 Sektdrahtgestelle mit Teelicht	Verschiedene Wasserproben	S.34
<b>Salzwasser und Dichte (Station 1 Labortag)</b>				
Salzwasser (Salzbilder)	SV (8x)	8 Teelöffel, 8 Kaffeerührer, Kochsalz, 8 Gläser (200 mL), Material in roter Kiste mit blauem Deckel	Leitungswasser	S.2 S.3
Dichte – Monster aus dem Meer	LV	Hohes Glas, Esslöffel, Einkaufswagenchip, Kochsalz,	Leitungswasser, Weintrauben	S.8
Dichte abschätzen (Aräometer)	SV (4x)	4 Trinkhalme, Knete, 8 hohe Gläser, 4 Eddingstifte, Kochsalz,	Leitungswasser	S.9
Dichte – Stoffe schwimmen und sinken I + II	LV	Große Schale (z.B. Tupper), Waage, verschieden große Dinge mit gleicher Masse, gleich große Filmdosen mit unterschiedlichem Füllmaterial	Leitungswasser	S.11 f.

<sup>1</sup> Sicherheitshinweise zu den Salzen: Magnesiumsulfat/Magnesiumchlorid/Kaliumchlorid: Staub nicht einatmen; Berührung mit den Augen und der Haut vermeiden; Natriumchlorid = keine Vorgaben

Eisberge schwimmen	LV	Glas	Eiswürfel, Leitungswasser	S.14
Dichtebestimmung	LV	3 Plastikbecher mit Skalierung bei 0,2 L; Waage, Kochsalz,	Leitungswasser	S.15

Methodischer Vorschlag zur schwarzen Versuchsreihe:

- 1) Demoversuch „Unterscheidung von Salz-, Meer- und Leitungswasser“
- 2) Stationenarbeit mit 2 Versuchsstationen (5x Wie viel Salz ist in der Nordsee gelöst? Salzgehalt der Nordsee + 3x Dichte - Selbstgebautes Aräometer) und einer (oder mehreren) Informationsstation zur Anpasstheit von Pflanzen;  
nach anfänglicher Absolvierung einer experimentellen Stationen können die Schüler die weitere experimentelle oder die Informationsstation wählen, je nachdem was frei ist
- 3) Gruppenarbeit Versuch: Aräometer zur Herstellung von Meerwasser (quantitativ), wenn klar geworden ist, dass das Salz im Wasser für das Welken (oder Überleben) der Pflanzen verantwortlich ist

## Materialliste (Durchsichtigen Kiste: MIND MAP Schwarze Linie + Skript Stoffe haben Eigenschaften/Dichte I + II (20 L Curver Box)

	Anzahl
Briefwaage (oder genaue Küchenwaage)	1
Marmeladengläser mit Deckel (200 mL)	8
Glas mit Deckel z.B. Gurkenglas (500 mL)	1
Plastikbecher (oder Gläser) mit Markierung bei 200 mL	3
Long Drink Gläser	11
Weißer Sand (im fest verschließbaren Glas)	
Meersalz (im fest verschließbaren Vorratsbehälter ca. 1, 5L)	
Kochsalz (im fest verschließbaren Vorratsbehälter ca. 1, 5L)	
Strohhalme und Knete für selbstgebaute Aräometer	16
Viereckige Vorratsdose für kleinere Teile, die nass werden:	
Unterschiedliche Stoffe mit gleicher Masse und unterschiedlichem Volumen/Größe: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Styropor</li> <li>- Kork (z.B. von Sektverschluss)</li> <li>- Wachs (z.B. von Teelicht)</li> <li>- Stahl (z.B. 20 Cent Münze)</li> <li>- Stein</li> <li>- Glas (z.B. Murmel)</li> <li>- Holz (z.B. Holzkugeln aufgereiht)</li> </ul>	
Esslöffel	2
Teelöffel	7
Kaffeerührer	10
Leere Filmdosen gefüllt mit unterschiedlichen Materialien (z.B. Hirse, Styropor, Sand, Watte, Mehl)	6
Plastikchip (z.B. Einkaufswaagenchip)	Mind. 1

Rechteckige Vorratsdose für kleinere Teile, die trocken bleiben müssen:	
Schwarze Alufolie	
Dünne Eddingstifte	5
Teelöffel	12
Kleine Gläschen (z.B. Schnapdeckelgläser oder Schnapsgläser)	3
Teelichter	5
Leere Teelichtschalen	5
Sektdrahtgestelle von Sektflaschen	5
4 verschiedene Salze (Magnesiumchlorid, Natriumchlorid, Magnesiumsulfat, Kaliumchlorid) in Schnapdeckelgläsern	

## Rote Kiste mit blauem Deckel (Blaue Punkte): MIND MAP Blaue Linie

Versuch	Anzahl des Materials	Benötigte Materialien aus Kiste	Eigenbesorgung	Seite im Skript
Meerwasser herstellen	LV	Glas (500 mL), Teelöffel, Kaffeerührer, Meersalz, verschiedene Salze*, weißer Sand,	Leitungswasser, schwarze Erde bzw. Wattboden	S.19
Reinigung (Sedimentieren)	SV (2 x)	2 Gläser mit Deckel, 2 Kaffeerührer,		S.20
Reinigung (Dekantieren)	SV (2 x)	Kochsalz, 2 Gläser, Teelöffel		S.21
Reinigung (Sieben und Filtrieren,)	SV (je 2x)	2 zu Kaffeetrichtern passende Gläser (bauchige Marmeladengläser), 2 Kaffeetrichter, 2 Teesiebe, Kaffeefilter		S.22
Reinigung (Filtrieren und Adsorbieren)	LV (1x)	Watte, gewaschener Sand, gewaschener Kies, abgeschnittene ½ L PET-Flasche mit Isolierband abgeklebt, 1 Glas,		S.23
Reinigung (Verdunsten und Verdampfen)	SV (2x)	2 leere Teelichtschalen, schwarze Alufolie, 2 Grillzangen, 2 Teelichte, 2 Streichholzpackungen, 2 Drahtgestelle einer Sektflasche, 2 breite Glasschalen		S.24
Salzbilder	SV (8x)	8 Pinsel, schwarze Bastelpappe, 4 Föhne, 8 Lupen, 8 Gläser, Kochsalz,	Leitungswasser, Laminierfolien, Laminiergerät	S.3
Salzgewinnung I in Salinen	SV (2x)	Meerwasser, Kochsalz, 2 breite Glasschalen	Leitungswasser	S.36
Salzgewinnung II durch Gradieren	SV (6x)	6 flache Plastikbecher, 6 Teelöffel, Isolierband, 6 Holzspieße, 6 Wäscheklammern, Koch- oder Meersalz, 6 dunkle Papierservietten, 6 Lupen,	Leitungswasser	S.38

\* Sicherheitshinweise zu den Salzen:

Magnesiumsulfat/Magnesiumchlorid/Kaliumchlorid: Staub nicht einatmen; Berührung mit den Augen und der Haut vermeiden;

Natriumchlorid = keine Vorgaben

## Materialliste (Rote Kiste mit blauem Deckel (Blaue Punkte): MIND MAP Blaue Linie)

	Anzahl
Schwarze Aluminiumfolie	
Kaffeetrichter	2
Zu Kaffeetrichter passende Gläser (z.B. bauchige Marmeladengläser)	4
Marmeladengläser (200 mL)	8
Breite, niedrige Plastikschalen (z.B. Joghurtbecher)	6
Föne (in Tüte)	4
Kies (im fest verschließbaren Behälter)	
Weißer Sand (im fest verschließbaren Behälter)	
Meersalz (im fest verschließbaren Vorratsbehälter ca. 1, 5L)	
Kochsalz (im fest verschließbaren Vorratsbehälter ca. 1, 5L)	
Gläser (500 mL)	3
0,5 Getränkeflasche aus Kunststoff (PET) mit abgetrenntem Boden; Isolierband zum Abkleben der Schnittstelle	1
Watte	
Rechteckige Vorratsdose für kleinere Teile, die trocken bleiben müssen:	
Sektdrahtgestelle	2
Flache, breite Glasschalen (z.B. Weckglasdeckel)	2
Leere Teelichtschale	2
Eddingstifte	4
Lupen	8
Grillzangen	2
Wäscheklammern	3
Streichhölzer (Packungen)	3
Dunkle Servietten	
Kaffeefilter	
Schwarze Pappe	
Isolierband	
Holzstäbe (z.B. Schaschlikspieße)	
Watte	
Teelichter	

	Anzahl
Viereckige Vorratsdose für kleinere Teile, die nass werden:	
Teesiebe aus Kunststoff	3
Pinself	12
Teelöffel	6

**Durchsichtige Kiste mit **rotem** Deckel (**rote** Punkte): MIND MAP **rosa** Linie, **grüne** Linie, **rote** Linie**

Versuch	Anzahl des Materials	Benötigte Materialien aus Kiste	Eigenbesorgung	Seite im Skript
Trinkwassergewinnung am Strand	LV	2 Danish Cookies Schalen, 2 Marmeladendeckel, Frischhaltefolie, Gummiband, 2 Steine, weißer Sand	Meerwasser (evtl. Blumenerde)	S.42
Filtration von Miesmuscheln	LV	Glas	Lampe, Spritze, Seepocke, Meerwasser, Schlicksuspension	S.48
Nahrungserwerb der Seepocke	LV	Glas	Lampe, Spritze, Seepocke, Meerwasser, Schlicksuspension	S.50
Krabbenfang	LV	übereinander geschichtete Netze unterschiedlicher Maschenweite, Holzkugeln mit unterschiedlichen Durchmesser		S.51
Entstehung von Watt – Modellversuch I	LV	2 hohe Gläser, Esslöffel	Wasser, Wattboden	S.54
Entstehung von Watt – Modellversuch II	LV	große, lange Schale; Holzbrett; Esslöffel; Glas oder großer Stein; feiner Sand	Wasser	S.56
Sedimentation – Unterschiede bei Schlick- und Sandwatt	LV	2 Würstchengläser, Stoppuhr, 2 Eddingstifte	Wasser, Schlick- und Sandwatt,	S.58
Bunte Schichten herstellen – Fraktionierte Sedimentation	LV	Mit verschiedenen Kieselgrößen befülltes Plastikrohr (Nachbau siehe Skript)		S.59

**Des Weiteren enthält die Kiste mit rotem Deckel folgendes Nachfüllmaterial:**

Kochsalz, Holzstäbe, Wäscheklammern, Alufolie, Frischhaltefolie, Plastiklöffel, Gummibänder, Teelichter, schwarze Pappe, Knete, Watte



## Materialliste (Durchsichtige Kiste mit **rotem** Deckel (**rote** Punkte): MIND MAP **rosa** Linie, **grüne** Linie, **rote** Linie) (20 L Curver Kiste)

	Anzahl
Danish Cookies Schalen	2
Marmeladendeckel	2
Frischhaltefolie	
Gummibänder	
Kleine Steine	
Feiner weißer Sand (im fest verschließbaren Gefäß)	
hohe Gläser (z.B. Würstchengläser)	2
Esslöffel	1
Stoppuhr	1
übereinander geschichtete Netze unterschiedlicher Maschenweite,	
Holzklugeln mit unterschiedlichen Durchmessern in rechteckiger Vorratsdose	
große, lange Schale	1
großer Stein	1
Holzbrett, das man in die große, lange Schale setzen kann	1
Mit verschiedenen Kieselgrößen befülltes Plastikrohr [Nachbau siehe Skript: durchsichtiger Kunststoffschlauch (l = 2m, d = 2,5cm); Holzstab (l = 2,1m, d = 2,5cm), Kabelbinder, Klebe-/Isolierband; 2 Schellen; 2 Stopfen aus Holz oder Gummi: Aquariensand – und kies mit unterschiedlichen Durchmesser und unterschiedlichen Farben (z.B. d = 4-8mm; d = 1-2 mm usw.); evtl. Trichter]	

### Des Weiteren enthält die Kiste mit rotem Deckel folgendes Nachfüllmaterial:

Kochsalz, Holzstäbe, Wäscheklammern, Alufolie, Frischhaltefolie, Plastiklöffel, Gummibänder, Teelichter, schwarze Pappe, Knete, Watte

# Chemie im Kontext der Ökologie des Wattenmeeres (Chemököl)



Hrsg:  
Markus Schnötke  
Annim Lühken  
Ilka Parchmann  
Mirjam Steffensky



...und das Chemol-Team



## Inhaltsverzeichnis

<b>Erklärung der verwendeten Symbole.....</b>	<b>S.0</b>
<b>Stoffe haben Eigenschaften</b>	
• Sachanalyse und Didaktische Anmerkungen.....	S.1
• Versuche	
○ Herstellung von Salzwasser.....	S.2
○ Salzbilder.....	S.3
<b>Dichte - Teil I</b>	
• Sachanalyse .....	S.5
• Didaktische Anmerkungen .....	S.6
• Versuche	
○ Schwimmen und sinken - "Monster aus dem Meer" .....	S.8
○ Dichte abschätzen - Ein selbstgebautes Aräometer.....	S.9
○ Stoffe schwimmen und sinken I .....	S.11
○ Stoffe schwimmen und sinken II.....	S.12
<b>Dichte - Teil II</b>	
• Sachanalyse und Didaktische Bemerkungen .....	S.13
• Versuche	
○ Eisberge schwimmen .....	S.14
○ Dichtebestimmung.....	S.15
<b>Reinigung von Wasser</b>	
• Sachanalyse.....	S.16
• Didaktische Anmerkungen .....	S.17
• Versuche	
○ Meerwasser herstellen .....	S.19
○ Reinigung des Meerwassers - Sedimentieren .....	S.20
○ Reinigung des Meerwassers - Dekantieren .....	S.21
○ Reinigung des Meerwassers - Sieben und Filtrieren .....	S.22
○ Reinigung des Meerwassers - Filtrieren und Adsorbieren .....	S.23
○ Reinigung des Meerwassers - Verdunsten und Verdampfen.....	S.24

## **Angepasstheit von Lebewesen**

- Sachanalyse und Didaktische Anmerkungen (Pflanzen) .....S.26
- Versuche
  - Unterscheidung von Salz-, Meer- und Leitungswasser (Wirkung von Salzwasser auf Pflanzen) .....S.29
  - Unterscheidung von Salz-, Meer- und Leitungswasser mit einem selbstgebautes Aräometer (Dichte) .....S.31
  - Herstellung von Meerwasser mit dem selbstgebautes Aräometer - Dichte .....S.33
  - Salzgehalt der Nordsee.....S.34
  - Salzgewinnung in Salinen.....S.36
  - Salzgewinnung durch Gradieren.....S.38
- Sachanalyse und Didaktische Anmerkungen (Tiere) .....S.40
- Versuche
  - Trinkwassergewinnung am Strand.....S.42

## **Ernährung der Wattorganismen**

- Sachanalyse und Didaktische Anmerkungen .....S.44
- Versuche
  - Filtration von Miesmuscheln .....S.48
  - Nahrungserwerb der Seepocke .....S.50
  - Krabbenfang.....S.51

## **Umlagerung des Wattbodens**

- Sachanalyse und Didaktische Anmerkungen.....S.52
- Versuche
  - Entstehung von Watt - Modellversuch I.....S.54
  - Entstehung von Watt - Modellversuch II.....S.56
  - Sedimentation - Unterschiede bei Schlick- und Sandwatt..... S.58
  - Bunte Schichten herstellen - Fraktionierte Sedimentation..... S.59

## Erklärung der verwendeten Symbole

Die Versuchsbeschreibungen haben alle die gleiche Grundstruktur. Damit man sich bei den Versuchen leichter zurecht findet, werden bei den Beschreibungen neben dem Text unterstützend folgende unterschiedliche Symbole dargestellt.

### Geräte und Stoffe

Hier werden die benötigten Geräte und Stoffe aufgelistet, damit man diese schnell zusammensuchen kann.

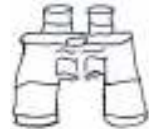
### Durchführung

Hier wird die genaue Durchführung des Versuches beschrieben, die man vor dem Versuch durchlesen sollte, um Fehler zu vermeiden.  
Das Symbol stellt eine Tropfpipette und ein Reagenzglas dar.



### Beobachtung

Hier werden die Beobachtungen beschrieben, die während der Versuchsdurchführung gemacht werden können.



### Erklärung

Hier werden die Versuchsbeobachtungen fachwissenschaftlich erklärt. Einige Wörter sind *kursiv* gedruckt. Bei diesen Fachbegriffen handelt es sich um oft wiederkehrende Erklärungshintergründe. Daher werden diese Begriffe nicht bei jedem Versuch erklärt. Die entsprechenden Informationen kann man sich im Glossar durchlesen.



### Anmerkung

Dieser Punkt taucht nur bei einigen Versuchen auf. Hier werden z.B. weitere Tipps und Erweiterungen zur Versuchsdurchführung gegeben. Manchmal werden auch Bezüge zum Alltag sowie weiterführende Informationen beschrieben. Es werden ebenfalls didaktische Anmerkungen und Hinweise auf Sicherheitsaspekte gegeben.



### Konzepte

Hinter den Versuchen stehen einige wenige grundlegende Konzepte z.B. Stoffe haben Eigenschaften, Stoffgemische können getrennt werden, Stoffe bleiben erhalten usw.

Damit man erkennen kann, welche Konzepte dem jeweiligen Versuch zugeordnet werden können, sind sie hier angegeben.

### Stoffe haben Eigenschaften

Stoffe besitzen Eigenschaften, mit denen man sie deutlich voneinander unterscheiden und eindeutig beschreiben kann. In den vorliegenden Versuchen werden nur einige Stoffeigenschaften aufgegriffen: die Löslichkeit (in Wasser), die Dichte, der Aggregatzustand und die Siede- und Schmelztemperatur. Weitere Stoffeigenschaften sind z.B. die Farbe, die elektrische und die Wärmeleitfähigkeit und magnetische Eigenschaften.

In der Chemie wird zur Charakterisierung eines Stoffes ein Steckbrief mit vielen Stoffeigenschaften erstellt. Es ist nicht ausreichend, nur eine Eigenschaft zu beobachten, da damit ein Stoff nicht eindeutig beschrieben werden kann. Zum Beispiel ist sowohl Zucker als auch Salz in Wasser löslich. Sie können aufgrund dieser Eigenschaft nicht unterschieden werden. Einige Eigenschaften können mit den Sinnen erfasst werden (z.B. die Farbe), die aber nur ein Hinweis auf einen bestimmten Stoff sind. Glas ist z.B. normalerweise farblos, kann aber leicht farbig gemacht werden und bleibt dabei immer noch Glas. Eindeutiger zur Charakterisierung eines Stoffes sind objektiv feststellbare Eigenschaften wie z.B. die Löslichkeit, die Dichte und die Siede- und Schmelztemperaturen, wozu man meist etwas mit Geräten (z.B. Waage) messen muss.

In der Grundschule ist es nicht unbedingt sinnvoll, einen vollständigen Eigenschaftskatalog eines Stoffes zu erstellen. Es ist aber wichtig, dass die Kinder Stoffeigenschaften kennen lernen und diese einem bestimmten Stoff zuordnen können (z.B. Kochsalz ist in Wasser löslich). Dies ermöglicht den Kindern auch das Ordnen und Sortieren von Stoffen nach bestimmten Kriterien. Außerdem sollte die Bedeutung einer Eigenschaft für die Chemie oder die Umwelt deutlich werden z.B. die Bedeutung der Dichte beim „Schwimmen und Sinken“. In der Chemie spielen Stoffeigenschaften bei der Abschätzung der Verwendungsmöglichkeiten der Stoffe im Alltag eine große Rolle. So werden Kochtöpfe z.B. aus Stahl verwendet und keine aus Kunststoff (z.B. PET), da auf der Herdplatte Kunststofföpfe schmelzen würden. Dies ist für uns ein sehr einfaches Beispiel, aber es macht deutlich, dass jeder Stoff im Alltag aufgrund bestimmter Eigenschaften verwendet wird.

Außerdem nutzt man die Kenntnisse der Stoffeigenschaften auch, um Trennverfahren für Stoffe auszuwählen: Unterschiedliche Löslichkeiten nutzt man z.B. bei der Trennung von Sand und Kochsalz: Salz löst sich in Wasser und Sand nicht. Verschiedene Aggregatzustände nutzt man dann z.B. beim Abfiltrieren des Feststoffes „Sand“ aus dem Gemisch: der Feststoff Sand verbleibt im Filter, das (Salz-)wasser läuft hindurch. Die unterschiedliche Siedetemperatur von Wasser und Kochsalz ermöglicht zum Schluss die Trennung dieser beiden Stoffe: das Wasser verdampft und das Kochsalz bleibt zurück.

## Salzwasser

Herstellung aus Kochsalz und Wasser  
(Wie viel Salz kann sich in Wasser lösen?)

### Geräte und Stoffe

- 1 Glas (ca. 200mL) oder Schnapsglas
- Teelöffel
- Stab (z.B. Kaffeerührer)
- Kochsalz (Natriumchlorid)
- Leitungswasser

### Durchführung

Das Glas wird zu  $\frac{1}{4}$  (ca. 50 mL) Wasser gefüllt. Dann gibt man einen gestrichenen Teelöffel Kochsalz dazu. Nach erstem Beobachten wird mit dem Stab gut umgerührt.

#### Erweiterung:

Man gibt nach und nach jeweils einen gestrichenen Teelöffel Kochsalz in das Wasser und rührt nach jedem Zugeben kräftig um. Dies macht man so lange, bis auf dem Boden Kochsalz übrig bleibt.

### Beobachtung

Das Kochsalz sinkt auf den Boden des Glases. Nach dem Umrühren ist das Kochsalz nicht mehr zu sehen.

Nach ca. drei gestrichenen Teelöffeln Kochsalz bleibt Kochsalz am Boden liegen.

### Erklärung

Kochsalz löst sich gut in Wasser. Es löst sich durch Umrühren schneller, da die Kochsalzkörner dann mehr Kontakt zum Wasser haben. Wenn man nicht umrührt, dauert der Löseprozess viel länger.

Pro 50 mL Wasser löst sich maximal 18 g (360 g/L bei 25°C) Kochsalz. Daher löst sich nach Zugeben von ca. drei gestrichenen Teelöffeln Kochsalz (je nach Größe des Löffels) nichts mehr. Das am Boden liegende Kochsalz bezeichnet man als *Bodensatz*. Die überstehende Kochsalzlösung nennt man *gesättigte Lösung*.

### Anmerkung

Im Alltag spricht man allgemein von „Salz“. Es gibt aber sehr viele unterschiedliche Salze. Das in der Küche verwendete Salz ist in der Regel Natriumchlorid. Manchmal sind andere Salze (z.B. Natriumiodat = „iodiertes Salz“; Natriumfluorid = „fluoriertes Salz“) beigemischt.

### Konzepte

Stoffe haben Eigenschaften (Eigenschaft: Löslichkeit).  
Stoffe bleiben erhalten.



## Salzbilder

### Geräte und Stoffe

- 2 Marmeladengläser (oder 2 Schnapsgläser)
- Teelöffel
- Malpinsel
- schwarze Bastelpappe
- Föhn
- Lupe
- Laminiergerät
- Leitungswasser
- Kochsalz

### Durchführung

Zunächst wird in einem Glas eine gesättigte Kochsalzlösung (ca. 50 mL =  $\frac{1}{4}$  Marmeladenglas) hergestellt. Nachdem sich der Bodensatz gebildet hat, kann man die überstehende Lösung in das andere Glas dekantieren (siehe Versuch „Reinigung des Meerwasser – Dekantieren“). Der Pinsel wird in die Lösung getaucht, so dass die Borsten mit Salzwasser getränkt sind. Nun kann mit dem Pinsel ein Punkt oder Strich auf die schwarze Pappe gemalt werden. Durch wiederholtes Eintauchen und Malen entsteht ein Wort oder ein Bild, das nach dem Föhnen des Papiers deutlich erkennbar wird. Damit das Wasser auf der Pappe nicht durch den Luftstrom verläuft, muss man den Föhn etwas weiter von der Pappe entfernt halten und möglichst senkrecht von oben föhnen. Außerdem muss man die Pappe festhalten, damit sie nicht wegfiegt. Falls es an der Hand zu heiß wird, kann man dies z.B. mit dem Ende des Löffels machen. Die Salzkristalle auf dem Papier können mit der Lupe mit denen aus der Vorratspackung verglichen werden.



### Beobachtung

Auf der Pappe verbleibt ein weißer Rückstand, so dass ein Bild erscheint. Der Föhn erhitzt das Salzwasser bis das Wasser verdunstet ist, und nur das reine Salz auf der Pappe übrig bleibt. Mit der Lupe erkennt man, dass die „neuen“ Kristalle in der Form – nicht in der Größe – aussehen wie die Salzkristalle aus der Vorratspackung.



### Erklärung

Man gewinnt das Salz durch *Verdunsten* des Wassers zurück. Das Wasser wird gasförmig – das Salz bleibt zurück.



### Anmerkung

Wenn man das Dekantieren mit einer gesättigten Salzlösung mit Bodensatz durchführt, haben viele Kinder die Vorstellung, dass in dem zweiten Glas kein Salzwasser mehr ist. Erst beim Nachfragen kommen sie darauf. Daher ist es an dieser Stelle wichtig, dass man das Salz im zweiten Glas erfahrbar macht. Entweder schmeckt man es (ACHTUNG: nicht im Labor) oder man gewinnt das Salz durch Verdampfen des Wassers (vgl. Versuch „Reinigung des Meerwasser – Verdunsten und verdampfen“) zurück.

Die Kinder sind immer wieder erstaunt, dass sich aus dem „Wasserbild“ plötzlich ein kontrastreiches, glitzerndes „Kunstwerk“ entwickelt. Durch Laminieren kann dann z.B. ein schönes Lesezeichen hergestellt werden.





## Konzepte

Stoffe können getrennt werden.

Stoffe bleiben erhalten.

Aggregatzustände

### Dichte – Teil I

#### Sachanalyse

Mit dem Thema „Schwimmen und Sinken“ können in der Grundschule zwei grundlegende Aspekte angesprochen werden: die Dichte und der Auftrieb. Sie können prinzipiell unabhängig voneinander unterrichtet werden. Hier wird nur die Dichte betrachtet.

Bei der Eigenschaft Dichte  $\rho$  (gr. Buchstabe „rho“) wird die Masse eines Körpers in Bezug zu seinem Volumen gesetzt (Masse pro Volumen). Man kann also mit einer Waage die Masse eines Körpers wiegen und das Volumen bestimmen und daraus die Dichte nach folgender Formel berechnen:

$$\rho(\text{Dichte}) = \frac{m(\text{Masse})}{V(\text{Volumen})}$$

Im Alltag wird (bezüglich der Schwimmfähigkeit) meist mit „schwerer“ und „leichter“ argumentiert. So ist Styropor „leichter“ als Eisen. Allerdings wiegt 1 kg Styropor genauso viel wie 1 kg Eisen. Dabei nimmt 1kg Styropor aber ein viel größeres Volumen ein als 1 kg Eisen (siehe Abb. 1). Gleich große Stücke Styropor und Eisen haben demnach eine unterschiedliche Masse (siehe Abb. 2.).

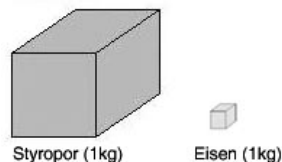


Abb. 1

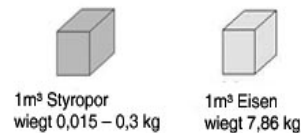


Abb. 2

Wenn im Alltag beim Vergleich von Stoffen von „leicht“ und „schwer“ gesprochen wird, ist also meist nicht die Masse gemeint, sondern die Masse des gleichen Volumens. Das Volumen wird nicht in den Erklärungen berücksichtigt.

Die Dichte ist für jeden Stoff charakteristisch und wird in der Einheit Gramm pro Kubikzentimeter [g/cm<sup>3</sup>] oder auch Gramm pro Milliliter [g/mL] angegeben (siehe Tabelle 1). Sowohl Feststoffe als auch Flüssigkeiten (und Gase) haben eine Dichte.

Stoff	Dichte in g/mL
Polystyrol-Schaumstoff (Styropor®)	0,015 – 0,3
Fichtenholz	ca. 0,43
Eichenholz	ca. 0,65
Alkohol (Ethanol)	0,79
Eis (festes Wasser)	0,92
Wasser	1,0
gesättigte Kochsalzlösung	1,18
Eisen	7,86
Blei	11,35

Tabelle 1: Dichte verschiedener Stoffe

Wenn man nun Feststoffe z.B. in Wasser (Dichte = 1 g/mL) gibt, schwimmen alle Stoffe mit einer geringeren Dichte als Wasser an der Oberfläche (z.B. Styropor) und alle Stoffe mit einer höheren Dichte als Wasser (z.B. Eisen) sinken zu Boden. Stoffe mit einer gleichen Dichte wie Wasser schweben darin.

Didaktische Anmerkungen

Die Dichte ist eine abstrakte Größe und für Kinder schwer zu verstehen. Der schwierige gedankliche Schritt besteht darin, dass die Masse und das Volumen<sup>2</sup> relativ zueinander betrachtet werden muss<sup>3</sup>. Die Phänomene, die auf der Dichte von Stoffen beruhen, sind den Kindern allerdings sehr wohl aus dem Alltag bekannt. Sie machen die Erfahrung, dass Gegenstände entweder auf Wasser schwimmen oder absinken.<sup>4</sup> Außerdem wissen sie oft, dass Öl auf Wasser schwimmt z.B. bei Ölkatastrophen und Salatsoße. Allerdings haben Kinder die Vorstellung, dass die Schwimmfähigkeit von dem Gewicht des Gegenstandes abhängt. Weitere Begründungen werden in der Form des Gegenstandes oder in der aktiven Rolle von Luft (Der Gegenstand wird von der Luft nach oben gezogen) angegeben. Diese Vorstellungen lassen sich aber nicht mit dem Konzept der Dichte vereinbaren.

Der Versuch „Monster aus dem Meer“ legt den Fokus auf die Dichte von Flüssigkeiten bzw. Lösungen. Es wird zunächst erfahrbar, dass sich Wasser und Salzwasser unterscheiden und wie man beide einfach identifizieren kann. Mit dem Aräometer kann man daran anknüpfen, indem man halbquantitativ die Eintauchtiefe in Wasser und gesättigter Kochsalzlösung misst. Wenn man verschiedene Salzlösungen untersucht, ist die Aussage „Je mehr Salz im Wasser (gelöst) ist, desto weniger taucht das Aräometer ein“ ein wichtiges Ergebnis, da hier Zusammenhänge erkannt und formuliert werden. Es genügt hier auf der beschreibenden Ebene zu bleiben. Wenn man die Inhalte vertiefen möchte, kann man mit dem Aräometer weitere Flüssigkeiten wie z.B. Speiseöl untersuchen. Zur Überprüfung des Verständnisses kann z.B. nach der Untersuchung des Speiseöls mit dem Aräometer gefragt werden, ob der Einkaufschip in Öl schwimmt oder sinkt. Oder man gibt Speiseöl auf Wasser und fragt anschließend, wie tief das Aräometer in Speiseöl eintaucht. Dies sind schon sehr anspruchsvolle Aufgaben, da das erlernte Wissen übertragen werden muss.

Fordern die Schüler bei dem Versuch „Monster aus dem Meer“ weitere Erklärungen kann man diesen mit dem Versuch „Dichtebestimmung“ gerecht werden. Berechnungen können hier natürlich nicht durchgeführt werden. Eine wichtige Erkenntnis wäre aber, dass die gesättigte Salzlösung und das Wasser bei gleichem Volumen unterschiedlich viel wiegen. Der Fachbegriff des Volumens sollte je nach Vorkenntnissen benutzt werden, alternativ kann auch von „Raum“ oder „Größe“ geredet werden.

Wenn die Kinder nach weiteren Erklärungen zum Schwimmen und Sinken fragen, kann man die Versuche „Schwimmen und Sinken I + II“ durchführen lassen, um zu einem Vorverständnis der Dichte zu kommen. Es ist problematisch, die Beobachtungen beim Schwimmen und Sinken mit der „Schwere“ oder dem „Gewicht“ der Gegenstände zu erklären, da dies die ohnehin vorhandene Alltagsvorstellung bestärkt. Diese Erklärung ist nicht anschlussfähig bei der Einführung der Dichte im späteren Unterricht und erschwert es den Kindern, den Zusammenhang zwischen Masse und Volumen zu verstehen. Daher ist es erstrebenswert, dass die Kinder zunächst phänomenologisch beobachten, dass Gegenstände in Wasser an die Oberfläche schwimmen oder sinken. Dabei sollte erarbeitet werden, dass dafür das Material entscheidend ist (dies gilt nur für kompakte Körper, sonst ist man beim Thema Auftrieb). Die Fehlvorstellung, dass das Gewicht zur Schwimmfähigkeit entscheidend ist, kann auf das „Gewicht des Materials“ umgedeutet werden. Somit ist man aus fachlicher Sicht bei der Dichte, wobei das Volumen mit in die Überlegungen einbezogen wird.

Zur Erarbeitung dieser Schritte können die beiden Versuchen „Schwimmen und Sinken I + II“ durchgeführt werden, da diese explizit die Verständnisschwierigkeit der Schüler aufgreifen, dass Masse und das Volumen in Relation zu betrachten sind. Im ersten Versuch wird das Volumen variiert, während die Masse der Gegenstände gleich bleibt. Dies widerspricht der Fehlvorstellung der Kinder, dass „schwere“ Gegenstände in Wasser sinken und „leichte“ an die Oberfläche schwimmen. Im zweiten Versuch ist es genau umgekehrt. Somit kommen die Kinder selber ins Grübeln und können sehr wohl die Bedeutung des Volumens erkennen und den Zusammenhang zur Masse herstellen. Dies kann von Kindern in der Grundschule erkannt werden,

<sup>2</sup> Die Kinder kennen weder das Konzept der Masse noch das des Volumens. Sie benutzen die Begriffe Gewicht und Größe, was in diesem Alter ausreicht.

<sup>3</sup> Aus Untersuchungen weiß man, dass aus zwei Größen zusammengesetzte Größen schwer zu verstehen sind.

<sup>4</sup> Die Frage, warum Schiffe schwimmen, wird bewusst nicht thematisiert, da dieser Ansatz umfassender ist (Auftrieb!) als die Erklärung des Schwimmverhaltens verschiedener Materialien über die Dichte.

obwohl abstrakte Denkopoperationen erforderlich sind. Man sollte aber auf keinen Fall eine Formel benutzen oder exakte Definitionen erarbeiten, da hierfür die Voraussetzungen in der Grundschule nicht gegeben sind. Entscheidend ist, dass die zugrunde liegende Problemstellung auf einem qualitativen Niveau verstanden wurde.

### Quellen und weitere Literatur zum Thema Dichte:

- Wodzinski, R. (2006): Schwimmen und Sinken – Ein anspruchsvolles Thema mit vielen Möglichkeiten. In: Lück, G.; Köster, H. (Hrsg.): Physik und Chemie im Sachunterricht. Braunschweig: Westermann, S. 75-108.  
[Guter umfassender Überblick über Möglichkeiten und Schwierigkeiten zum Thema.]
- Stern, E.; Möller, K.; Hardy, I.; Jonen, A. (2002): Warum schwimmt ein Baumstamm. In: Physik Journal 1 (2002) Nr. 3, S. 63-67.  
[In dem Artikel wird aufgezeigt, dass Kinder im Grundschulalter durchaus in der Lage sind, Konzepte wie Dichte und Auftrieb zu begreifen.]
- Berges, D. (2001): Schwimmen und Sinken – Wir überprüfen Gegenstände und Materialien aus der Lebenswelt der Kinder auf ihre Schwimmfähigkeit. Prüfungslehrprobe Studienseminar Aachen (April 2001). [www.lehrproben.de](http://www.lehrproben.de) (30.06.2006)  
[Lehrprobenentwurf, in dem als Einstieg zum Thema die Geschichte vom gestrandeten Kuno von Knobel auf einer einsamen Insel verwendet wird. Mit dem Strandgut auf der Insel soll er nun ein Rettungsboot bauen.]
- Bader, H.J.; Drechsler, B.; Gerlach, S. (1999): Stärkung durch Kompetenz. Naturwissenschaftliche Inhalte im Sachunterricht unterrichten. Institut für Didaktik der Chemie der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main.  
[Materialien zu einer Fortbildungsveranstaltung für Grundschullehrerinnen und -lehrer.]

## Dichte – Schwimmen und sinken

„Monster aus dem Meer“

### Geräte und Stoffe

- hohes Glas (z.B. Long Drink Gläser)
- Kochsalz
- Leitungswasser
- Esslöffel
- Chip für Einkaufswagen
- Weintraube

### Durchführung

Das Glas wird bis über die Hälfte mit Wasser gefüllt. Die Gegenstände gibt man in das Wasser, wo sie auf den Boden sinken. Dann werden drei Esslöffel Salz in das Wasser gegeben und vorsichtig gerührt, bis das Salz gelöst ist. Dann folgt der nächste Löffel Salz, umrühren und wiederholen.

### Beobachtung

Das Salz sinkt, wie die versenkten Gegenstände auch, zunächst zu Boden. Durch Umrühren löst es sich langsam. Hat sich eine bestimmte Menge Salz im Wasser gelöst, steigt der Chip in die Höhe. Bei weiterer Salzzugabe steigt die Weintraube auf.

### Erklärung

Ob ein Gegenstand in Wasser schwimmt oder untergeht, hängt von seiner *Dichte* ab. Ein Gegenstand ist umso dichter, je mehr er pro Volumen wiegt. Ein Würfel aus Plastik hat eine höhere Dichte als ein Würfel derselben Größe aus Wasser und geht daher in Wasser unter. Ein Würfel aus Styropor hat eine geringere Dichte als ein Wasserwürfel derselben Größe und schwimmt daher auf dem Wasser. Durch die Zugabe von Salz wird die Dichte des Wassers höher. Ist der Punkt erreicht, an dem die Dichte des Salzwassers höher ist als z.B. die Dichte des Einkaufschips, „sinkt“ das Salzwasser ab und der Chip taucht auf.

### Anmerkung

Eine Weintraube hat eine ähnliche Dichte wie der menschliche Körper. Man kann bei diesem Versuch darauf hinweisen, dass Menschen im Toten Meer an der Oberfläche schwimmen und man „im Sitzen“ sogar Zeitung lesen kann. Oft kennen Kinder diese Bilder aus dem Fernsehen. Hautnah erleben kann man diesen Effekt auch im Schwimmbad auf Norderney, das ein mit Salz angereichertes Schwimmbaden hat.

Malt man mit einem wasserfesten Stift ein Monstergesicht auf den Einkaufschip, kann das Monster nach dem Auftauchen „gefangen“ werden.

Wenn die Kinder wissen, dass der Chip im Salzwasser schwimmt und in Leitungswasser untergeht, kann man den Chip auch dazu nutzen, um Salz- von Leitungswasser zu unterscheiden. Man kann zwei Gläser hinter dem Rücken durchtauschen und die Kinder auffordern, das Salzwasser zu finden. Falls die Kinder schmecken wollen, wird dieser Vorschlag mit dem Hinweis auf ein Essverbot im Labor zurückgewiesen und nach anderen Möglichkeiten gefragt. Zur Motivation zu diesem Versuch, kann man die Kinder anregen, ihre Eltern ebenso nach einer Unterscheidungsmöglichkeit zu fragen. So tragen sie dieses Wissen nach Hause und wiederholen das Gelernte stolz noch einmal.

### Konzepte

Stoffe haben Eigenschaften (Dichte).



## Dichte abschätzen

Ein Aräometer (oder Forschungstaucher) herstellen

### Geräte und Stoffe

- Trinkhalm mit Knick
- Knete
- 2 hohe Gläser (z.B. Long Drink Gläser, schmale Blumenvasen etc.)
- Edding
- Kochsalz
- Leitungswasser

### Durchführung

Ein Klümpchen Knete wird durchgeknetet, so dass es schön weich ist. Dann wird eine möglichst runde Kugel geformt, die auf die lange Seite des Halms gesteckt wird. Man muss darauf achten, dass die Knete fest anliegt, so dass kein Wasser in den Halm gelangen kann. Man prüft, ob das Aräometer in Wasser schwimmt, ggf. muss man die Kugel etwas kleiner oder größer machen. Ein Glas wird fast voll mit Wasser befüllt (dann können Kinder leichter die Markierung zeichnen) und der Halm mit der Knete nach unten hinein gestellt. Mit dem Edding wird die Wasserhöhe auf dem Halm markiert. Das Aräometer ist nun kalibriert.

In das zweite Glas wird bis zum Rand die Salzlösung gefüllt und das selbstgebaute Aräometer eingetaucht.

### Beobachtung

In der Salzlösung liegt die Marke auf dem Halm über der Wasseroberfläche.

### Erklärung

Die *Dichte* einer Flüssigkeit kann man ganz einfach mit einem Röhrchen messen, das an einem Ende ein Gewicht trägt und damit aufrecht schwimmen kann. In einer Flüssigkeit mit einer niedrigen Dichte sinkt es tiefer ein als in einer Flüssigkeit mit einer hohen Dichte. Die Schwimmhöhe eines Aräometers wird normalerweise mit der in reinem Wasser verglichen, so dass man ein Maß bekommt. Man bezeichnet dies als kalibrieren. In Salzwasser liegt die Marke auf dem Halm über der Wasseroberfläche, da das Salzwasser eine höhere Dichte als Leitungswasser hat. Ein gebräuchliches Aräometer erkennt man in Abb. 1.



Abb. 1 Aräometer

### Anmerkung



Es ist recht schwer, genau eine Kugel aus Knete zu formen. Daher kippt das selbstgebaute Aräometer in Wasser leicht um. Durch Ausrichten des oberen Trinkhalmendes am Knick kann dies ausgeglichen werden. Im Übrigen muss man es von der Lerngruppe abhängig machen, ob man den Begriff „Aräometer“ benutzt oder als Alternative z.B. „Forschungstaucher“. Für einige Kinder kann es motivierend sein, einen abstrakten Fachbegriff zu erlernen und aussprechen zu können. Für andere ist der Begriff „Forschungstaucher“ greifbarer, da mit dem Wort direkt die Funktion verknüpft ist.

Es können auch weitere Flüssigkeiten wie z.B. Öl auf ihre Dichte untersucht werden. Allerdings geht die Markierung auf dem Strohhalm durch Öl leicht ab.

Wichtig ist der Inhalt dieses Versuches vor allem beim Beladen von Schiffen. Da Wasser unterschiedliche Dichten haben kann, sinkt ein Schiff darin unterschiedlich tief ein. Es sinkt tiefer in Süß- als in Salzwasser ein, da Salzwasser eine höhere Dichte aufweist. Außerdem liegt es in kalten Meeren im Winter höher als in warmen Tropengewässern, da das kalte Wasser dichter ist. Wenn der Kapitän bestimmen soll, wie viel Ladung an Bord passt, muss er wissen, wie tief das Schiff in den verschiedenen Gewässern eintaucht, in die er fahren wird. Wenn es bis an die Obergrenze für kalte Gewässer beladen ist, könnte es gefährlich tief absinken, wenn es warme, weniger dichte Tropenmeere befährt. Daher sind die Schiffe mit einer Skala am Rumpf versehen, der sogenannten Freibordmarke, die seit 1966 nahezu weltweit gilt. Diese Marke (siehe Abb. 2) zeigt an, wie tief das Schiff maximal beladen werden darf, damit es auf jedem Gewässer sicher fahren kann. Die Freibordmarke befindet sich bei Handelsschiffen auf halber Schiffslänge beidseitig am Rumpf des Schiffes. Sie zeigt bei wechselnder Beladung den jeweiligen Freibord (aus dem Wasser herausragende Teil der Bordwand) an.

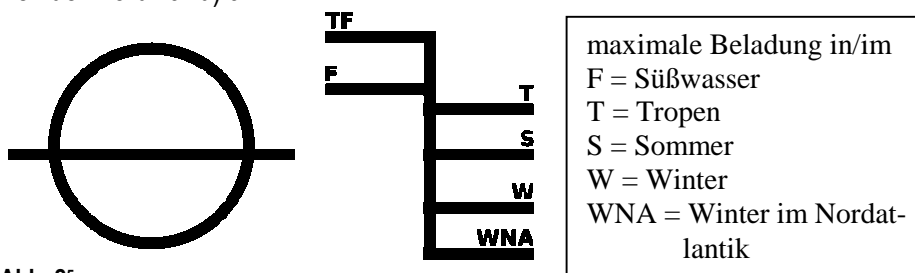


Abb. 2<sup>5</sup>

Weitere Anwendungen eines Aräometers findet man z.B. in Molkereien. Damit wird kontrolliert, ob Milch mit Wasser verdünnt wurde. In Schnapsbrennereien wird es zur Bestimmung des Alkoholgehaltes eingesetzt.

### Konzepte

Stoffe haben Eigenschaften (Dichte)

<sup>5</sup> Dieses Bild basiert auf dem [Brosen\\_plimsoll\\_line\\_en.svg](#) aus der freien Mediendatenbank [Commons](#) und steht unter der GNU-Lizenz für freie Dokumentation. Der Urheber des Bildes ist *Sebastian*.

## Dichte

### Stoffe schwimmen und sinken I

#### Geräte und Stoffe

- Aquarium oder große Schale
  - Leitungswasser
  - Briefwaage
- Verschieden große Dinge mit gleicher Masse z.B. Knete, Holz, Korken, Münze, Marmor, Styropor ...

#### Durchführung

Mit Hilfe einer Briefwaage werden verschiedenste Dinge ausgesucht, die alle die gleiche Masse haben. Anschließend werden diese Dinge unter Wasser losgelassen.



#### Beobachtung

Einige Dinge sinken zu Boden (z.B. Münze), andere schwimmen an die Wasseroberfläche (z.B. Korken).



#### Erklärung

Ob ein Gegenstand auf Wasser schwimmt oder absinkt, hängt von seiner Dichte ab. Die Dichte von Wasser beträgt 1,00 g/mL. Alle Gegenstände, die eine höhere Dichte als Wasser haben, sinken zu Boden. Alle Gegenstände mit einer geringeren Dichte als Wasser schwimmen an der Wasseroberfläche.



#### Anmerkung

Das Thema „Schwimmen und Sinken“ wird oft mit dem Beispiel von Schiffen eingeführt. Für das Schwimmen der Schiffe ist aber der Auftrieb entscheidend, der komplizierter zu erklären ist und auch von der Form des Körpers abhängt. Daher wird hier bewusst nicht auf Schiffe eingegangen. Außerdem werden die verschiedenen Gegenstände nicht auf die Oberfläche des Wassers gelegt, sondern unter Wasser losgelassen. So kann man eindeutig sagen, ob der jeweilige Gegenstand aufgrund seiner Dichte auf den Boden sinkt oder an die Wasseroberfläche schwimmt.



#### Konzepte

Stoffe haben Eigenschaften (Dichte).



## Dichte

### Stoffe schwimmen und sinken II

#### Geräte und Stoffe

- große Schale (z.B. Tupperdose) oder Aquarium
- Leitungswasser
- Gleich große Filmdosen mit unterschiedlichen Füllungen z.B. Watte, Sand, Reis, Styropor, Holzspäne,...

#### Durchführung

Leere Filmdosen werden randvoll mit unterschiedlichen Materialien gefüllt (bei den Stoffen sind nur einige Vorschläge genannt, man kann eine Dose auch nur mit Wasser füllen). Dann taucht man die Filmdosen unter Wasser und beobachtet. Nach dem Abtrocknen werden die Dosen mit der Briefwaage gewogen.

#### Beobachtung

Einige Filmdosen sinken zu Boden (z.B. mit Sand gefüllt), andere schwimmen an die Wasseroberfläche und schwimmen dort (z.B. mit Watte gefüllt).

#### Erklärung

Ob ein Gegenstand auf Wasser schwimmt oder absinkt, hängt von seiner Dichte ab. Die Dichte von Wasser beträgt 1,00 g/mL. Alle Gegenstände, die eine höhere Dichte als Wasser haben, sinken zu Boden. Alle Gegenstände mit einer geringeren Dichte als Wasser schwimmen an der Wasseroberfläche.

#### Konzepte

Stoffe haben Eigenschaften (Dichte).



## Dichte – Teil II

### Sachanalyse

Ein und derselbe Stoff kann unterschiedliche Dichten aufweisen. Beim Erwärmen dehnt er sich in der Regel aus und sein Volumen nimmt zu. Da seine Masse gleich bleibt wird seine Dichte geringer. Je höher die Temperatur des Stoffes, desto geringer wird die Dichte. Beim Erkalten ist es umgekehrt: Die Dichte nimmt mit abnehmender Temperatur stetig zu.

Phänomene im Alltag, die ein Hinweis darauf sind:

- Aluminiumfenster oder -türen schließen manchmal an heißen Tagen schlecht, da sich das Aluminium ausgedehnt hat und das Fenster dann verzogen ist.
- Brücken haben Dehnungsfugen

Ein Stoff bildet eine wichtige Ausnahme von dieser Regel: das Wasser. Es hat seine höchste Dichte bei 4°C. Bei weiterem Abkühlen nimmt die Dichte (im Unterschied zu fast allen anderen Flüssigkeiten) wieder ab (siehe Tab. 2), was man die Dichteanomalie des Wassers nennt. Wasser, das kälter als 4°C ist, schwimmt somit über dem 4°C kalten Wasser.

Temperatur	Dichte in g/mL
0 (Eis)	0,9168
4	1,0000
20	0,9982
100	0,9584

**Tab. 2: Dichte von Wasser bei verschiedenen Temperaturen**

Alltagsphänomene der Dichteanomalie des Wassers:

- Eiswürfel oder Eisberge schwimmen auf der Wasseroberfläche
- Eisschicht auf dem See schwimmt auf der Wasseroberfläche
- 4 °C kaltes Wasser sinkt immer unter kälteres bzw. wärmeres Wasser (beim Schmelzen eines Eiswürfels sind die „Schlieren“ des kalten Wassers zu beobachten, das nach unten sinkt)
- Wenn Wasser in einer geschlossenen Flasche zu Eis erstarrt, platzt diese.
- Straßen bekommen im Winter Risse, wenn Wasser in Ritzen läuft und dort erstarrt.
- Wasserrohre platzen, wenn in ihnen Wasser erstarrt.

### Didaktische Anmerkungen

Aus den Alltagserfahrungen ist die Dichteanomalie des Wassers gar keine Anomalie, sondern die Normalität. Wenn man dies thematisieren möchte, muss die Besonderheit des Wassers deutlich werden. Als Vergleich kann man z.B. festen Wachs in flüssigen Wachs geben, der dann absinkt. Wenn man in der Grundschule einen schwimmenden Eiswürfel beobachtet kann das Thema Dichte wiederholt werden.

## Dichte

### Eisberge schwimmen

#### Geräte und Stoffe

- Aquarium oder große Schale
- Leitungswasser
- Eiswürfel  
(Salz)

#### Durchführung

In ein Aquarium mit Leitungswasser werden Eiswürfel gegeben.

Alternative: Um das Schwimmen von Eisbergen auf dem Meer realitätsnäher zu gestalten, kann man auch „Meerwasser“ herstellen und den Eiswürfel hineinlegen.

#### Beobachtung

Der Eiswürfel schwimmt auf dem Wasser (und auf „Meerwasser“). Ein Teil von ihm ragt über die Oberfläche hinaus, der größere Teil befindet sich allerdings unter Wasser.

#### Erklärung

Leitungswasser hat eine Dichte von 1,00 g/mL. Nordseewasser hat aufgrund seines Salzgehaltes eine etwas höhere Dichte. Eis (festes Wasser) hat aufgrund der *Dichteanomalie* des Wassers eine geringere Dichte (0,92 g/mL) als flüssiges Wasser und schwimmt daher auf Süß- als auch Salzwasser.

#### Anmerkung

Von einem Eisberg ragen nur ca. 10 % aus dem Wasser heraus. Der größte Teil befindet sich unter der Meeresoberfläche. In kaltem Meerwasser sinkt ein Eisberg etwas weniger tief ein (siehe Versuch „Dichte abschätzen“) als in warmem Wasser, da Salzwasser mit abnehmender Temperatur eine höhere Dichte hat. Dabei zeigt das Meerwasser nicht die *Dichteanomalie* des Süßwassers, d.h. es hat seine maximale Dichte nicht bei 4°C, sondern kurz vor dem Erstarren. Eisberge können für Schiffe sehr gefährlich sein (siehe Titanic). Sie können riesige Ausmaße annehmen. So wurde 1987 ein Eisberg entdeckt, der 153 km lang und 36 km breit war.<sup>6</sup>

#### Konzepte

Stoffe haben Eigenschaften (Dichte).  
(Aggregatzustände)



#### Quelle:

Bader, H.J.; Drechsler, B.; Gerlach, S. (1999): Stärkung durch Kompetenz – Naturwissenschaftliche Inhalte im Sachunterricht unterrichten. Frankfurt.

<sup>6</sup> [http://www.awi-bremerhaven.de/ClickLearn/neueFAQ/FAQ\\_Eiskalt/Eiskalt1-d.html](http://www.awi-bremerhaven.de/ClickLearn/neueFAQ/FAQ_Eiskalt/Eiskalt1-d.html) (16.06.2006)

## Dichtebestimmung

### Geräte und Stoffe

- 3 Gläser mit Skalierung (z.B. 200mL)
- Haushaltswaage
- Salz
- Leitungswasser

### Durchführung

Als erstes wird von jedem Glas die Masse notiert. In einem weiteren Glas wird eine gesättigte Salzlösung hergestellt. Dann füllt man in ein Glas genau 200 mL Leitungswasser und in das andere Glas dekantiert man exakt 200 mL gesättigte Kochsalzlösung. Anschließend werden beide Gläser gewogen und die Differenz berechnet.

### Beobachtung

200 mL Leitungswasser wiegen 200 g. 200 mL gesättigte Kochsalzlösung wiegen 234 g.

### Erklärung

Die *Dichte* berechnet man aus Masse durch Volumen. Wenn man Masse und Volumen misst, kann man daraus die Dichte berechnen. Am besten führt man diesen Versuch mehrmals z.B. in Gruppen durch, so dass man mehrere Ergebnisse erhält. Die Ergebnisse schwanken je nach Genauigkeit der Durchführung.

$$\rho = \frac{m}{V}$$
$$\rho_{\text{Leitungswasser}} = \frac{200\text{g}}{200\text{mL}} = 1,00 \frac{\text{g}}{\text{mL}}$$
$$\rho_{\text{ges. Kochsalzlösung}} = \frac{234\text{g}}{200\text{mL}} = 1,18 \frac{\text{g}}{\text{mL}}$$

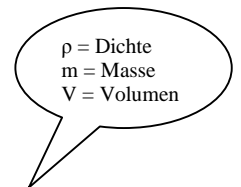
Leitungswasser hat eine Dichte von 1,00 g/mL. Gesättigte Kochsalzlösung hat eine Dichte von 1,18 g/mL.

### Anmerkung

Berechnungen können in der Grundschule natürlich nicht durchgeführt werden. Eine wichtige Erkenntnis ist, dass die gesättigte Salzlösung und das Wasser bei gleichem Volumen unterschiedlich viel wiegen. Der Fachbegriff des Volumens sollte je nach Vorkenntnissen benutzt werden, alternativ kann auch von „Größe“ oder „Raum“ geredet werden.

### Konzepte

Stoffe haben Eigenschaften (Dichte).



### Reinigung von Wasser

#### Sachanalyse

Verunreinigtes Wasser kann man mithilfe unterschiedlicher Trennverfahren reinigen. Zur Abtrennung nutzt man verschiedene *Eigenschaften* der Verunreinigungen wie z.B. die Größe der Partikel, die Dichte oder die Löslichkeit der Stoffe aus.

Es gibt sehr viele unterschiedliche Trennverfahren, die in der Chemie, im Alltag oder in der Technik eingesetzt werden. Hier werden nur einige Trennverfahren vorgestellt und durchgeführt, die in der Grundschule leicht umzusetzen sind. Die Tabelle gibt eine Übersicht über die in den Versuchen verwendeten Verfahren und deren Erklärungen.

Trennverfahren	Erklärung	Beispiele
Sedimentieren	Partikel, die in einer Flüssigkeit aufgeschwemmt sind, setzen sich bei ruhigem Stehen nach einiger Zeit auf dem Boden ab, wenn sie eine höhere Dichte als Wasser haben. Diesen Vorgang nennt man sedimentieren. Die Ablagerungen am Boden nennt man Bodensatz oder in diesem speziellen Fall Sediment. Genutzte Eigenschaft: Dichte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schlamm im See</li> <li>• Fruchtfleisch in Fruchtsäften</li> </ul>
Dekantieren	Nach dem Sedimentieren kann man das Verfahren des Dekantierens einsetzen. Es ist ein sehr einfaches, effektives Verfahren zur Trennung des Bodensatzes von der Flüssigkeit, indem die überstehende Flüssigkeit vorsichtig „über die Kante“ gekippt wird. Dabei wird die höhere Dichte des Feststoffes genutzt, der am Boden verbleibt. Genutzte Eigenschaft: Dichte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wein dekantieren</li> </ul>
Sieben	Das Sieben ist ein mechanisches Reinigungsverfahren. Dabei nutzt man die verschiedenen Durchmesser der unterschiedlichen Partikel eines Stoffgemisches aus. Je nach Durchmesser der Öffnungen (=Maschenweite) des Siebes kann man unterschiedliche Partikelgrößen aus dem Gemisch abtrennen. Man kann mit dieser Methode einerseits einen Feststoff von einer Flüssigkeit abtrennen. Man kann aber auch Feststoffpartikel verschiedener Größen voneinander trennen. Wenn man Siebe mit unterschiedlichen Maschenweiten zur Verfügung hat, kann man zunächst die Partikel mit größtem Durchmesser abtrennen, dann die kleineren usw.. Genutzte Eigenschaft: Größe der Partikel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nudeln/Salat abtropfen</li> <li>• Sand sieben</li> <li>• Teesieb</li> <li>• Sieben von Mehl</li> </ul>
Filtrieren	Beim Filtrieren wird das gleiche Prinzip wie beim Sieben genutzt, allerdings benutzt man dazu einen Filter. Der Durchmesser der Öffnungen, die man hier Poren nennt, ist wesentlich kleiner als bei einem Sieb. Es können somit kleinere Partikel abgetrennt werden. In der Chemie werden Filter verschiedener Porengrößen verwendet. Genutzte Eigenschaft: Größe der Partikel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kaffee-/Teefilter</li> <li>• Feinstaubfilter (z.B. bei Dieselaautos)</li> <li>• Staubmaske</li> </ul>
Adsorbieren	Beim Adsorbieren (lat. ad "hinzu" und sorbere "schlucken, schlürfen") bleiben Partikel an der Oberfläche von Feststoffen haften, da sie sich gegenseitig anziehen. Besonders geeignet ist z.B. Aktivkohle. Die Körner der Aktivkohle haben ein verzweigtes Hohlraumsystem, in das sich die Partikel einlagern und an der (entsprechend	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medizinische Kohle (Aktivkohle) adsorbiert Bakterien, Gift- und Reizstoffe im Magen-Darm-Trakt</li> <li>• Entfernung von Farbstoffen</li> </ul>

	sehr großen) Oberfläche haften bleiben. Den Aufbau der Aktivkohle kann man modellhaft mit einem Ytongstein vergleichen, der ebenfalls ein verzweigtes Porensystem hat. Genutzte Eigenschaft: Haftung	<ul style="list-style-type: none"> <li>aus Färbereiabwässern</li> <li>Kohlefilter in der Dunstabzugshaube</li> <li>Im Wasserfilter sind Aktivkohlefilter</li> </ul>
Verdampfen/ Verdunsten	Dies ist eine typische Möglichkeit, die Bestandteile von Lösungen (z.B. Salzlösung) zu trennen. Durch Energiezufuhr wird das Lösemittel (z.B. das Wasser) bei Siedetemperatur verdampft. Der gelöste Stoff (z.B. Salz) hingegen hat eine höhere Siedetemperatur und bleibt zurück. Wenn die Stofftrennung bei Temperaturen unterhalb der Siedetemperatur abläuft, spricht man von Verdunstung. Genutzte Eigenschaft: Siedetemperatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>Herstellen von Salz aus Meerwasser</li> <li>Salzkruste auf der Haut nach dem Baden im Meer</li> </ul>

### Didaktische Anmerkungen

Die Versuche sollten von Kindern selber durchgeführt werden, damit sie genau beobachten können. Einige Versuche werden sie schon einmal, z.B. im Sandkasten, selber ausprobiert haben. An diese Erfahrungen kann angeknüpft werden.

Die Erarbeitung der fachwissenschaftlichen Grundlagen zum Sedimentieren und Dekantieren ist in der Grundschule schwierig. Das Thema Dichte ist abstrakt und sollte nicht im Rahmen von Stofftrennmethoden eingeführt werden. Falls man die Grundlagen einführen will, sollte man dies in einer eigenen Unterrichtseinheit zur *Dichte* machen. Die Versuche können aber phänomenologisch ausgewertet werden und zeigen einfache und dennoch wichtige Trennverfahren. Beim Dekantieren ist zu überlegen, ob man das Verfahren „Abgießen“ nennt, damit der Begriff etwas greifbarer wird.

Die Versuche zum Sieben und Filtrieren sind den Kindern sehr geläufig und es treten daher kaum Schwierigkeiten auf. Die Kinder sollten aber genau untersuchen, welche Stoffe im Sieb bzw. im Filter zurückgehalten werden und welche durch den Filter hindurchfließen. Dadurch können sie selber Rückschlüsse auf den Grund für die Trennmöglichkeit ziehen. Am einfachsten ist dies mit deutlich unterscheidbaren Partikeln (z.B. Kies und Sand) möglich. Es ist zunächst sinnvoll, Siebe verschiedener Maschenweiten zu benutzen, da die Kinder die unterschiedlichen Maschenweiten mit dem Auge erkennen können. Anschließend kann diese Erfahrung auf den Kaffeefilter erweitert werden, wobei die unterschiedliche Beschaffenheit von Kaffeefilter und Teesieb verglichen werden sollte. Die Poren des Kaffeefilters sind nicht mit dem Auge sichtbar, was zu Schwierigkeiten beim Verständnis führen kann.

Das Adsorbieren sollte bei dem Versuch „Filtrieren und Adsorbieren“ noch nicht thematisiert werden, da zur Methode des Filtrierens kein phänomenologischer Unterschied besteht. Die Kinder würden daher vermutlich versuchen, das Ergebnis mit den bisherigen Erfahrungen zu erklären. Die Erklärung der Adsorption beruht aber auf einem anderen Grundsatz: der Haftung zwischen Partikeln und Feststoff. Eine tiefergehende Erklärung ist in der Grundschule nicht empfehlenswert, da dies nur auf der Teilchenebene möglich ist.

Das Trennverfahren des Verdampfens bzw. Verdunstens ist eng mit dem Thema Aggregatzustände und Löslichkeit von Stoffen verknüpft. Beide Fachinhalte sind für eine Erklärung dieser Trennmethode notwendig und müssen präsent sein. Wird dies angestrebt, sollten die Aggregatzustände und die Eigenschaften „Siedetemperatur“ und „Löslichkeit“ vorher mithilfe anderer Versuche erarbeitet worden sein. Eine Verknüpfung im Sinne des kumulativen Lernens kann hier gezogen werden. Das „Unsichtbare“ sichtbar zu machen, ist für die Kinder häufig ein sehr interessanter und für ihr Verständnis entscheidender Schritt für die grundlegenden Konzepte „Stoffe bleiben erhalten“ und „Stoffe können getrennt werden“. Sie haben nämlich die Vorstellung, dass Wasser beim Verdunsten bzw. Verdampfen zu Luft wird oder verschwindet. Die Versuche können auch phänomenologisch als weitere Trennmethode ausgewertet werden.

Methodisch ist es möglich, die Kinder selbst Ideen sammeln zu lassen, wie das schmutzige Wasser gereinigt werden könnte. Ein Wettbewerb, wer das sauberste Wasser gewinnt, fördert die Motivation. Die theoretische Planung von Experimenten ist für Kinder allerdings anspruchsvoll. Eine Hilfe könnte dabei die Bereitstellung von Geräten sein, die zur Verwendung genutzt werden können. Auf diese Art und Weise kann naturwissenschaftliches Arbeiten erlernt werden, denn so werden Kinder dazu gezwungen, genau zu planen: Welche Geräte brauche ich für diesen Versuch und wie führe ich ihn durch? So sind die Versuche zur Trennung einerseits zur Erarbeitung von Fachinhalten geeignet, können aber andererseits naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen fördern.

Letztlich ist noch wichtig, dass eine Trennmethode nicht isoliert an einem Beispiel bearbeitet wird, sondern dass entweder sofort Bezüge zu alltagsnahen Beispielen hergestellt werden oder dass an späterer geeigneter Stelle wieder auf das Prinzip hingewiesen wird. So kann z.B. beim Thema „Kläranlage“ nach bekannten Trennmethoden gesucht werden.

## Meerwasser herstellen

### Geräte und Stoffe

- Glas (ca. 500mL)
- Teelöffel
- Stab (z.B. Kaffeerührer)
- Meersalz
- Verschiedene Salze (Natriumchlorid, Magnesiumchlorid, Kaliumchlorid, Magnesiumsulfat\*)
- Wattboden o.ä. (z.B. schwarze Erde + weißer Sand)
- Leitungswasser

### Durchführung

Das Glas wird zur Hälfte mit Wasser gefüllt. Dann gibt man einen gehäuften Teelöffel Meersalz dazu (Je nach verwendeter Wassermenge muss entsprechend mehr Meersalz zugegeben werden). Nach erstem Beobachten wird mit dem Stab oder dem Löffel gut umgerührt. Anschließend werden zwei Teelöffel „Wattboden“ (oder ein halber Teelöffel Erde und ein Teelöffel Sand) zugegeben und wieder kräftig gerührt.

### Beobachtung

Das Meersalz sinkt auf den Boden des Glases. Nach dem Umrühren ist das Meersalz nicht mehr zu sehen. Je nach verwendetem Bodenmaterial setzen sich nach dem Zugeben einige Anteile am Boden ab, einige schweben im Wasser, so dass dieses trüb erscheint und andere schwimmen auf der Wasseroberfläche.

### Erklärung

Meersalz besteht hauptsächlich aus Natriumchlorid. Es enthält aber noch geringe Mengen von anderen Stoffen, z.B. Magnesium- und Kaliumsalze. Eine kleine Auswahl kann man sich anhand der Proben anschauen. Die Salze sind alle gut in Wasser löslich. Sie lösen sich durch Umrühren schneller, da die Salzkörner dann mehr Kontakt zum Wasser haben. Wenn man nicht umrührt, dauert der Löseprozess länger. Meerwasser des Wattenmeeres hat einen Salzgehalt von 29-30 g/L (daher gibt man 7,5 g Meersalz auf 250 mL Wasser  $\approx$  1 gehäufter Teelöffel).

Die Bestandteile des Bodens sind nicht in Wasser löslich. Die mit einer höheren *Dichte* als Wasser sinken zu Boden, die mit der gleichen *Dichte* schweben im Wasser und die mit einer geringeren Dichte als Wasser schwimmen an der Oberfläche.

### Anmerkung

Das Meerwasser der Nordsee sieht sehr trübe aus, da viele unlösliche Bodenpartikel im Wasser schweben. Diese werden durch starke Wasserbewegung, die in der Nordsee v.a. durch die Gezeiten und im flacheren Wasser auch durch Wellenbewegungen auftreten, aufgewirbelt.

### Konzepte

Stoffe haben Eigenschaften (Eigenschaft: Löslichkeit).  
Stoffe bleiben erhalten.

\* Sicherheitshinweise zu den Salzen: Magnesiumsulfat/Magnesiumchlorid/Kaliumchlorid: Staub nicht einatmen; Berührung mit den Augen und der Haut vermeiden.  
Natriumchlorid = keine Vorgaben.





## Reinigung des Meerwassers

### Sedimentieren

#### Geräte und Stoffe

- Glas mit Deckel (ca. 200mL) oder Glas aus Versuch „Meerwasser herstellen“
- Stab (z.B. Kaffeeührer) oder Löffel
- „Meerwasser“

#### Durchführung

Zunächst wird in dem Glas „Meerwasser“ hergestellt bzw. das große Glas aus dem Versuch „Meerwasser herstellen“ benutzt. Dann wird es mit dem Deckel verschlossen und mehrmals umgedreht. Anschließend stellt man es wieder auf den Tisch.

#### Alternative:

Mit dem Stab wird das Wasser kräftig umgerührt.

#### Beobachtung

Durch das Umdrehen bzw. Rühren wird das Wasser trübe. Die festen unlöslichen Bestandteile setzen sich nach einiger Zeit am Boden ab. Wenn man genau beobachtet, bildet der weiße Sand die unterste Schicht. Einige Partikel schweben weiterhin im Wasser und andere schwimmen auf der Wasseroberfläche. Lässt man das Glas längere Zeit stehen, nimmt die Trübung des Wassers immer mehr ab.

#### Erklärung

Die festen Bestandteile werden zunächst im Wasser aufgeschwemmt. Wenn feste Stoffe mit einer Flüssigkeit vermischt sind, nennt man dies *Suspension*. Die Feststoffe mit einer höheren *Dichte* als Wasser setzen sich nach einiger Zeit am Boden ab, sie *sedimentieren*. Dies kann bei sehr kleinen Partikeln lange dauern. Der am Boden liegende *Bodensatz* wird in diesem Fall Sediment genannt.

#### Anmerkung

Man kann diesen Versuch auch getrennt einmal mit weißem Sand und einmal mit schwarzer Erde durchführen. Dann kann man herausfinden, in welchem Bodentyp Partikel mit einer höheren, gleichen oder geringeren Dichte als Wasser enthalten sind.

#### Konzepte

Stoffe bleiben erhalten.

Stoffgemische können getrennt werden (Sedimentation).



## Reinigung des Meerwassers

### Dekantieren

#### Geräte und Stoffe

- 3 Gläser (ca. 200mL) oder Glas aus Versuch „Meerwasser herstellen“
- Glas mit „Meerwasser“
- Kochsalz
- Teelöffel

#### Durchführung

Falls noch nicht vorhanden, wird zunächst „Meerwasser“ hergestellt. Nach der Sedimentation kippt man das Wasser vorsichtig „über die Kante“ in das andere Glas.

In einem weiteren Versuch wird eine gesättigte Kochsalzlösung mit Bodensatz wie beim Versuch „Salzwasser“ hergestellt (mind. 36g Kochsalz auf 100mL) und ebenfalls in ein Glas „über die Kante“ gekippt.

#### Beobachtung

Das Wasser in dem zweiten Glas ist trüb, der Bodensatz hingegen verbleibt im ersten Glas. Die schwimmenden Bestandteile befinden sich ebenfalls im zweiten Glas.

#### Erklärung

Dieses Trennverfahren nennt man Dekantieren. Dabei wird die höhere *Dichte* des Feststoffes genutzt, der am Boden verbleibt. Man darf nicht zu ungestüm dekantieren, da ansonsten der Bodensatz aufgewirbelt wird. Das abdekantierte „Meerwasser“ ist durch feste Schwebstoffe, die eine ähnliche *Dichte* wie Wasser haben, trüb. Das gelöste Salz und Stoffe mit einer niedrigeren Dichte als Wasser können mit dieser Methode nicht abgetrennt werden.

#### Anmerkung

Das Dekantieren sollte bei der Thematik Salzlösungen mit einer gesättigten Salzlösung mit Bodensatz durchgeführt werden (siehe Versuch „Salzbilder“).

Beim Dekantieren ist zu überlegen, ob man das Verfahren „Abgießen“ nennt, damit der Begriff für die Kinder etwas greifbarer wird.

#### Konzepte

Stoffgemische können getrennt werden (Dekantieren/Verdampfen).  
Stoffe bleiben erhalten.



## Reinigung des Meerwassers

### Sieben und Filtrieren

#### Geräte und Stoffe

- 2 Gläser (bauchige Marmeladengläser = ca. 200mL)
- Glas mit „Meerwasser“
- Trichter
- Teesieb
- Kaffeefilter

#### Durchführung

(Hergestelltes) Meerwasser wird zunächst mit einem Schwung durch ein Sieb in das zweite Glas gegossen.

Anschließend wird ein Trichter mit Kaffeefilter auf ein passendes Glas gesetzt und das Wasser durch den Filter in ein weiteres Glas gegossen.

#### Beobachtung

Mit dem Sieb entfernt man grobe Bestandteile aus dem Wasser. Im (Kaffee-)filter werden feinere Körner zurückgehalten. Das Wasser läuft langsamer durch den Filter als durch das Sieb. Das Wasser ist nach dem Filtrieren immer noch trüb.

#### Erklärung

Mit diesem mechanischen Reinigungsverfahren können Partikel eines Stoffgemisches entsprechend ihrer Größe abgetrennt werden.

Beim Sieben nutzt man die unterschiedliche Größe der Partikel eines Stoffgemisches aus. Wenn ein Partikel größer ist als die Maschenweite des Siebes, bleibt er im Sieb zurück, kleinere gelangen hindurch.

Beim Filtrieren wird das gleiche Prinzip genutzt. Allerdings ist der Durchmesser der Poren wesentlich kleiner, so dass kleinere Partikel abgetrennt werden können. Sind einige Partikel kleiner als die Poren des Filters, können sie nicht heraus gefiltert werden. Ebenso können das gelöste Salz und andere gelöste Stoffe nicht mit dieser Methode abgetrennt werden.

#### Anmerkung

Kaffeefilter haben unterschiedliche Porengrößen. Je größer die Poren sind, desto schneller läuft das Wasser durch den Filter. Bei kleinporigen Filtern ist dementsprechend die Durchlaufgeschwindigkeit kleiner, so dass das Wasser länger Kontakt mit dem Kaffeepulver hat. Das Aroma wird kräftiger, da mehr Geschmacksstoffe gelöst werden. Mit großporigen Kaffeefiltern entsteht milder Kaffee, da das Wasser kürzeren Kontakt mit dem Kaffeepulver hat. Anhand des Beispiels mit dem Kaffee kann auch die Stoffeigenschaft „Löslichkeit“ thematisiert werden.

#### Konzepte

Stoffgemische können getrennt werden (Sieben/Filtrieren).



## Reinigung des Meerwassers

Filtern und Adsorbieren

### Geräte und Stoffe

- 1 Glas (ca. 200mL)
- Glas mit „Meerwasser“
- Kunststoffgetränkeflasche (PET-Flasche) ½ L (spitzes Messer/Schere)
- Kreppband/Isolierband
- gewaschener Sand
- gewaschener Kies
- Watte

### Durchführung

Von der Kunststoffgetränkeflasche wird der Boden abgetrennt. Dazu sticht man am besten mit einem spitzen Messer ein Loch in die Flasche und schneidet dann mit einer Schere den Boden ab. Über den Rand klebt man Kreppband, damit man sich nicht an unebenen Stellen verletzen kann. Dann wird die Flasche im Bereich der Trinköffnung mit Watte befüllt, damit der Sand nicht herausfällt. Die Flasche wird kopfüber in das Glas gestellt und zunächst zu ¼ mit Kies und dann mit Sand eingefüllt. Der Flaschenkopf muss Abstand zum Boden des Glases haben. Dann spült man den Sand und Kies mit klarem Wasser, damit Verunreinigungen ausgespült werden. Zum Schluss gießt man das „Meerwasser“ von der offenen Bodenseite hinein und beobachtet.

### Beobachtung

Das Wasser in dem Glas ist klar.

### Erklärung

In dem Sand und Kies bleiben die unlöslichen Bestandteile des Meerwassers zurück. Einerseits ist hier das Filtrationsprinzip wirksam, da die Räume zwischen den Sand- bzw. Kieskörnern eine bestimmte Größe haben und Partikel mit größerem Durchmesser zurückgehalten werden. Andererseits haften die Partikel des Meerwassers an der Oberfläche der Sand- und Kieskörner. Dieses Phänomen nennt man *Adsorption* (lat. ad "hinzu" und sorbere "schlucken, schlürfen"). Das gelöste Salz wird nicht adsorbiert und verbleibt im Wasser. Mithilfe der Adsorption kann man aber einige Stoffe entfernen, die sich durch Filtern nicht abtrennen lassen (z.B. Tinte).

### Anmerkung

Für Kinder im Grundschulalter ist es ausreichend das Filtrationsprinzip anzusprechen und die Adsorption didaktisch zu reduzieren.

Man kann alternativ zur Kunststoffgetränkeflasche auch Löcher in den Boden eines Joghurtbechers stechen und Kies und Sand einfüllen.

### Konzepte

Stoffgemische können getrennt werden (Filtration und Adsorption).



## Reinigung des Meerwassers

Verdunsten und verdampfen

### Geräte und Stoffe

- von Fest- und Trübstoffen gereinigtes Meerwasser
- leere Teelichtschalen
- schwarze Alufolie
- (Heizplatte falls vorhanden)
- Grillzange
- Teelicht
- Streichhölzer
- Drahtgestell einer Sektflasche
- breite Schale (z.B. Weckglasdeckel oder Marmeladenglasdeckel, der mit schwarzer Alufolie verkleidet ist)

### Durchführung

In die Schale wird gereinigtes Meerwasser gefüllt, so dass der Boden gerade bedeckt ist. Dann wird sie an einen warmen Ort, z.B. auf einer Fensterbank in die Sonne oder auf die Heizung gestellt.

Die Teelichtschale wird mit schwarzer Alufolie verkleidet und zur Hälfte mit dem gereinigten Meerwasser befüllt. Das Wasser in der Teelichtschale wird so lange auf der Heizplatte erwärmt<sup>7</sup>, bis das Wasser verdampft ist.

Alternativ kann das Wasser auch mit Hilfe eines Teelichtes verdampft werden. Dazu stellt man auf das Drahtgestell der Sektflasche die Teelichtschale mit dem Wasser. Unter dem Gestell wird ein Teelicht gestellt und entzündet. Dies dauert allerdings länger als mit einer Heizplatte.

### Beobachtung

Das Wasser in der Schale, die an einem warmen Ort steht, verdunstet. Zurück bleiben sehr schöne Salzkristalle.

In der Teelichtschale, in der das Wasser erhitzt wurde, erkennt man nach dem Verdampfen des Wassers ebenfalls Salzkristalle.

### Erklärung

Durch Energiezufuhr wird das flüssige Wasser gasförmig. Das gelöste Salz hingegen bleibt zurück, so dass es vom Wasser getrennt werden kann.

Je mehr Energie zugeführt wird, desto schneller läuft der Übergang von flüssig zu gasförmig ab. Wenn der Übergang bei Temperaturen unterhalb der *Siedetemperatur* abläuft, spricht man von *Verdunstung*. Je nach Temperatur des Standortes der Schale, verdunstet das Wasser demnach unterschiedlich schnell. In der Sonne kann es schon nach einer Stunde verdunstet sein, an kühlen Orten dauert es wesentlich länger. Die Verdunstung wird beschleunigt, wenn man eine schwarze Pappe unterlegt, da sie sich schneller erwärmt als z.B. eine weiße Unterlage.

Man spricht von *Verdampfung*, wenn der Übergang bei der Siedetemperatur des Stoffes (bei Wasser 100°C) abläuft.

### Anmerkung



<sup>7</sup> Nach einer Idee nach Obendrauf, V. (2005): Peroxide is suicide bomber's weapon of choice... In: Chemie & Schule 20/2005/3, S. 3.

Dieser Versuch kann auch mit unterschiedlich konzentrierten Kochsalzlösungen durchgeführt werden, z.B. mit einer gesättigten Kochsalzlösung. Dann bleibt bei gleicher Wassermenge unterschiedlich viel Kochsalz zurück, da unterschiedliche Kochsalzmengen im Wasser gelöst waren. Je mehr Salz im Wasser gelöst ist, desto eher kann man die ersten Salzkristalle beobachten.

Die schönsten Salzkristalle entstehen, wenn das Wasser verdunstet und die Oberfläche des Glases ganz glatt ist. Kinder können z.B. selber mit unterschiedlichen Kochsalzlösungen und Schalen experimentieren, um die „schönsten“ Salzkristalle zu erhalten.

Es gibt unterschiedliche Anwendungen zur Salzgewinnung, die das Verfahren der Verdunstung nutzen, z.B. in Salinen oder Gradierwerken (siehe Versuche in der zweiten Phase im Wattenmeerhaus)



### Konzepte

Stoffgemische können getrennt werden (verdunsten und verdampfen).

## Angepasstheit von Lebewesen an die Salzkonzentration im Wattenmeer

### Mechanismen zur Regulierung des Salzhaushaltes

Das Thema Wattenmeer bietet die Möglichkeit, die Tier- und Pflanzenwelt ausgehend von den äußeren unbelebten Bedingungen zu erforschen. Die folgenden Informationen sollen aufzeigen, wie man ausgehend von diesen äußeren Bedingungen gezielt exemplarische Tiere und Pflanzen kennen lernen kann. Es wird nicht der Ansatz verfolgt, dass man „einfach“ ins Ökosystem Wattenmeer geht und schaut, welche Tiere dort wie leben. Bei diesem Ansatz werden zunächst die äußeren Bedingungen im Wattenmeer (insbesondere der Salzgehalt) in den Mittelpunkt gestellt, um dann die Lebensweise und Angepasstheit von Lebewesen an diese Bedingungen zu thematisieren. Der Fokus wird nicht alleine auf eine rein biologische Betrachtung der Lebewesen gelegt, sondern die Verknüpfung der unbelebten (chemischen) und der belebten (biologischen) Faktoren ist sehr wichtig. Es soll deutlich werden, dass die Biologie, Chemie und Physik keine Gegensätze sind, sondern dass sie zusammengehören und thematisch verknüpft sind. Die Frage, warum Tiere an einer bestimmten Stelle leben, hängt nämlich immer auch von den unbelebten äußeren Faktoren ab.

#### A) Pflanzen

Pflanzen sind im Wattenmeer extremen Bedingungen ausgesetzt:

1. mechanische Belastung durch Wellenschlag;
2. starker Wechsel des Wasserstandes;
3. relativ hohe Salzkonzentration des Meerwassers.

Im Folgenden wird die relativ hohe Salzkonzentration des Meerwassers thematisiert, da bei den Untersuchungen die Eigenschaften des Meerwassers im Mittelpunkt stehen. Pflanzen, die nicht an die Salzkonzentration des Meerwassers angepasst sind, „welken“ schnell. Durch das Stehen in einer Salzlösung mit relativ hoher Salzkonzentration wird die Wasseraufnahme der Pflanze stark vermindert bzw. unterbunden und der Pflanze wird Wasser entzogen. Der Wassergehalt in der Pflanze nimmt also ab, so dass der (Wasser-) Druck in den Pflanzenzellen sinkt. Dies wird in der Schlawheit der Stängel sichtbar<sup>8</sup>: Die Pflanze „welkt“. Dies ist ein Effekt der Osmose<sup>9</sup>. Je höher die Salzkonzentration ist, desto schneller wird dieser Prozess sichtbar. Einfache Versuche mit Löwenzahnstängeln bzw. Schnittlauch (Versuche „Wirkung von Salzwasser auf Pflanzen“) zeigen das Phänomen.

Mit diesen Versuchen kann man einerseits mit nicht angepassten Pflanzen Salz- und Leitungswasser unterscheiden. Andererseits kann deutlich werden, dass nicht alle Pflanzen in salzhaltigem Wasser wachsen können. Es kann gemeinsam mit den Kindern überlegt werden, was der Grund für das Welken der Pflanzen ist. Der Fokus sollte dabei auf die unterschiedlichen Wasserproben gerichtet werden. Die genauen Prozesse beim Welken einer Pflanze können von Kindern noch nicht verstanden werden. Insbesondere der Vergleich zwischen Leitungs- und Salzwasser leitet zum naturwissenschaftlichen Denken an, da ein Zusammenhang zwischen den Wasserproben und dem „Welken“ gesucht wird. Die Kinder können erkennen, dass nicht angepasste Lebewesen in Salzwasser sterben. Als Erklärung kann man den Wasserverlust der Pflanzen aufgrund des Salzwassers anführen. Es kann evtl. auch die Aussage erarbeitet werden: „Je salzhaltiger das Wasser, desto schneller welkt der Löwenzahnstängel“.

Die Kinder können beim Welken des Stängels in Nordseewasser auch vermuten, dass die Trübung für das Erschlaffen verantwortlich ist. In diesem Fall kann man das Nordseewasser von den Trübstoffen reinigen (siehe Versuche „Reinigung von Meerwasser“) und den Versuch mit dem gereinigtem Meerwasser nochmals durchführen. Da die Stängel im gereinigtem Meerwasser immer noch welken, müssen die Kinder einen anderen Grund suchen.

<sup>8</sup> Den gleichen Effekt kann man beobachten, wenn man Pflanzen überdüngt. Pflanzendünger enthält verschiedene Salze. Wenn man zuviel düngt, erhöht sich die Salzkonzentration im Boden stark und es laufen die gleichen Vorgänge wie beim Stehen einer Pflanze im Meerwasser ab, so dass die Pflanze welkt.

<sup>9</sup> Vertiefte Informationen zur Osmose beim Versuch „[Wirkung von Salzwasser auf Pflanzen](#)“.

Wenn sie erfasst haben, dass im Meerwasser Salz (zumindest mehr als in Leitungswasser) enthalten ist und das Salz für das Welken der Pflanzen verantwortlich ist, kann man die Wasserarten näher auf die Salzkonzentration untersuchen. Mit dem Aräometer (Versuch „Dichte – Selbstgebautes Aräometer“) oder dem Verdampfen von gleichen Mengen Meer- und Leitungswasser (Versuch „Salzgehalt der Nordsee“) kann man den Unterschied genauer herausarbeiten und festhalten, dass Meerwasser Salz enthält bzw. dass mehr Salz enthalten ist als in Leitungswasser. Es können also zwei verschiedene Methoden zur Untersuchung des Meerwassers eingeführt werden (ohne dass dabei Pflanzen zu Schaden kommen).

Pflanzen z.B. der Salzwiesen am Wattenmeer sind an die relativ hohe Salzkonzentration des Nordseewassers angepasst. Man nennt sie daher Halophyten (gr. hals, halos = Salz; phytos = Pflanze). Die Halophyten müssen die sie umgebende Salzkonzentration durch Einlagerung entsprechender Substanzen in die Zelle ausgleichen. Daher verlieren sie trotz der hohen Salzkonzentration des Wassers kein Wasser, sondern können noch Wasser aufnehmen. Bei zu hohen Salzkonzentrationen in der Pflanze wirkt das Salz allerdings giftig. Somit muss eine zu hohe Salzkonzentration in der Pflanze verhindert werden. Im Laufe der Zeit haben sich unterschiedliche Strategien bei Pflanzen entwickelt, um den „Salzstress“ zu überleben. Bei den meisten Pflanzen findet man mehrere Strategien zur Verringerung der Salzkonzentration in der Pflanze, eine ist aber oft am stärksten ausgeprägt (siehe Tab. 1).

Prinzip	Beschreibung	Beispiel
Ausschlussprinzip	Auch als „Salzfiltration“ bezeichnet. Die Aufnahme von Salz über die Wurzel wird eingeschränkt.	Andelgras, Strandflieder
Ausscheidung von Salz z.B. durch Haare und Drüsen.	Das Salz wird aktiv ausgeschieden. Dabei muss Energie aufgewendet werden.	Strandflieder, Schlickgras: Salzausscheidung durch Drüsen, so dass bei trockenem Wetter Salzkristalle auf den Blattoberflächen zu erkennen sind.
Abwerfen von salzanreicherter Pflanzenteile	In die ältesten Blätter wird das Salz angereichert. Sie werden dann abgeworfen. Neue Blätter ersetzen die alten wieder.	Strandwegerich: Abwurf von alten Blättern Portulak-Keilmelde: Salzausscheidung in Blasenhaare, die dann abgeworfen werden.
Verdünnung in der Pflanze (Sukkulenz)	Das Salz wird über die gesamte Pflanze verteilt. Durch die Aufnahme von viel Wasser wird die Salzlösung verdünnt. Die Pflanzen haben fleischig verdickte Sprosse und Blätter.	Queller: Wenn man die Spitzen des Quellers probiert, schmecken sie salzig.

Tab. 1: Anpassungsmechanismen von Salzpflanzen

Die meisten Salzpflanzen wachsen auf Böden mit niedriger Salzkonzentration genauso gut wie auf Böden mit höherer Salzkonzentration. Durch die Anpassungsmechanismen sind sie aber anderen Pflanzen an salzhaltigen Standorten überlegen. An Orten niedriger Salzkonzentration hingegen sind die Salzpflanzen den anderen Arten unterlegen. Einige wenige Pflanzen wie z.B. der Queller wachsen auf salzhaltigeren Böden tatsächlich besser als auf salzärmeren.



Insbesondere beim Strandflieder und beim Queller kann man deren Angepasstheit an die relativ hohe Salzkonzentration leicht direkt beobachten<sup>10</sup>. Zunächst welken sie in Nordseewasser nicht. Außerdem kann das im Queller enthaltene Salz durch Schmecken erfahrbar gemacht werden. Er hat keine Blätter, sondern besteht nur aus einem verzweigten Spross, der Wasserspeichergewebe enthält. In diesem Wasserspeichergewebe wird das kontinuierlich aufgenommene Salz mit Wasser soweit verdünnt, dass es für den Queller nicht mehr giftig wirkt. Durch die Speicherung von großen Wassermengen sieht der Spross fleischig und verdickt aus (siehe Abb. 1<sup>11</sup>).



Abb. 1: Queller

Beim Strandflieder (siehe Abb. 2<sup>12</sup>) kann man schon nach drei Stunden in Nordseewasser an den Blattoberflächen Salzkristalle beobachten, die der Form der Kochsalzkristalle gleichen. Er nimmt salzhaltiges Meerwasser auf und scheidet Salz über Drüsen aktiv aus, so dass eine giftige Salzkonzentration in der Pflanze nicht erreicht wird (Pro Quadratmeter Blattoberfläche hat der Strandflieder bis zu 800 Salzdrüsen!!!). Diesen Prozess der Salzausscheidung kann man mit dem Trennverfahren der Verdunstung von Salzwasser (siehe Versuch „Reinigung von Meerwasser – Verdunsten und Verdampfen“) vergleichen. Die Tatsache, dass der Strandflieder die konzentrierte Salzlösung aktiv ausscheidet, sollte an dieser Stelle didaktisch reduziert werden. Direkt vergleichbar ist die Verdunstung des Wassers auf der Blattoberfläche, so dass Salz zurück bleibt. Man kann somit das Phänomen bei der Pflanze mit technischen Prozessen in Beziehung setzen (siehe Versuche „Salzgewinnung I + II“).



Abb. 2: Strandflieder

Mit der Betrachtung des Strandflieders werden die schon bekannten Konzepte „Stoffe bleiben erhalten“ und „Stoffgemische können getrennt werden“ angesprochen: Das im Wasser gelöste Salz wird in die Pflanze aufgenommen und wieder als Salzkristalle auf der Blattoberfläche sichtbar. Beim Queller wird das in den Pflanzenzellen angereicherte Salz durch die Geschmacksprobe erfahrbar (Konzept „Stoffe bleiben erhalten“). Dadurch wird deutlich, dass Salz tatsächlich aus dem Meerwasser in die Pflanze aufgenommen wird. Als neues (biologisches) Konzept kommt nun hinzu, dass Lebewesen (in diesem Fall Pflanzen) an ihren Lebensraum angepasst sind. Der direkte Vergleich zwischen den Experimenten mit dem Löwenzahn und den Salzpflanzen in Salzwasser sowie die direkt beobachtbaren Anpassungsmechanismen machen dies deutlich.

<sup>10</sup> Versuche mit Halophyten sind in der Schule problematisch, da einige Halophyten auf der roten Liste stehen und daher für die Schule nicht verwendet werden dürfen. Außerdem stehen Salzwiesen, in denen die Pflanzen wachsen, meist unter Naturschutz, so dass diese nicht betreten werden und dort keine Pflanzen gepflückt werden dürfen. Es besteht aber die Möglichkeit, an außerschulischen Lernorten (z.B. das Wattenmeerhaus, andere Nationalparkzentren usw.) diese Pflanzen zu beobachten und kennen zu lernen.

<sup>11</sup> Dieses Bild basiert auf dem Bild *Salicornia\_europaea.jpg* aus der freien Mediendatenbank Commons und steht unter der GNU-Lizenz für freie Dokumentation. Der Urheber des Bildes ist M. Buschmann.

<sup>12</sup> Dieses Bild basiert auf dem Bild *Limonium\_vulgare.jpg* aus der freien Mediendatenbank Commons und steht unter der Creative Commons-Lizenz Attribution ShareAlike 2.0 Deutschland. Der Urheber des Bildes ist Hendrik Staender.

## Unterscheidung von Salz-, Meer- und Leitungswasser

Wirkung von Salzwasser auf Pflanzen

### Geräte und Stoffe

- 1 Glas (500 mL)
- 3 kleine Gläschen
- Teelöffel
- Kochsalz
- Leitungswasser
- Meerwasser
- Löwenzahnblüten (Im Winter: Melisse aus dem Kräutertopf vom Supermarkt)

### Durchführung

In einem 500 mL Glas wird eine gesättigte Kochsalzlösung mit Bodensatz hergestellt (siehe Versuch „Salzwasser“ S. 2 → mind. 180 g Kochsalz auf 500 mL) und davon etwas in ein kleines Gläschen dekantiert. In diese gesättigte Kochsalzlösung wird eine Löwenzahnblüte gestellt. Eine zweite Blüte wird in ein Glas mit Leitungswasser gestellt und eine dritte in ein Glas mit Meerwasser (evtl. Herstellung nach Labortag Versuch „Meerwasser herstellen“). Die Blüten sollten alle möglichst gleich lang sein. Außerdem sollte man von den jeweiligen Wasserproben so viel zur Verfügung, dass man sie (evtl. in Schülerversuchen) weiter untersuchen bzw. reinigen kann.

#### Freilandversuch:

Ein halber Teelöffel Salz wird auf eine feuchte Stelle mit Gras zwischen Pflastersteinen gegeben. Ein Glas wird darüber gestellt und beobachtet.

### Beobachtung

Nach ca. 10 Minuten neigt sich die Löwenzahnblüte in einer gesättigten Salzwasserlösung zur Seite, bei der im Leitungswasser hingegen ist keine Veränderung zu beobachten<sup>13</sup>. Die Blüte im Meerwasser neigt sich nach ca. 30 Minuten zur Seite. Der Bereich des Stängels, der im Salzwasser stand, sieht nicht mehr rund, sondern platt aus.

#### Freilandversuch:

Das Gras zwischen den Pflasterritzen neigt sich ebenfalls zur Seite.

### Erklärung

Durch das Stehen in einer gesättigten Salzlösung nimmt der Wassergehalt in der Pflanze ab, so dass der (Wasser-)Druck in den Pflanzenzellen sinkt. Dies wird in der Schlawheit der Stängel sichtbar, die Pflanze „welkt“. Insbesondere der Bereich des Stängels, der direkt im Salzwasser steht, verliert Wasser. Dies ist ein Effekt der *Osmose* (siehe unten). Je höher die Salzkonzentration ist, desto schneller wird dieser Prozess sichtbar.



<sup>13</sup> siehe auch Film im Zeitraffer auf der Seite [http://www.uni-duesseldorf.de/WWW/MathNat/Biologie/Didaktik/Wattenmeer/3\\_pflanzen/filme/loewenzahn.mov](http://www.uni-duesseldorf.de/WWW/MathNat/Biologie/Didaktik/Wattenmeer/3_pflanzen/filme/loewenzahn.mov) (16.06.2006)

**Anmerkung**

Die Kinder können beim Welken des Stängels in Nordseewasser auch vermuten, dass die Trübung für das Erschlaffen verantwortlich ist. In diesem Fall kann man das Nordseewasser von den Trübstoffen reinigen (siehe Versuche „Reinigung von Meerwasser“) und den Versuch mit dem gereinigtem (Salz-)wasser nochmals durchführen. Da die Stängel im gereinigtem Meerwasser immer noch welken, müssen die Kinder einen anderen Grund suchen.

Gießt man eine Pflanze längere Zeit nicht, so werden Blätter und Stängel ebenfalls aufgrund des Wassermangels schlaff. Der sichtbare Effekt ist der gleiche wie im Salzwasser. Im Salzwasser „verdurstet“ die Pflanze, da sie nicht genügend Wasser aufnehmen kann bzw. sogar Wasser verliert.

Vertiefte Informationen:

Verantwortlich für den Wasserverlust der Pflanzen ist die *Osmose*: Sind zwei unterschiedlich konzentrierte Lösungen (z.B. Salzlösungen) durch eine selektiv durchlässige Membran<sup>14</sup> getrennt, kann in diesem Fall das Salz im Gegensatz zum Wasser nicht hindurch. Es findet ein beidseitiger Austausch des Lösungsmittels (Wasser) statt, bis auf beiden Seiten der Membran die gleiche Konzentration vorliegt. Der Konzentrationsunterschied ist dann ausgeglichen.<sup>15</sup>

Die Osmose kann in der Grundschule nicht thematisiert werden, da dafür abstrakte Denktionen notwendig sind und die inhaltlichen Grundlagen fehlen. Die Kinder können aber erkennen, dass nicht angepasste Lebewesen in Salzwasser bzw. bei Aufnahme von Salzwasser sterben. Als Erklärung kann man den Wasserverlust der Lebewesen aufgrund des Salzwassers anführen (Salzwasser entzieht der Pflanze Wasser). Das Lebewesen in Salzwasser „verdurstet“ ist mit Sicherheit schwer verständlich. Der Wasserverlust ist nämlich (z.B. bei den Pflanzen) nicht direkt sichtbar, lediglich der platte Stängel des Löwenzahns in der Salzlösung ist ein Hinweis darauf. Die genaue Betrachtung dieses Phänomens und der Vergleich des „Welkens“ bei Trockenheit und in Salzwasser zeigt den Wasserverlust der Pflanze in Salzwasser auf. Dies kann die Grundlagen für ein späteres Verständnis der Osmose legen.

**Konzepte**

Lebewesen sind an ihren Lebensraum angepasst.

<sup>14</sup> Eine selektiv durchlässige Membran lässt bestimmte Stoffe hindurch bzw. bestimmte Stoffe werden zurückgehalten. Alle Zellmembranen, die Zellen in Lebewesen umgeben, sind selektiv durchlässig.

<sup>15</sup> Die Osmose ist ein sehr grundlegender Prozess, der für viele Phänomene in der Natur verantwortlich ist. Zum Beispiel platzen Kirschen bei Regen, da sie im Innern eine hohe Zuckerkonzentration haben. Wenn es regnet, gelangt Regenwasser auf die Kirschen. Regenwasser hat eine niedrigere Zuckerkonzentration als das Wasser im Innern der Kirsche. Daher strömt Wasser in die Kirschen ein. Irgendwann ist soviel Wasser eingeströmt, dass die Haut der Kirschen platzt.

## Dichte

### Selbstgebautes Aräometer

#### Geräte und Stoffe

- Trinkhalm mit Knick
- Knete (Farbe darf nicht in Wasser löslich sein) oder Fensterkitt
- 3 hohe Gläser (z.B. schmale Blumenvasen oder Spargelgläser)
- Edding
- Wasserproben aus dem Versuch „Wirkung von Salzwasser auf Pflanzen“

#### Durchführung

(siehe auch Labortag „Dichte abschätzen - Ein Aräometer (oder Forschungstaucher) herstellen“)  
Ein Klümpchen Knete wird durchgeknetet, so dass es schön weich ist. Dann wird eine möglichst runde Kugel geformt (Durchmesser bei einem 24 cm langen Strohhalm: ca. 2 cm; Masse der Knetkugel: ca. 5,3g), die auf die lange Seite des Halms gesteckt wird. Man muss darauf achten, dass die Knete fest anliegt, so dass kein Wasser in den Halm gelangen kann. Man prüft, ob das Aräometer in Wasser schwebt, so dass sich die Knetkugel im unteren Drittel befindet. Ggf. muss man die Kugel etwas kleiner oder größer machen. Ein Glas wird randvoll mit Wasser befüllt (dann können Kinder leichter die Markierung zeichnen) und der Halm mit der Knete nach unten hinein gestellt. Mit dem Edding wird die Wasserhöhe auf dem Halm markiert. Das Aräometer ist nun kalibriert.

Nun gibt man das Aräometer in die verschiedenen Wasserproben, beobachtet die Lage der anfänglichen Markierung und markiert mit andersfarbigen, wasserfesten Stiften die jeweiligen Eintauchtiefe.

#### Beobachtung

In der Leitungswasserprobe aus dem Versuch „Wirkung von Salzwasser auf Pflanzen“ stimmt die Markierung mit der Schwimmhöhe überein. In der Meerwasserprobe liegt die Markierung etwas über dem Wasser und bei der gesättigten Salzlösungsprobe liegt die Markierung noch weiter über dem Wasser.

Je höher die Konzentration des Salzes im Wasser ist, desto weniger tief taucht das selbst gebaute Aräometer ein.

#### Erklärung

Die *Dichte* einer Flüssigkeit kann man ganz einfach mit einem Röhrchen messen, das an einem Ende ein Gewicht trägt und damit aufrecht schwimmen kann. In einer Flüssigkeit mit einer niedrigen Dichte sinkt es tiefer ein als in einer Flüssigkeit mit einer hohen Dichte. Die Schwimmhöhe eines Aräometers wird normalerweise mit der in reinem Wasser verglichen, so dass man ein Maß bekommt. Man bezeichnet dies als kalibrieren. In Salzwasser liegt die Marke auf dem Halm über der Wasseroberfläche, da das Salzwasser eine höhere Dichte als Leitungswasser hat. Je höher die Konzentration des Salzwassers ist, desto höher ist die Dichte und desto weniger tief taucht das selbstgebaute Aräometer ein. Dadurch kann man die Wasserproben aus dem Versuch „Wirkung von Salzwasser auf Pflanzen“ unterscheiden.

#### Anmerkung

Es ist recht schwer, genau eine Kugel aus Knete zu formen. Daher kippt das selbstgebaute Aräometer in Wasser leicht um. Durch Ausrichten des oberen Trinkhalmendes am Knick kann dies ausgeglichen werden. Im Übrigen muss man es von der Lerngruppe abhängig machen, ob man den Begriff „Aräometer“ benutzt oder als Alternative z.B. „Forschungstaucher“. Für einige Kinder kann es motivierend sein, einen abstrakten Fachbegriff zu erlernen und aussprechen zu können. Für andere ist der Begriff „Forschungstaucher“ greifbarer, da mit dem Wort direkt die Funktion verknüpft ist.

Der beschriebene Versuch legt den Fokus auf die qualitative Untersuchung bzw. Unterscheidung der Wasserproben („Diese Wasserprobe ist Leitungswasser. Diese Wasserprobe enthält Salz.“)



Meerwasser enthält mehr Salz als Leitungswasser. Die gesättigte Salzlösung enthält mehr Salz als Meerwasser.“). Man kann das Aräometer auch in der Grundschule für halbquantitative Untersuchungen einsetzen („Wie viel Salz ist in dem Wasser gelöst?“). So kann man mit dem Aräometer eine Salzlösung herstellen, die den gleichen Salzgehalt wie das Meerwasser aufweist (siehe Versuch „[Selbstgebautes Aräometer – Herstellung von Meerwasser](#)“).

**Konzepte**

Stoffe haben Eigenschaften (Dichte)

## Dichte

### Selbstgebautes Aräometer – Herstellung von Meerwasser

#### Geräte und Stoffe

- selbstgebautes Aräometer
- Meerwasserprobe
- Meersalz
- Löffel
- 2 hohe Gläser (z.B. schmale Blumenvasen oder Spargelgläser); noch besser sind ein Messbecher oder Messzylinder, damit man das Volumen des Wassers ablesen kann
- wasserfester Stift

#### Durchführung

Mit dem selbstgebauten Aräometer kann man herausfinden, wie viel Salz in einem bestimmten Volumen<sup>16</sup> Meerwasser gelöst ist. Dazu markiert man die Eintauchtiefe des Aräometers in einer Probe Meerwasser. Dann taucht man das Aräometer in einem bestimmten Volumen Leitungswasser und gibt soviel Meersalz hinzu bis die Markierung des Aräometers erreicht ist. Die zugegebene Menge Salz (z.B. in gestrichenen Teelöffeln, abgestrichene Kronkorken etc.<sup>17</sup>) wird notiert und das Wasservolumen wird abgelesen. So kann man zu einer Aussage kommen wie: „In 50 mL Meerwasser sind X gestrichene Teelöffel Meersalz gelöst“.

#### Erklärung

Siehe Versuch „[Dichte – Selbstgebautes Aräometer](#)“.

Das Aräometer weist die gleiche Eintauchtiefe auf, wenn die Dichte der hergestellten Salzlösung und des Originalmeerwassers identisch sind. Dies ist der Fall, wenn die Salzkonzentration in beiden Lösungen gleich ist.

#### Anmerkung

Als Einstieg zu diesem Versuch kann man die Aufgabe stellen, dass man Meerwasser für ein Aquarium herstellen muss. Dies ist z.B. im Wattenmeerhaus oder auch für Heimaquarien notwendig, da man aufgrund der Keime und Verunreinigungen kein Originalmeerwasser benutzt.

Da Meerwasser viele verschiedene Salze enthält, ist es besser, Meersalz zu verwenden und kein Kochsalz (siehe Labortag „Meerwasser herstellen“).

#### Konzepte

Stoffe haben Eigenschaften (Dichte)



<sup>16</sup> Alternative Bezeichnung für Volumen: Raum

<sup>17</sup> Man kann natürlich auch die Masse notieren. Dazu braucht man allerdings eine Waage und Kinder können mit einfachen Größen besser umgehen.



## Wie viel Salz ist in der Nordsee gelöst?

Salzgehalt der Nordsee

### Geräte und Stoffe

- Wasserproben aus dem Versuch „Wirkung von Salzwasser auf Pflanzen“ (Nordseewasser; gesättigte Kochsalzlösung; Leitungswasser)
- leere Teelichtschalen
- schwarze Alufolie
- Heizplatte (Sektdrahtgestell und Teelicht)
- Handschuhe (Topflappen)
- Edding

### Durchführung

Die Teelichtschalen können mit schwarzer Alufolie verkleidet werden, damit man das Salz nach dem Verdampfen des Wassers besser erkennen kann. Man sieht den Effekt aber auch ohne die schwarze Alufolie. Die jeweils gleiche Menge der drei Wasserproben aus dem Versuch „Wirkung von Salzwasser auf Pflanzen“ wird jeweils in eine leere Teelichtschale gegeben. (Also wird eine Schale zur Hälfte mit gesättigter Kochsalzlösung befüllt, eine mit der gleichen Menge Leitungswasser und die letzte ebenfalls mit der gleichen Menge Nordseewasser). Am besten werden die Teelichter z.B. mit einem Edding markiert, damit man sie den eingefüllten Proben zuordnen kann. Das Wasser in den Teelichtschalen wird so lange auf der Heizplatte erwärmt, bis das Wasser verdampft ist. Alternativ können die Teelichtschalen auch auf ein Sektdrahtgestell (siehe Abb.) gestellt werden, unter dem ein Teelicht entzündet wird<sup>18</sup>. Dann sollte man aber nur den Boden der Teelichtschalen mit der jeweiligen Wasserprobe bedecken, da das Verdampfen des Wassers sonst sehr lange dauern kann.



### Beobachtung

In der Teelichtschale mit gesättigter Kochsalzlösung bleibt wesentlich mehr Salz zurück als in der Nordseewasserprobe. In der Schale mit Nordseewasser erkennt man nur einige wenige Salzkristalle. In der Schale mit Leitungswasser beobachtet man keine Kristalle, sondern nur „Ränder“.



### Erklärung

Das Wasser wird gasförmig, wenn es erhitzt wird. Das im Wasser gelöste Salz bleibt zurück. Auf der schwarzen Alufolie kann man die wenigen Salzkristalle erkennen, was in einer glänzenden Teelichtschale schwieriger ist. In der mittleren Nordsee befinden sich ca. 35 g Salz pro Liter. Im Wattenmeer liegt die Konzentration zwischen 29-30 g/L, wobei der Salzgehalt aufgrund von Trockenliegezeit, Sonneneinstrahlung, Wind, Luftfeuchtigkeit usw. bis zu 10% schwanken kann. Diese Konzentrationen sind im Vergleich mit einer gesättigten Kochsalzlösung (360 g/L bei 25°C) sehr gering. Das „Süßwasser“ aus dem Wasserhahn enthält auch Salze. Allerdings ist die Salzkonzentration so gering, dass das Wasser nicht salzig schmeckt. Wasser, das weniger als ein Gramm Salz pro Liter Wasser enthält, wird Süßwasser genannt.



<sup>18</sup> Nach einer Idee nach Obendrauf, V. (2005): Peroxide is suicide bomber's weapon of choice... In: Chemie & Schule 20/2005/3, S. 3.

### Anmerkung

Sollte mehr Zeit zur Verfügung stehen, kann man das Wasser auch langsam auf der Fensterbank verdunsten lassen.



### Konzepte

Stoffgemische können getrennt werden.  
Stoffe bleiben erhalten.  
(Aggregatzustände)



### Salzgewinnung I ...

...in Salinen

#### Geräte und Stoffe

- Glas (200 mL) mit z.B. Meerwasser
- 2 breite Glasschalen (z.B. Weckglasdeckel oder Marmeladenglasdeckel, der mit schwarzer Alufolie verkleidet ist)
- Meerwasser (oder Wasser mit entsprechender Salzkonzentration; 1 Teelöffel = ca. 3,6g pro 100 mL)
- Kochsalz
- Leitungswasser

#### Durchführung

In die Schale wird gereinigtes Meerwasser gefüllt, so dass der Boden gerade bedeckt ist. Dann wird sie an einen warmen Ort, z.B. auf einer Fensterbank in die Sonne oder auf die Heizung gestellt. Am besten legt man eine schwarze Pappe unter.

#### Zusatzversuche:

Dieser Versuch kann auch genauso mit unterschiedlich konzentrierten Kochsalzlösungen durchgeführt werden. Gut geeignet sind Lösungen von 15g, 10g, 5g und 2,5g Kochsalz in jeweils 50 mL Wasser (1 gestrichener Teelöffel entspricht ungefähr 4 g Kochsalz).

#### Beobachtung

Das Wasser in der Schale, die an einem warmen Ort steht, verdunstet. Wenn man die Schalen im Sommer nach draußen stellt, kann man bereits nach einer halben Stunde beobachten, wie das Salz in den höher konzentrierten Lösungen auskristallisiert. Beim Meerwasser dauert es am längsten. Nach einem Tag ist in der Regel das Wasser verdunstet und es bleiben sehr schöne würfelige oder flache quadratische Kochsalzkristalle zurück (siehe Abb. 1).

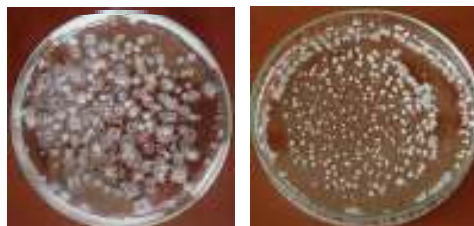


Abb. 1: Kochsalzlösung nach 24 h (links)  
Meersalzlösung nach 24 h (rechts)

#### Erklärung

Durch Energiezufuhr wird das flüssige Wasser gasförmig. Das gelöste Salz hingegen bleibt zurück, so dass es vom Wasser getrennt werden kann.

Je mehr Energie zugeführt wird, desto schneller läuft der Übergang von flüssig zu gasförmig ab. Wenn der Übergang bei Temperaturen unterhalb der *Siedetemperatur* abläuft, spricht man von *Verdunstung*. Je nach Temperatur des Standortes der Schale, verdunstet das Wasser demnach unterschiedlich schnell. In der Sonne kann es schon nach wenigen Stunden verdunstet sein, an kühlen Orten dauert es wesentlich länger. Die Verdunstung wird beschleunigt, wenn man eine schwarze Pappe unterlegt, da sie sich schneller erwärmt als z.B. eine weiße Unterlage. Das Salz aus Meerwasser kann etwas anders als das aus Kochsalzlösung aussehen, da es aus verschiedenen Salzen besteht (siehe Versuch „Herstellung von Meerwasser“ am Labortag).

#### Anmerkung





Abb. 2

Dieser Versuch im Kleinen ist ein Modell für große Salzgewinnungsanlagen. Im Süden Europas, in Spanien, Portugal, Griechenland und Italien, aber auch in vielen anderen Ländern gewinnt man Salz durch Verdunsten von Meerwasser. Man nennt solche Anlagen Salinen. Früher gab es sie sogar auf Wangerooge.

Bei den Meerwassersalinen wird das Meerwasser in flache Buchten geleitet, die durch Erddämme in quadratische oder rechteckige Felder geteilt sind (siehe Abb. 2). Diese Felder nennt man auch Salzgärten.

Wenn genügend Meerwasser in die Salzgärten geflossen ist, schließt man die Zuflüsse in den Dämmen. Das Wasser kann nun im Sommer bei Sonne und Wind verdunsten.

Wenn am Rande der Salzgärten die ersten Salzkristalle erscheinen, zieht der Salzbauer sie mit einem Zieheisen (sieht etwa so aus wie ein Rechen) zu kleinen Haufen zusammen (siehe Abb. 3). Sind die Salzgärten eingetrocknet und ist alles Salz gewonnen, kann man erneut frisches Meerwasser in die Salzgärten einleiten. Häufig wird aber nur einmal im Jahr, im September, das Salz „geerntet“.



Abb. 3



### Konzepte

Stoffgemische können getrennt werden (Verdunsten).  
(Aggregatzustände)

## Salzgewinnung II ...

... durch Gradieren

### Geräte und Stoffe

- flacher Plastikbecher (z.B. Joghurtbecher)
- Teelöffel
- Isolierband
- Holzspieße (z.B. Schaschlikspieße)
- Wäscheklammer oder Blumendraht
- Koch- oder Meersalz
- dunkle Papierservietten
- Lupe
- Leitungswasser

### Durchführung

Ein Holzspieß wird mit einer halben, dunkelfarbigem Papierserviette umhüllt, so dass die Spitze des Spießes frei bleibt (siehe Abb. 1). Die Serviette wird am Spieß mit Isolierband festgeklebt. Unten wird die Serviette aufgefächert, so dass man eine größere Oberfläche hat.

Man löst zwei Teelöffel Salz in dem Plastikbecher voll Wasser (50-60 mL) unter Rühren völlig auf. Nun stellt man den mit der Papierserviette umhüllten Holzspieß gerade in den nur zur Hälfte mit dem Salzwasser gefüllten Becher. Dabei muss man sich eine geeignete Befestigung für den Holzspieß, zum Beispiel mit einer Wäscheklamme, ausdenken. Die ganze Anordnung stellt man an einen warmen, zugigen Ort.



Abb. 1



### Beobachtung

Schon nach kurzer Zeit kann man sehen, wie das Wasser die Papierserviette hoch kriecht. Sieht man nach ein bis zwei Stunden wieder nach, kann man erste weiße, kleine Kristalle auf dem dunklen Papier entdecken und ein Glitzern beobachten. Noch besser sind die Kristalle mit einer Lupe und in hellem Licht zu sehen. Nach einem Tag haben sich viele weiße, meistens glänzende Kristalle auf der Papierserviette gebildet (siehe Abb. 2). Nach zwei bis drei Tagen ist das Papier von einer Art „Salzbaum“ umgeben. Die Salzkristalle lassen sich abkratzen.



Abb. 2



### Erklärung

Das Salzwasser steigt in der Serviette nach oben. Die Serviette hat eine große Oberfläche, auf der das Wasser verdunstet. Dieser Versuchsaufbau beschleunigt somit das Verfahren des ersten Versuches. Das gelöste Kochsalz bleibt zurück, da es auskristallisiert.



### Anmerkung

Salz war in früheren Zeiten ein sehr kostbarer Stoff. In Deutschland gab es aber hier und da stark salzhaltige Quellen, die so genannten Salzsolen. Dort, wo diese Quellen zu Tage traten, entstanden bereits vor über 1.000 Jahren Salinen, in denen die Sole in großen eisernen Pfannen eingedampft wurde, bis das Salz zurückblieb.

Um diese Salinen herum entstanden sehr bald Städte, die häufig „Salz“ in ihrem Namen führten wie Salzburg, Salzwedel, Salzuflen oder auch nach dem alten germanischen Stammwort hall für Salz Halle, Hallstadt, Reichenhall, Schwäbisch Hall usw. benannt wurden. Die ersten deutschen Salinenstädte waren Halle (Saale), Werl und Lüneburg, die vor mehr als 1000 Jahren gegründet wurden. Die Städte, die Salzquellen und Salinen besaßen, kamen schnell zu Ansehen und Reichtum. Lüneburg war eine solche Stadt und den früheren Reichtum sieht man ihr auch heute noch an. Unter der Stadt lagert das Salz in riesigen Salzstöcken. Sie enthalten das Salz, das vor vielen Millionen Jahren in Meeresbuchten eingedunstet war. Quellwasser konnte dieses Salz lösen und trat schließlich als Sole ans Tageslicht. Später als die natürlichen Solequellen nicht mehr ausreichten, hat man Wasser in die Salzstöcke gepumpt; das Salz löste sich im Wasser und dieses kam als Sole wieder an die Oberfläche.

Für das Eindampfen der Sole wurde sehr viel Holz als Brennmaterial verbraucht. So entstand um die Stadt Lüneburg herum, die ihre Saline über 1000 Jahre lang von 956 bis 1980 betrieb, die im 19. Jahrhundert fast waldlose Lüneburger Heide. Das Lösen des Salzes in den Salzstöcken hatte aber noch andere



**Abb. 3: eingestürztes Haus im englischen Salzgebiet von Cheshire**

Folgen: tief unterhalb der Erdoberfläche entstanden Hohlräume, die dann zu Absenkungen des Bodens führten. Dabei erlitten nicht nur Häuser Schäden oder kippten einfach um (siehe Abb. 3), sondern auch die Kirchen waren betroffen. So ist der Turm von St. Johannis in Lüneburg ersichtlich schief. Von den drei anderen Hauptkirchen Lüneburgs St. Michaelis, St. Nikolai und St. Lamberti musste letztere, die der Saline am nächsten lag, sogar abgerissen werden, weil sie einzustürzen drohte.



Um Brennholz zu sparen, hat man ab dem 16. Jahrhundert riesige Gradierwerke (siehe Abb. 4) gebaut. Die Sole lief von oben über Reisig, meist aus Schwarzdorn, von oben herunter und wurde unten wieder aufgefangen und in die Salinen geleitet. Durch die Einwirkung von Wind und Sonne an der großen Oberfläche verdunstet viel Wasser und die Sole wird stark konzentriert. Der Versuch zeigt das Prinzip der Oberflächenvergrößerung im kleinen Maßstab. Heute dienen die Gradierwerke nur noch zu Kurzwecken.



**Abb.4: Gradierwerk**

### Konzepte

Stoffgemische können getrennt werden (Verdunsten).  
(Aggregatzustände)

## Angepasstheit von Lebewesen an die Salzkonzentration im Wattenmeer Mechanismen zur Regulierung des Salzhaushaltes

### B) Tiere

Tiere, die im oder am Meer leben, nehmen mit der Nahrung oder aus der Umgebung salzhaltiges Wasser auf. Wenn nicht angepasste Tiere zu viel Salzwasser aufnehmen, verlieren ihre Körperzellen Wasser. Letztendlich „verdurstet“ sie. Zum Beispiel kann man einen Süßwasserfisch nicht ins Meerwasser setzen. Verantwortlich für den Wasserverlust in den Zellen ist die Osmose<sup>19</sup>: Sind zwei unterschiedlich konzentrierte Lösungen (z.B. Salzlösungen) durch eine selektiv durchlässige Membran<sup>20</sup> getrennt, kann in diesem Fall das Salz im Gegensatz zum Wasser nicht hindurch. Es findet ein beidseitiger Austausch des Lösungsmittels (Wasser) statt, bis auf beiden Seiten der Membran die gleiche Konzentration vorliegt. Der Konzentrationsunterschied ist dann ausgeglichen. Die Flüssigkeit in den Körperzellen hat eine bestimmte Salzkonzentration, sie ist normalerweise geringer als die von Meerwasser. Wird nun die Zellmembran von außen mit salzigerem Wasser umspült, so strömt Wasser aus der Zelle heraus, anstatt hineinzuströmen. Verlieren die Zellen zuviel Wasser, können sie ihre Funktion nicht mehr erfüllen. Bei Tieren findet man sehr unterschiedliche Mechanismen zur Bewältigung dieses Problems. Die Körperflüssigkeit der meisten niederen Meeresorganismen enthält die gleiche Salzkonzentration wie das Meerwasser und passt sich an Schwankungen an. Diese Tiere tolerieren diese Salzkonzentrationen im Körper. Bei Tieren, die eine geringere Salzkonzentration im Körper als Meerwasser aufweisen, findet man verschiedene Strategien zur Vermeidung einer tödlicher Salzkonzentration: Zum Beispiel haben einige Vögel (z.B. die Möwen) Drüsen, mit der sie Salz aktiv ausscheiden können, das sie mit der Nahrung aufgenommen haben. Meeresfische haben in den Kiemen spezielle Vorrichtungen, die das Eindringen des Salzes verhindern. Andere Tiere wie z.B. der Seehund nehmen kein Salzwasser auf. Sie schwitzen nicht und brauchen daher wenig Wasser. Sie decken den Wasserbedarf über ihre Nahrung (z.B. Fische bestehen aus 60-80% Wasser; usw.), die Wasser mit einer geringen Salzkonzentration enthalten. Das (die meisten) Meeresfische kein Salzwasser enthalten kann man geschmacklich testen, indem man sie ohne Marinade kocht bzw. brät und probiert.

Tier	Mechanismus zur Tolerierung der relativ hohen Salzkonzentration im Meerwasser
meisten niederen Organismen	Salzkonzentration im Körper passt sich der Salzkonzentration des Meerwassers an; sie können diese Salzkonzentration vertragen
Möwen	Drüsen am Schnabel zur aktiven Salzausscheidung
meisten Salzwasserfische	Verhinderung des Eindringens von Salz in den Kiemen
Seehunde	keine Salzwasseraufnahme; Deckung des Wasserbedarfs über Nahrung; geringer Wasserverlust, da sie nicht schwitzen

Tab. Überblick über die Angepasstheiten von Tieren an die relativ hohe Salzkonzentration im Meerwasser

Auch überlebende Schiffbrüchige berichten immer wieder davon, dass sie ihren Wasserbedarf zum Teil über selbst gefangene Fische gedeckt haben. Beim Trinken von Meerwasser würden Menschen sterben. Der Grund ist der gleiche wie bei den Pflanzen und Tieren (siehe oben). Die Flüssigkeit menschlicher Zellen hat eine bestimmte Salzkonzentration, die geringer als die von Meerwasser ist. Wird nun die Zellmembran von außen mit salzigerem Wasser (aus dem Blut) umspült, so strömt Wasser aus der Zelle heraus, anstatt hineinzuströmen. Letztlich stirbt der Mensch.

Über die Toleranz von Menschen gegenüber Meerwasser wird in den Medien berichtet und die Nazis haben die Wirkung von Salzwasser auf Menschen in grausamen Versuchen getestet<sup>21</sup>. So bestieg im Juli 1952 der 28-jährige Franzose Alain Bombard in Las Palmas auf Gran Canaria ein Schlauchboot,

<sup>19</sup> Siehe auch Versuch „Wirkung von Salzwasser auf Pflanzen“.

<sup>20</sup> Eine selektiv durchlässige Membran lässt bestimmte Stoffe hindurch bzw. bestimmte Stoffe werden zurückgehalten. Alle Zellmembranen, die Zellen in Lebewesen umgeben, sind selektiv durchlässig.

<sup>21</sup> <http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/0,1518,399702,00.html> (19.06.2006)



setzte Segel und ließ sich über den Atlantik treiben, um sich nur von Salzwasser und Meerestieren zu ernähren. Die Meinungen über die unglaubliche, erfolgreiche (?) Leistung waren sehr unterschiedlich<sup>22</sup>. In der Literatur wird ebenfalls immer wieder über Schiffbrüchige geschrieben<sup>23</sup>. Diese Geschichten und Berichte eignen sich sehr gut für einen Einstieg, der zu weiteren Überlegungen und Experimenten führen kann. Mit dem Wissen über Trennverfahren und Aggregatzustände können Kinder selber überlegen, wie man auf hoher See Trinkwasser aus Meerwasser gewinnen kann. Selbst erarbeitete Varianten können im Versuch ausprobiert werden, ein Vorschlag zum Demonstrieren oder Nachmachen bietet der Versuch „Gewinnung von Trinkwasser“. Von diesem Versuch ausgehend kann man eine Reihe von technischen Anwendungen betrachten, in denen das gleiche Prinzip in immer größeren Maßstäben angewendet wird. Man kann zunächst Trinkwassergewinnungsanlagen auf Rettungsbojen anschauen, um dann zu großtechnischen Trinkwassergewinnungsanlagen<sup>24</sup> in ariden Gebieten zu kommen. Tiere können diese Möglichkeit nicht nutzen, so dass hier die besondere Bedeutung und Entwicklungsfähigkeit der Naturwissenschaften bzw. der Technik herausgestellt werden kann.

---

<sup>22</sup> <http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/0,1518,399702,00.html> (19.06.2006)

<sup>23</sup> Martel, Y. (2004): Schiffbruch mit Tiger. 10. Auflage. Frankfurt: Fischer.

<sup>24</sup> Weitere Informationen über das Prinzip großtechnischer, solarer Meerwasserentsalzungsanlagen und Bilder von realen Anlagen unter <http://www.rdsolar.de/> (16.06.2006).

## Trinkwassergewinnung am Strand

### Geräte und Stoffe

- 2 große Schalen (Glas/Plastik/Metall, z.B. DanishCookies Dosen)
- 2 kleine Gläser oder Marmeladendeckel
- Frischhaltefolie
- Klebeband/Gummiband
- 2 Steine
- weißer Sand oder Blumenerde
- Meerwasser

### Durchführung

Zunächst wird der Sand mit Meerwasser befeuchtet, so dass er schön feucht ist. Die Schale wird bis zur Hälfte mit Sand gefüllt. In der Mitte gräbt man ein Loch, so dass das Glas sicher hineingestellt werden kann (siehe Abb. 1).

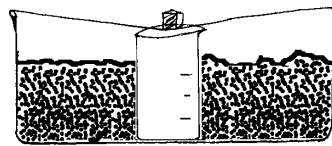


Abb. 1

Man kann auch einen Marmeladendeckel auf die Oberfläche legen. Die Plastikfolie wird so über die Glasschale gespannt, dass sie nicht ganz straff ist, aber auch nicht auf dem Boden oder dem Glas aufliegt. Anschließend wird die Folie mit einem Gummiband an der Schale befestigt. Der Stein wird in die Mitte der Folie über das Glas gelegt. Falls keine Tropfen in das Glas fallen, muss die Folie evtl. steiler gespannt werden.

Die Schale wird an einen möglichst warmen, sonnigen Ort gestellt. In bestimmten Abständen sollen die Beobachtungen aufgeschrieben werden. Parallel wird derselbe Versuch ohne Sand durchgeführt.

### Beobachtung

Nach kurzer Zeit bilden sich kleine Wassertröpfchen an der Frischhaltefolie, die nach und nach zu größeren Tropfen wachsen. Sie wandern zur Mitte der Folie und tropfen unter dem Stein in das Glas bzw. den Deckel. Dort sammelt sich mit der Zeit mehr und mehr Wasser. Beim Parallelversuch mit Wasser beobachtet man dieselben Phänomene. Es sammelt sich aber in der gleichen Zeit etwas weniger Wasser im Glas bzw. Deckel.

### Erklärung

Durch *Verdunstung* des Wassers aus dem feuchten Sand und *Kondensation* an der Folie kann reines Wasser gewonnen werden. Das Gewicht des Steins bewirkt, dass das Wasser aufgrund der Erdanziehungskraft zur tiefsten Stelle der Folie fließt. Wenn der Tropfen zu „schwer“ wird, fällt er in das Glas. Die Oberfläche, von der das Wasser verdunsten kann, wird durch Sand vergrößert. Deshalb sammelt sich hier in derselben Zeit mehr Wasser als beim Parallelversuch. Wenn man schwarze Erde verwendet kommt noch der Effekt hinzu, dass sich schwarze Flächen durch Sonneneinstrahlung schneller erwärmen.

Die Verdunstungsgeschwindigkeit ist stark von der Umgebungswärme abhängig. In der prallen Sonne bei hohen Temperaturen bilden sich schneller Kondenstropfen und es sammelt sich in kürzerer Zeit mehr Wasser in dem Glas.

Man erhält im Glas bzw. auf dem Deckel reines Wasser (destilliertes Wasser), das kein Salz und keine anderen Verunreinigungen mehr enthält. Zur Überprüfung kann man das Wasser verdampfen und auf Rückstände überprüfen (siehe Versuch „Wasser erstarren – Anmerkung“ oder „Reinigung von Meerwasser – Verdunsten und Verdampfen“: man kann auch gleich



eine leere Teelichtaluschale als Auffangbehälter verwenden, allerdings muss sich dann der tiefste Punkt der Folie genau über der relativ kleinen Öffnung befinden). Lassen sich keine Rückstände beobachten, sind keine Salze im Wasser gelöst gewesen.

### Anmerkung

Das hier demonstrierte Prinzip wird auch auf Rettungsinseln verwendet. In einer Rettungsinsel ist nämlich pro Person nur  $\frac{1}{2}$  Liter Trinkwasser beige packt - das reicht gerade einmal für den ersten Tag, solange der Körper noch Reserven hat. In den Tropen, aber auch schon im Mittelmeer braucht der Körper dagegen wesentlich mehr Wasser. Zur autarken Wassergewinnung werden von Militärfliegern und Expeditionen seit Jahren solare Wassermacher (z.B. SolarStill Solar-Wassermacher) verwendet.

Dieser auch von der NATO zugelassene aufblasbare Wassermacher arbeitet über die durch Sonneneinstrahlung erzeugte Wärme, die das im Gerät befindliche Wasser verdunsten lässt. Das Gerät ist mit einem schwarzen Boden ausgestattet, da sich dieser schneller erwärmt und das Wasser schneller verdunstet (siehe Abb. 2).

Der Wasserdampf kondensiert auf der Außenhülle und wird in einen separaten Behälter geleitet. Dort kann man bis zu zwei Liter täglich erzeugtes Trinkwasser entnehmen. Durch die schwimmfähige Konstruktion kann das Gerät auf See eingesetzt werden, ist jedoch auch an Land oder auf dem Schiff mit der zu destillierenden Flüssigkeit zu befüllen. Im Notfall, z.B. in der Wüste, auch mit den eigenen Körperflüssigkeiten.<sup>25</sup>



Abb. 2<sup>26</sup>

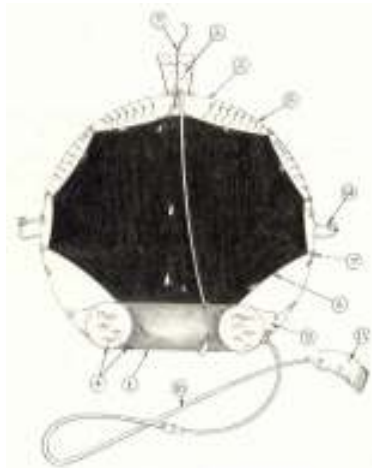


Abb. 3

Als Einstieg zum Thema Trinkwassergewinnung bieten sich unterschiedliche Geschichten an. So zum Beispiel wird immer wieder über Schiffbrüchige geschrieben<sup>27</sup>, die auf Rettungsinseln Apparaturen zur Wassergewinnung aus Meerwasser benutzen. Eine andere Möglichkeit bieten autobiografische Berichte von Schiffbrüchigen<sup>28</sup>, in denen sogar Zeichnungen von unterschiedlichen (selbstgebauten) Wassergewinnungsgeräten auftauchen (siehe Abb. 3), da diese entscheidend zum Überleben beigetragen haben.

### Konzepte

Aggregatzustände  
Stoffgemische können getrennt werden.  
Stoffe bleiben erhalten.

<sup>25</sup> Quelle: [http://www.shipshop.de/BlueWater/Wasser\\_\\_\\_/SolarStill/solarstill.html](http://www.shipshop.de/BlueWater/Wasser___/SolarStill/solarstill.html) (20.06.2006)

<sup>26</sup> Quelle: [http://www.shipshop.de/BlueWater/Wasser\\_\\_\\_/SolarStill/solarstill.html](http://www.shipshop.de/BlueWater/Wasser___/SolarStill/solarstill.html) (20.06.2006)

<sup>27</sup> Martel, Y. (2004): Schiffbruch mit Tiger. 10. Auflage. Frankfurt: Fischer.

<sup>28</sup> Callahan, S. (1987): Im Atlantik verschollen. Der 76tägige Überlebenskampf eines schiffbrüchigen Seglers. 2. Auflage. Zürich: Schweizer Verlagshaus.



### Angepasstheit von Lebewesen im Wattenmeer Ernährungstypen der Wattorganismen

Den Organismen des Wattenmeeres steht ein reichhaltiges und vielfältiges Nahrungsangebot zur Verfügung. Wenn man allerdings die Verteilung der Nahrungsquellen betrachtet, so können von den nicht räuberisch lebenden Bodenorganismen nur zwei Nahrungsquellen genutzt werden: die im Wasserkörper schwebenden organischen<sup>29</sup> Partikel (z.B. das Plankton = frei im Wasser schwebende Mikroorganismen) und das organische Bodenmaterial (z.B. abgestorbene Organismen). Zur Aufnahme und Anreicherung der Nahrung besitzen die Wattorganismen „Techniken“, durch die sie bestimmten Ernährungstypen zugeordnet werden können (siehe Tab. 1). Die Ernährungstypen ergeben sich durch die Beschaffenheit der Nahrung und die Art ihrer Aufnahme und weniger aus ihrer biologischen Verwandtschaft.

Filterierer	Die Filterierer erzeugen einen Wasserstrom durch eine Filtriervorrichtung (z.B. Kiemen), in der die Partikel des Wassers hängen bleiben.	Alle Wattmuscheln (auch Pfeffer- und Plattmuschel); am effektivsten: Miesmuschel, Herzmuschel
Pipettierer	Die Pipettierer saugen mit einem dehnungsfähigen Rohr (Siphon) wie Staubsauger Sinkstoffe und Algen von der Wattoberfläche ab. Der Sandstrom wird von Flimmerhärchen der Kiemen erzeugt. Die Partikel des eingesaugten Wassers werden wie bei den Filterierern im Innern abgetrennt.	Pfeffermuschel; Plattmuschel
Reusenfänger	Reusenfänger fangen mit Hilfe netzförmiger Fangvorrichtungen Plankton und Schwebstoffe aus dem freien Wasser heraus. Sie können nur bei Wasserbedeckung Nahrung aufnehmen.	Seepocke; Bäumchenröhrenwurm
Substratfresser („Sandfresser“)	Die Sandfresser nehmen Wattboden auf, um darin befindliche Nahrungsteile zu verdauen. Nutzen teilweise auch das Filtrierprinzip.	Pierwurm („Wattwurm“); Seeringelwurm; Schlickkrebs
Weidegänger	Die Weidegänger sind beweglich. Sie wandern auf der Wattoberfläche umher und grasen die Oberflächen ab.	Strandschnecke; Wattschnecke
Räuber	Die Räuber fressen alle Tiere, die sie überwältigen können.	Strandkrabbe; Garnele

Tab. 1: Ernährungstypen der Wattorganismen

Nicht nur Bodentiere des Wattenmeeres können diesem Schema zugeordnet werden, sondern auch andere Wirbeltiere des freien Wassers oder des Landes. Zum Beispiel nutzen Bartenwale ebenfalls das Prinzip des Filtrierens. Sie nehmen eine große Menge Wasser in ihr Maul auf, schließen ihren Kiefer und drücken das Wasser mit der Zunge durch ihre Barten (siehe Abb. 1<sup>30</sup>), die wie ein Filter das Plankton und Kleintiere zurückhalten. Diese können dann problemlos verschluckt werden. Andere Weisen, wie die Barten eingesetzt werden, sind das Schwimmen mit offenem Maul (beispielsweise Gattwale) oder Filtern des Meeresbodens (Grauwal).

Viele Vögel haben ihren Schnabel zum so genannten Seihnschnabel (aus dem Altdeutschen „seihen“ = Sieben) mit spezieller Kolbenzunge umgewandelt. Die Schnabelränder tragen dabei borstenartige Verlängerungen ähnlich dem Seihapparat



Abb. 1: Barte eines Wales

<sup>29</sup> Alle Stoffe der „belebten“ Natur. Lebewesen oder aus toten Lebewesen entstandene Rückstände.

<sup>30</sup> Dieses Bild basiert auf dem Bild [Wal\\_Barte.jpg](#) aus der Enzyklopädie Wikipedia und steht unter der GNU-Lizenz für freie Dokumentation. Der Urheber des Bildes ist Deniss.

der Bartenwale, um so Partikel aus dem Wasser zu seihen. Brandgänse, Löffelenten und Stockenten haben einen Seihschnabel. Die Brandgans z.B. nimmt aus der obersten Schicht des Bodens den feinen Schlack auf, aus dem sie mit ihrem Seihapparat die Nahrungstiere herauszufiltern vermag.

Der Säbelschnäbler hat einen nach oben gebogenen Schnabel, mit dem er durch die obersten Bodenschicht hin- und herschwenkt („mähen“). Wenn er dabei an ein Tier stößt, frisst er es auf, was dem Prinzip des Siebens ähnelt, aber nicht exakt übereinstimmt.

Im Folgenden werden zwei Tierarten des Wattbodens näher beschrieben, deren Ernährungsprinzipien sich gut im Original beobachten lassen und die sich auch in den Naturwissenschaften bzw. der Technik wieder finden.

#### Miesmuschel (siehe Versuch „Filtration von Miesmuscheln“)

Die Miesmuschel (siehe Abb. 2<sup>31</sup>) ist eine der effektivsten Filtrierer. Die Miesmuscheln des Wattenmeeres filtern in Sommermonaten das gesamte Wattenmeerwasser alle 10 bis 30 Tage! Eine drei Zentimeter lange Miesmuschel filtert pro Stunde einen Liter Wasser.

Miesmuscheln leben an der Wattoberfläche und öffnen nur bei Überflutung die Schalenklappen. Durch Flimmerhärchen auf der Kiemenoberfläche erzeugt die Muschel einen Wassereinstrom. Im Innern der Muschel durchströmt das Meerwasser große Kiemen. Einerseits nehmen die Muscheln hier Sauerstoff auf, andererseits werden hier Nahrungspartikel herausfiltriert. Die im Wasser enthaltenen

Partikel (z.B. Plankton, Sedimentpartikel) werden durch die Flimmerhärchen der Kiemen zurückgehalten. Dabei werden Partikel mit einem Durchmesser von 1-100  $\mu\text{m}$  ( $1\mu\text{m} = 0,001\text{ mm}$ ) aus dem Wasserstrom herausgefiltert und zur Mundöffnung transportiert. Hier erfolgt wie bereits an den Fransen der Einstromöffnung ein Sortieren: Anorganische<sup>32</sup> Partikel (z.B. Sedimentpartikel), zu sperrige Partikel oder eventuell überschüssige Nahrung werden eingeschleimt und als Scheinkot („Pseudofaeces“) an einer Seite der Einstromöffnung abgegeben. Das Plankton gelangt zur Mundöffnung und dient als Nahrung für die Miesmuschel.

Alle anderen Muscheln des Wattenmeeres nutzen die Methode des Filtrierens. Sie leben allerdings im Wattboden. Daher besitzen sie einen mehr oder weniger langen, dehnbaren Schlauch (Siphon; gr. siphon = „Wasserrohr“), dessen Öffnung an die Wattoberfläche geführt wird, so dass Meerwasser eingestrudelt werden kann.



Abb. 2: Miesmuschel

<sup>31</sup> Dieses Bild basiert auf dem Bild [Miesmuscheln\\_Mytilus\\_1.jpg](#) aus der freien Mediendatenbank Commons und steht unter der [Creative Commons Attribution ShareAlike 2.0](#). Der Urheber des Bildes ist Darkone.

<sup>32</sup> Alle Stoffe der „unbelebten“ Natur.

Seepocken (siehe Versuch „Nahrungserwerb der Seepocke“)

Auf Muschelschalen (insbesondere auf der Miesmuschel), Schnecken, Steinen, Holz, Schiffsrümpfen usw. findet man oft zahlreiche kleine weißlich graue Kegel (siehe Abb.333). Zunächst sehen sie nicht nach Tieren aus. Tatsächlich handelt es sich dabei um festsitzende Krebse, die mit dem Untergrund verwachsen sind: die Seepocken. Aus Eiern der Seepocken schlüpfen Larven, die im Wasser schweben (und in dieser Zeit zum Plankton gehören). Wenn sie ein gewisses Alter erreicht haben, suchen sie ein hartes Substrat und wachsen dort mit dem Vorderkopf fest. Die folgende Verwandlung zur Seepocke ist mit der Ausbildung von sechs Kalkplatten verbunden, die den Körper kegelförmig umgeben. Zwei weitere Kalkplattenpaare bilden einen Deckel, der die Öffnung des Kegels verschließen kann. Werden sie gestört oder fallen sie trocken, so verschließen sie diese Öffnung fest mit diesem Deckel.



Abb. 3: Seepocken

Seepocken haben sechs umgestaltete Beinpaare, die ihre ursprüngliche Funktion verloren haben. Die Beine bilden einen stark verzweigte Fächer, der zur Erzeugung eines Wassereinstroms genutzt wird. Mit jedem Schlag wird das umgebende Wasser in Bewegung gesetzt. Die langsame Entfaltungsbewegung der Beine ist ohne nennenswerten Einfluss. Die schnelle, kräftige Einholbewegung treibt jedoch das Wasser über das Gehäuse der Seepocke hinweg. Durch die Entfaltung der fein verästelten Beine entsteht eine Fangreuse, so dass Partikel darin zurückbleiben. Dabei werden noch Partikel von 1  $\mu\text{m}$  (= 0,001 mm) Durchmesser aus dem Wasser gefiltert. Die Partikel werden in der Höhle der Seepocke abgestreift und dem kegelförmigen Mund zugeleitet. Neben dem Nahrungserwerb dient das Schlagen der Beine und der resultierende Wasserstrom wie bei der Miesmuschel ebenfalls der Sauerstoffversorgung der Seepocke.

Ein anderer Reusenfänger ist der Bäumchenröhrenwurm. Ihm dient sein gebauter Kegel als Reuse (nähere Informationen siehe „Umlagerung des Wattbodens“). Da die baumartig verzweigten Spitzen fast immer quer zur Hauptströmungsrichtung des Wassers liegen, verfangen sich darin im Wasser schwebende Mikroorganismen oder organische Partikel. Der Wurm sammelt dann mit seinen klebrigen Tentakeln diese Partikel ab.

Quellen:

- Thies, M. (19 85): Biologie des Wattenmeeres. Köln: Aulis Verlag Deubner & Co KG.
- Meyer, H.U.; Twenhöven, F.L.; Kock, K. (1994): Lebensraum Wattenmeer. Wiesbaden: Quelle und Meyer Verlag.

---

<sup>33</sup> Dieses Bild basiert auf dem Bild Seepocke\_fg02.jpg aus der freien Mediendatenbank Commons und steht unter der Creative Commons Attribution ShareAlike 2.5 Der Urheber des Bildes ist Fritz Geller-Grimm.

## Vergleich von Trennverfahren in der Chemie und Ernährungstypen der Wattorganismen

Wenn man Ernährungstypen bei Wattorganismen betrachtet, findet man überraschend ähnliche Prinzipien wie bei den Trennverfahren in der Chemie und Technik. So können z.B. bei der Trinkwassergewinnung verschiedene Trennverfahren eingesetzt werden, um aus Meerwasser Trinkwasser zu erhalten. Dabei ist das Ziel, die „Schmutzpartikel“ aus dem Wasser zu entfernen, um reines Wasser zu erhalten. Umso überraschender ist es für Kinder, wenn einige Tiere „freiwillig“ trübes Meerwasser einstrudeln. Ausgehend von diesem Phänomen kann zunächst nach Gründen für diesen Unterschied gesucht werden. Da die „Schmutzpartikel“ auch aus Mikroorganismen bestehen, die die Nahrungsgrundlage für viele andere Tiere des Wattenmeeres stellen, kann für die Kinder eine überraschende Erkenntnis sein. Dabei kann deutlich gemacht werden, dass es kein „gut“ und kein „schlecht“ gibt: Die Menschen nutzen in diesem Fall Trennverfahren, um reines Wasser zu erhalten, die Tiere hingegen nutzen dieselben Trennverfahren, um Mikroorganismen und Nahrungspartikel vom Wasser abtrennen und fressen zu können. Besonders interessant ist die Gegenüberstellung bzw. das Wiedererkennen gleicher Trennprinzipien in völlig unterschiedlichen Kontexten mit unterschiedlichen Zielen. Beim Thema Wattenmeer sind das im Wesentlichen die Trennverfahren des Siebens und des Filtrierens.

Trennverfahren	Anwendung bei einigen Tieren im Kontext „Wattenmeer“	naturwissenschaftliche Anwendung im Kontext „Wattenmeer“
Filtrieren	Miesmuschel Seepocke Bäumchenröhrenwurm Bartenwale verschieden Vögel z.B. Brandgans	Reinigung von Meerwasser
Sieben	Säbelschnäbler	Reinigung von Meerwasser Krabbenfang (siehe <a href="#">Versuch</a> )

## Filtration von Miesmuscheln

### Beobachtung des Wassereinstroms

#### Geräte und Stoffe

- Glas
- evtl. Lampe
- Spritze (oder Pipette von Nasen-/Augentropfen)
- frische, mehrere Zentimeter lange Miesmuschel (z.B. vom Markt/Restaurant)
- frisches, klares Meerwasser
- Schlicksuspension

#### Durchführung

##### Herstellung der Schlicksuspension:

Etwa 100 mL feiner Schlick wird in einem Liter Wasser durch Schütteln gut verteilt. War die Schlickprobe feinkörnig genug, so ist der Überstand nach 10 Minuten noch sehr trübe, kann dekantiert und als Suspension verwendet werden.

Ein Glas wird mit Meerwasser gefüllt und eine Miesmuschel wird in das Seewasser gesetzt. Man wartet, bis sie die Schalenklappen geöffnet hat. Eine Lampe wird hinter das Glas gestellt. Dann wird die vorbereitete Suspension in die Nähe der Schalenöffnung am Hinterende der Muschel eingetrofft.



#### Beobachtung

Bereits bei der geöffneten Muschel ist evtl. die von ihr erzeugte Wasserströmung an der Bewegung feiner Partikel sichtbar. Bei Zugabe der Suspension ist im Gegenlicht die erzeugte Strömung des Wassers aufgrund des Partikelstroms besonders deutlich, so dass man die Einstrom- und Ausströmöffnung lokalisieren kann. Das trübe einströmende Wasser ist deutlich vom klaren ausströmenden Wasser zu unterscheiden. Bei längerer Beobachtungsdauer kann auch die Abgabe des Scheinkots (Pseudofaeces) beobachtet werden.



#### Erklärung

Durch Flimmerhärchen auf der Kiemenoberfläche erzeugt die Miesmuschel einen Wasserstrom. Im Innern der Muschel durchströmt das Meerwasser große Kiemen. Die im Wasser enthaltenen Partikel (z.B. Plankton, Sedimentpartikel) werden durch die Flimmerhärchen der Kiemen zurückgehalten, so dass das Wasser beim Ausströmen klar ist. Dabei werden Partikel mit einem Durchmesser von 1-100  $\mu\text{m}$  ( $1\mu\text{m} = 0,001\text{ mm}$ ) aus dem Wasserstrom herausgefiltert und zur Mundöffnung transportiert. Hier erfolgt wie bereits an den Fransen der Einstromöffnung ein Sortieren: Anorganische Partikel (z.B. Sedimentpartikel), zu sperrige Partikel oder eventuell überschüssige Nahrung werden eingeschleimt und als Scheinkot (Pseudofaeces) an einer Seite der Einstromöffnung abgegeben. Das Plankton gelangt zur Mundöffnung und dient als Nahrung für die Miesmuschel.



### Anmerkung

Man kann den inneren Aufbau einer Miesmuschel, die Bewegungen der Flimmerhärchen und den Transport der Partikel auf den Kiemen an geöffneten Miesmuscheln sehr schön beobachten. Auf die Durchführung wird hier verzichtet, da eine Miesmuschel mit geöffneter Schale im Wattenmeer eine leichte Beute für andere Tiere ist. Man kann dies aber sehr schön an einem Film<sup>34</sup> beobachten.



### Konzepte

Stoffgemische können getrennt werden (Filtration).  
Lebewesen sind an ihren Lebensraum angepasst.

---

<sup>34</sup> [http://www.uni-duesseldorf.de/WWW/MathNat/Biologie/Didaktik/Wattenmeer/4\\_tiere/filme/miesmuschel.mov](http://www.uni-duesseldorf.de/WWW/MathNat/Biologie/Didaktik/Wattenmeer/4_tiere/filme/miesmuschel.mov) (16.06.2006)



## Nahrungserwerb der Seepocke

### Beobachtung der Schlagtätigkeit der Beine

#### Geräte und Stoffe

- Glas
- evtl. Lampe
- Spritze (oder Pipette von Nasen-/Augentropfen)
- Seepocken z.B. auf Miesmuscheln, Steinen etc.
- frisches, klares Meerwasser
- Schlicksuspension (Herstellung siehe Versuch „Filtration von Miesmuscheln“)

#### Durchführung

Am besten setzt man die Seepocken vor dem Versuch ohne zusätzliche Nahrung einige Stunden in belüftetes, klares Meerwasser. Zur Beobachtung wird die Belüftung ausgestellt und eine Lampe hinter das Glas gestellt. Ein wenig von der Schlicksuspension wird in die Nähe der Seepocken gespritzt.

Man kann auch die Schlagzahl der Beine pro Minute zählen.

#### Beobachtung

Die Seepocken öffnen sich und man kann die Schlagbewegung der Beine beobachten. Durch die Schlicksuspension wird die Richtung des Wasserstroms sichtbar. Wenn sie vor Zugabe der Schlicksuspension schon geschlagen haben, erhöht sich die Schlagzahl in der Regel nach der Zugabe.

#### Erklärung

Seepocken nutzen ihre 6 umgestalteten Beinpaare zur Erzeugung eines Wassereinstroms. Mit jedem Schlag wird das umgebende Wasser in Bewegung gesetzt. Die langsame Entfaltungsbewegung der Beine ist ohne nennenswerten Einfluss. Die schnelle, kräftige Einholbewegung treibt jedoch das Wasser über das Gehäuse der Seepocke hinweg. Durch die Entfaltung der fein verästelten Beine entsteht eine Fangreuse, so dass Partikel darin zurückbleiben. Dabei werden noch Partikel von  $1\ \mu\text{m}$  (= 0,001 mm) Durchmesser aus dem Wasser filtriert. Die Partikel werden in der Höhle der Seepocke abgestreift und dem kegelförmigen Mund zugeleitet.

Seepocken haben je nach Nahrungs- und Sauerstoffangebot eine veränderte Beinschlagrate. Sie variiert in der Regel zwischen 20 bis 60 Beinschlägen pro Minute. Ist das Nahrungsangebot verbessert (z.B. durch die Schlicksuspension) erhöhen die Seepocken ihre Schlagfrequenz.

#### Anmerkung

Bei Betrachtung der Reusenbeine denkt man zunächst eher an ein Netz, mit dem das Wasser gesiebt wird. Allerdings ist dieses „Netz“ so engmaschig, dass die Größe der zurückbleibenden Partikel im technischen Vergleich nur mit Filtern abgetrennt werden kann. Daher sollte man diese Form des Nahrungserwerbs mit dem Filtrieren und nicht mit dem Sieben vergleichen, so dass noch einmal beide Trennverfahren gegenübergestellt werden können.

Man kann diesen Versuch leicht selber durchführen. Es gibt aber auch Filme<sup>35</sup>, die das Schlagen der Beinpaare zeigen. Allerdings sollte die Originalbeobachtung immer dem Film vorgezogen werden, wenn es irgendwie möglich ist.

#### Konzepte

Stoffgemische können getrennt werden (Filtration).  
Lebewesen sind an ihren Lebensraum angepasst.



<sup>35</sup> [http://www.uni-duesseldorf.de/WWW/MathNat/Biologie/Didaktik/Wattenmeer/4\\_tiere/filme/seepocken.mov](http://www.uni-duesseldorf.de/WWW/MathNat/Biologie/Didaktik/Wattenmeer/4_tiere/filme/seepocken.mov)  
(16.06.2006)

## Krabbenfang

### Nutzung des Siebverfahrens

#### Geräte und Stoffe

- Netze oder Siebplatten mit unterschiedlichen Maschenweiten
- Holzkugeln mit unterschiedlichem Durchmesser, Gardinenringe, Kronkorken etc.
- Schale (zum Auffangen der Kugeln)

#### Durchführung

##### Herstellung der Siebplatten:

Man baut zwei identische Holzrahmen. Auf den einen wird Maschendraht mit einer bestimmten Maschenweite genagelt. Der zweite Holzrahmen wird oben auf genagelt. Man stellt mehrere Siebplatten mit unterschiedlichen Maschendrahten her. Die kleinste Maschenweite sollte so gewählt werden, dass die Kugeln mit dem geringsten Durchmesser durchfallen.

Die verschiedenen Netze bzw. Siebplatten werden übereinander gelegt. Dann wird ein Gemisch der Holzkugeln, Kronkorken, Gardinenringe usw. auf die Netze gegeben und leicht geschüttelt. Eine untergestellte Schale dient zum Auffangen der Kugeln.



#### Beobachtung

Die Gardinenringe, Kronkorken und Holzkugeln mit unterschiedlichem Durchmesser werden in verschiedenen Siebplatten zurückgehalten. Die kleinsten Kugeln fallen durch alle Siebe hindurch in die Schale.



#### Erklärung

Die Gegenstände werden jeweils in den Siebplatten zurückgehalten, deren Maschenweite kleiner als der Durchmesser der Gegenstände ist. So kann man ein Gemisch von Gardinenringen, Kronkorken, Holzkugeln usw. mit unterschiedlichem Durchmesser voneinander trennen.



#### Anmerkung

Dieses Prinzip wird beim Krabbenfang eingesetzt. Das Netz mit dem Fang wird auf Schüttelsiebe gegeben, die unterschiedliche Maschenweiten haben. Die Siebe bewegen sich automatisch hin und her, so dass die kleinen Krabben durch die Maschen fallen. Größere Fische hingegen verbleiben auf den Sieben, so dass sie wieder zurück ins Meer gegeben werden können.



#### Konzepte

Stoffgemische können getrennt werden (Sieben).



## Umlagerung des Wattbodens

Ebbe und Flut bilden eine Gezeit oder Tide. Gezeiten entstehen unter dem Einfluss der Anziehungskraft des Mondes und der Sonne. Mit den Tiden werden aber nicht nur Wassermassen über den Wattboden hinwegbefördert, sondern aufgrund der hohen Strömungsgeschwindigkeiten ist auch der Partikeltransport der Gezeiten groß<sup>36</sup>. In Bereichen mit hoher Strömungsgeschwindigkeit werden Partikel vermehrt abgetragen (Erosion lat.: *erodere* = abnagen), in Bereichen mit niedriger Strömungsgeschwindigkeit werden Partikel vermehrt abgelagert (Sedimentation). Ein Teil der von den Gezeiten mitgeführten Partikel wird daher auf den Wattflächen abgelagert (siehe [Versuch „Entstehung von Watt – Modellversuch I“](#)). Für die Ablagerung der Sedimente im Wattenmeer gilt allgemein, dass grobkörnige Partikel mehr seeseitig sedimentieren und das feinkörnige Partikel weiter an die Küste herangetragen und hier in Nähe der Hochwasserlinie beim Kentern der Flut abgelagert werden (siehe [Versuch „Sedimentation – Unterschiede bei Schlick- und Sandwatt“](#) und [„Bunte Schichten herstellen – Fraktionierte Sedimentation“](#)). Aus diesem Grund findet man im Wattenmeer Bodenflächen mit unterschiedlichen Korngrößen und unterschiedlichen Eigenschaften, so dass man verschiedene „Wattarten“ klassifizieren kann.

Das Sandwatt besteht hauptsächlich aus Partikeln, die eine Korngröße zwischen 0,2 mm – 0,06 mm Durchmesser haben. Man findet Sandwatt vermehrt in Seenähe an der Niedrigwasserlinie und am Rande großer Priele. Es hat eine gut begehbare Oberfläche mit oft deutlich wellenförmiger Struktur (sog. Rippeln), die durch Strömung und Wellengang entstehen.

Das Schlickwatt hingegen setzt sich eher aus kleineren Partikeln (Korngrößen unter 0,06 mm) zusammen. Man findet es eher in Küstennähe, da die kleinen Partikel langsamer sedimentieren und sich erst in ruhigeren Zonen ablagern (vgl. [Versuch „Sedimentation – Unterschiede bei Schlick- und Sandwatt“](#)). Das Schlickwatt hat meist eine glatte, glänzende Oberfläche, in die man leicht einsinkt. Zwischen Sand- und Schlickwatt breiten sich verschiedene Formen von Mischwatt aus. Die Übergänge sind dabei fließend.

Die Ablagerung von im Meerwasser mitgeführten Partikeln vollzieht sich am besten in Bereichen, in denen die Wasserbewegung reduziert wird. An der küstennahen Seite von Inseln lagern sich daher viel Partikel ab (siehe [Versuch „Entstehung von Watt – Modellversuch II“](#)). Die vorgelagerten Inseln und Sandbänke bilden einen Schutz für das Watt zwischen Festland und Inseln. Fehlten diese Wellenbrecher, so würde das entstandene Sediment leicht wieder abgetragen werden, da die Strömung dann stärker wäre.

Aber auch kleine Hindernisse im Wasser oder an der Hochwasserlinie fördern die „Aufschlickung“ durch Sedimentation. Insbesondere die Salzwiesen werden täglich bei Hochwasser überschwemmt. Zwischen den Pflanzen nimmt die Strömung des Wassers ab und die mitgeführten Partikel sedimentieren. Daher wird eine Salzwiese mit der Zeit immer höher. Pflanzen, die an die Bedingungen des Wattenmeeres angepasst sind (siehe [„Angepasstheit von Lebewesen - Pflanzen“](#)), haben somit eine wichtige Bedeutung.

Gegen Ende des 19. Jahrhunderts gingen Küstenbewohner dazu über, die natürliche Sedimentation künstlich zu beschleunigen. Sie hatten die Prinzipien von Erosion und Sedimentation verstanden: So zielten die Maßnahmen vor allem darauf ab, die Stillwasserzeiten und -räume zu vergrößern. Zur Beruhigung der Wasserbewegung legte man Lahnungen an (siehe [Versuch „Entstehung von Watt – Modellversuch II“](#)). Sie dienen heutzutage zusammen mit Buhnen nicht mehr der Landgewinnung, sind aber ein wichtiger Faktor zum Küstenschutz, da die Erosion der Küste vermindert wird.

---

<sup>36</sup> Man schätzt, dass mit jeder Tide allein an der schleswig-holsteinischen Westküste etwa 200.000t Feststoffe bewegt werden.

Die Bewohner des Watts müssen an die fortdauernde Dynamik der Sedimentumlagerungen angepasst sein. Daher leben fast alle Bewohner der Wattflächen unter der Wattoberfläche, damit sie nicht so leicht fortgespült werden können (und weil sie dort vor Feinden besser geschützt sind).

Die Miesmuschel lebt über der Bodenoberfläche. Bei ihr hat sich eine andere Anpasstheit an die äußeren Bedingungen entwickelt: Sie bildet sehr robuste Fäden (Byssusfäden), mit denen sie sich am harten Untergrund fixiert.

Ein weiteres Beispiel für die Anpasstheit von Tieren des Wattbodens an die ständigen Sedimentumlagerungen findet man beim Bäumchenröhrenwurm<sup>37</sup>. Die Tiere bauen sich aus Sandkörnern und Muschelbruchstücken Röhren, die bis zu 25 cm tief senkrecht im Wattboden stecken. Der Wurm selbst ist wesentlich kürzer als die Röhre (5-8 cm) und befindet sich beim Ausgraben meist im unteren Teil der Röhre. Der sichtbare obere Teil der Röhre ist wie die Krone eines Bäumchens geformt und wird bei der Nahrungsaufnahme genutzt (siehe „Ernährung der Wattorganismen“). Wird sein Bäumchen von Sediment überschichtet, verlängert er seine Röhre und erneuert gegebenenfalls seine Krone. Er ist also an die Dynamik des Wattenmeeres angepasst. Manchmal kann man daher beim Ausgraben einer kompletten Bäumchenröhrenwurmröhre mehrere übereinander gebaute Kronen erkennen.

All diesen Betrachtungen und Phänomenen liegt das Konzept der Sedimentation und Erosion zugrunde. Die Sedimentation spielt als Trennverfahren in den Naturwissenschaften eine Rolle und ist ein wesentlicher Faktor im Ökosystem Wattenmeer. So kann ein Prinzip in völlig unterschiedlichen Kontexten thematisiert werden (vgl. Ernährungstypen der Wattorganismen), wodurch vernetztes Lernen gefördert werden kann.

---

<sup>37</sup> Film und weitere Informationen zum Bäumchenröhrenwurm z.B. unter [http://www.uni-duesseldorf.de/WWW/MathNat/Biologie/Didaktik/Wattenmeer/4\\_tiere/filme/baeumchenroehr.mov](http://www.uni-duesseldorf.de/WWW/MathNat/Biologie/Didaktik/Wattenmeer/4_tiere/filme/baeumchenroehr.mov) (16.6.2006)

### Entstehung von Watt Modellversuch I

#### Geräte und Stoffe

- 2 möglichst hohe Gläser mit Deckel (ca. 200 mL)
- Leitungswasser
- Wattboden
- Esslöffel

#### Durchführung

Ein Glas wird zu einem Fünftel mit Wattboden gefüllt und mit Wasser aufgefüllt. Es wird kräftig umgerührt. Nach dem Abstellen auf den Tisch wird beobachtet. Zum Schluss wird dekantiert.

#### Beobachtung

Durch das Umdrehen bzw. Rühren wird das Wasser trübe. Die festen unlöslichen Bestandteile setzen sich nach einiger Zeit am Boden ab. Beim Dekantieren bleiben sie zurück. Allerdings ist das Wasser immer noch aufgrund der Bestandteile trübe, die im Wasser schweben.

#### Erklärung

Siehe Sedimentieren und Dekantieren!

Das Rühren des Watt-Wassergemisches soll den Zustand bei auflaufendem Wasser darstellen. Wenn man aufhört zu rühren, soll dies das „Kentern der Flut“ simulieren. Die Strömung „steht für einen Moment still“ und die festen Bestandteile mit einer höheren Dichte sinken auf den Boden. Das ablaufende Wasser bei Ebbe wird durch das Dekantieren simuliert. Die Feststoffe bleiben zurück: „Wattboden“ entsteht.

#### Konzepte

Stoffgemische können getrennt werden (Sedimentation).



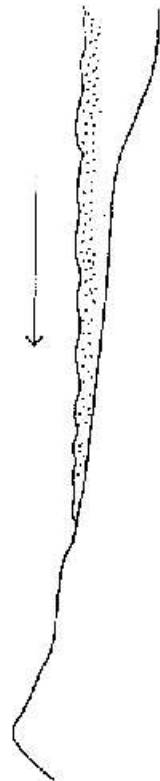
#### Quelle:

München, R. (1989): Unterrichtsmaterialien Wattenmeer und Nordsee. 2. Auflage. AOL/ Verlag Die Werkstatt.

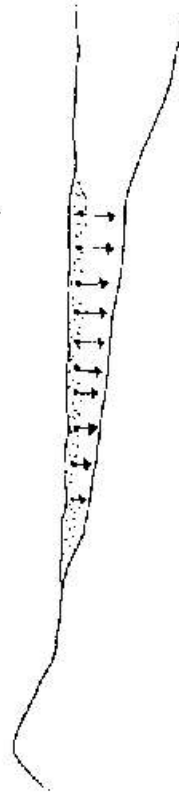
### Sedimentation

#### Tafelbild

1. Zustand bei Flut



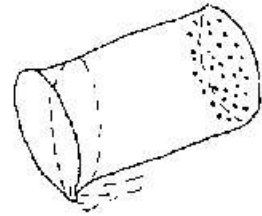
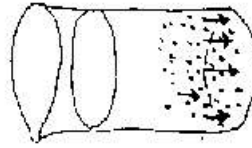
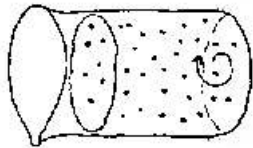
2. Hochwasser (Kernern der Flut). Hochheben des Glases und Absedimentieren der Teilchen.



3. Ebbe (ablaufendes Wasser). Abgießen des Wassers aus dem Glas.



#### Versuch



## Entstehung von Watt

### Modellversuch II

#### Geräte und Stoffe

- große, lange Schale (z.B. Fettpfanne, Photowanne)
- Holzbrett oder Plastikdeckel
- Esslöffel
- Stein oder mit Wasser gefülltes Glas/Becher
- Leitungswasser
- Wattboden/feiner Sand

#### Durchführung

Die Schale wird zu ca. einem Drittel mit Wasser gefüllt. Das Wasser schiebt man mit einem Brett oder Plastikdeckel sanft an. Man beobachtet die Wellen.

Danach legt man einen Stein in das obere Drittel der Wanne, produziert Wellen wie oben beschrieben und beobachtet erneut.

Im zweiten Teil des Experiments wird das obere Ende der Schale etwas erhöht gestellt, so dass sie schräg steht. Im oberen Bereich liegt sie dann trocken und im unteren Bereich ist sie mit Wasser gefüllt. Der Stein sollte im Trockenen oder im Übergangsbereich liegen. In das Wasser gibt man einige Esslöffel Wattboden. Nun schiebt man mit dem Brett das Wasser immer wieder in ansteigende Richtung, so dass der Wattboden mitgetragen wird. Man beobachtet insbesondere, an welchen Stellen sich der Wattboden wieder ablagert.

#### Beobachtung + Erklärung

Beim ersten Versuch laufen die Wellen hin und her.

Im zweiten Teilversuch „teilt“ sich die Welle, wenn sie den Stein (Wellenbrecher) erreicht. Der äußere Teil der Welle setzt sich am schnellsten fort und erreicht als erster das Ende des Behälters. Der innere Teil ist langsamer, so dass die Welle deutlich gekrümmt wird: Diesen Effekt nennt man Brechung.

Im letzten Teil des Versuches wird der Wattboden durch die Wellenbewegungen aufgewirbelt und mitgetragen. Wenn Boden z.B. durch schnell fließendes Wasser abgetragen wird spricht man von Erosion (lat.: erodere = abnagen).

Das Wasser fließt rechts und links vom Hindernis schnell bis zum oberen Rand der Schale. Dort sedimentiert viel Sand, da das Wasser „kenter“ und zurückfließt. Das Wasser fließt von links und rechts in die obere Mitte und von dort zurück nach unten. Dabei läuft es genau „seewärts“ auf das Hindernis zu. Vor dem Hindernis wird die Fließgeschwindigkeit des Wassers verlangsamt, so dass sich hier Wattboden ablagert. Die Körner sedimentieren hier also.

#### Anmerkung

Dieser Versuch stellt ein Modell für die dynamischen Prozesse des Wattenmeeres dar. Aufgrund von Ebbe und Flut sind die Wassermassen in ständiger Bewegung, wobei durch die hohen Strömungsgeschwindigkeiten der Materialtransport sehr groß ist. Es wird z.B. geschätzt, dass mit jeder Tide allein an der schleswig-holsteinischen Westküste ca. 200.000 Tonnen Bodenmaterial mit jeder Tide bewegt werden<sup>38</sup>. Bei Flut wird es mit dem



+



<sup>38</sup> Thies, M. (19 85): Biologie des Wattenmeeres. Köln: Aulis Verlag Deubner & Co KG.

<sup>39</sup> Dieses Bild basiert auf dem [Bild 2002-07\\_Sylt\\_-\\_Groyne.jpg](#) aus der freien Mediendatenbank [Commons](#) und steht unter der [GNU-Lizenz für freie Dokumentation](#). Der Urheber des Bildes ist [Magnus Manske](#).

auflaufendem Wasser mitgetragen, was sich beim Kentern der Flut auf den Wattflächen ablagert (Aufschlickung). Für die Ablagerung der Sedimente gilt, dass grobkörniges Material mehr seeseitig sedimentiert und dass feinkörniges Material weiter an die Küste herangetragen wird und an der Hochwasserlinie sedimentiert. Aus diesem Grund findet man das so genannte *Sandwatt* vermehrt in Seenähe: Sandwatt besteht also aus größeren Körnern. Das so genannte *Schlickwatt* findet man eher in Küstennähe, da es sich aus kleinsten Körnern zusammensetzt. Die Grenze zwischen diesen beiden Extremen ist fließend, daher existieren große Mischwattbereiche.

Beim Abfließen des Wassers (Ebbe) wird ein Teil des Bodenmaterials wieder abgetragen. Je höher die Rückstromgeschwindigkeit des Wassers ist, desto mehr Bodenmaterial wird wieder ins Meer getragen. Daher besteht bei Sturmfluten die Gefahr, dass viel Bodenmaterial an der Küste weggespült wird. Zum Beispiel verlieren Inseln bei Sturmfluten oft Land.

Wenn an der Hochwasserlinie Hindernisse bestehen, wird die Strömungsgeschwindigkeit des auf- und ablaufenden Wassers verringert. So wird einerseits weniger Boden an der Hochwasserlinie abgetragen und andererseits lagert sich mitgetragener Boden beim Abfließen vor Hindernissen ab. Wenn eine Salzwiese mit Wasser überflutet wird, lagert sich viel mitgetragenes Bodenmaterial ab, da die Pflanzen viele kleine Hindernisse darstellen, die die Strömungsgeschwindigkeit des Wassers verringern.

Künstliche Maßnahmen zum Küstenschutz sind Buhnen (Abb. 1: senkrecht zum Strand in das Meer verlaufende Bauwerke) und Lahnungen (Abb. 2: Holzpflockreihe mit dazwischen liegendem Gestrüpp), die die Sedimentation fördern.



Abb. 1: Buhnen<sup>39</sup>



Abb. 2: Lahnungen<sup>40</sup>

Auch die vorgelagerten friesischen Inseln sind dem Küstenschutz dienlich. Sie bilden einen Wellenschutz für das landwärts gelegene Watt. Außerdem lagern sich landwärts feine Partikel ab, so dass das so genannte „Rückseitenwatt“ entsteht. Seewärts hingegen findet man bei den Inseln immer Sandküste, da Sand aus größeren Körnern besteht.

### Konzepte

Stoffgemische können getrennt werden (Sedimentation).

<sup>40</sup> Dieses Bild basiert auf dem Bild [lahnung.jpg](#) aus der freien Mediendatenbank [Commons](#) und steht unter der GNU-Lizenz für freie Dokumentation. Der Urheber des Bildes ist [Andreas S.](#)

## Sedimentation

### Unterschiede bei Schlick- und Sandwatt

#### Geräte und Stoffe

- 2 möglichst hohe Gläser mit Deckel z.B. Würstchen- oder Spargelgläser
- Leitungswasser
- Schlickwatt
- Sandwatt
- Edding
- Stoppuhr

#### Durchführung

Ein Glas wird zu einem Fünftel mit Sandwatt gefüllt und mit Wasser aufgefüllt. Mit dem Edding wird die Grenze zwischen Wattboden und Wasser gekennzeichnet. Das Glas wird zugeschraubt und kräftig geschüttelt. Nach dem Abstellen auf den Tisch wird mit der Stoppuhr die Zeit gemessen bis sich der Wattboden wieder bis zur Markierung abgesetzt hat. Der Versuch wird mit Schlickwatt wiederholt.

#### Beobachtung

Das Sandwatt setzt sich viel schneller am Boden ab als das Schlickwatt (Achtung: Insbesondere beim Schlickwatt dauert der Sedimentationsprozess recht lange. Man muss bis zu 45 Minuten einplanen, man kann aber wesentlich früher den Unterschied beobachten.).

#### Erklärung

Die unlöslichen Bestandteile der beiden Wattarten haben eine höhere *Dichte* als Wasser. Daher sedimentieren sie. Sand- und Schlickwatt setzen sich allerdings aus unterschiedlichen Korngrößen zusammen und sedimentieren daher unterschiedlich schnell. Sandwatt besteht hauptsächlich aus Feinsand, der eine Korngröße zwischen 0,2 mm – 0,06 mm Durchmesser hat. Schlickwatt hingegen setzt sich eher aus Schluff ( $d = 0,06 \text{ mm} - 0,002 \text{ mm}$ ) und Ton ( $d < 0,002 \text{ mm}$ ) zusammen. Je größer der Durchmesser eines Kornes ist, desto schneller sedimentiert es. Die so genannte Sedimentationsgeschwindigkeit ist daher beim Sandwatt höher.

Weitere Faktoren für die Sedimentationsgeschwindigkeit sind die Erdbeschleunigung, die Dichte der Flüssigkeit und des Kornes und die Zähflüssigkeit (Viskosität) der Flüssigkeit. Da dies sehr komplizierte Zusammenhänge sind, soll dies nicht weiter thematisiert werden (siehe Versuch „Fraktionierte Sedimentation“).

#### Anmerkung

Dieser Versuch kann auch im Freiland durchgeführt werden. Statt Leitungswasser kann möglichst klares Meerwasser verwendet werden.

#### Konzepte

Stoffgemische können getrennt werden (Sedimentation).



d = Durchmesser





## Bunte Schichten herstellen

### Fraktionierte Sedimentation

#### Geräte und Stoffe

- durchsichtiger Kunststoffschlauch (l = 2m, d = 2,5cm)
- Holzstab (l = 2,1m, d = 2,5cm)
- Kabelbinder
- Klebe-/Isolierband
- 2 Schellen
- 2 Stopfen aus Holz oder Gummi
- Aquariensand – und kies mit unterschiedlichen Durchmesser und unterschiedlichen Farben (z.B. d = 4-8mm; d = 1-2 mm usw.)
- evtl. Trichter
- Leitungswasser

l = Länge  
d = Durchmesser



#### Durchführung

##### Vorbereitung:

Die Vorbereitungen sollten am besten draußen vorgenommen werden, um eine Verschmutzung des Bodens zu vermeiden. Der Kunststoffschlauch wird mit Kabelbindern an dem Holzstab befestigt. Die Kabelbinder sind recht scharfkantig und sollten daher z.B. mit Klebeband abgedeckt werden. Dann wird er an einer Seite fest mit einem Stopfen verschlossen, der mit einer Schelle fest fixiert wird. Dann wird Wasser und jeweils die gleiche Menge an Aquariensand und -kies eingefüllt. Für das Einfüllen kann man einen Trichter verwenden (Für den Kies muss man einen Trichter mit entsprechend großer Öffnung verwenden.). Zum Schluss wird Wasser bis zum Rand nachgefüllt und der Schlauch mit dem zweiten Stopfen und Schelle verschlossen. Es sollte möglichst keine Luftblase mehr vorhanden sein. Diese Apparatur kann man nach der Herstellung immer wieder verwenden.

##### Versuch:

Der Kunststoffschlauch wird zunächst in die Waagerechte gebracht, so dass sich die unterschiedlich großen Körner auflockern und vermischen<sup>41</sup>. Dann wird er in die Senkrechte gestellt, so dass die Körner oben sind.

#### Beobachtung

Die Körner mit dem größten Durchmesser sinken am schnellsten zu Boden und setzen sich daher ganz unten ab. Die kleineren hingegen sinken langsamer und bilden entsprechend ihrer Größe die nächsten Schichten. Es kommt somit zu einer Sortierung der Körner entsprechend ihrer Größe. Dies wird insbesondere bei unterschiedlicher Färbung der verschieden großen Körner sichtbar.



#### Erklärung

Je größer der Durchmesser von Körnern, desto schneller sinken (sedimentieren) sie. Dies ist ein wesentlicher Grund für die unterschiedliche Geschwindigkeit der Körner beim Sinken, was man auch als Sedimentationsgeschwindigkeit bezeichnet (Weitere Faktoren sind die Erdbeschleunigung, die Dichte der Flüssigkeit und des Kornes und die Zähflüssigkeit der Flüssigkeit.). Daher kommt es zu einer Schichtung.

Diese Methode nennt man fraktionierte Sedimentation, da durch die unterschiedlichen Sinkgeschwindigkeiten einzelne Schichten, die man auch Fraktionen nennt, entstehen.



<sup>41</sup> Wenn man den Schlauch sofort in die Senkrechte dreht, kann es zu einer Verstopfung kommen, so dass die Körner nicht wie erwartet nach unten sinken.



### Anmerkung

Mit Kindern sollte man noch nicht von „Fraktionen“ sprechen. Man kann aber auf die verschiedenen Schichten eingehen. Aufgrund der Beobachtungen kann mit den Kindern diskutiert werden, warum die größeren Körner unten liegen („Sie liegen unten, da sie schneller sinken“). Die anderen Aspekte als Grund für die Sedimentationsgeschwindigkeit sind für die Grundschule viel zu kompliziert und sollten nicht thematisiert werden.

Man muss allerdings bei der Materialwahl darauf achten, dass die unterschiedlich großen Körner aus dem gleichen Material (oder aus einem Material ähnlicher Dichte) bestehen, da ansonsten evtl. die kleineren Körner schneller sinken als die größeren. Wenn die kleineren Körner eine viel höhere Dichte als die größeren Körner haben, sinken nämlich die kleineren schneller.



### Konzepte

Stoffgemische können getrennt werden (Fraktionierte Sedimentation).

## Fachwort-Lexikon

Adsorbieren	Beim Adsorbieren bleiben Partikel an der Oberfläche von Feststoffen haften, da sie sich gegenseitig anziehen.
Bodensatz	Feststoff, der am Boden einer Flüssigkeit liegt. Entweder ist er unlöslich in Wasser und sinkt aufgrund seiner höheren Dichte auf den Grund oder die überstehende Lösung ist mit diesem Stoff gesättigt, so dass sich der Überschuss am Boden absetzt.
Dichte	Bei der Eigenschaft „Dichte“ wird die Masse eines Körpers in Relation zu seinem Volumen gesetzt. $\rho(\text{Dichte}) = \frac{m(\text{Masse})}{V(\text{Volumen})}$ Sie ist für jeden Stoff charakteristisch und wird in g/cm <sup>3</sup> oder in g/mL angegeben.
Dekantieren	Einfaches Verfahren zur Trennung des Bodensatzes von einer Flüssigkeit, indem die überstehende Flüssigkeit vorsichtig „über die Kante“ gekippt wird.
Dichteanomalie des Wassers	Die Dichte eines Stoffes nimmt in der Regel mit abnehmender Temperatur stetig zu. Wasser hat seine höchste Dichte allerdings bei 4°C, so dass Eis auf Wasser schwimmt.
Filtrieren	Trennung eines Feststoffes von einer Flüssigkeit. Es werden die Partikel im Filter zurückgehalten, die größer als die Porenweite des Filters sind.
gesättigte Lösung	Ob und in welchem Ausmaß ein Stoff in einem bestimmten Lösungsmittel löslich ist, hängt von seiner Löslichkeit ab. Ist in einer Lösung die maximale Menge des Stoffes gelöst, nennt man diese Lösung gesättigt. Gibt man mehr von diesem Stoff in eine gesättigte Lösung, bildet sich ein Bodensatz.
Löslichkeit	Die Löslichkeit eines Stoffes gibt an, ob und in welchem Umfang ein Stoff in einem Lösungsmittel (meist Wasser) gelöst werden kann.
Schmelztemperatur	Temperatur, bei der ein Stoff vom festen in den flüssigen Aggregatzustand übergeht.
Sedimentieren	Ein Feststoff setzt sich aufgrund seiner höheren Dichte am Boden einer ruhig stehenden Flüssigkeit ab und bildet das Sediment.
Sieben	Trennung eines Feststoffes von einer Flüssigkeit. Es werden die Partikel im Sieb zurückgehalten, die größer als die Maschenweite des Siebes sind.
Siedetemperatur	Temperatur, bei der ein Stoff vom flüssigen in den gasförmigen Aggregatzustand übergeht, was man als Sieden oder Verdampfen bezeichnet.
Suspension	Gemisch eines Feststoffes in einer Flüssigkeit
Verdampfen	Übergang flüssiger Stoffe in den gasförmigen Aggregatzustand bei der Siedetemperatur.
Verdunsten	Übergang flüssiger Stoffe in den gasförmigen Aggregatzustand unterhalb der Siedetemperatur