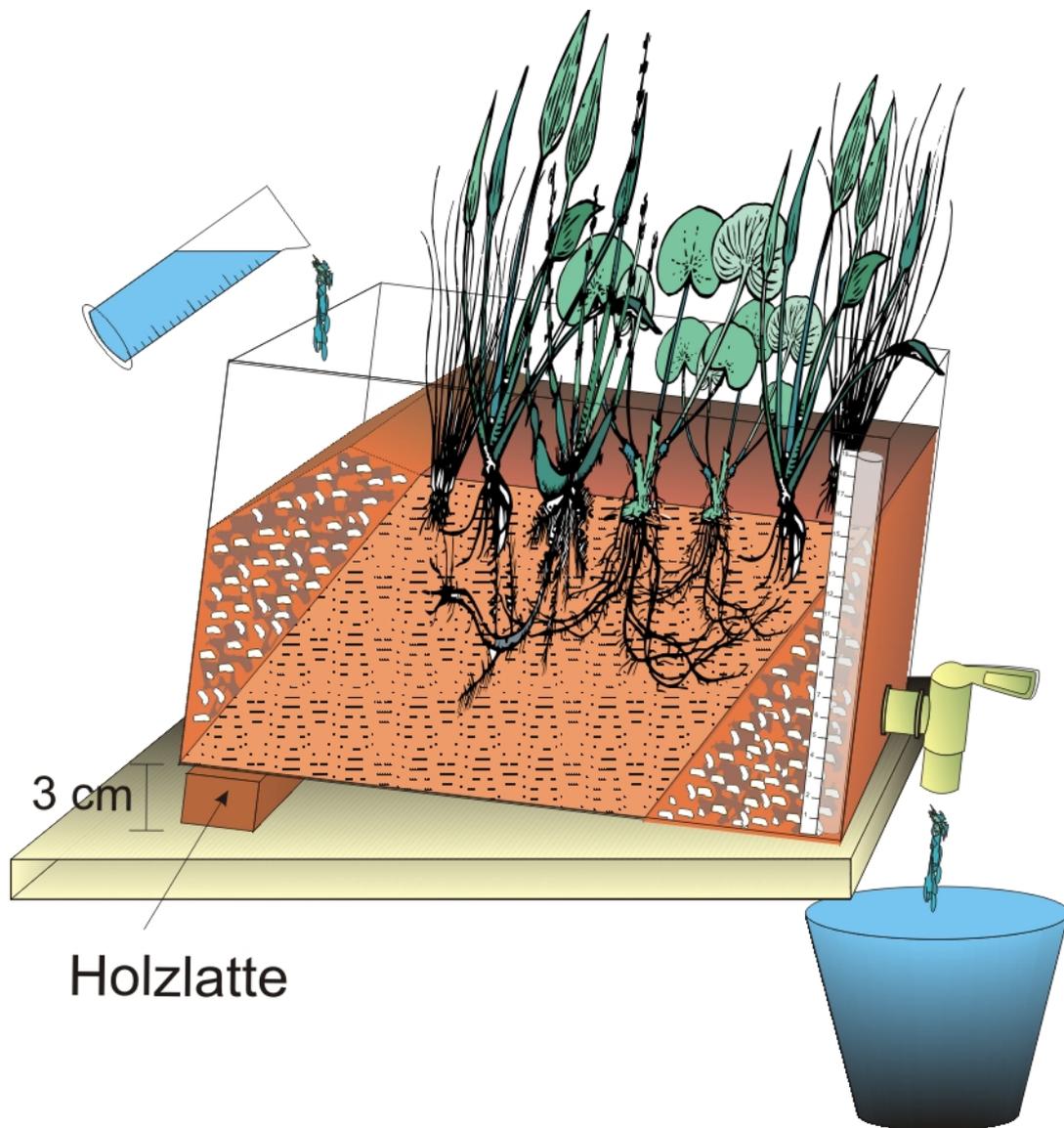




# Lehrmaterial für die Grundschule "Pflanzenkläranlagen"



**Verfasser:**

Manfred van Afferden, BDZ – Bildungs- und Demonstrationszentrum für dezentrale Abwasserbehandlung, An der Luppe 2, 04178 Leipzig, [afferden@bdz-abwasser.de](mailto:afferden@bdz-abwasser.de), Tel +49 (0)341 235 1848, Fax +49 (0) 341 442 1748

Roland R. Mueller, Helmholtz Zentrum für Umweltforschung – UFZ, Permoserstr. 15, 04318 Leipzig, [roland.mueller@ufz.de](mailto:roland.mueller@ufz.de), Tel +49 (0)341 235 3000, Fax +49 (0)341 235 2885

**Mitverfasser BDZ:** Silvia Reimann, Adriana Müller Bogotá, Katrin Peretzki

**Literaturhinweis:**

Van Afferden M, Reimann S, Müller-Bogotá A, Peretzki K, Müller RA (2008) Primary school teaching unit “Constructed Wetland”, University of Waedenswil, Switzerland, pp 51, available at: <http://www.play-with-water.ch>

**Vielen Dank an:**

Schüler: Klassen 3a und 3c Adam Friedrich Öser Schule, Leipzig, Germany  
Klassen 3a und 3b BIP Kreativschule, Leipzig, Germany  
Klassen 4a und 4c Adam Friedrich Öser Schule, Leipzig, Germany

Lehrer: Frau Hinrich, Frau Dietrich, Frau Winter, Frau Kwauka

Beratung: Doris Böhme, Susan Walter, Helmholtz Zentrum für Umweltforschung – UFZ, Leipzig

 <p>WasteWaterResource</p>	 <p><b>Contract Number 021028</b> <b>WasteWaterResource</b> Play with Water: Introducing Ecological Engineering to Primary Schools to Increase Interest and Understanding of Natural Science</p> <p><b>Instrument:</b> Coordination Action (CA)</p> <p><b>Thematic priority:</b> Science and Society; Science education and careers 2004; FP6-2004-Science-and-society-11</p> <p><b>Project Coordination:</b> Ranka Junge-Berberovic, Hochschule Waedenswil, Switzerland, Tel.: +41 44 789 99 22, <a href="mailto:r.junge@hsw.ch">r.junge@hsw.ch</a></p>
---	---

Leipzig 20.05.2008

## INHALT

1	ZUSAMMENFASSUNG DER UNTERRICHTSREIHE "PFLANZENKLÄRANLAGE" .....	1
1.1	Klassenstufe .....	1
1.2	Dauer .....	1
1.3	Wichtigste Lernziele .....	1
1.4	Allgemeine Beschreibung der Unterrichtsreihe "Pflanzenkläranlage" .....	2
2	SEQUENZ 1: WASSERKREISLAUF .....	5
2.1	Klassenstufe .....	5
2.2	Dauer .....	5
2.3	Lernziele .....	5
2.4	Einführung in die Sequenz: Was hat das Wasser schon erlebt? .....	5
2.5	Aktivität A: Die Wasserreise .....	6
2.6	Aktivität B: Was hat das Wasser schon erlebt? .....	8
2.7	Fotodokumentation Evapotranspiration .....	11
2.8	Evaluierung der Sequenz: Was hat das Wasser schon erlebt? .....	12
3	SEQUENZ 2: WASSERVERTEILUNG UND WASSERVERBRAUCH .....	13
3.1	Klassenstufe .....	13
3.2	Dauer .....	13
3.3	Lernziele .....	13
3.4	Einführung in die Sequenz Teil A: Ein Tropfen Trinkwasser .....	13
3.5	Aktivität A: Ein Tropfen Trinkwasser .....	14
3.6	Einführung in die Sequenz Teil B: Wie viel Wasser verbrauchen wir? .....	16
3.7	Aktivität B: Wie viel Wasser verbrauchen wir? .....	16
3.8	Evaluierung der Sequenz: Wasserverteilung und Wasserverbrauch .....	17
4	SEQUENZ 3: WOHIN GEHT UNSER ABWASSER? .....	18
4.1	Klassenstufe .....	18
4.2	Dauer .....	18
4.3	Lernziele .....	18
4.4	Einführung in die Sequenz: Wohin geht unser Abwasser? .....	18
4.5	Aktivität: Wohin geht unser Abwasser? .....	19
4.6	Evaluierung der Sequenz: Wohin geht unser Abwasser? .....	20
5	SEQUENZ 4: WASSER - EIN KOSTBARES GUT .....	21
5.1	Klassenstufe .....	21
5.2	Dauer .....	21
5.3	Lernziele .....	21
5.4	Einführung in die Sequenz Teil A: Gestalte ein gesundes und angenehmes Leben .....	21
5.5	Aktivität A: Gestalte ein gesundes und angenehmes Leben .....	22

5.6	Einführung in die Sequenz Teil B: Wie man mehr aus einem Tropfen Wasser holt.....	24
5.7	Aktivität B: Wie man mehr aus einem Tropfen Wasser rausholt .....	24
5.8	Evaluierung der Sequenz: Wasser - ein kostbares Gut .....	24
6	<b>SEQUENZ 5: WIR BAUEN EINE PFLANZENKLÄRANLAGE.....</b>	<b>26</b>
6.1	Klassenstufe .....	26
6.2	Dauer .....	26
6.3	Lernziele.....	26
6.4	Einführung in die Sequenz: Wir bauen eine Pflanzenkläranlage .....	26
6.5	Aktivität: Wir bauen eine Pflanzenkläranlage .....	27
6.6	Evaluierung der Sequenz: Wir bauen eine Pflanzenkläranlage .....	30
6.7	Fotodokumentation „Wir bauen eine Pflanzenkläranlage“ .....	30
7	<b>SEQUENZ 6: ABWASSERANALYSE .....</b>	<b>32</b>
7.1	Klassenstufe .....	32
7.2	Dauer .....	32
7.3	Lernziele.....	32
7.4	Einführung in die Sequenz: Abwasseranalyse .....	32
7.5	Aktivität: Abwasseranalyse.....	33
7.6	Alternative Aktivität B: Konstruktion eines Filtersystems .....	39
7.7	Evaluation der Sequenz: Abwasseranalyse .....	40
8	<b>„ABWASSERRALLYE“ .....</b>	<b>41</b>
8.1	Klassenstufe .....	41
8.2	Dauer .....	41
8.3	Lernziele.....	42
8.4	Vorbereitung in der Schule .....	42
8.5	Einführung (15 min) .....	43
8.6	Schließen des Wasserkreislaufs (25 min) .....	43
8.7	Wasserverteilung auf der Erde (30 min) .....	45
8.8	Wasser - ein kostbares Gut (20 min).....	46
8.9	Abwasserbehandlung (35 min).....	48
8.10	Preisverleihung (20 min) .....	49
9	<b>LITERATUR .....</b>	<b>50</b>

## Abbildungen

Abbildung 1	Der Wasserkreislauf.....	6
Abbildung 2	Bodenfilter .....	6
Abbildung 3	Arbeitsblatt: Die Wasserreise .....	7
Abbildung 4	Arbeitsblatt: Was hat das Wasser schon erlebt? (Evapotranspiration).....	9
Abbildung 5	Datenblatt: Was hat das Wasser schon erlebt? (Evapotranspiration) .....	10
Abbildung 6	Arbeitsblatt zur Evaluierung: Wasserkreislauf .....	12
Abbildung 7	Globale Wasserverteilung .....	14
Abbildung 8	Arbeitsblatt: Ein Tropfen Trinkwasser.....	15
Abbildung 9	Wozu benutzen wir Wasser? .....	16
Abbildung 10	Durchschnittsmengen für den Wasserverbrauch einer Person am Tag.....	17
Abbildung 11	Schematische Darstellung einer konventionellen Kläranlage .....	19
Abbildung 12	Arbeitsblatt: Gestalte ein gesundes und angenehmes Leben .....	23
Abbildung 13	Arbeitsblatt: Wie man mehr aus einem Tropfen Wasser holt.....	25
Abbildung 14	Arbeitsblatt: Anleitung für Schüler „Wir bauen eine Pflanzenkläranlage“ .....	29
Abbildung 15	Arbeitsblatt: Abwasseranalysemethoden Testergebnisse.....	38
Abbildung 16	Arbeitsblatt: Konstruktion eines Filtersystems .....	40
Abbildung 17	Einführung in die „Abwasserrallye“ mit der Kurzgeschichte von „AGUA, dem Wassertropfen“ .....	43
Abbildung 18	Quiz: Schließen des Wasserkreislaufs .....	44
Abbildung 19	Unterstützung bei der Lösung des Quiz.....	44
Abbildung 20	Material für den Versuch „Ein Tropfen Trinkwasser“ .....	45
Abbildung 21	Pfeile werfen und „Das Trinkwasser finden“ .....	46
Abbildung 22	Wettrennen mit Eimer mit wassergefüllten Ballons .....	47
Abbildung 23	Lehrerwettrennen.....	47
Abbildung 24	Schüler bauen und testen einen Abwasserfilter.....	48
Abbildung 25	Die Siegergruppe und die Anerkennung für die Teilnahme an der „Abwasserrallye“ .....	49

## Tabellen

Tabelle 1	Zusammenfassung der Unterrichtsreihe „Pflanzenkläranlage“ .....	3
Tabelle 2	Material: Was hat das Wasser schon erlebt (Evapotranspiration)? .....	8
Tabelle 3	Material: Ein Tropfen Trinkwasser .....	14
Tabelle 4	Material: Gestalte ein gesundes und angenehmes Leben .....	22
Tabelle 5	Material: Wir bauen eine Pflanzenkläranlage.....	27
Tabelle 6	Material: Abwasseranalyse .....	33
Tabelle 7	Material: Konstruktion eines Filtersystems .....	39
Tabelle 8	Zeitplan der „Abwasserrallye“ .....	41
Tabelle 9	Material: „Abwasserrallye“ .....	42

## 1 ZUSAMMENFASSUNG DER UNTERRICHTSREIHE "PFLANZENKLÄRANLAGE"

### 1.1 Klassenstufe

Grundschüler, Klasse 3-5, Alter 9-11

### 1.2 Dauer

Die Unterrichtsreihe ist für 6 Schulstunden vorgesehen, sowie zwei halbtägigen Aktivitäten. Die Reihe besteht aus 17 einzelnen Aktivitäten, deren Dauer sich über einige Minuten bis zu einem halben Tag erstreckt.

### 1.3 Wichtigste Lernziele

Der zentrale Bestandteil der Unterrichtsreihe „Pflanzenkläranlage“ ist die Konstruktion eines Modells einer solchen Anlage für das Klassenzimmer. Die Reihe legt außerdem ein besonderes Augenmerk auf die Tatsache, dass Pflanzenkläranlagen eine attraktive Methode zur Wiederverwertung von Wasser sind, besonders in trockenen Gegenden mit Wasserarmut.

Die wichtigsten Lernziele sind:

- die Sensibilisierung der Schüler gegenüber Umweltfragen und die Vermittlung moralischer Werte.
- die Entwicklung umweltverantwortlichen Verhaltens und der Motivation, an der Verbesserung und dem Schutz der Umwelt mitzuwirken.
- die Vermittlung von Wissen über Ökologie und die Umwelt.
- eine Sensibilisierung gegenüber sozio-politischen und geschlechterspezifischen Fragen in Bezug auf Probleme, die durch Wasserarmut entstehen.
- Vermittlung von ingenieurtechnischen Fertigkeiten durch den Aufbau eines Pflanzenkläranlagenmodells im Klassenzimmer.
- Vermittlung von Kenntnissen über die Nutzung von Prinzipien der Natur im Umweltingenieurwesen.

Die Schüler untersuchen die Möglichkeiten der Nutzung von Abwasser, um das Wasser weiter zu verwenden und um die enthaltenen Nährstoffe für die Landwirtschaft in dezentralen Systemen zu nutzen. Sie werden lernen, dass Abwasser ein Wertstoff ist, der als Ressource genutzt werden kann, insbesondere in Regionen mit Wasserknappheit. Zudem sind Pflanzenkläranlagen eine

moderne und naturnahe Methode der Wasserbehandlung, die Habitate für Tiere und Pflanzen bieten können.

## **1.4 Allgemeine Beschreibung der Unterrichtsreihe "Pflanzenkläranlage"**

In diesem Lehrmaterial wird die entwickelte Unterrichtsreihe in einzelne Unterrichtssequenzen und -stunden untergliedert, obwohl dies dem individuellen Wissensstand und der Lerngeschwindigkeit der Klassen in der Praxis nicht immer gerecht wird. Die Unterteilung in einzelne Unterrichtssequenzen wurde dennoch gewählt, da die Unterrichtsreihe in einem Lehrmaterial wie diesem besser präsentiert werden kann und den Vorteil hat, dem Leser ein Beispiel zu geben, wie die einzelnen Unterrichtssequenzen und Stunden strukturiert und entwickelt werden können. Außerdem gibt die vorgeschlagene Struktur einen besseren Überblick über die Themen und ermöglicht die Veränderung einzelner Komponenten und das Hinzufügen und Auslassen von Aktivitäten.

Die hier präsentierten Unterrichtssequenzen und Aktivitäten bauen auf der Technologie der "Pflanzenkläranlagen" auf. Hierbei handelt es sich um eine Möglichkeit, lokale Wasserkreisläufe zu schließen und Abwasser so weit zu behandeln, dass das Wasser und die Nährstoffe mit minimalen Verlusten für landwirtschaftliche Zwecke weitergenutzt werden können.

In einer einführenden Sequenz lernen die Schüler, dass Wasser einen Kreislauf bildet. Sie erfahren, dass Wasser in verschiedenen Zustandsformen existiert und dass innerhalb des natürlichen Wasserkreislaufs verdunstet und kondensiert. Ein kleines Experiment, ein Spiel und Bilder zeigen den Kreislauf und geben den Schülern ein Verständnis für die Selbstreinigungskraft des Wassers.

Die zweite Sequenz „Wasserverteilung und Wasserverbrauch“ behandelt die globale Verteilung des Wassers und die Knappheit von Süßwasser. Die Schüler sollen ihre eigene Beziehung zum Wasser untersuchen und ein Gefühl für die Wassermengen bekommen, die täglich im Haushalt verbraucht werden. Sie sollen verstehen, dass Süßwasser in anderen Regionen der Welt ein kostbares Gut ist.

Die dritte Sequenz gibt den Schülern einen Einblick in die Prinzipien der konventionellen Abwasserbehandlung. Sie sollen erfahren, wo das Wasser hingeht, nachdem es das Haus verlässt und verstehen, dass es gereinigt werden muss, damit Flüsse und andere Gewässer nicht verschmutzt werden.

In der vierten Sequenz vergleichen die Schüler „unsere“ Situation in Nordeuropa mit der Situation in Ländern mit Wasserknappheit. Durch ein Rollenspiel lernen die Schüler, sich mit den Problemen der Menschen, die unter solchen Bedingungen leben müssen, zu identifizieren. Sie erfahren, dass die Wiederverwendung von Wasser eine Möglichkeit darstellt, Wasser zu sparen und das Leben gesünder und angenehmer zu gestalten.

Die fünfte Sequenz beschäftigt sich mit dem Bau eines Modells einer Pflanzenkläranlage. Die Schüler bauen das Modell selbst und benutzen technisches Gerät. Dadurch erhalten sie

ebenfalls einen Einblick in die praktische Arbeit von Ingenieuren und Wissenschaftlern. Die Schüler bekommen ein Verständnis für den Aufbau und die Wirkungsweise einer Pflanzenkläranlage und erkennen, dass es sich dabei um eine moderne und ökologische Technologie handelt, bei der natürliche Prinzipien zur Abwasserreinigung eingesetzt werden.

**Tabelle 1 Zusammenfassung der Unterrichtsreihe „Pflanzenkläranlage“**

Sequenz Nr.	Name der Sequenz	Wichtigste Lernziele	Dauer	Anzahl der Aktivitäten	Lehrmethoden
1	Der Wasserkreislauf	Die Schüler sollen den globalen Wasserkreislauf als geschlossenes System erkennen. Sie lernen, dass Wasser während des Kreislaufs verschmutzt und durch natürliche Prozesse auch wieder gereinigt wird.	45 min	2	Experiment, Lesen, Schreiben
2	Wasserverteilung und Wasserverbrauch	Die Schüler entwickeln ein Bewusstsein für die Knappheit der Ressource Wasser und für die Notwendigkeit, Wasserreserven zu schützen. Den Schülern wird außerdem ein Gefühl für verschiedene Wassermengen vermittelt.	45 min	2	Demonstration, Berechnung
3	Wohin geht unser Abwasser?	Die Schüler lernen, dass Wasser bei Benutzung verschmutzt wird und gereinigt werden muss. Sie sollen wahrnehmen, wohin das Wasser nach der Benutzung zu Hause fließt und die Prinzipien der Wasserbehandlung in einer konventionellen Kläranlage verstehen.	½ Tag	1	Lesen, Schreiben, Ausflug
4	Wasser - ein kostbares Gut	Den Schülern wird bewusst, dass es Gegenden auf der Erde mit Wasserknappheit gibt und sie erfahren von den Konsequenzen ungenügender Wasserversorgung und Sanitäranlagen. Sie lernen grundlegende Umweltfragen im Zusammenhang mit der Verwendung von Wasser zu entscheiden.	45 min	2	Lesen, Rollenspiel, Berechnung
5	Wir bauen eine Pflanzenkläranlage	Die Schüler lernen, dass Pflanzenkläranlagen eine einfache Technologie sind, bei der natürliche Prinzipien zur Reinigung von Abwasser genutzt werden (Bodenfilter, bakterieller Abbau, Aufnahme durch die Pflanzen). Die Schüler verstehen den Aufbau und die Wirkungsweise von Pflanzenkläranlagen.  Die Schüler bauen die Modelle selbständig und haben dabei Umgang mit technischen Geräten. Dadurch erhalten sie ebenfalls einen Einblick in die praktische Arbeit von Ingenieuren und Wissenschaftlern.	45 min	1	Experiment, Bau eines Modells, Lesen
6	Wasseranalyse	Die Schüler lernen die Begriffe „sauberes Wasser“ und „Qualitätsrichtlinien“ kennen. Sie sollten die Prinzipien der Wasseranalyse verstehen, um verschiedene Substanzen im Wasser messen zu können.	90 min	2	Datenerfassung, Experiment, Lesen, Schreiben
	Abwasserrallye	Die Rallye ist das abschließende Highlight der Unterrichtsreihe. Das Konzept basiert auf den vorangegangenen Aktivitäten und soll die Kenntnisse vertiefen.	½ Tag (165 min)	7	Kurzgeschichte, Quiz, Spiele, Rollenspiel, experimentelle Bastelarbeiten

In der Zeit, in der das Modell „einläuft“ und regelmäßig mit Abwasser gegossen werden muss, gibt eine Sequenz zu analytischen Methoden einen Einblick in die Definition der Begriffe „sauberes Wasser“ und „Wasserqualitätsrichtlinien“. Außerdem werden die Prinzipien der Wasseranalyse vermittelt.

In der letzten Sequenz der Unterrichtsreihe messen die Schüler die Reinigungskapazität ihrer gebauten Filter und Modelle. Mit analytischen Methoden erhalten sie einen Überblick über die Prinzipien der Filtration, Sedimentation, Adsorption und des bakteriellen Abbaus. So werden sie mit den verschiedenen Reinigungsmechanismen in Pflanzenkläranlagen vertraut.

## 2 SEQUENZ 1: WASSERKREISLAUF

Die Wassermenge auf der Erde ist konstant. Wasser geht weder verloren, noch wird neues von außen eingebracht. Es fließt in einem ständigen Kreislauf.

Wenn Wasser fließt, wird es unterwegs auch verschmutzt. Warum können wir dann immer sauberes Wasser finden? Diese Lektion gibt einige Antworten.

### 2.1 Klassenstufe

Klasse: 3-5

### 2.2 Dauer

Vorbereitungszeit: 25 min

Durchführung: 45 min

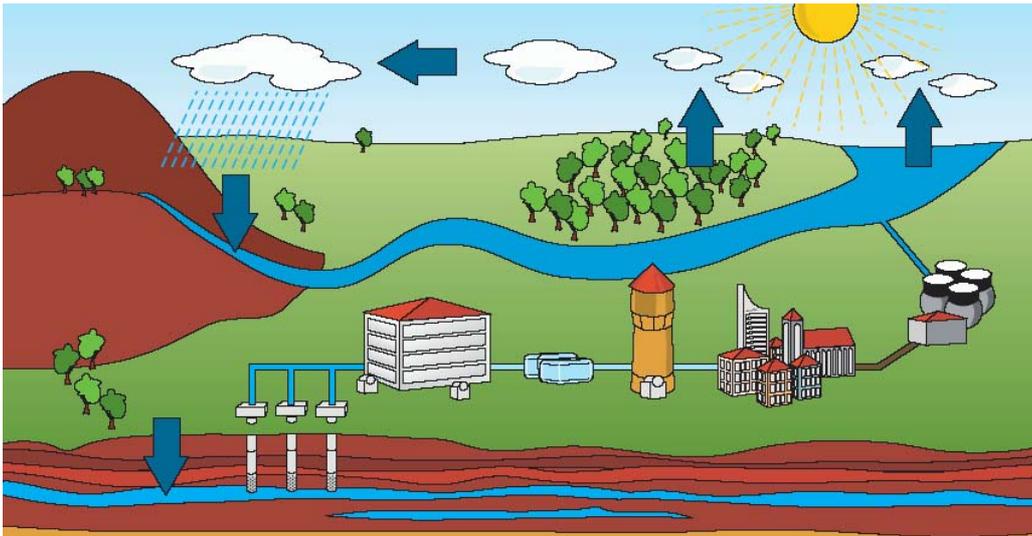
### 2.3 Lernziele

- Die Schüler sollen den globalen Wasserkreislauf als geschlossenes System erkennen. Sie lernen, dass Wasser während des Kreislaufs verschmutzt und durch natürliche Prozesse auch wieder gereinigt wird.
- Die Sequenz trägt zum besseren Verständnis ökologischer Konzepte bei.

### 2.4 Einführung in die Sequenz: Was hat das Wasser schon erlebt?

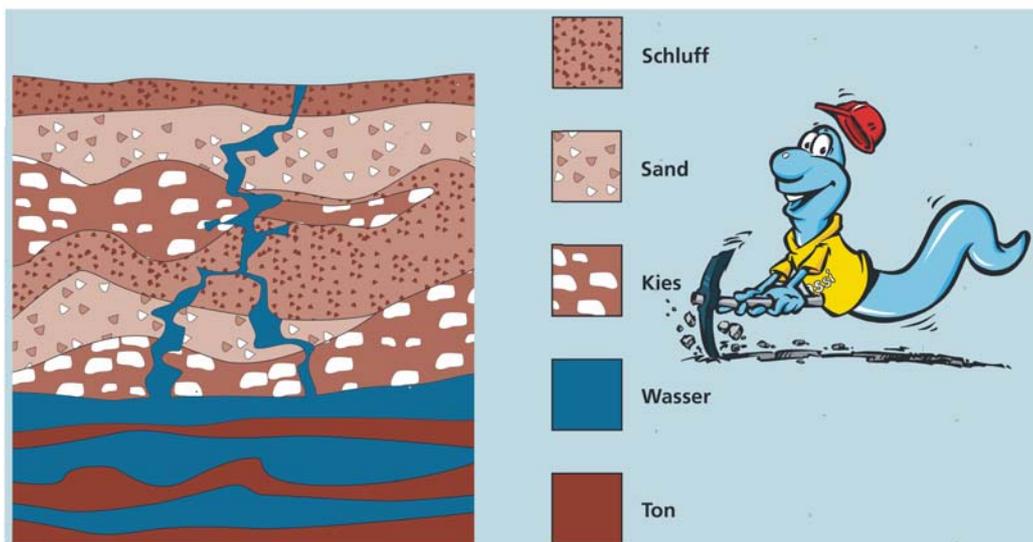
Der globale Wasserkreislauf wird von der Sonne angetrieben. Die Sonne erwärmt die Erdoberfläche und Wasser verdunstet, insbesondere über Ozeanen und großen Seen, und steigt nach oben. In großen Höhen kühlt Wasser ab, kondensiert und bildet Wolken. Die Wolken werden vom Wind bewegt und das Wasser kommt schließlich als Regen, Nebel, Schnee oder Hagel wieder herunter.

Über die Hälfte des herabgefallenen Wassers verdunstet, der Rest sickert in den Boden und wird zu Grundwasser, welches sehr langsam unterirdisch fließt, bis es in Quellen wieder zutage tritt. Sowohl Verdunstung als auch Versickern sind Mechanismen der Wasserreinigung. Verdunstung trennt Wasser von gelösten und ungelösten Schmutzstoffen. Das gleiche gilt auch für einen gesunden Boden. Boden besteht aus vielen verschiedenen Schichten, wie z.B. Sand, Kies und Ton. Auf dem Weg durch den Boden passiert das Wasser diese Schichten und die Teilchen im Wasser werden zurückgehalten. Der Boden filtert das Wasser (siehe auch: „Wir bauen eine Pflanzenkläranlage“). Andere Substanzen werden von im Boden lebenden Bakterien „gefressen“.



(Illustration: Kommunale Wasserwerke Leipzig GmbH)

Abbildung 1 Der Wasserkreislauf



(Illustration: Kommunale Wasserwerke Leipzig GmbH)

Abbildung 2 Bodenfilter

## 2.5 Aktivität A: Die Wasserreise

Ein Tropfen Wasser hat schon viel erlebt. Diese Aktivität schickt die Schüler auf die Reise mit einem Wassertropfen.

Ein Tropfen Wasser wird in ein Glas auf dem Lehrtisch gegeben. Anhand einer Spielkarte (nächste Abbildung) werden die Schüler aufgefordert, sich eine Reise dieses Wassertropfens vom Lehrtisch zu dem Ziel, das auf der Karte angegeben ist, vorzustellen (z.B. "Kuh"). Nach der "Kuh" gibt eine neue Spielkarte die nächste Station des Tropfens vor und die Schüler müssen erklären wie der Tropfen das Ziel erreicht.

## Die Wasserreise

### Beispiele für Spielkarten



Abbildung 3 Arbeitsblatt: Die Wasserreise

## 2.6 Aktivität B: Was hat das Wasser schon erlebt?

Diese Aktivität soll den Schülern helfen, zu verstehen, dass der globale Wasserkreislauf ein geschlossenes System ist und dass Wasser seine Zustandsform von flüssig zu gasförmig ändern kann. Das Experiment zeigt, dass Wasser Bestandteil von Lebewesen, beispielsweise einer Pflanze, ist und dass Verdunstung und Versickerung natürliche Wasserreinigungsprozesse sind.

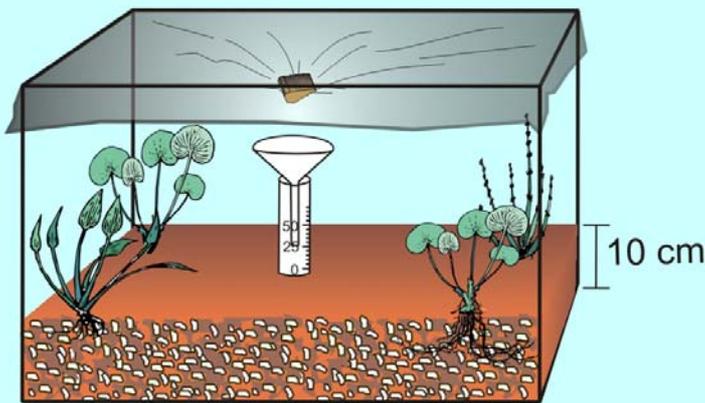
Die Klasse wird in Gruppen geteilt und das Material und die Arbeitsblätter werden ausgeteilt. Jede Gruppe baut vorsichtig das Wasserkreislaufmodell.

Wenn die Behälter in der Nähe des Fensters platziert werden, kondensiert bald Wasser an den Seitenwänden und an der Plastikfolie, die den Behälter bedeckt. Die Schüler werden gebeten, die Beobachtung und die Wasserbewegung im geschlossenen Glas zu erklären. Anschließend sollen die Schüler den Wasserkreislauf im Behälter mit Prozessen in der Natur vergleichen (Regen, Verdunstung, Wolken, Grundwasser, Flüsse, Seen usw.) Das Experiment wird über mehrere Tage fortgeführt und die Schüler messen den „Regenfall“, der sich im Reagenzglas ansammelt.

**Tabelle 2 Material: Was hat das Wasser schon erlebt (Evapotranspiration)?**

Material pro Gruppe	Kosten (EUR)
1 durchsichtiger Plastikbehälter (20 L)	3 - 4
3-5 Steine	0
5L Sand oder Blähton (LICA)	1 - 2
1 Plastikeimer (10 L)	0,5 – 2,5
1L Erde	0
Pflanzen: z.B. Zimmerpflanzen	0
1 Klarsichtfolie	0,5 - 1
1 Messbecher (1 L)	1
1 Reagenzglas (5 cm hoch, mit mL-Markierung)	2 - 3
1 Trichter (5 cm)	0,5
1 Rolle Klebeband	1 - 2
Zusätzliches Material (Schere, Stift, Schwamm, Handtuch, Papier, usw.)	0
Künstliches Abwasser (siehe Sequenz: Abwasseranalyse)	0

## Was hat das Wasser schon erlebt?



Name der Gruppe: ..... Datum: .....

- 1) Den Plastikbehälter mit 10 cm Sand oder Blähton (LI CA) füllen.
- 2) Etwas Erde von den Wurzelballen der Pflanzen entfernen und in die Ecken der Behälter pflanzen. Die Pflanzen sollten nicht über den Behälter hinausragen.
- 3) Das Reagenzglas in die Mitte des Behälters platzieren, den Trichter hineinsetzen und etwas Wasser (500 mL) in den Behälter gießen. Danach 1 L des künstlichen Abwassers (siehe Sequenz: Wasseranalyse) in den Behälter gießen.
- 4) Den Behälter mit Klarsichtfolie abdecken, straff ziehen und mit Klebeband fest verschließen.
- 5) Die Folie vorsichtig eindrücken und einen oder mehrere Steine in die Mitte der Folie legen. Die Folie sollte über dem Reagenzglas einen Trichter bilden.

Abbildung 4 Arbeitsblatt: Was hat das Wasser schon erlebt? (Evapotranspiration)



## 2.7 Fotodokumentation Evapotranspiration

Reagenzglas und Trichter



Abdecken des Behälters



Eingießen des Abwassers



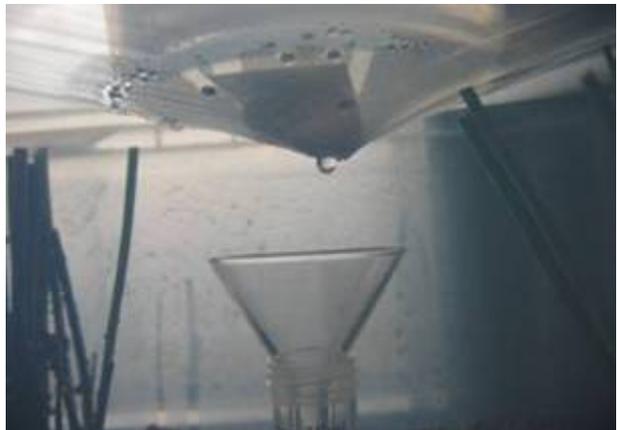
Einsetzen der Steine



Das fertige System



Wasser-(Regen-)Ernte



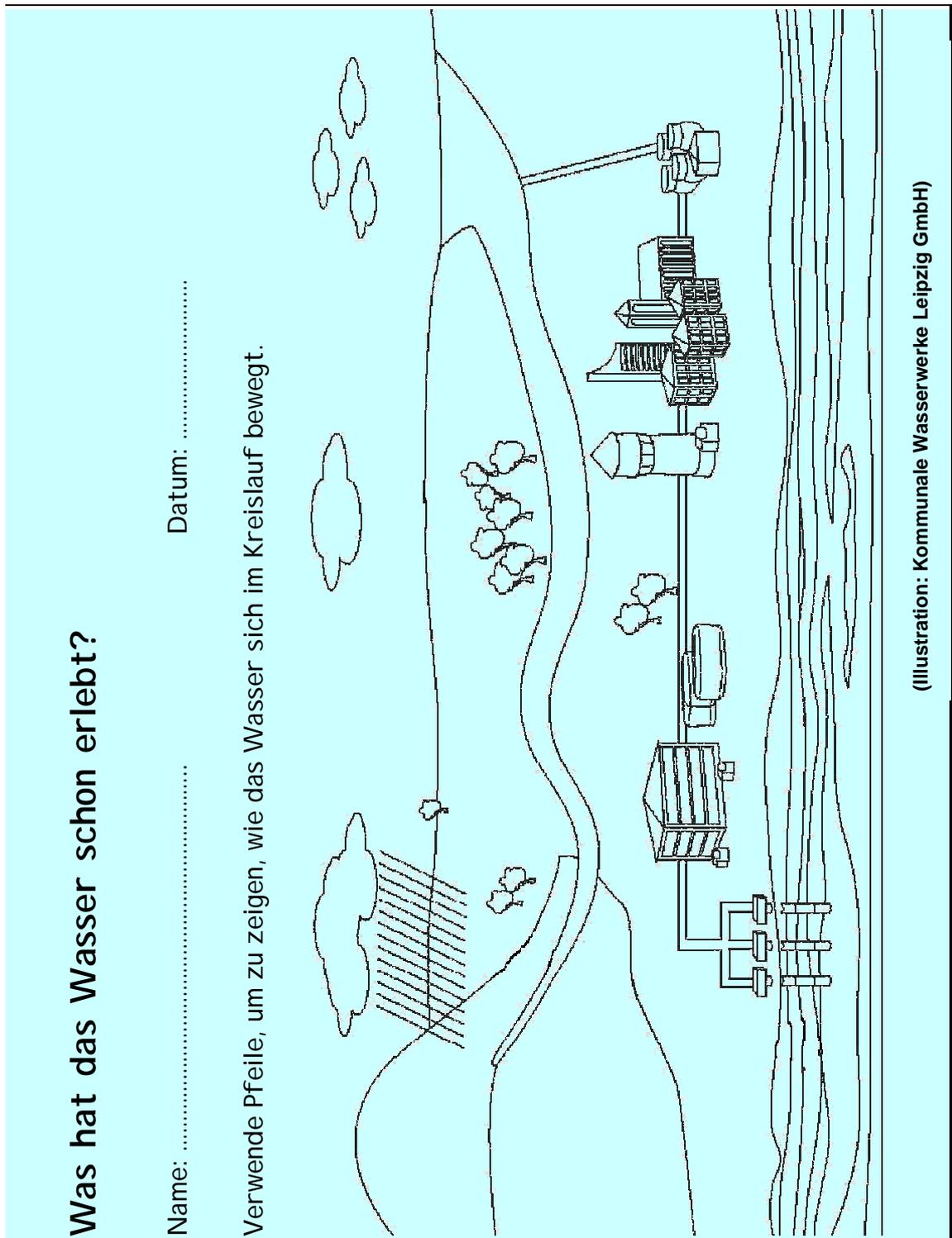
## 2.8 Evaluierung der Sequenz: Was hat das Wasser schon erlebt?

Das Wasserkreislaufdiagramm ist von den Schülern auszufüllen.

**Was hat das Wasser schon erlebt?**

Name: ..... Datum: .....

Verwende Pfeile, um zu zeigen, wie das Wasser sich im Kreislauf bewegt.



(Illustration: Kommunale Wasserwerke Leipzig GmbH)

Abbildung 6 Arbeitsblatt zur Evaluierung: Wasserkreislauf

## 3 SEQUENZ 2: WASSERVERTEILUNG UND WASSERVERBRAUCH

### 3.1 Klassenstufe

Klasse 3-5

### 3.2 Dauer

Vorbereitungszeit: Teil A: 15 min, Teil B: 5 min

Dauer: Teil A: 20 min, Teil B: 25 min

### 3.3 Lernziele

Die Schüler entwickeln ein Bewusstsein für die Knappheit der Ressource Wasser und für die Notwendigkeit, Wasserreserven zu schützen. Den Schülern wird außerdem ein Gefühl für verschiedene Wassermengen vermittelt.

### 3.4 Einführung in die Sequenz Teil A: Ein Tropfen Trinkwasser

Aufnahmen aus dem All zeigen die Erde als blauen Planeten. Zwei Drittel der Erdoberfläche sind mit Wasser bedeckt. Auf der Erde befinden sich schätzungsweise 1,46 Milliarden km<sup>3</sup> Wasser. Der größte Teil davon (97%) ist jedoch salziges Meerwasser.

Der Anteil des für den Menschen nutzbaren Trinkwassers beträgt nur 3%. Das meiste davon findet man als Eis an den Polkappen sowie als Gletscher und Grundwasser. Nur ein ganz geringer Teil bildet Flüsse, Seen und Bäche.

Nordeuropa ist reich an Süßwasser. Wir befinden uns in der gemäßigten Klimazone, wo es ganzjährig regnet oder schneit.

Es gibt Gegenden auf der Welt, wo es fast jeden Tag regnet, wie in Regenwäldern, aber auch sehr trockene Gebiete, z.B. in Südeuropa, Asien oder Afrika. Das Süßwasser ist sehr ungleichmäßig auf der Welt verteilt. In vielen Ländern in Afrika und Asien ist Wasser sehr knapp. In einigen Gegenden Afrikas stehen den Menschen nur 1-2 Eimer Wasser am Tag zur Verfügung. Hier in Europa verbrauchen wir etwa 12 Eimer pro Person am Tag.



Abbildung 7 Globale Wasserverteilung

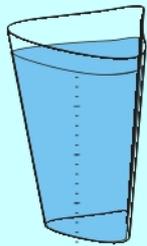
### 3.5 Aktivität A: Ein Tropfen Trinkwasser

Diese Demonstration soll verdeutlichen, wie gering der Anteil des verfügbaren Trinkwassers am Gesamtwasservorkommen auf der Erde ist.

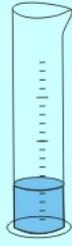
Tabelle 3 Material: Ein Tropfen Trinkwasser

Material pro Gruppe	Menge	Einheit	Kosten (EUR)
Messbecher	1	1 L	0,5 - 2
Wasser	1	L	0
Weltkarte oder Globus	1	Stück	1 - 2
Salz	5	Löffel	0
Messzylinder	1	100 mL	1 - 2
Messzylinder	1	10 mL	1 - 2
Glas- oder Plastikpipette	1	10 mL	0,1 – 0,5
Untersetzer o.ä.	1	-	0,1 - 0,5

## Ein Tropfen Trinkwasser



Salzwasser  
975 mL



Gletscher- und  
Poleis 20 mL



nicht verfügbares  
Süßwasser  
5 mL



Trinkwasser  
1 Tropfen

1. Ein Liter (1000 mL) Wasser wird auf den Tisch gestellt und die Kinder sollen sich diese Menge als die Gesamtmenge des auf der Erde vorhandenen Wassers vorstellen.
2. Die Schüler sollen auf einem Globus oder einer Weltkarte zeigen, wo sich das meiste Wasser befindet. 25 mL des Wassers werden in einen Messbecher gegossen. Es wird erklärt, dass dies die Gesamtmenge an Süßwasser weltweit darstellt. In die restlichen 975 mL Wasser wird Salz gegeben, um nicht trinkbares Meerwasser zu simulieren.
3. Die Schüler sollen überlegen, ob das gesamte Süßwasser als Trinkwasser zur Verfügung steht. Es wird erklärt, dass fast 80 % des Süßwassers gefroren in Polkappen und Gletschern zu finden ist.
4. 5 mL des Süßwassers werden in einen kleinen Messzylinder gegossen. Diese Menge stellt die nicht gefrorenen Süßwasserreserven auf der Erde dar. Es wird erklärt, dass nicht die gesamte Menge dieses Wassers als Trinkwasser zur Verfügung steht (Grundwasser, Verschmutzung).
5. Mit einer Pipette wird nur 1 Tropfen Wasser auf den Untersetzer o.ä. gegeben. Dieser Tropfen stellt das saubere Süßwasser auf der Erde dar, das als Trinkwasser genutzt werden kann.
6. Diese Darstellung sollte anschließend mit den Schülern diskutiert werden, wobei Umweltverschmutzung, persönlicher Wasserverbrauch, wachsende Weltbevölkerung oder Klimawechsel angesprochen werden könnten.

**Abbildung 8** Arbeitsblatt: Ein Tropfen Trinkwasser

## 3.6 Einführung in die Sequenz Teil B: Wie viel Wasser verbrauchen wir?

Wasser ist lebensnotwendig. Der Körper des Menschen besteht zu etwa 75% aus Wasser. Man kann bis zu zwei Wochen ohne Essen überleben, aber man stirbt nach 3 Tagen ohne Wasser zum Trinken.

Wasser wird in allen Lebensbereichen gebraucht. Weltweit wird das meiste Wasser zur Bewässerung in der Landwirtschaft verwendet.

Überlegt, wozu wir Wasser brauchen! Jeder Schüler sollte ein Beispiel finde, wofür Wasser gebraucht wird. Die Klasse sollte verschiedene Kategorien finden. Hier sind ein paar Beispiele vorgegeben:



Abbildung 9 Wozu benutzen wir Wasser?

## 3.7 Aktivität B: Wie viel Wasser verbrauchen wir?

In vielen Gebieten Europas verwenden die Menschen etwa 120 bis 130 L Wasser am Tag.

Die Klasse wird in Gruppen unterteilt und die Kinder gebeten, Listen anzufertigen, wann sie Wasser benutzen. Sie sollten auch schätzen, wie viel Wasser sie verwenden, wenn sie zur Toilette gehen, ihre Hände waschen etc.



(Illustration übernommen von Kommunale Wasserwerke Leipzig GmbH)

**Abbildung 10** Durchschnittsmengen für den Wasserverbrauch einer Person am Tag

### 3.8 Evaluierung der Sequenz: Wasserverteilung und Wasserverbrauch

Die Schüler sollen einen Tag lang jedes Mal, wenn sie Wasser verwenden, dies aufschreiben und schätzen wie viel sie insgesamt an einem Tag verbrauchen.

Rechnung: Wie viel Wasser verbrauchst du in deinem Leben zur Toilettenspülung?

Denk dran, du brauchst 20-50 L pro Tag, um die Toilette zu spülen. Ein Jahr hat 365 Tage. Nimm an, dass du etwa 80 Jahre alt wirst.

## 4 SEQUENZ 3: WOHIN GEHT UNSER ABWASSER?

### 4.1 Klassenstufe

Klasse 3-5

### 4.2 Dauer

Vorbereitungszeit: 2 - 4 h

Dauer: 1/2 Tag

### 4.3 Lernziele

Die Schüler lernen, dass Wasser bei Benutzung verschmutzt wird und gereinigt werden muss. Sie sollen erkennen, wohin das Wasser nach der Benutzung zu Hause fließt und die Prinzipien der Wasserbehandlung in einer konventionellen Kläranlage verstehen.

### 4.4 Einführung in die Sequenz: Wohin geht unser Abwasser?

Wir denken selten darüber nach, was mit dem Wasser passiert, nachdem wir es benutzt haben und es durch den Abfluss verschwindet. In den meisten Städten fließt das Abwasser normalerweise in ein Netzwerk von Abwasserrohren, die in eine Kläranlage münden. Hier wird das Abwasser durch mechanische, biologische und chemische Prozesse gereinigt bevor es wieder in ein Oberflächengewässer, z.B. einen Fluss, eingeleitet wird. Um die Verschmutzung von Flüssen und anderen Gewässern zu verhindern, unterliegt die Einleitung von Wasser aus Klärwerken strengen Auflagen.

Zunächst wird das Abwasser durch ein Rechenwerk geleitet, in dem mit verschiedenen Rechen grobe Schmutzstoffe wie Papier, Textilien, Holz und Plastik abgefangen werden. Anschließend gelangt das Wasser in den Sandfang. Dieses Becken durchströmt das Wasser sehr langsam und grobe mineralische Stoffe, wie Sand, Kies und Steine, setzen sich am Boden ab.

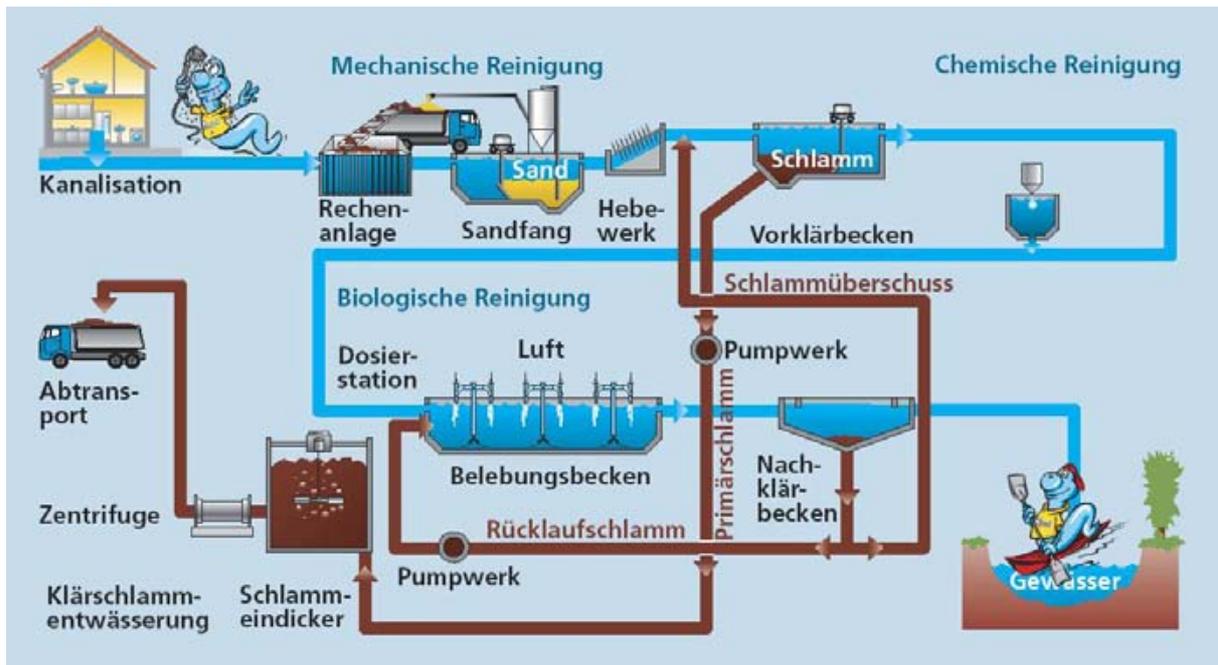
Nun gelangt das Abwasser in ein Vorklär- oder Absetzbecken. Hier setzen sich feinere Schwebeteilchen als Schlamm am Boden ab. Schwimmfähige Stoffe (Fette) werden von der Wasseroberfläche abgeschöpft. Der abgesetzte Schlamm wird abgepumpt und einer weiteren Behandlung in Faultürmen unterzogen.

Durch die mechanische Behandlung werden etwa 50% der Schmutzstoffe entfernt. Nun folgt die biologische Reinigungsstufe.

Nach der Reinigung im Vorklärbecken gelangt das Abwasser ins Belebungsbecken. In den meisten Fällen wird Luft in das Wasser gepumpt, damit die Bakterien Sauerstoff zum Leben haben. Die Bakterien „fressen“ die Schmutzstoffe im Wasser, die nicht im ersten Behandlungsschritt entfernt werden konnten. Im Nachklärbecken sinken sie zum Boden und

werden abgepumpt. Einige Substanzen wie Phosphate werden durch Chemikalien aus dem Wasser entfernt. Das gesäuberte Wasser fließt wieder in ein Gewässer.

Das Konzept und die Prinzipien der zentralen Abwasserbehandlung sollten anhand von Fotos oder einem Video veranschaulicht werden. Um den Besuch zur Kläranlage vorzubereiten, sollten zusätzliche Informationen zur Anlage, ein Zeitplan der Exkursion und Verhaltensregeln gegeben werden.



(Illustration: Kommunale Wasserwerke Leipzig GmbH)

Abbildung 11 Schematische Darstellung einer konventionellen Kläranlage

#### 4.5 Aktivität: Wohin geht unser Abwasser?

Die Aufgabe der Schüler ist es, den Weg des Abwassers zu verfolgen, angefangen in der Toilette bis zur Stelle, wo das gereinigte Wasser wieder in einen Fluss eingeleitet wird.

Der Ausflug beginnt mit einem Besuch auf der Toilette, wo die Schüler einen farbigen Papierschnipsel herunterspülen. Je nach den lokalen Bedingungen sollen die Schüler die Abwasserleitungen identifizieren und bis zum nächsten Gullideckel verfolgen. Dort sollen die Schüler schauen, wohin das Wasser fließt. (ACHTUNG: Vorsicht bei Straßenverkehr!)

Die Reise geht weiter entlang der Abwasserleitungen zur örtlichen Kläranlage, wo die Schüler die verschiedenen Behandlungsschritte wiedererkennen sollten. Der Ausflug könnte durch verschiedene Stopps unterwegs unterbrochen werden, wo die Schüler z.B. Gullideckel, Innenansichten eines Kanals oder offene Kanäle besichtigen. Dabei bekommen sie einen Eindruck von der Reise, die der Papierschnipsel zurücklegt. Die Schüler werden ebenfalls für den großen technischen und finanziellen Aufwand, der zum Aufbau und zur Wartung eines unterirdischen Kanalsystems notwendig ist, sensibilisiert.

An der Kläranlage treffen die Schüler den Klärwart, der die Technik und den Behandlungsprozess erläutert. Die Schüler können Fragen über die Anlage stellen. Der Klärwart könnte zeigen, wie man eine Probe am Zulauf und am Ablauf der Anlage nimmt, um die Reinigungsleistung der Anlage zu prüfen. Die Schüler könnten aber auch etwas über die chemische Analyse des Abwassers vor und nach der Behandlung erfahren.

#### **4.6 Evaluierung der Sequenz: Wohin geht unser Abwasser?**

Mithilfe eines Stadtplans sollen die Schüler die Gesamtlänge des Kanalnetzes in ihrem Stadtviertel oder ihrer Gemeinde berechnen.

## 5 SEQUENZ 4: WASSER - EIN KOSTBARES GUT

### 5.1 Klassenstufe

Klasse 3-5

### 5.2 Dauer

Vorbereitungszeit: Teil A: 25 min, Teil B: 15 min

Dauer: Teil A: 25 min, Teil B: 20 min

### 5.3 Lernziele

Den Schülern wird bewusst, dass es Gegenden auf der Erde mit Wasserknappheit gibt und sie erfahren von den Konsequenzen ungenügender Versorgung mit Wasser und Sanitäranlagen. Sie lernen grundlegende Umweltfragen im Zusammenhang mit der Verwendung von Wasser zu entscheiden.

Die Sequenz sollte die soziopolitischen Kenntnisse der Schüler erweitern und ihnen Zusammenhänge von Ökonomie, Soziologie, Politik und Ökologie bewusst machen.

### 5.4 Einführung in die Sequenz Teil A: Gestalte ein gesundes und angenehmes Leben

Mehr als jeder dritte Mensch auf der Erde hat nicht genügend Trinkwasser und vielen stehen überhaupt keine sanitären Einrichtungen zur Verfügung. Schmutziges Wasser kann Bakterien und Viren enthalten, die Krankheiten hervorrufen. Durchfall ist ein Symptom vieler Krankheiten. Durchfallerkrankungen sind die gefährlichsten Krankheiten im Zusammenhang mit Wasser und Hygiene. Über zwei Millionen Menschen sterben jährlich daran, meist Kinder unter fünf Jahren. Die Bakterien und Viren werden über schlechtes Wasser übertragen, durch kontaminiertes Essen, die unhygienische Beseitigung von Fäkalien und schlechte Hygiene. Die drei Krankheiten mit den meisten Todesopfern sind Cholera, Ruhr und Typhus. Alle diese Krankheiten können durch einen verbesserten Zugang zu sauberem Wasser und die Einrichtung von sanitären Anlagen verhindert werden, da so die Bakterien nicht wieder in die Wasserversorgung eindringen können. Durch Hygieneerziehung lernen die Menschen sichere Hygieneregeln.

Dies sind beispielsweise:

- Benutzung von Latrinen
- Saubere Aufbewahrung von Lebensmitteln und Wasser
- Richtiges Garkochen des Essens

- Waschen und Schälen von Obst und Gemüse
- Händewaschen mit Seife vor dem Anfassen von Lebensmitteln

Es ist jedoch oft nicht einfach, diese Regeln zu befolgen. In armen Ländern müssen die Menschen Wasser vom nächsten Bach oder Brunnen holen, wo es schon verschmutzt sein kann. Ein weiteres Problem ist die Menge des verfügbaren Wassers. In einigen Regionen der Welt stehen den Menschen nur 10L Wasser am Tag zur Verfügung.

Die Lebensbedingungen in trockenen Gebieten könnten durch Bilder oder einen kurzen Film illustriert werden.

## 5.5 Aktivität A: Gestalte ein gesundes und angenehmes Leben

Die Schüler sollten in kleinen Gruppen arbeiten. Jede Gruppe erhält einen Eimer Wasser, die Gefäße und die Arbeitsblätter.

Die Schüler sollen sich in Erinnerung rufen, dass wir in Europa jeden Tag pro Person etwa 12 Eimer Wasser verwenden. Nun sollen sie sich vorstellen, dass ihnen nur ein Eimer pro Tag zur Verfügung steht. Die Gruppen müssen entscheiden, wofür sie das Wasser verwenden würden. Es muss berücksichtigt werden, dass der Mensch 3 - 4 L Wasser am Tag zum Trinken und Essen benötigt. Sanitäre Aspekte dürfen nicht vernachlässigt werden und die Schüler sollten das Wasser so verteilen, dass sie ein gesundes und möglichst angenehmes Leben haben. Jedes Gefäß steht für eine Verwendung auf dem Arbeitsblatt. Mit dem Messbecher wird das Wasser verteilt. Die Schüler sollen versuchen, sich in die Lage der Menschen mit nur wenig Wasser zu versetzen. Ein Sprecher trägt anschließend die Ergebnisse vor.

Diese werden in der Gruppe diskutiert, wobei die Lebensbedingungen in trockenen Regionen der Erde mit denen der Schüler verglichen werden können, besonders unter dem Augenmerk der Gesundheit. Einer der Schlüsse aus der Diskussion kann sein, dass 10L Wasser nicht ausreichend sind, um gesund zu leben. Die Schüler sollten überlegen, wie man mehr Wasser erhalten könnte.

**Tabelle 4 Material: Gestalte ein gesundes und angenehmes Leben**

Material pro Gruppe	Kosten (EUR)
1 Plastikeimer (10 L)	0,5 – 2,5
10 L Wasser	0
5 Gefäße (5 L)	3 - 8
Messbecher (500 mL)	0,5 - 1
Stift (wasserfest)	1 - 2
Reinigungsmittel (Schwamm, Handtuch oder Küchenpapier etc.)	0
Arbeitsblatt	0,1



Ein gesundes und angenehmes

Leben mit nur

**10 L**

Wasser pro Tag?

Name der Gruppe: .....

Stellt euch vor, jedes Mitglied eurer Familien hat nur 10 Liter (1 Eimer) Wasser am Tag zur Verfügung.

Ihr müsst entscheiden, wie Ihr euren Eimer verwendet.

Ihr habt 5 Möglichkeiten:

1. Essen und Trinken ..... Liter
2. Toilette ..... Liter
3. Wäsche waschen ..... Liter
4. Waschen, Dusche ..... Liter
5. Abwaschen ..... Liter

Schreibt die 5 Verwendungsmöglichkeiten auf die 5 kleinen Gefäße und verteilt das Wasser mit einem Messbecher. Füllt anschließend den Zettel gemeinsam aus.

Wie verändert sich das Leben, wenn man nur 10 Liter Wasser zur Verfügung hat?

.....

.....

.....

.....

Abbildung 12 Arbeitsblatt: Gestalte ein gesundes und angenehmes Leben

## 5.6 Einführung in die Sequenz Teil B: Wie man mehr aus einem Tropfen Wasser holt

Der häusliche Wasserverbrauch stellt nur einen geringen Anteil des insgesamt von der Landbevölkerung in Entwicklungsländern benötigten Wassers dar. Der Mensch trinkt durchschnittlich 4 Liter Wasser pro Tag. Das tägliche Essen derselben Person zu produzieren, kann jedoch über 500 Liter Wasser verbrauchen. Zur Produktion von 1kg Weizenkörnern werden zwischen 715 und 750 L Wasser benötigt. Für Mais liegen die Zahlen zwischen 540 und 630 L/kg, für Sojabohnen zwischen 1650 und 2200 L/kg und für 1kg Reis braucht man 1550 Liter Wasser. Deswegen stellt die Produktion von Nahrungsmitteln und Getreide den größten Anteil des Süßwasserverbrauchs durch den Menschen dar. In einigen Gegenden der Erde hat in den letzten Jahren der Wasserverbrauch für den Tourismus den Verbrauch durch Landwirtschaft überholt.

Der Süßwasserverbrauch für die Feldbewässerung und den Tourismus reduziert daher drastisch die verfügbare Menge an Trinkwasser für die Bevölkerung.

Die Wiederverwendung von Abwasser könnte eine Lösung des Problems sein. Lösungen im Kleinmaßstab, die auf kleinen Flächen installiert werden können, gibt es z.B. in Botswana, wo sie „Sanitas Wall“ genannt werden. Das System basiert auf der Verwendung von Waschwasser aus den Haushalten für die Bewässerung der Felder.

Die Wiederverwendung von Abwasser hat den zusätzlichen Vorteil, dass der Nährstoffgehalt aus den Fäkalien einer Person ausreichend ist für die Produktion von genügend Getreide zum Lebenserhalt einer Person. Das größte Problem bei der Verwendung von Abwasser für die Produktion von Nahrungsmitteln ist jedoch der hygienische Aspekt. Deswegen muss Abwasser vor der Verwendung zur Bewässerung behandelt werden.

## 5.7 Aktivität B: Wie man mehr aus einem Tropfen Wasser rausholt

Die Schüler lesen die kurze Geschichte über das Mädchen Palesa in Afrika. Die Kinder sollen darauf achten, wie sie und ihre Familie Wasser nutzen. Jede Verwendung sollen sie im Text unterstreichen. Es sollen Möglichkeiten gefunden werden, durch die man mehr Wasser im Haus zur Verfügung hat. Die Schüler sollen erkennen, dass durch die Wiederverwendung von Abwasser im Garten mehr Trinkwasser für die Familie bleibt. Es soll diskutiert werden, ob man auch Abwasser aus der Toilette nutzen kann. Gibt es weitere Ideen für die Weiterverwendung von Wasser?

## 5.8 Evaluierung der Sequenz: Wasser - ein kostbares Gut

Die Schüler sollen berechnen, wie viel Wasser sie mindestens benötigen, um ein angenehmes Leben zu führen. Welche Arten Abwasser, die von den Schülern und ihre Familien produziert werden, könnten einfach im Haushalt wiederverwendet werden?

## Wie man mehr aus einem Tropfen Wasser holt

Dies ist eine Geschichte über ein Mädchen Palesa (pah-LAY-sah), deren Name „Blume“ bedeutet. Palesa lebt in einem ländlichen Dorf in Lesotho, Afrika. Hier wird ein Tag in ihrem Leben beschrieben.

Das tägliche Nass

Früh am Morgen wacht Palesa auf und geht zum Wassertank im Dorf, um dort Wasser zu holen. Ihre Familie darf 5 Eimer am Tag holen. Sie trinkt eine Tasse und geht mit dem schweren Wassereimer auf ihrem Kopf nach Hause. Wenn sie nach 15 Minuten zu Hause ankommt, hat ihre Mutter schon das Feuer im Ofen angezündet. Mapalesa, ihre Mutter, macht etwas Wasser warm, damit sich Palesa vor der Schule schnell waschen kann. In einem anderen Topf kocht sie Wasser, wo sie Maismehl einrührt, um „papa“ für das Frühstück zu machen. Palesa isst schnell, damit sie nicht zu spät zur Schule kommt. Sie gibt die leere Schüssel der Mutter und rennt den Hügel herunter, um ihre Freunde einzuholen.

Nun geht Mapalesa ihren morgendlichen Aufgaben nach. Zunächst geht sie noch einmal zum Wassertank. Sie muss zweimal gehen, um genug Wasser für den kleinen Garten und zum Waschen zu holen. Dann gießt sie die Pflanzen und wäscht das Geschirr. Sie verwendet auch das Abwaschwasser, um den Spinat zu gießen, sie will nichts verschwenden. Danach kocht sie eine Suppe mit etwas Fleisch und kehrt das Haus. In der Zwischenzeit kommt Palesa aus der Schule heim.

Schnell legt Palesa ihre Schuluniform ab und wäscht sie in einem kleinen Plastikbecken: morgen früh muss sie wieder trocken sein! Mit dem Waschwasser gießt sie ihre Tomaten im Garten. Dann holt sie noch zwei Eimer Wasser, einen für die Toilette und einen für das Vieh. Gegen Sonnenuntergang kommt ihr Bruder vom Viehhüten auf den Feldern heim. Palesa hilft Thabo (THA-boh), dessen Name „Glück“ bedeutet. Sie bringt Wasser für die beiden Kühe.

Nach dem Abendessen verwöhnt Mapalesa ihre Kinder mit einer heißen Tasse Tee mit ganz viel Zucker. Sie trinken den Tee und sitzen um das Feuer in der Mitte des Hauses. Sie sind froh, dass sie es warm haben an diesem kalten Herbstabend. Palesa wünscht ihr Vater wäre da und würde ihnen Geschichten erzählen, aber er ist weit weg in Südafrika, wo er in den Bergwerken arbeitet. Wie viele andere Väter kommt er erst Weihnachten heim, das ist noch weit weg.

Verändert nach Coverdell 2006

**Abbildung 13 Arbeitsblatt: Wie man mehr aus einem Tropfen Wasser holt**

## 6 SEQUENZ 5: WIR BAUEN EINE PFLANZENKLÄRANLAGE

Eine Pflanzenkläranlage ist eine naturnahe Technologie zur Behandlung von Abwasser. Mit der folgenden Bauanleitung können die Schüler ihre eigene Pflanzenkläranlage bauen. So erhalten sie einen Einblick in den Aufbau und die Wirkungsweise von Pflanzenkläranlagen. Sie erkennen, dass Pflanzenkläranlagen eine einfache ökologische Technologie sind, bei der natürliche Prinzipien zur Reinigung von Abwasser genutzt werden. Die Schüler führen Experimente durch, um die Reinigungsleistung ihrer Pflanzenkläranlage zu prüfen.

### 6.1 Klassenstufe

Klasse 3-5

### 6.2 Dauer

Vorbereitungszeit: 3-5 Stunden (einschließlich Einkauf)

Durchführung: 45 min

### 6.3 Lernziele

- Die Schüler lernen, dass Pflanzenkläranlagen eine einfache Technologie sind, bei der natürliche Prinzipien zur Reinigung von Abwasser genutzt werden (Bodenfilter, bakterieller Abbau, Aufnahme durch die Pflanzen).
- Die Schüler verstehen den Aufbau und die Wirkungsweise von Pflanzenkläranlagen.
- Die Schüler bauen die Modelle selbständig und haben dabei Umgang mit technischen Geräten. Dadurch erhalten sie ebenfalls einen Einblick in die praktische Arbeit von Ingenieuren und Wissenschaftlern.

### 6.4 Einführung in die Sequenz: Wir bauen eine Pflanzenkläranlage

Natürliche Feuchtgebiete (wetlands) findet man entlang von Flüssen und Seen, in tiefer liegenden Wäldern und Feldern und in vom Menschen tiefer gelegten Gegenden, wo Wasser gesammelt wird. Sie haben Eigenschaften von aquatischen und terrestrischen Ökosystemen, sind demzufolge weder Seen und Flüsse, noch fester Boden.

In Feuchtgebieten ist der Boden ganzjährig wassergesättigt. Das Wasser kann aus Oberflächen- oder Grundwasser, Regen oder geschmolzenem Schnee stammen.

Die Fähigkeit der Feuchtgebiete, Wasser zu speichern, macht sie zur wertvollen Wasserquelle und zum Habitat verschiedener Pflanzen und Tiere. Feuchtgebiete sind biologisch sehr aktiv und spielen eine wichtige Rolle für die Selbstreinigungskraft des Wasserkreislaufs. Pflanzenkläranlagen (constructed wetlands) bezeichnen eine moderne, naturnahe Technologie

zur Abwasserbehandlung, bei der das natürliche Potential von Böden und Gewässern, Wasser zu reinigen, genutzt wird. Diese in Böden, Flüssen und Bächen stattfindenden Prozesse werden „Selbstreinigung“ genannt. Sie sind hauptsächlich auf im Boden und Wasser lebende Kleinstlebewesen (zumeist Bakterien und andere Einzeller) zurückzuführen, die die Fähigkeit besitzen, Schmutzstoffe abzubauen indem sie diese in harmlose Substanzen umbauen. Der Boden wirkt außerdem wie ein Filter und die im Boden wachsenden Pflanzen sorgen für perfekte Lebensbedingungen für Bakterien, die Schmutzpartikel und Krankheitserreger im Wasser entfernen. Die Bakterien benötigen Sauerstoff, den sie direkt aus der Atmosphäre oder über die Wurzeln der Pflanzen erhalten.

Die natürlichen Prozesse in den Feuchtgebieten sind übrigens dieselben, wie die in konventionellen Kläranlagen (siehe Sequenz 3 „Wohin geht unser Abwasser?“).

Pflanzenkläranlagen sind eine Technologie des Ecological Engineering und stellen eine Alternative zu konventionellen Kläranlagen dar. Mit dieser Technologie wird eine Vielzahl der Abwasserinhaltsstoffe entfernt (überschüssige Nährstoffe, giftige Substanzen und Krankheitserreger) und das behandelte Wasser kann für andere Zwecke weiterverwendet werden. Durch die relativ niedrigen Konstruktions- und Betriebskosten besitzt diese Ökotechnologie ein breites Anwendungsspektrum, welches auch ländliche Gegenden mit geringer Infrastruktur und arme Länder einschließt.

Den Schülern werden Bilder oder ein kurzes Video über natürliche Feuchtgebiete und Pflanzenkläranlagen gezeigt. Sie sollen beschreiben, was diese Gebiete auszeichnet und worin der Unterschied zwischen Pflanzenkläranlagen und traditionellen Abwasserbehandlungssystemen besteht.

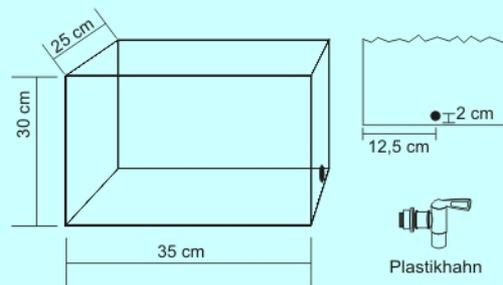
## 6.5 Aktivität: Wir bauen eine Pflanzenkläranlage

**Tabelle 5 Material: Wir bauen eine Pflanzenkläranlage**

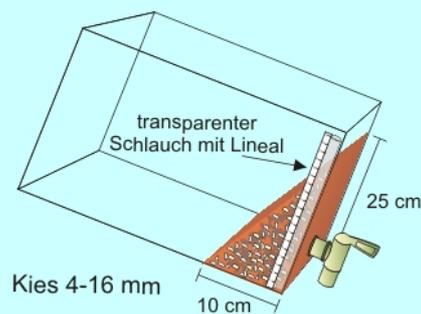
Material für 1 Modell	Kosten (EUR)
<b>Modell Pflanzenkläranlage</b>	
1 durchsichtiger Plastikbehälter (35*23*31cm)	2 - 5
15 kg Kies (4-16mm)	2 - 10
25 L Blähton (LECA) 1-4 mm	2 - 10
2 Plastikeimer (10 L)	1 - 5
25 cm durchsichtiger Schlauch, Durchmesser 20mm	0,5 - 1
1 Wasserhahn aus Plastik (mit Mutter und Schraube)	3 - 5
1 Messbecher (1 L)	1 - 2
Holzklötz	0,5 - 1
1 Messband	0,5 - 1
1 Rolle Klebeband	1 - 2
Pflanzen: z.B. Zimmerpflanzen, Zyperngras ( <i>Cyperus alternifolius</i> ), Binsen ( <i>Juncus spec.</i> )	0 - 10
Zusätzliches Material (Schere, Stift, Schwamm, Handtuch, Papier, usw.)	0

Die meisten Materialien sind in Zoohandlungen und Heimwerkermärkten erhältlich.

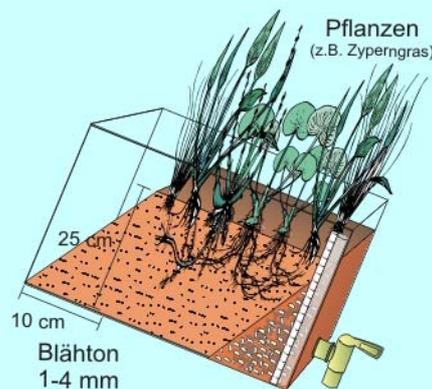
## Modell Pflanzenkläranlage



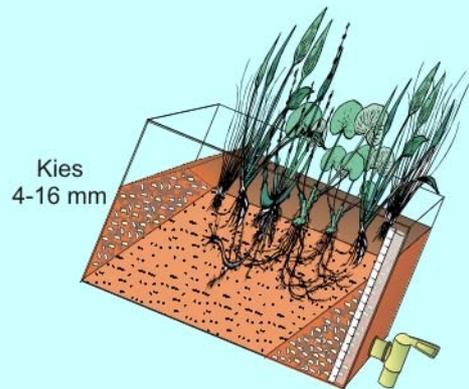
- 1) In die schmale Wand des Behälters wird ein Loch mit dem Durchmesser des Wasserhahnes gebohrt. Das Loch sollte sich mittig etwa 2 cm über dem Boden befinden (sollte vom Lehrer durchgeführt werden).
- 2) Den Plastikwasserhahn anbauen und mit der Mutter festziehen. Darauf achten, dass die Verbindung wasserdicht ist.
- 3) Den durchsichtigen Plastikschlauch in einer Ecke des Behälters und das Messband (Lineal) daneben an der Außenseite des Behälters befestigen.



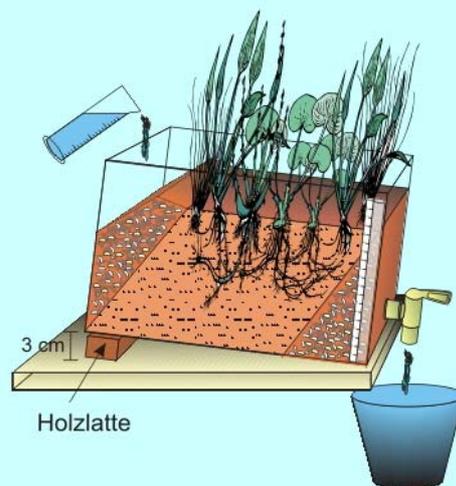
- 4) Den Behälter, wie in der Abbildung gezeigt, anheben und zunächst Kies und dann den Blähton einfüllen.
- 5) Die Pflanzen aus den Töpfen nehmen und die Wurzelballen von der losen Erde befreien. Die Zimmerpflanzen (von den Schülern mitgebracht) oder das Zyperngras in den Blähton einsetzen (Vorsicht mit den Wurzeln!).



- 6) Schließlich den Kies einfüllen und den Einlauf (Einlauffilter) der Modellanlage gestalten.



- 7) Das Modell an einem sicheren Ort aufstellen, den Eimer unter den Ablauf stellen und mit dem Messbecher langsam etwa 5 L in den Einlaufbereich des Systems gießen. Den Vorgang wiederholen bis das abfließende Wasser klar ist.



- 7) 1 L des künstlichen Abwassers in das System gießen und mit sauberem Wasser bis zu einem Wasserstand von 10 cm auffüllen.
- 8) Einmal wöchentlich eine Wasserprobe entnehmen und die Wasserqualität, wie im Experiment „WASSERANALYSE“ beschrieben, „analysieren“.
- 9) Nach der Entnahme der Wasserprobe einmal wöchentlich 1 L des künstlichen Abwassers in das System gießen und mit sauberem Wasser bis zu einem Wasserstand von 10 cm auffüllen.

Abbildung 14 Arbeitsblatt: Anleitung für Schüler „Wir bauen eine Pflanzenkläranlage“

## 6.6 Evaluierung der Sequenz: Wir bauen eine Pflanzenkläranlage

Die Schüler sollten einen Wartungsplan für das Modell entwerfen und die Aufgaben so verteilen, dass sich jeder Schüler für das Wohl der Pflanzen und die Wartung der technischen Geräte etc. (Vorbereitung des Abwassers, Einleitung des Abwassers) verantwortlich fühlt.

## 6.7 Fotodokumentation „Wir bauen eine Pflanzenkläranlage“

Befestigung des Wasserhahns und des durchsichtigen Plastikschlauchs



Füllen des Behälters



Einsetzen der Pflanzen



## Waschen des Systems



## Eingießen des Abwassers und erste Probenahme



## 7 SEQUENZ 6: ABWASSERANALYSE

Die hier vorgestellten Experimente können entweder als einzelne Sequenz behandelt werden oder, wenn sie einmal etabliert sind, als Routineanalyse für die Messung der Leistung des Pflanzenkläranlagenmodells bzw. des Filtersystems, die regelmäßig gewartet und mit künstlichem Abwasser „gefüttert“ werden müssen (siehe: Wir bauen eine Pflanzenkläranlage), genutzt werden. Mit dieser Sequenz sollen die Konzepte „sauberes Wasser“ und „Wasserqualitätsrichtlinien“ erklärt und die Prinzipien der Wasseranalyse vermittelt werden.

### 7.1 Klassenstufe

Klasse 3-5

### 7.2 Dauer

Vorbereitungszeit 1-2 Stunden (einschließlich Einkauf), 15 min (Routineanalyse)

Dauer Teil A: 55 min (Sequenz) oder 15 min (Routineanalyse), Teil B: 35 min

### 7.3 Lernziele

- Die Schüler lernen die Begriffe „sauberes Wasser“ und „Qualitätsrichtlinien“ kennen.
- Sie sollten die Prinzipien der Wasseranalyse verstehen, um verschiedene Substanzen im Wasser messen zu können.

### 7.4 Einführung in die Sequenz: Abwasseranalyse

Die Schüler sollen sich die Sequenz „Wasserverteilung und Wasserverbrauch“ in Erinnerung rufen und wiederholen, wie und wodurch Wasser verschmutzt wird?

Es wird erklärt, welche Substanzen in häuslichem Abwasser vorhanden sind.

- Leicht abbaubare organische Substanzen, wie z.B. menschliche und tierische Exkremente und Nahrungsreste
- Nährstoffe wie Phosphat, Nitrat, Ammonium
- Krankheitserreger, d.h. Bakterien, Viren und Einzeller
- Stabile organische Verbindungen, künstlich hergestellte Verbindungen, wie z.B. Desinfektionsmittel, Farben, Lösungsmittel usw.
- Schwermetalle, Salze

Die Schüler sollen überlegen, wer entscheidet, ob Wasser sauber ist oder nicht. Warum kann man sicher sein, dass Leitungswasser und abgefülltes Trinkwasser wirklich sauber sind?

Es wird erläutert, dass das aus Kläranlagen abgeleitete Wasser strenge Auflagen erfüllen muss.

Um entscheiden zu können, ob die Behandlung des Abwassers erfolgreich war, muss die Konzentration von Schmutzstoffen vor und nach der Behandlung gemessen werden. Dafür gibt es verschiedene analytische Methoden, die normalerweise in speziellen Wasseranalyzelabors durchgeführt werden. In jedem Land gibt es Wasserqualitätsrichtlinien, die klare Grenzwerte für über hundert verschiedene Substanzen vorgeben. Diese Grenzwerte unterscheiden sich je nach dem Verwendungszweck des Wassers. Die Grenzwerte für Trinkwasser beispielsweise sind viel niedriger als die für Wasser, das in der Landwirtschaft für die Bewässerung eingesetzt wird.

## 7.5 Aktivität: Abwasseranalyse

Die Klasse wird in Gruppen unterteilt und jede Gruppe erhält ein Set Materialien.

Die Schüler müssen nun die Qualität des Abwassers „messen“. Den Schülern werden alle Hilfsmittel gezeigt und erklärt, und der Messvorgang sowie die Sicherheitsvorkehrungen werden erläutert. Jede Gruppe erhält als Referenz eine Trinkwasserprobe und zwei Datenblätter (eins für das Abwasser und eins für des Trinkwasser).

**Tabelle 6 Material: Abwasseranalyse**

Material pro Gruppe	Kosten (EUR)
<b>Abwasserzutaten (2L)</b>	
1 durchsichtiger Wasserkanister mit Hahn (2 L)	1 - 2
1 Löffel	0,5
Wasser (ca. 10L)	0
Toilettenpapier (6 Blätter)	0
Milch (4 Löffel)	0
Flüssigseife (Shampoo) (1 Löffel)	0
Essig (1 Löffel)	0
Pflanzenöl (1 Löffel)	0
Kaffeegrund (4 Löffel)	0
<b>Testmaterial</b>	
2 durchsichtige Plastikbecher (200 mL)	0,5 - 1
1 Abgussieb	0,5 - 1
2 Streifen braunes Packpapier (3x15cm)	0
1 Strohhalm	0
2 pH-Teststreifen (pH 2-10) und Farbtafel	0,5
2 Datenblätter	0
1 Stift	
Reinigungsmittel (Schwamm, Handtuch, Küchenpapier etc.)	

Die Materialien sind in Supermärkten oder Zoohandlungen erhältlich

- Vorbereitung des künstlichen Abwassers: Den Wasserkanister mit 2 L Leitungswasser füllen. Das Toilettenpapier in kleine Stücke reißen und zusammen mit den anderen Zutaten (Flüssigseife, Essig, Pflanzenöl, Kaffeegrund und Milch) in den Kanister geben. Den Kanister fest verschließen und gut schütteln. Das künstliche Abwasser ist nun fertig. Die Schüler werden gefragt, ob sie die Mischung als Abwasser ansehen und die Kriterien werden diskutiert.

**(ACHTUNG: Die Schüler sollten auf keinen Fall das Wasser oder die Hilfsmittel in den Mund nehmen!)**

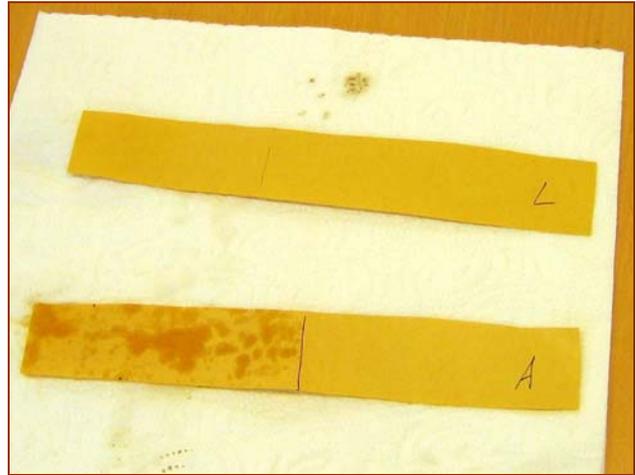


- **Grobe Teilchen:** Den Kanister leicht schütteln. Sind grobe Teilchen (Papier) sichtbar oder nicht? Falls ja, auf dem Datenblatt „Ja“ markieren. Das Abgussieb auf den Plastikbecher setzen und zur Hälfte mit Abwasser füllen. Wie viele grobe Teilchen werden zurückgehalten? (Keine groben Teilchen = 0 Punkte, Boden fast bedeckt = 1 Punkt, Sieb fast voll = 2 Punkte.)



- **Öl:** Auf einen Streifen braunes Packpapier (3 cm x 15 cm) den Namen der Probe (Leitungswasser, Abwasser oder gereinigtes Wasser) schreiben und in die Wasserprobe halten. 1 Minute warten und herausnehmen. Auf ein Blatt Küchenrolle legen. Wenn das Papier getrocknet ist (10-20 min), überprüfen, ob Fettflecke vorhanden sind (dunkler als die Papierfarbe). Falls dies der Fall ist, „Ja“ ankreuzen. Die Fläche der Fettflecke

schätzen. (Keine Fettflecke= 0 Punkte, Flecke auf weniger als der Hälfte der Fläche = 1 Punkt, Flecke auf über der Hälfte der Papierfläche = 2 Punkte)



- **Geruch:** Riecht die Wasserprobe anders als Leitungswasser? Falls dies der Fall ist, „Ja“ ankreuzen und den Geruch und seine Intensität beschreiben. Dabei zwischen den Stufen „leichter“, „mittel“ und „starker“ Geruch unterscheiden. (Leicht=0 Punkte. Mittel=1 Punkt. Intensiv=2 Punkte.)
- **Farbe:** Dies ist ein Sichtbarkeitstest. Ist das Wasser verfärbt? Falls dies der Fall ist, „Ja“ ankreuzen und die Farbe und deren Intensität beschreiben. Dabei zwischen „leicht“, „mittel“ und „intensiv verfärbt“ unterscheiden. (Leicht=0 Punkte. Mittel=1 Punkt. Intensiv=2 Punkte.)



- **Feine Teilchen:** Das Abwasser mit einem Löffel leicht verrühren. Sind Teilchen erkennbar? Falls ja, auf dem Datenblatt „Ja“ markieren. Einen Löffel des Wassers entnehmen und die Anzahl der auf dem Löffel sichtbaren Teilchen schätzen. (Weniger als 10 = 0 Punkte. Über 10 = 1 Punkt. Über 100 = 2 Punkte.)



- **Trübheit:** Ist das Abwasser im Becher trüb oder klar? Falls es trüb ist, „Ja“ markieren. Ein Löffel wird hinter den Becher gehalten. Ist der Löffel durch den Becher hindurch zu erkennen? Wenn der Löffel sichtbar ist, ist das Wasser nur leicht getrübt. Wenn er nicht sichtbar ist, ist das Wasser mitteltrüb. Den Löffel in die Mitte des Bechers halten. Wenn der Löffel immer noch nicht erkennbar ist, ist das Wasser stark getrübt. (Klar = 0 Punkte, Mitteltrüb = 1 Punkt, Stark getrübt = 2 Punkte.)



- **Spülmittel:** Ein Schüler holt tief Luft und bläst vorsichtig mit einem Strohhalm in die Wasserprobe. Dies sollte nur einmal gemacht und nicht wiederholt werden. Falls Schaum entstanden ist, „Ja“ markieren. Ist wenig, mittel oder viel Schaum entstanden? Wenn das Abwasser schon schaumig ist, nur den Schaum beachten, der sich neu gebildet hat. (Schwache Schaumbildung = 0 Punkte. Mittlere Schaumbildung = 1 Punkt. Starke Schaumbildung = 2 Punkte.)



- **Säure (pH):** Ein Teststreifen wird in die Abwasserprobe gehalten. Schnell wieder herausnehmen und die Farbe mit der Referenz vergleichen. Den pH-Wert aufschreiben. Wenn der Wert unter 5 liegt, enthält das Wasser Säure und es kann „Ja“ angekreuzt werden. (pH 5 bis 8 = 0 Punkte, pH 4 bis 5 = 1 Punkt, pH 4 oder drunter = 2 Punkte)



- Die Gruppen sollen auswerten, wie oft sie „Ja“ angekreuzt haben und die „Schmutzpunkte“ für das Abwasser und die Trinkwasserprobe addieren. Die Qualität der verschiedenen Wasserproben wird verglichen (Leitungswasser, Abwasser und gereinigtes Abwasser).



Ergebnisse

Leitungswasser	Abwasser	P/krit.
1	11	5
1	12	3
1	14	
1	12	4
1	12	
	12	

## Wasseranalyse: Testergebnisse

Name der Gruppe: .....

Datum: .....

Art der Wasserprobe: .....

Parameter	Qualität	Quantität	Schmutzpunkte
Grobe Teilchen	<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein	Anzahl der groben Teilchen: Keine groben Teilchen = 0 Punkte, Boden fast bedeckt = 1 Punkt, Sieb fast voll = 2 Punkte	
Öl	<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein	Fläche der Fettflecken: Keine Fettflecke= 0 Punkte, Flecke auf weniger als der Hälfte der Fläche = 1 Punkt, Flecke auf über der Hälfte der Fläche = 2 Punkte	
Geruch	<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein	Geruch: Leicht=0 Punkte, Mittel=1 Punkt, Intensiv=2 Punkte	
Farbe	<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein	Farbe: Leicht=0 Punkte, Mittel=1 Punkt, Intensiv=2 Punkte	
Feine Teilchen	<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein	Anzahl der feinen Teilchen: Weniger als 10 = 0 Punkte. Über 10 = 1 Punkt. Über 100 = 2 Punkte.	
Trübheit	<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein	Klar = 0 Punkte, Mitteltrüb = 1 Punkt, Stark getrübt = 2 Punkte.	
Spülmittel (schaumbildend)	<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein	Schwache Schaumbildung = 0 Punkte Mittlere Schaumbildung = 1 Punkt Starke Schaumbildung = 2 Punkte	
Säuren (pH)	<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein	pH 5 bis 8 = 0 Punkte, pH 4 bis 5 = 1 Punkt, pH 4 oder drunter = 2 Punkte	
Anzahl der Kreuze für "Ja":		Anzahl der Punkte:	

Abbildung 15 Arbeitsblatt: Abwasseranalysemethoden Testergebnisse

## 7.6 Alternative Aktivität B: Konstruktion eines Filtersystems

Zusätzlich zu dem Modell der Pflanzenkläranlage oder als Weiterführung der Sequenz „Abwasseranalyse“ kann ein Filtersystem auf einfache Weise gebaut werden, indem man Plastikflaschen und verschiedene Füllmaterialien verwendet.

**Tabelle 7 Material: Konstruktion eines Filtersystems**

Material pro Gruppe	Kosten (EUR)
1 Plastikflasche (1,5 L)	0
1 Messbecher (1 L)	0,5 - 1
1 Plastikeimer (10 L)	0,5 – 2,5
1 durchsichtiger Plastikbecher (200 mL)	0,5
0,5 kg Kies (2 – 5 cm)	0,5 - 1
0,5 kg Kies (0,2 – 1 cm)	0,5 - 1
Stroh (1L)	0 - 1
0,5 kg Sand (0 – 1 mm)	0 - 1
Holzspäne (1L)	0 - 1
Lehmiger Boden (0.5 kg)	0
Reinigungsmittel (Schwamm, Handtuch, Küchenpapier etc.)	0

Die Klasse wird in Gruppen geteilt und die Materialien werden an jede Gruppe ausgegeben. Es wird erklärt, dass dies ein Wettbewerb zwischen den Gruppen ist und die Aufgabe lautet:

### ***Baue den besten Filter zum Reinigen des Abwassers!***

Die Schüler bekommen die Materialien und eine Probe des zu reinigenden „künstlichen Abwassers“ gezeigt. Es wird erklärt, dass mit den verschiedenen Materialien Schichten gebaut werden, die Materialien verdichtet werden können oder auch verschiedene Materialien gemischt werden können, um neue Filtereigenschaften zu schaffen.

Die allgemein gültigen Anforderungen an die Filter sind:

- Die Materialien sollten nicht ausgewaschen werden.
- Das Wasser sollte durch den Filter durchfließen können.
- Die Teilchen und anderen Substanzen im Abwasser sollten zurückgehalten werden.

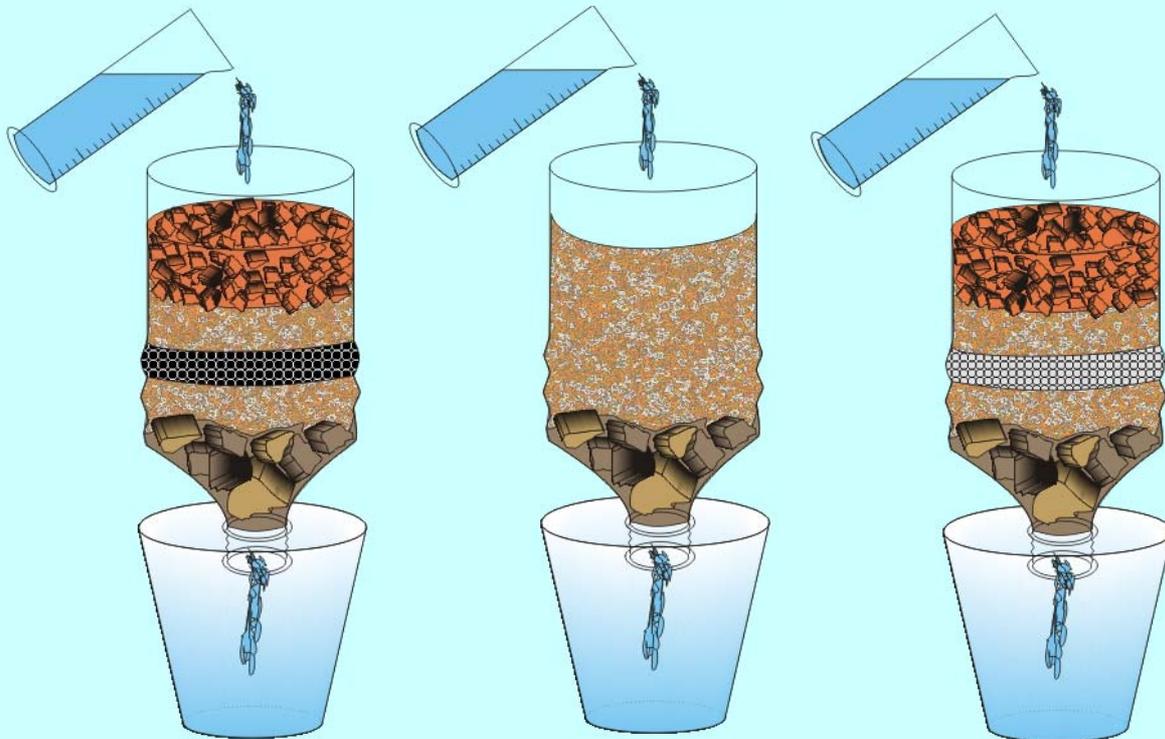
Nachdem der Filter mit sauberem Wasser gewaschen wurde (ca. 2 L), sollen die Schüler 0,5 L des künstlichen Abwassers langsam oben in den Filter eingießen. Die Filtrate aus jeder Flasche werden in durchsichtigen Bechern gesammelt, auf denen der Name der Gruppe steht.

Die Schüler sollen anhand des oben beschriebenen Tests die Abwasserproben analysieren.

Ein Vertreter jeder Gruppe stellt die Ergebnisse vor. Es wird diskutiert, welches Filtersystem am besten funktioniert. Die Funktionen in jedem Filter werden diskutiert und mit dem Modell der Pflanzenkläranlage verglichen. Die Schüler sollen überlegen, welches Filtermaterial oder welcher Mechanismus für die Beseitigung welcher Abwasserkomponente am besten geeignet ist.

## Filtersysteme

- 1) Den Boden der Plastikflasche vorsichtig abschneiden (eventuell Aufgabe der Lehrer).
- 2) Den Bodenfilter unter Verwendung der verschiedenen Füllmaterialien zusammenstellen.



- 3) Die Filter mit sauberem Wasser spülen, bis der Ablauf klar ist.
- 4) 200 mL des künstlichen Abwassers auf den Filter gießen und das ablaufende Wasser auffangen.
- 5) Die Wasserqualität wird, wie in der Sequenz „WASSERANALYSE“ beschrieben, „analysiert“.

Abbildung 16 Arbeitsblatt: Konstruktion eines Filtersystems

### 7.7 Evaluation der Sequenz: Abwasseranalyse

Die Schüler sollen die wichtigsten Parameter, die die Trinkwasserqualität in ihrem Land definieren, herausfinden und prüfen, ob diese Substanzen in der Vergangenheit ein Problem dargestellt haben.

Hierzu gibt der Lehrer Informationen, wie z.B. Internetseiten.

## 8 „ABWASSERRALLYE“

Die „Abwasserrallye“ besteht in einem Wettbewerb zwischen mehreren Schülergruppen, die Punkte sammeln, indem sie Aufgaben lösen, und einen Preis gewinnen können. Es ist empfehlenswert, die Rallye mit mehr als einer Klasse durchzuführen und pro Klasse 2 Aufsichtspersonen zur Verfügung zu haben. Die verschiedenen Aktivitäten können im Freien oder innerhalb des Schulgebäudes durchgeführt werden. Die Grundelemente dieser Aktivitäten können ebenfalls auf andere verwandte Lehreinheiten übertragen werden.

### 8.1 Klassenstufe

Klasse 3-5

### 8.2 Dauer

Vorbereitungszeit: 2-3 Tage

Der Zeitplan der Rallye für eine Durchführung (1/2 Tag) ist in der folgenden Tabelle angegeben:

**Tabelle 8** Zeitplan der „Abwasserrallye“

Aktivität	Zeit (min)
Einführung	15
Schließen des Wasserkreislaufs	25
Verteilung des Wassers auf der Erde	30
Pause	20
Wasser - ein kostbares Gut	20
Abwasserbehandlung	35
Preisverleihung	20

**Tabelle 9 Material: „Abwasserrallye“**

<b>Allgemein</b>			<b>3. Wasser - ein kostbares Gut</b>	
2 Reißnadeln	5,00		10 Plastikeimer 5L	10,00
1 Packung Klebestreifen	4,00		6 Ringe aus Stoff	0,00
1 Rolle Klebeband	1,50		50 m Seil	3,00
2 Stifte (wasserfest)	3,00		50 wassergefüllte Luftballons	2,50
2 Scheren	0,00		2 Plastikwannen	10,00
2 Flipcharts	0,00			
2 Ausstellungswände	0,00		<b>4. Abwasserbehandlung</b>	
10 Tische	0,00		2 Poster mit Abbildung des Bodenprofils (A0)	30,00
1 Cuttermesser	2,00		20 Plastikflaschen (1.5 L)	5,00
50 L Wasser	0,00		60 Plastikeimer (5 L)	60,00
			10 Plastikschaufeln	5,00
<b>1. Quiz</b>			10 Messbecher	7,50
2 Poster mit Abbildung des Wasserkreislaufs (A0)	30,00		1 Kanister (10L)	5,00
2 Poster mit dem Quiz (A0)	30,00		15 kg Kies (2-3 cm)	6,00
20 Ausdrücke des Quiz	10,00		15 kg Kies (0.1-1 cm)	6,00
			15 kg Sand (0-2 mm)	6,00
<b>2. Wasserverteilung auf der Erde</b>			20 L Stroh, Holzspäne	5,00
2 Messbecher (1 L)	2,00		15 kg schluffige Erde	0,00
2 Messzylinder (100 mL)	3,00		10 L künstliches Abwasser	0,00
2 Messzylinder (10 mL)	3,00		4 Paar Gummihandschuhe	2,00
2 Glas- oder Plastikpipetten	1,00			
2 kleine Eimer oder Untersetzer	0,00		<b>Preise</b>	
1 kg Salz	1,00		10 Outdoor-Trinkflaschen	20,00
2 Styropor-Platten (A0)	20,00		80 Anstecker	40,00
2 Poster mit Weltkarte (A0)	30,00		80 Beutel	40,00
50 wassergefüllte Luftballons	2,50		Süßigkeiten	20,00
120 luftgefüllte Ballons	5,00			
1 Bohrer	0,00			
100 Wäscheklammern	2,00			
12 Dartpfeile	40,00			
10 m <sup>2</sup> Klarsichtfolie	3,00			
2 Aufwischlappen	2,00			

### 8.3 Lernziele

Die „Abwasserrallye“ kann zur Vertiefung der Kenntnisse der Schüler als abschließendes Highlight der Unterrichtsreihe durchgeführt werden. Das Konzept basiert auf den vorangegangenen Aktivitäten und enthält Elemente wie eine Kurzgeschichte, ein Quiz, ein Aktionsspiel, ein Rollenspiel und kleine experimentelle Arbeiten.

### 8.4 Vorbereitung in der Schule

Einen Tag vor der Rallye sollten die Klassen in Gruppen von 4 bis 5 Schülern eingeteilt werden. Jede Gruppe wählt einen Namen, der ein Element des Wasserkreislaufs, wie Regen, Wolke, Fluss, Quelle, Wassertropfen usw., darstellt. Als Hausarbeit können die Schüler Namensschilder mit Gruppe und Namen basteln.

## 8.5 Einführung (15 min)

Um in die richtige Stimmung für die „Abwasserrallye“ zu kommen, kann eine Hintergrundmusik zum Thema „Wasser“ ausgewählt werden. Die Schüler bilden einen Kreis und ein Lehrer (Anleiter) erzählt eine kurze Geschichte wie „Die lange Reise von AGUA, dem Wassertropfen“. Die Geschichte erzählt über den Wasserkreislauf und die Schüler haben die Aufgabe, aufmerksam zuzuhören und aufzuspringen, wenn der Name ihrer Gruppe genannt wird.



**Abbildung 17** Einführung in die „Abwasserrallye“ mit der Kurzgeschichte von „AGUA, dem Wassertropfen“

## 8.6 Schließen des Wasserkreislaufs (25 min)

Lernziel: Die Schüler sollen ihre Kenntnisse über den globalen Wasserkreislauf als geschlossenes System vertiefen.

Nach der Einführung wird der Wasserkreislauf anhand des in Sequenz 1 verwendeten Posters wiederholt. Es werden Fragen gestellt, z.B. „Wie gelangt der Wassertropfen von einem Punkt an den nächsten?“ oder „Welche Stationen muss der Wassertropfen durchlaufen, um einen bestimmten Ort zu erreichen?“ (etwa 10 min).

Im Anschluss wird das Quiz mittels des unten gezeigten Posters erklärt. Das Quiz besteht aus mehreren Zeichnungen, die drei unvollständige Wasserkreisläufe bilden. Die fehlende Verbindung für jeden Kreislauf muss aus den verschiedenen Symbolen in der unteren Ecke des Arbeitsblatts ausgewählt werden. Die richtig eingesetzten Symbole ergeben das Lösungswort AGUA. Die Aufgabe sollte etwa 15 min in Anspruch nehmen. Die erreichbare Punktzahl für jede Gruppe ist: 1 Punkt für jedes passende Symbol (insgesamt 3 Punkte).



Abbildung 18 Quiz: Schließen des Wasserkreislaufs



Abbildung 19 Unterstützung bei der Lösung des Quiz

## 8.7 Wasserverteilung auf der Erde (30 min)

Lernziel: Die Schüler entwickeln ein Bewusstsein für die Knappheit der Ressource Wasser und für die Notwendigkeit, Wasserreserven zu schützen. Den Schülern wird außerdem ein Gefühl für verschiedene Wassermengen vermittelt.

Einführend sollte der Versuch „Ein Tropfen Trinkwasser“ (Sequenz: Wasserverteilung und Wasserverbrauch) durchgeführt werden, um zu illustrieren, wie gering die Menge an trinkbarem Süßwasser auf der Erde ist und wie wenig des Gesamtwasservorkommens dem Menschen zur Verfügung steht.

Zusätzlich wird die Verteilung des Trinkwassers auf der Erde diskutiert, indem Fragen gestellt werden und eine Weltkarte mit der globalen Wasserverteilung gezeigt wird (10 min).



Abbildung 20 Material für den Versuch „Ein Tropfen Trinkwasser“

Die nächste Station der Rallye ist ein Aktionsspiel (siehe Abbildung). Die globale Wasserverteilung wird durch verschiedenfarbige Ballons (etwa 40 Ballons) dargestellt, die an einer großen Weltkarte befestigt sind. Die Ballons in trinkwasserreichen Gegenden sind mit Wasser gefüllt, die in ariden Gegenden oder Ozeanen enthalten nur Luft.

Jeder Schüler muss die wassergefüllten Ballons erkennen und versuchen, so viele mit dem Pfeil zu treffen wie möglich. Jeder geplatze wassergefüllte Ballon zählt einen Punkt und der erfolgreiche Schütze erhält als Preis eine Glasmurmelt.

Die Schüler jeder Gruppe haben je drei Versuche. Dann werden die Punkte (Glasmurmeln) jeder Gruppe zusammengezählt und notiert (20 min).



Abbildung 21 Pfeile werfen und „Das Trinkwasser finden“

***Da dieses Spiel sehr aufregend ist, sollten die Aufsichtspersonen darauf achten, dass die Schüler einen Mindestabstand von 3 m von der Karte einhalten.***

## 8.8 Wasser - ein kostbares Gut (20 min)

Lernziel: Den Schülern sollte bewusst werden, dass es Gegenden auf der Erde mit Wasserknappheit gibt und sie sollten die Konsequenzen ungenügender Wasserversorgung und Sanitäreinrichtungen kennen lernen.

Als Einführung zu dem Rollenspiel und den Wettbewerb kann afrikanische Musik als Hintergrund gewählt und eine kurze Geschichte wie die von Palesa, dem afrikanischen Mädchen, könnte erzählt werden. Eine der täglichen Aufgaben des Mädchens besteht darin, Wasser vom Tank im Dorf zu holen und das schwere Wasser auf dem Kopf nach Hause zu tragen. Daheim verwendet die Familie das Waschwasser zur Bewässerung des Gartens. (5 min, siehe Sequenz: „Wasser - ein kostbares Gut“)

Die Übung besteht in einem Wettrennen, wobei ein Plastikeimer mit 3 wassergefüllten Ballons auf dem Kopf balanciert werden muss. Der Eimer wird auf dem Kopf durch einen Stoffring stabilisiert und es ist erlaubt, anzuhalten und den Eimer neu auszurichten, wenn er droht, herunterzufallen.

Die Rennstrecke beträgt etwa 40 m, 20 m hin und zurück. Der Eimer wird an den Nächsten aus der Gruppe weitergegeben und die Gruppe gewinnt, deren letzter Schüler zuerst im Ziel ankommt. Jeder Schüler, der den Eimer ohne Verlust eines Ballons transportiert, erhält einen Punkt und die Siegergruppe erhält zwei Zusatzpunkte. Falls ein Eimer herunterfällt, muss der Eimer neu gefüllt werden und der Schüler muss noch einmal von vorn beginnen.



**Abbildung 22** Wettrennen mit Eimer mit wassergefüllten Ballons

(Tipp: Zusätzlich könnte ein Rennen zwischen den Lehrern durchgeführt werden).



**Abbildung 23** Lehrerwettrennen

## 8.9 Abwasserbehandlung (35 min)

Lernziel: Die Schüler wiederholen den Aufbau eines Filtersystems und haben die Möglichkeit, die Konstruktion, die sie bereits aus der vorangegangenen Sequenz kennen, zu optimieren.

In einer kurzen Einführung sollte der Aufbau des Bodenkörpers wiederholt werden und erläutert werden, dass die Porenstruktur einen Filtereffekt erzeugt, wodurch Partikel aus dem Oberflächenwasser, das in das Grundwasser sickert, zurückgehalten werden.

Zuerst wird eine Probe des künstlichen Abwassers gezeigt und die Bestandteile werden erklärt. Die Schüler sollten die Möglichkeit haben, eine Geruchsprobe zu nehmen und einige Zweifel bezüglich der Handhabung, Sicherheit und Verständnisfragen zu klären (falls nicht bereits bekannt).

Anschließend erhält jede Gruppe eine Filtersäule (Plastikflasche mit abgeschnittenem Boden) und verschiedene Filtermaterialien, wie Kies, feinen Sand, Stroh und Erde. Die Schüler haben 15 Minuten Zeit, um den Filter zu bauen. Dann spülen zwei Vertreter jeder Gruppe die Filter mit sauberem Wasser, um lose Teile auszuwaschen und damit sich das Filtermaterial setzt.

Der Filter wird getestet, indem 0,5 L künstliches Abwasser darauf gegossen werden. Ein Vertreter der Gruppe fängt etwa 50-100 mL des Filtrats in einem Glas auf, auf dem der Gruppenname steht.

Zur Auswertung der Ergebnisse sollten die verschiedenen Filtrate nach ihrer Trübheit sortiert werden. Die Gruppe(n) mit den am wenigsten trüben Filtraten erhalten 5 Punkte, die nächsten 2 Punkte und die Gruppe mit dem am stärksten trüben Filtrat erhält 1 Punkt.

In einer kurzen Auswertung sollte geklärt werden, warum einige Filter besser als andere funktionierten und wie ein optimaler Filter aussehen könnte. Für diese Übung werden insgesamt etwa 30 min benötigt.



Abbildung 24 Schüler bauen und testen einen Abwasserfilter

## 8.10 Preisverleihung (20 min)

Wie bereits erwähnt, erhalten die Gruppen für jede Aufgabe Punkte. Die Punkte werden auf einer Flipchart in einer Tabelle notiert. Die Gruppe mit den meisten Punkten ist Sieger. Falls es ein Unentschieden gibt, wird eine Entscheidungsrunde für die betreffenden Gruppen organisiert, z.B. indem diese noch einmal versuchen müssen, so viele Wasserballons wie möglich zu treffen.

Die Mitglieder der Siegergruppe erhalten einen Beutel mit kleinen Spielzeugen oder Süßigkeiten und alle Teilnehmer erhalten eine Anerkennung, z.B. einen Anstecker.



Abbildung 25 Die Siegergruppe und die Anerkennung für die Teilnahme an der „Abwasserrallye“

## 9 LITERATUR

Coverdell P.D. (download 2006) *World wise schools. Worksheet: Using Water Every Day*. Peace Corps.  
<http://www.peacecorps.gov/wws/guides/lesotho/leswater.html#using>

BiCon AG (download 2006) „*Unser Trinkwasser- Unser Abwasser*“ *Unterrichtskoffer für die Projektarbeit in Schulen*.

<http://www.konstanz.de/service/servicebetriebe/ebk/abwasserreinigung/unterrichtskoffer/index.htm>

Kommunale Wasserwerke Leipzig GmbH (2004) *projektAqua Unterrichtsbausteine zum Thema Wasser für die Grundstufe Klassen 1-4*. Kommunale Wasserwerke, Leipzig

Simmons D. (1994) *The NAAEE Standards Project: Working Papers on the Development of Environmental Education Standards*. North American Association for Environmental Education, Troy, Ohio

Jäger-Gutjahr I. (1996) *Unterrichtsideen: Unser Wasser und wir*. Ernst Klett Grundschulverlag. Leipzig

The Watercourse and the Council for Environmental Education (1995) *Project WET: Curriculum & Activity Guide*. Montana State University, Bozeman

Water Aid (download 2006) *Issue sheet 3: Water and sanitation related diseases*. [www.wateraid.org](http://www.wateraid.org)

NAAEE (North American Association for Environmental Education) (2001) Using environment- based education to advance learning skills and character development. A report, annotated bibliography, and research guide.

<http://www.neetf.org/pubs/EnviroEdReport.pdf#search=%22The%20NAAEE%20Standards%20Project%3A%20Working%20Papers%20on%20the%20Development%20of%20Environmental%20Education%20Standards%22>