

# Wir bauen eine Kläranlage – die Abwasserreinigung im Modellversuch

Ein Beitrag von Jochen Hermanns, Eschweiler

Mit Illustrationen von Julia Lenzmann, Stuttgart, und Oliver Wetterauer, Stuttgart

**W**ie kann man das Thema „Abwasserreinigung“ experimentell und kontextorientiert im Unterricht behandeln? Diese Unterrichtsreihe stellt eine Möglichkeit vor, mit neuen Methoden beides zu verbinden.

Zunächst werden mithilfe der 2-4-8-Methode die Inhaltsstoffe von Abwasser gesammelt und im Lehrerversuch zusammengemischt. In einem Egg-Race sollen die Schüler das hergestellte Abwasser dann selbstständig reinigen. Dadurch lernen sie nicht nur den praktischen Ablauf in einer Kläranlage kennen, sondern wenden auch die dazugehörigen bereits bekannten Trennverfahren an.



Foto: Thinkstock/iStock

Ein Mitarbeiter kontrolliert die Abläufe in einer Kläranlage.

**VORANSICHT**  
Die Abwasserreinigung mit 2-4-8-Methode und Egg-Race erarbeiten!

## Das Wichtigste auf einen Blick

**Klassen:** 7–9

**Dauer:** 6 Stunden (Minimalplan 3)

**Kompetenzen:** Die Schüler ...

- beschreiben die wichtigsten Trennverfahren und wenden ihre Prinzipien auf verschiedene Stoffgemische an.
- erläutern die Abläufe in einer Kläranlage.
- können einen Versuch kooperativ entwickeln, planen, durchführen und evaluieren.

**Versuche:**

- Wir stellen Abwasser selbst her (LV)
- Nicht nur sauber, sondern rein – ein Egg-Race
- Die Abwasserreinigung im Modell (LV)

**Übungsmaterial:**

- Wie viel Wasser verbrauchen wir?
- Jetzt weiß ich's! – Abwasserreinigung

## Die Einheit im Überblick

⌚ V = Vorbereitung

FO = Folie

LEK = Lernerfolgskontrolle

⌚ D = Durchführung

SV = Schülerversuch

FV = Folienvorlage

PP = PowerPoint-Präsentation AB = Arbeitsblatt

= Zusatzmaterial auf CD

<b>Stunde 1: Eine Kläranlage unter der Lupe</b>	
<b>M 1 (FO/AB)</b>	<b>So funktioniert eine Kläranlage</b>
<b>(PP)</b>	<b>Fotos zu den Abläufen in einer Kläranlage</b>
<b>M 2 (AB)</b>	<b>Wir lernen die Abläufe in einer Kläranlage kennen</b>

<b>Stunde 2: Was ist eigentlich Abwasser?</b>	
<b>M 3 (FV/AB)</b>	<b>Die 2-4-8-Methode – so wird sie durchgeführt</b>
<b>(PP)</b>	<b>Die 2-4-8-Methode – so wird sie durchgeführt</b>
<b>M 4 (AB)</b>	<b>Was ist eigentlich Abwasser?</b>

<b>Stunden 3–4: Abwasser selbst herstellen und reinigen</b>																												
<b>(AB)</b>	<b>Zutatenliste für selbst hergestelltes Abwasser</b>																											
<b>LV</b> ⌚ V: 5 min ⌚ D: 10 min	<p><b>Wir stellen Abwasser selbst her</b></p> <table border="0"> <tr> <td><input type="checkbox"/> Blätter</td> <td><input type="checkbox"/> Shampoo oder Duschgel</td> <td><input type="checkbox"/> weiße Wandfarbe</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Äste</td> <td><input type="checkbox"/> Seife/Putzmittel</td> <td><input type="checkbox"/> Leberwurst oder Teewurst</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Wurzeln</td> <td><input type="checkbox"/> Nussnougatcreme</td> <td><input type="checkbox"/> gekochte Nudeln</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Erde</td> <td><input type="checkbox"/> Frittierfett/Butter</td> <td><input type="checkbox"/> Schinkenwurst</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> kleine Steine</td> <td><input type="checkbox"/> Speiseöl</td> <td><input type="checkbox"/> Essig</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Sand</td> <td><input type="checkbox"/> Salz</td> <td><input type="checkbox"/> Brot</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Wattestäbchen/Binden</td> <td><input type="checkbox"/> (Orangen-)Limonade</td> <td><input type="checkbox"/> Zucker</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Klopapier</td> <td><input type="checkbox"/> Haare (auch von Tieren)</td> <td><input type="checkbox"/> Multivitamin-tabletten</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Taschentücher</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> Blätter	<input type="checkbox"/> Shampoo oder Duschgel	<input type="checkbox"/> weiße Wandfarbe	<input type="checkbox"/> Äste	<input type="checkbox"/> Seife/Putzmittel	<input type="checkbox"/> Leberwurst oder Teewurst	<input type="checkbox"/> Wurzeln	<input type="checkbox"/> Nussnougatcreme	<input type="checkbox"/> gekochte Nudeln	<input type="checkbox"/> Erde	<input type="checkbox"/> Frittierfett/Butter	<input type="checkbox"/> Schinkenwurst	<input type="checkbox"/> kleine Steine	<input type="checkbox"/> Speiseöl	<input type="checkbox"/> Essig	<input type="checkbox"/> Sand	<input type="checkbox"/> Salz	<input type="checkbox"/> Brot	<input type="checkbox"/> Wattestäbchen/Binden	<input type="checkbox"/> (Orangen-)Limonade	<input type="checkbox"/> Zucker	<input type="checkbox"/> Klopapier	<input type="checkbox"/> Haare (auch von Tieren)	<input type="checkbox"/> Multivitamin-tabletten	<input type="checkbox"/> Taschentücher		
<input type="checkbox"/> Blätter	<input type="checkbox"/> Shampoo oder Duschgel	<input type="checkbox"/> weiße Wandfarbe																										
<input type="checkbox"/> Äste	<input type="checkbox"/> Seife/Putzmittel	<input type="checkbox"/> Leberwurst oder Teewurst																										
<input type="checkbox"/> Wurzeln	<input type="checkbox"/> Nussnougatcreme	<input type="checkbox"/> gekochte Nudeln																										
<input type="checkbox"/> Erde	<input type="checkbox"/> Frittierfett/Butter	<input type="checkbox"/> Schinkenwurst																										
<input type="checkbox"/> kleine Steine	<input type="checkbox"/> Speiseöl	<input type="checkbox"/> Essig																										
<input type="checkbox"/> Sand	<input type="checkbox"/> Salz	<input type="checkbox"/> Brot																										
<input type="checkbox"/> Wattestäbchen/Binden	<input type="checkbox"/> (Orangen-)Limonade	<input type="checkbox"/> Zucker																										
<input type="checkbox"/> Klopapier	<input type="checkbox"/> Haare (auch von Tieren)	<input type="checkbox"/> Multivitamin-tabletten																										
<input type="checkbox"/> Taschentücher																												
<b>M 5 (SV)</b> ⌚ V: 10 min ⌚ D: 40 min	<p><b>Nicht nur sauber, sondern rein – ein Egg-Race</b></p> <table border="0"> <tr> <td><input type="checkbox"/> verschieden große Bechergläser</td> <td><input type="checkbox"/> Sand und Kies</td> <td><input type="checkbox"/> Filtriergestelle und Reagenzglasständer</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Filterpapier</td> <td><input type="checkbox"/> Rundkolben</td> <td><input type="checkbox"/> Stative und Befestigungsmaterial</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> durchsichtige Schläuche</td> <td><input type="checkbox"/> Spatel und Löffel</td> <td><input type="checkbox"/> Siebe</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Reagenzgläser mit Stopfen</td> <td><input type="checkbox"/> Trichter</td> <td><input type="checkbox"/> Heizplatten</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/> Waschflaschen</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/> Pinzetten</td> <td></td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> verschieden große Bechergläser	<input type="checkbox"/> Sand und Kies	<input type="checkbox"/> Filtriergestelle und Reagenzglasständer	<input type="checkbox"/> Filterpapier	<input type="checkbox"/> Rundkolben	<input type="checkbox"/> Stative und Befestigungsmaterial	<input type="checkbox"/> durchsichtige Schläuche	<input type="checkbox"/> Spatel und Löffel	<input type="checkbox"/> Siebe	<input type="checkbox"/> Reagenzgläser mit Stopfen	<input type="checkbox"/> Trichter	<input type="checkbox"/> Heizplatten		<input type="checkbox"/> Waschflaschen			<input type="checkbox"/> Pinzetten										
<input type="checkbox"/> verschieden große Bechergläser	<input type="checkbox"/> Sand und Kies	<input type="checkbox"/> Filtriergestelle und Reagenzglasständer																										
<input type="checkbox"/> Filterpapier	<input type="checkbox"/> Rundkolben	<input type="checkbox"/> Stative und Befestigungsmaterial																										
<input type="checkbox"/> durchsichtige Schläuche	<input type="checkbox"/> Spatel und Löffel	<input type="checkbox"/> Siebe																										
<input type="checkbox"/> Reagenzgläser mit Stopfen	<input type="checkbox"/> Trichter	<input type="checkbox"/> Heizplatten																										
	<input type="checkbox"/> Waschflaschen																											
	<input type="checkbox"/> Pinzetten																											

<b>LV</b>	<b>Die Abwasserreinigung im Modell</b>		
	<input type="checkbox"/> V: 10 min <input type="checkbox"/> D: 15 min	<input type="checkbox"/> 1 Schutzbrille <input type="checkbox"/> 1 Paar Schutzhandschuhe <input type="checkbox"/> 1 Laborkittel <input type="checkbox"/> selbst hergestelltes Abwasser <input type="checkbox"/> Aktivkohle <input type="checkbox"/> einige Tropfen Eisen(III)-chlorid-lösung (w < 5 %) <input type="checkbox"/> ggf. $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ als zu fällendes Reagenz	<input type="checkbox"/> ggf. $\text{H}_2\text{O}_2$ (konz.) oder eine Spatelspitze $\text{KMnO}_4$ als Oxidationsmittel <input type="checkbox"/> 2 Bechergläser (500 ml) <input type="checkbox"/> 1 pneumatische Wanne (durchsichtig) <input type="checkbox"/> 2 Trennwände für die pneumatische Wanne (hier: insgesamt 4 Objektträger)

<b>Stunde 5:</b>	<b>Persönlicher Wasserverbrauch</b>
<b>M 6 (AB)</b>	<b>Wie viel Wasser verbrauchen wir?</b>

<b>Stunde 6:</b>	<b>Abwasserreinigung kreuz und quer</b>
<b>M 7 (LEK)</b>	<b>Jetzt weiß ich's! – Abwasserreinigung</b>

## Minimalplan

Die Zeit ist knapp? Dann lässt sich die Einheit auf **drei Stunden** verkürzen. Lassen Sie in diesem Fall das **Egg-Race M 5** weg und führen Sie die Abwasserreinigung als Lehrerversuch durch. Der Transfer zum persönlichen **Wasserverbrauch (M 6)** entfällt. Das **Kreuzworträtsel M 7** wird als Hausaufgabe erledigt.

# So funktioniert eine Kläranlage

M 1

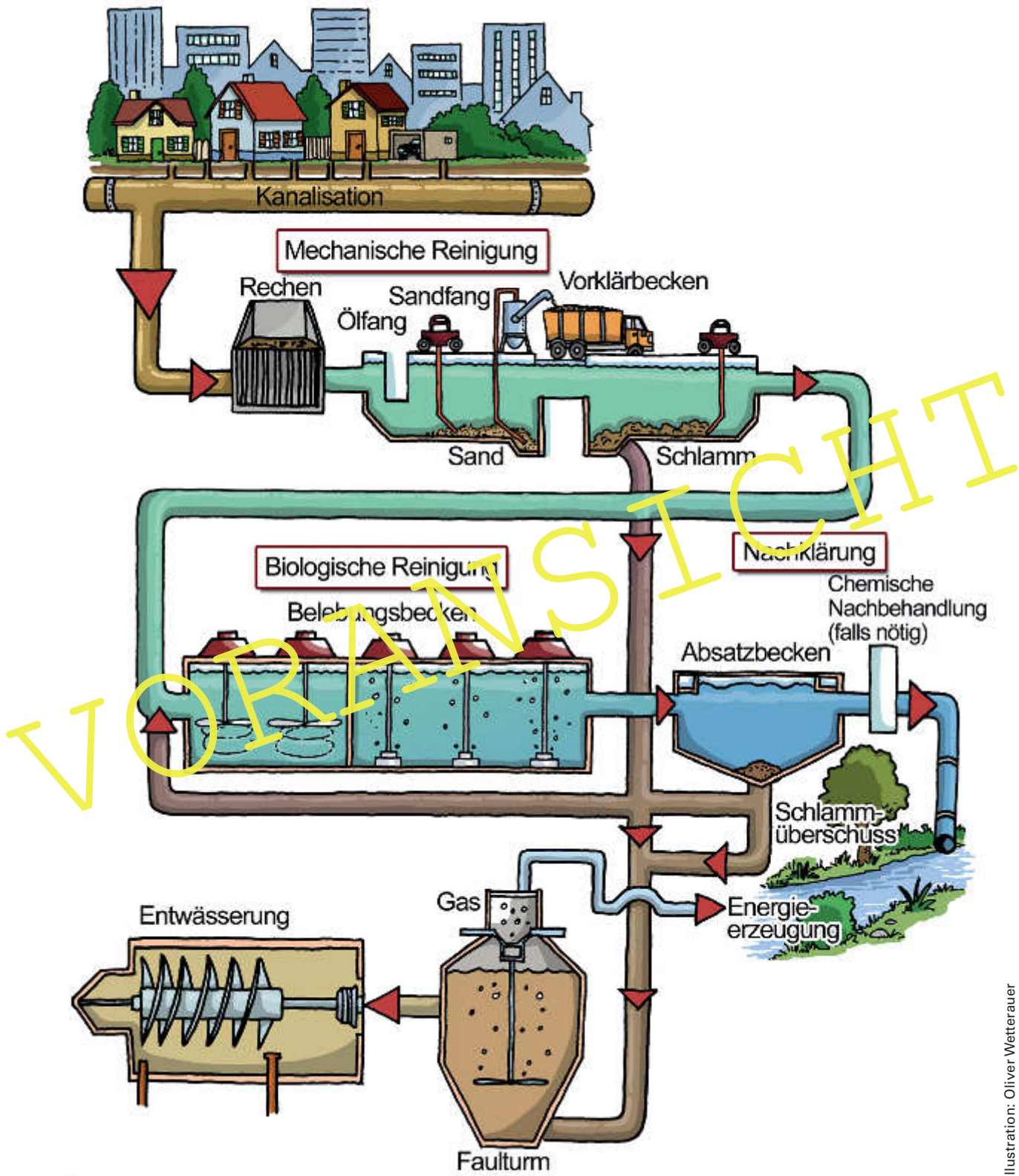


Illustration: Oliver Wetterauer

## M 2

## Wir lernen die Abläufe in einer Kläranlage kennen

In einer Kläranlage kommen verschiedene Trennverfahren zum Einsatz. Lerne hier die Abfolge kennen.



Bild: Thinkstock/iStock

## Aufgabe 1

- Bringe die einzelnen Textabschnitte in die richtige Reihenfolge, indem du ihnen die Nummern 1–7 zuordnest.
- Finde zu jedem Textabschnitt eine passende Überschrift.
- Umrahme alle Abläufe, die zur **mechanischen Reinigung** gehören, **blau**, alle Abläufe, die zur **biologischen Reinigung** gehören, **grün** und alle Abläufe, die der **Nachklärung** zugeordnet werden, **rot**.

	<p>_____</p> <p>Beim Sandfang setzen sich alle sehr schweren Stoffe wie Asphaltabrieb und Sand schnell auf dem Boden ab. Das Wasser darüber wird abdekantiert.</p>
	<p>_____</p> <p>Bei der chemischen Nachbehandlung werden all die Stoffe aus dem Wasser entfernt, die noch im Wasser enthalten sind, dort aber nicht sein dürfen, wie Bakterien, Viren oder Spuren von Medikamenten. Dazu werden UV-Licht oder Wasserstoffperoxid genutzt.</p>
	<p>_____</p> <p>Das Vorklärbecken funktioniert ähnlich wie der Sandfang. In langen Becken, die aussehen wie stark verschmutzte Schwimmbäder, fließt ganz langsam das Abwasser. Feststoffe wie menschliche Ausscheidungen setzen sich ab, werden beiseite geräumt und entsorgt.</p>
	<p>_____</p> <p>Der Feinsiebrennen ist ähnlich wie der Laubrechen im Garten ein grobes Metallgitter, welches mechanisch alle großen Feststoffe zurückhält. Das können Klopapier, Hygieneartikel, aber auch Zahnsparagen etc. sein. Mittels eines sogenannten Abräumers werden die Stoffe in bestimmten Zeitabständen nach oben gezogen und entsorgt.</p>
	<p>_____</p> <p>Alle Stoffe, die die Mikroorganismen nicht mochten, und einige verbliebene Mikroorganismen setzen sich langsam im großen runden Absetzbecken ab. Ein sich drehender Räumler sammelt sie ein und entfernt sie.</p>
	<p>_____</p> <p>Im Belebungsbecken fressen Mikroorganismen, also lebende Organismen, organische Stoffe, also Stoffe biologischen Ursprungs. Das sind Urin, Schweiß, Speisereste und vieles mehr. Hierzu wird viel Sauerstoff benötigt, damit die Mikroorganismen sich gut vermehren können und nicht ersticken. Sonst würde alles langsam unter großem Gestank verfaulen. Am Ende werden die Mikroorganismen, der sogenannte Belebtschlamm, entfernt. Ein Teil wird zum „Animpfen“ wieder am Anfang hinzugegeben, der Rest in Faultürme gepumpt. Das dort entstehende Biogas wird zur Stromerzeugung genutzt.</p>
	<p>_____</p> <p>Der Fettabscheider funktioniert genau umgekehrt. Fette vom Waschen und aus der Küche schwimmen oben auf und werden abdekantiert. Nur das Wasser fließt unter dem Fettabscheider vorbei.</p>

## Nicht nur sauber, sondern rein – ein Egg-Race

M 5

Bei der Methode des Egg-Race wird euch eine Problemstellung und Material zur Verfügung gestellt, ohne eine Anweisung zur Durchführung zu geben. Eure Aufgabe in diesem Egg-Race ist es, das hergestellte Abwasser so sauber wie möglich zu bekommen. Dazu wurde Material zusammengestellt, das ihr nutzen könnt. Es bleibt euch überlassen, ob ihr alles davon verwendet und wie ihr es verwendet. Welche Gruppe erhält am Ende wohl das sauberste Wasser?

### Aufgabe

Führt das folgende Egg-Race durch.

#### Schritt 1 Material beschaffen

Überlegt euch, welche der bereitgestellten Dinge ihr benötigt und wofür. Kreuzt die benötigten Materialien an.

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> verschieden große Bechergläser | <input type="checkbox"/> Trichter                                |
| <input type="checkbox"/> Filterpapier                   | <input type="checkbox"/> Waschflasche                            |
| <input type="checkbox"/> durchsichtiger Schlauch        | <input type="checkbox"/> Pinzetten                               |
| <input type="checkbox"/> Reagenzgläser mit Stopfen      | <input type="checkbox"/> Filtriergestelle und Reagenzglasständer |
| <input type="checkbox"/> Sand und Kies                  | <input type="checkbox"/> Stative und Befestigungsmaterial        |
| <input type="checkbox"/> Rundkolben                     | <input type="checkbox"/> Sieb                                    |
| <input type="checkbox"/> Spatel und Löffel              | <input type="checkbox"/> Heizplatte                              |

#### Schritt 2 Abwasser reinigen

- Führt die Reinigung schrittweise durch. Ihr könnt euch dabei an dem bekannten Ablauf einer richtigen Kläranlage orientieren. Am Ende jedes Arbeitsschrittes füllt ihr etwas von eurem Wasser in ein Reagenzglas und beschriftet es mit euren Namen und einer laufenden Nummer. So können wir später vergleichen, welche Reinigungsstufe am effektivsten war.
- Protokolliert auch zu jedem Schritt Planung, Durchführung und Beobachtung nach folgendem Muster:

##### 1. Versuch

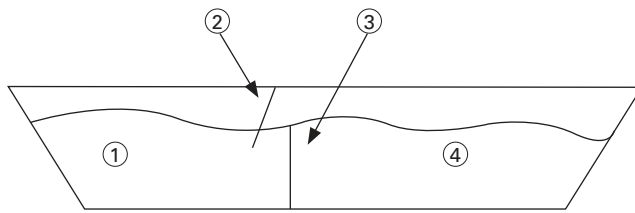
- Ziel: Entfernung der großen Feststoffe wie Äste und Blätter
- Vorschlag: Nutzen des Filterpapiers als Feinsiebrechen
- Vorläufiges Ergebnis: Filterpapier gerissen, neue Idee gesucht



Achtet beim Auswerten des Versuchs auf Farbe, Geruch und Aussehen der Probe!

Es dürfen **keine Geschmacksproben** durchgeführt werden!

### Versuchsaufbau



**Abb. 1:** Schematischer Aufbau des Versuchs

- ① Zulauf aus Richtung Feinsiebrechen (mechanische Reinigung)
- ② Fettfang (2 Objektträger am oberen Rand befestigt)
- ③ Sandfang (2 Objektträger am Boden befestigt)
- ④ Ablauf in Richtung biologische Klärung



**Abb. 2:** Einfacher Modellaufbau von Absetzbecken und Fettfang aus einer pneumatischen Wanne, Klebeband und Objektträgern (das Einkleben der Objektträger dauert etwa 3 Minuten)

### So führen Sie den Lehrerversuch durch

1. Sieben Sie das Rohabwasser, um die Stufe der mechanischen Vorreinigung und hier den **Feinsiebrechen** zu simulieren.
2. Die erhaltene Flüssigkeit kommt mittels Becherglas langsam, damit nichts überschwappt, in das **Zulaufbecken mit Fettfang** (pneumatische Wanne). Sollte das Klebeband hier nicht halten, müsste im Vorfeld mit Silikon gearbeitet werden.
2. Stellen Sie nun die Wanne leicht schräg, sodass die vorgeklärte Lösung über den Rand des Ablaufs ablaufen kann, und fangen Sie sie in einem 500-ml-Becherglas auf.
4. Jetzt ist die vorgeklärte Lösung bereit für die **biologische Klärung**. Hier könnte nun z. B. Belebtschlamm aus einer Kläranlage eingesetzt werden (dazu gab es bis dato noch keine Erfahrungswerte). Unabhängig davon sollten Sie die Lösung beispielsweise mit der Aquariumpumpe bis zur nächsten Stunde belüften, um ein natürliches Bakterienwachstum und eine Oxidation zu beschleunigen oder zumindest zu simulieren. Filtrieren Sie alternativ oder setzen Sie zur Beschleunigung des Prozesses gegebenenfalls ein Oxidationsmittel ein (siehe Abbildung 3 links).
5. Regen Sie, wie in der richtigen **Nachklärung**, Phosphate und andere Schwebstoffe mit einigen Tropfen Eisen(III)-chloridlösung und etwas Umschwenken zum Ausflocken (hier als Eisenphosphat) an (siehe Abbildung 3 rechts). Jetzt kann man, wie in den großen runden Becken der Kläranlage, auf das Absetzen der Flocken warten oder erneut filtrieren.
6. Die nun relativ klare Lösung können Sie mit Aktivkohle, UV-Licht (Lampe aus der Biologie ausleihen) oder verdünnter Wasserstoffperoxid-Lösung nachbehandeln. Auf eine Ozonbehandlung sollte aus gesundheitlichen Gründen verzichtet werden. Das Ergebnis sollte wie reines Wasser aussehen.



**Abb. 3:** Links die Limonadenlösung nach Behandlung mit viel Luft (um Braunstein auszufällen) und etwa zwei Körnern Oxidationsmittel ( $\text{KMnO}_4$ , ggf. mit Thiosulfat entfärben) und rechts nach der Zugabe von etwa 2 Tropfen Eisen(III)-chloridlösung. Gut erkennbar sind hier die großen Flocken, die recht schnell zu Boden sinken. Die Mengenangaben beziehen sich auf das hier gezeigte Volumen von etwa 10 ml (großes Reagenzglas).

## Jetzt weiß ich's! – Abwasserreinigung

M 7

Kennst du die wichtigsten Stationen einer Kläranlage? In diesem Rätsel testest du dein Wissen. Hast du alles richtig gelöst, ergibt das Lösungswort die Anzahl der Stunden, die benötigt werden, um Abwasser zu reinigen und wieder in den natürlichen Kreislauf zu entlassen.

The crossword puzzle grid consists of 12 numbered squares. The grid is partially filled with illustrations of wastewater treatment components. The illustrations are: a city skyline (1), a sand trap (2), a clarifier (3), a pump (4), a filter (5), a biological reactor (6), a sludge collector (7), a sludge thickener (8), a sludge dewatering machine (9), a sludge storage tank (10), a sludge transport system (11), and a sludge disposal area (12).

**Lösungswort:**

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 8 2 12

- Im ... setzen sich Sand und andere Stoffe mit hoher Dichte ab.
- Im großen runden ... setzen sich restliche Schlammflocken ab.
- Im ... findet die biologische Reinigung des Abwassers statt.
- Bei nahezu stehendem Wasser setzten sich die restlichen Schwebstoffe, die eine höhere Dichte als Wasser haben, am Boden des ... ab.
- Bei der ... wird dem Schlamm aus dem Faulturn das restliche Wasser entzogen.
- Die ... Reinigung läuft in der Rechenanlage, im Ölfang, im Sandfang und im Vorklärbecken ab.
- Im ... des Vorklärbeckens werden die auf der Wasseroberfläche schwimmenden Verunreinigungen abdekantiert.
- Der Schlamm aus dem Vorklär- und Absetzbecken wird in den ... gepumpt.
- Aus der ... fließt das Abwasser in den Sandfang.
- Mithilfe von verschiedenen großen ... werden grobe Teile wie Holz, Plastik und Toilettenpapier herausgesiebt.