

Begleitheft für **Lehrerinnen** und **Lehrer**

Ulli-Gullis

Wasserwelten



Liebe **Lehrerinnen** und **Lehrer,**

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.

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 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.

Sebastian Perkams

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.

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.



1.1 Einführung

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 Ver-

sickern 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. Andere Substanzen werden von im Boden lebenden Bakterien „gefressen“.

1.2 Durchführung

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 Arbeitsblätter werden ausgeteilt. Die Klasse baut vorsichtig das Wasserkreislaufmodell. Wenn der Behälter in der Nähe des Fensters platziert wird, 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.

Material: Wasserkreislauf

1	durchsichtiger Plastikbehälter
2	Sand
3	Blähton
4	Erde
5	Pflanzen (Zyperngras, Zimmerpflanzen)
6	Messbecher (1 l)
7	Reagenzglas (ml - Markierung)
8	Trichter
9	Klebeband, Schere, Handtuch
10	Wasser/ künstliches Abwasser



2. WASSERVERTEILUNG

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.

2.1 Einführung

Die Erdoberfläche ist zu zwei Dritteln (1,46 Milliarden km³) mit Wasser bedeckt. Allerdings sind 97% salziges Meerwasser und nur 3% Trinkwasser. Davon bildet den größten Teil das Eis an den Polkappen, aber auch Gletscher und Grundwasser. Einen geringen Teil bilden Flüsse, Seen und Bäche. Das Süßwasser ist sehr ungleichmäßig auf der Welt verteilt. Wir

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

leben in der gemäßigten Klimazone mit unterschiedlichen Niederschlägen im Jahresverlauf. In Regenwäldern dagegen regnet es fast jeden Tag, wohingegen das Wasser in einigen Regionen Asiens und Afrikas sehr knapp ist. Zum Teil stehen den Menschen dort nur 1-2 Eimer Wasser am Tag zur Verfügung. In Europa verbrauchen wir ca. 12 Eimer pro Person am Tag.

2.2 Durchführung

1. Ein Liter 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.



3. 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 (Bodenfilter, bakterieller Abbau, Aufnahme durch die Pflanzen) genutzt werden. Die Schüler führen Experimente durch, um die Reinigungsleistung ihrer Pflanzenkläranlage zu prüfen.

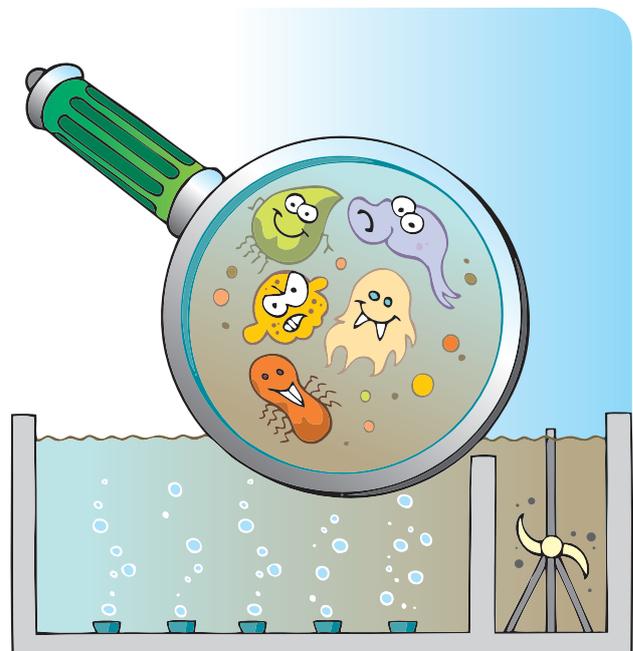
3.1 Einführung

Natürliche Feuchtgebiete 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 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.

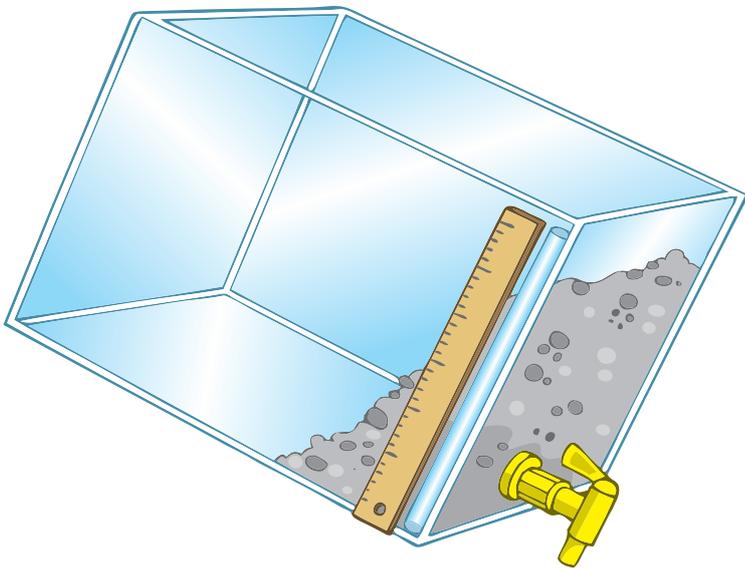
Der Boden wirkt außerdem wie ein Filter und die im Boden wachsenden Pflanzen sorgen für perfekte Lebensbedingungen für Bakterien, die überschüssige Nährstoffe, Schmutzpartikel und Krankheitserreger im Wasser entfernen. Die Bakterien benötigen Sauerstoff, den sie direkt aus der Atmosphäre oder über die Wurzeln der Pflanzen erhalten. Die natürlichen Prozesse in den Feuchtgebieten sind übrigens dieselben, wie die in konventionellen Kläranlagen.



3.2 Durchführung

Material: Pflanzenkläranlage

1	durchsichtiger Plastikbehälter
2	15 kg Kies (4 - 16 mm)
3	25 l Blähton (1 - 4 mm)
4	Plastikeimer
5	Messbecher (1 l)
6	Holzklötz
7	Pflanzen (z.B. Zimmerpflanzen, Zyperngras, Binsen)



1

Den Behälter anheben und zunächst Kies und dann den Blähton einfüllen.



2

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!

3

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

4

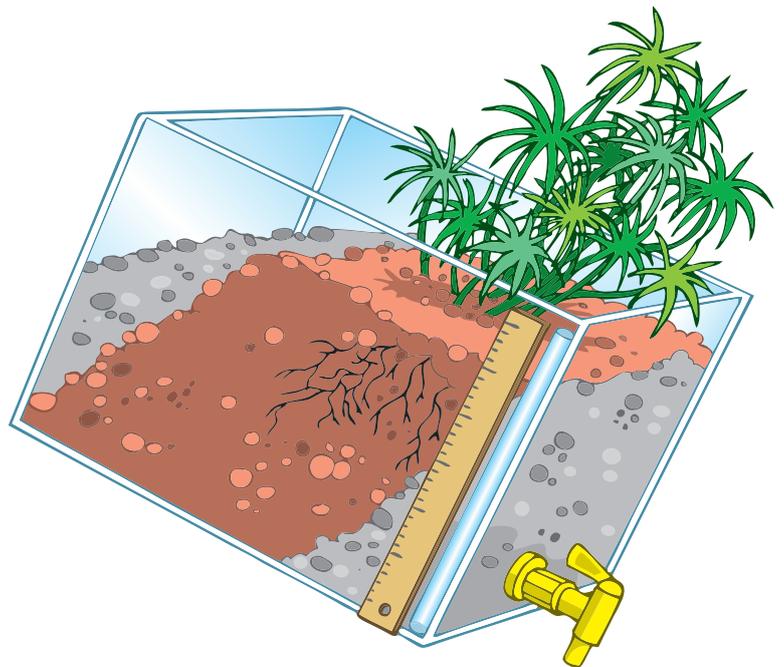
Das Modell an einem sicheren Ort aufstellen, den Eimer unter den Ablauf stellen und mit dem Messbecher langsam etwa 5 l in den Einlaufbereich des Systems gießen. Den Vorgang wiederholen bis das abfließende Wasser klar ist.

5

1 l des künstlichen Abwassers in das System gießen und mit sauberem Wasser bis zu einem Wasserstand von 10 cm auffüllen.

6

Einmal wöchentlich eine Wasserprobe entnehmen und die Wasserqualität, wie im Experiment „WASSERANALYSE“ beschrieben analysieren.



7

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.



4. WASSERANALYSE

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, das regelmäßig gewartet und mit künstlichem Abwasser „gefüttert“ werden muss, genutzt werden. Mit dieser Sequenz sollen die Prinzipien der Wasseranalyse und Wasserqualität vermittelt werden.

4.1 Einführung

Die Schüler sollen sich 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 Exkrememente und Nahrungsreste
- Nährstoffe wie Phosphat, Nitrat, Ammonium („Dünger“)
- Krankheitserreger, d.h. Bakterien, Viren und Einzeller
- stabile organische Verbindungen, künstlich hergestellte Verbindungen, wie z.B. Desinfektionsmittel, Farben, Lösungsmittel, Mikroplastik, Medikamentenrückstände usw.
- Schwermetalle, Salze

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.

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 WasseranalySELABORS 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.



Wie man künstliches Abwasser herstellt und analysiert wird auf den folgenden Seiten beschrieben.

4.2 Durchführung

Material: Abwasserzutaten (2 l)

1	durchsichtiger Wasserkanister (2 l)
2	Löffel
3	Wasser
4	6 Blätter Toilettenpapier
5	Milch (4 Löffel)
6	Flüssigseife (1 Löffel)
7	Essig (1 Löffel)
8	Pflanzenöl (1 Löffel)
9	Kaffeegrund (4 Löffel)

Material: Testmaterial

1	durchsichtige Plastikbecher (200 ml)
2	Abgusssieb
3	Streifen braunes Packpapier (3 x 15 cm)
4	Strohalm
5	2 pH-Teststreifen (pH 2-10) und Farbtafel
6	2 Datenblätter
7	Reinigungsmittel (Schwamm, Handtuch, Küchenpapier etc.)

Messen der Abwasserqualität

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 das Trinkwasser).

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 das Wasser oder die Hilfsmittel auf keinen Fall in den Mund nehmen!



Arbeitsblatt: Wasseranalyse

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 Papierfläche = 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 „leicht“, „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 Probe 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).



Stadtentwässerung Dresden GmbH
Scharfenberger Str. 152 · 01139 Dresden
www.stadtentwaesserung-dresden.de

**aqua
mundi**
SCHÜLERLABOR

Ansprechpartner: Sebastian Perkams
Telefon: 0351 822-2020
info@Sebastian.Perkams@se-dresden.de

