






Kurzbeschreibung




Die SuS erarbeiten sich in dieser Stunde in Partnerarbeit die Funktionsweise eines Klärwerks durch Auswertung eines Faltblattes und eines Informationstextes. Zur Sicherung sollen die SuS die Fachbegriffe zur Funktionsweise einer Kläranlage auf einer Folie ordnen und in Beziehung stellen. Abschließend erfolgt ein Vergleich zwischen der Reinigung von Abwasser in der Kläranlage und der Selbstreinigung eines Fließgewässers.

!!! Für diese Stunde wird ein Falblatt zur Funktionsweise einer Kläranlage benötigt, das rechtzeitig beim Ruhrverband bestellt werden muss !!!


Ziele

-  SuS verstehen die Funktionsweise eines Klärwerks.
-  SuS sehen die Ähnlichkeiten zwischen Selbstreinigung und Klärwerk.
-  SuS verstehen, dass die Selbstreinigung eines Fließgewässers nicht ausreicht, um das Abwasser zu reinigen.

Benötigtes Vorwissen der Schülerinnen und Schüler

-  Eutrophierung
-  Selbstreinigung eines Fließgewässers
-  Stickstoffkreislauf (Denitrifikation, Nitrifikation, Nitratatmung, anaerob, aerob)

Fachbegriffe dieser Stunde

-  Vorklärung, Belebtschlammbecken, Belebungsbecken, Biofilter, Faulgas, Nachklärbecken, Phosphoreliminierung bzw. -fällung, Rechen, Sandfang, Schönungsteiche, mechanische Reinigungsstufe, biologische Reinigungsstufe, chemische Reinigungsstufe, Klärschlamm

Vorbereitung/Material

Material	Vorbereitung
Faltblatt Kläranlage (M3)	Im Klassensatz beim Ruhrverband bestellen (Kontaktadresse s. M3).
M1	M1 für die Partnerarbeit in ausreichender Menge kopieren (jede Zweiergruppe 1x M1).
Folie, Folienstifte	Jede Zweiergruppe bekommt eine Folie und Folienstifte (wenn möglich mehrfarbig).
L1	L1 einmal auf Folie ziehen.
OHP	Overheadprojektor bereitstellen.

Phasierung der Stunde (45 Minuten)

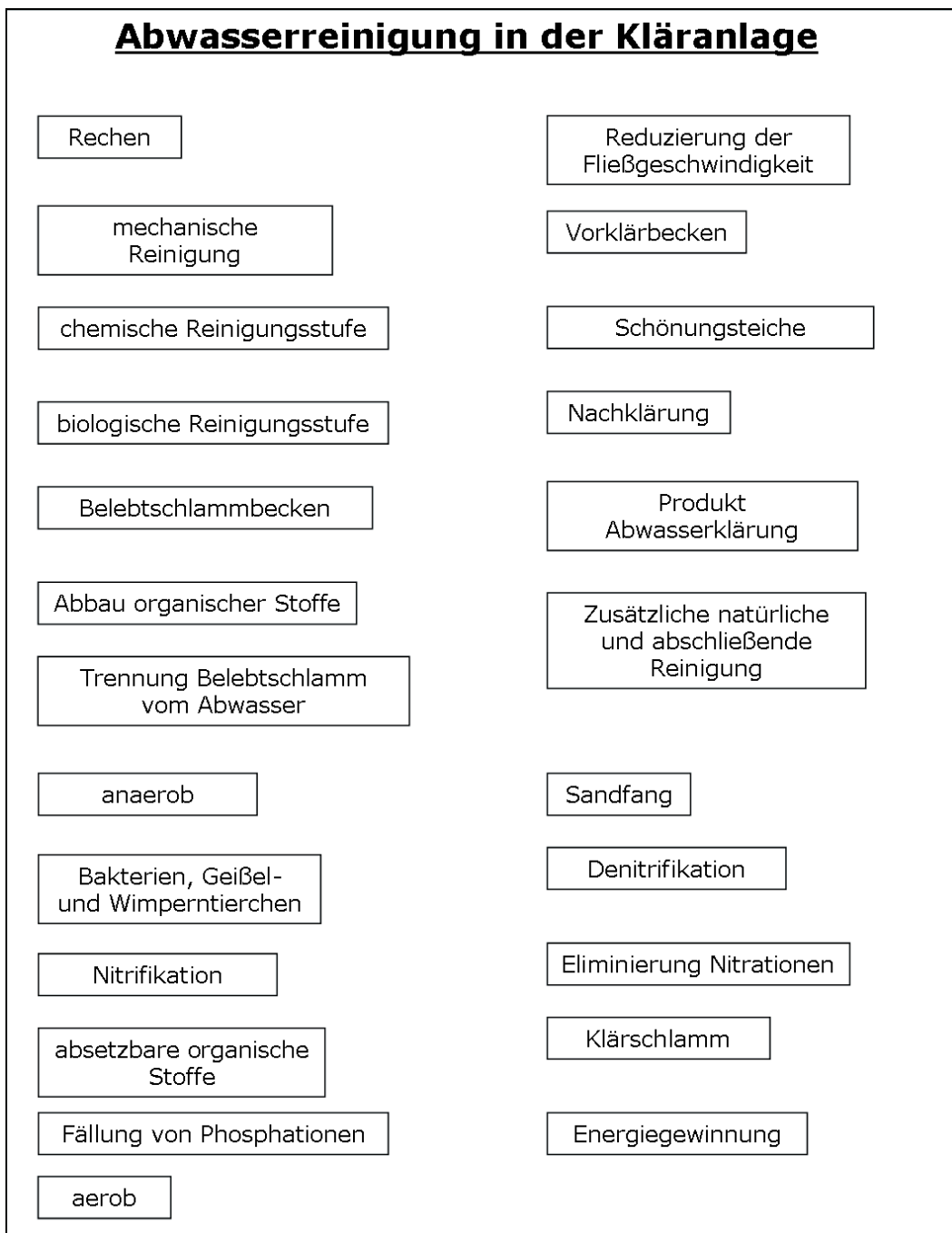
Dauer (min.)	Unterrichtsphase	LuL-Aktion	SuS-Reaktion	Sozialform/Methode	Medium/Material
2	Einstieg	LuL erklärt, dass es im Ruhrverlauf und deren Nebenflüssen und -bächen 73 Kläranlagen gibt, die das anfallende Abwasser reinigen. Deren Unterhaltung kostet jährlich über 225 Millionen Euro. In dieser Stunde werden die SuS sich die Funktionsweise einer Kläranlage im Ruhrverlauf (Menden) erarbeiten.		Plenum	
30	Erarbeitungsphase 1	LuL verteilt die Faltblätter und Informationstexte und stellt Arbeitsauftrag 1 (M1). Jede Zweiergruppe bekommt eine Broschüre und einmal M1. SuS sollen ihre Ergebnisse auf Folie skizzieren.	SuS bearbeiten Arbeitsauftrag 1 (M1)	PA	Broschüren, M1, Blanko-Folien
5	Sicherung 1	Besprechung von Arbeitsauftrag 1; exemplarische Vorstellung einiger SuS Ergebnisse auf dem OHP; eventuell muss Lehrer Musterlösung L1 präsentieren. Musterlösung wird für alle SuS kopiert, oder SuS sollen parallel mitschreiben.	SuS ergänzen und korrigieren eventuell die eigene Skizze.	Plenum	SuS-Folien, L1, OHP
5	Erarbeitungsphase 2	LuL stellt Arbeitsauftrag 2 (M2) an die Tafel	SuS diskutieren im Plenum	Plenum	L2, Tafel, Kreide
3	Sicherungsphase 2	LuL fasst die Ergebnisse der Diskussion zusammen	SuS sollen Ergebnisse mitschreiben	Plenum	L2

Verwendete Abkürzungen:
 LuL = Lehrerinnen und Lehrer; LV = Lehrervortrag; OHP = Overheadprojektor; PA = Partnerarbeit;
 SuS = Schülerinnen und Schüler





Aufgabe 1: Gruppieren Sie in Partnerarbeit die unten aufgeführten Begriffe (Textblöcke) und verdeutlichen Sie durch Verbindungslinien und Pfeile deren Beziehungen. Benutzen Sie dafür die Informationsbroschüre des Ruhrverbands und den Informationstext zur Abwasserbehandlung in einem Klärwerk. **Erklären** Sie anschließend anhand Ihrer Skizze die Funktionsweise einer Kläranlage.





Abwasserbehandlung in einem Klärwerk

In der Kläranlage wird das häusliche und aus der Industrie stammende Abwasser zunächst mechanisch gereinigt, indem es verschiedene Rechen passiert. Im nächsten Schritt wird die Fließgeschwindigkeit soweit reduziert, dass sich der Sand absetzt. In der folgenden Vorklärung wird die Fließgeschwindigkeit noch weiter verlangsamt, so dass sich noch leichtere Abwasserinhaltsstoffe als Sand absetzen können. Bis hierhin ist das Abwasser einer mechanischen Reinigungsstufe unterzogen worden.

In den weiteren Schritten erfolgt die biologische Reinigung des Wassers. Unter aeroben Bedingungen werden in den Belebtschlammbecken durch Bakterien, Geißel- und Wimperntierchen bis zu 90% der organischen Stoffe abgebaut. Nach dieser Behandlung besteht das Abwasser noch überwiegend aus nicht abbaubaren Schwermetallen sowie Nitrat- und Phosphationen. Die Nitrationen sind durch Nitrifikation entstanden, also aus dem bakteriellen Abbau von Stickstoffverbindungen über Ammoniumionen, die dann zu Nitrationen oxidiert werden. Nitrat- und Phosphationen würden im Fließgewässer zur Eutrophierung (übermäßiges Pflanzenwachstum) führen.

Die Eliminierung der Nitrationen geschieht im Belebtschlammbecken unter anaeroben Bedingungen. Bestimmte Bakterien reduzieren die Nitrationen weiter zum molekularen Stickstoff (N_2), der als Gas entweicht. Diesen Vorgang nennt man Denitrifikation. Dadurch werden 60-90% des gesamten Stickstoffs im Abwasser abgebaut.

Die Phosphationen werden zum Teil von den Bakterien als Nahrung genutzt, um Biomasse aufzubauen. Die restlichen Phosphationen werden in einer chemischen Reinigungsstufe aus dem Abwasser entfernt. Dazu wird Eisensalz in das Belebtschlammbecken gegeben. Dies führt zur Fällung von Eisen in Form von Eisen(III)-Phosphat, das mit dem Schlamm aus dem Belebtschlammbecken entfernt werden kann.

Das gereinigte Abwasser kann nun wieder zurück in die Fließgewässer eingeleitet werden. Der bei der Abwasserreinigung entstehende Klärschlamm besteht häufig aus Schwermetallen wie z.B. Cadmium, Blei, Quecksilber und anderen giftigen Stoffen und wird durch unterschiedliche Verfahren aufbereitet bzw. weiter verarbeitet. Man kann den Schlamm in speziellen Öfen verbrennen oder in Faultürmen gären lassen. Methanbakterien zersetzen in diesen Türmen die organische Substanz im Schlamm unter anaeroben Bedingungen. Als Produkte dieser Zersetzung entstehen Methangas und Kohlendioxid. Das Methangas kann zur Energiegewinnung genutzt werden. Der übrig bleibende Schlamm kann in der Landwirtschaft eingesetzt werden, wenn er nicht zu stark mit Schwermetallen belastet ist.

Leider können nicht alle Kläranlagen die Stickstoffverbindungen (z.B. Nitrat) im Abwasser beseitigen. Ebenfalls sind nicht alle Kläranlagen in der Lage, Phosphationen zu entfernen. Da Nitrat- und Phosphationen Pflanzennährstoffe sind, kann das „gereinigte“ Wasser somit zur Eutrophierung des Gewässers führen. Andere Stoffe im Abwasser, die schwer zu entfernen sind, sind Röntgenkontrastmittel, Wirkstoffe von Medikamenten, besonders hormonell wirkende Substanzen, z.B. aus der Anti-Baby-Pille, oder Blutfett senkende Medikamente. Ebenfalls können einige Weichmachersorten in Waschmitteln nicht durch Kläranlagen beseitigt werden.



Aufgabe 2: Welche Behandlung des Abwassers in einer Kläranlage entspricht natürlichen Reinigungsprozessen im Fließgewässer? **Diskutieren** Sie, warum die Behandlung von Abwasser notwendig ist, obwohl es im Fließgewässer natürlicherweise zur Selbstreinigung kommt.

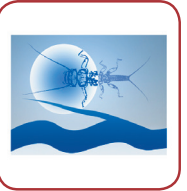


Zusatzinformation für die LuL:

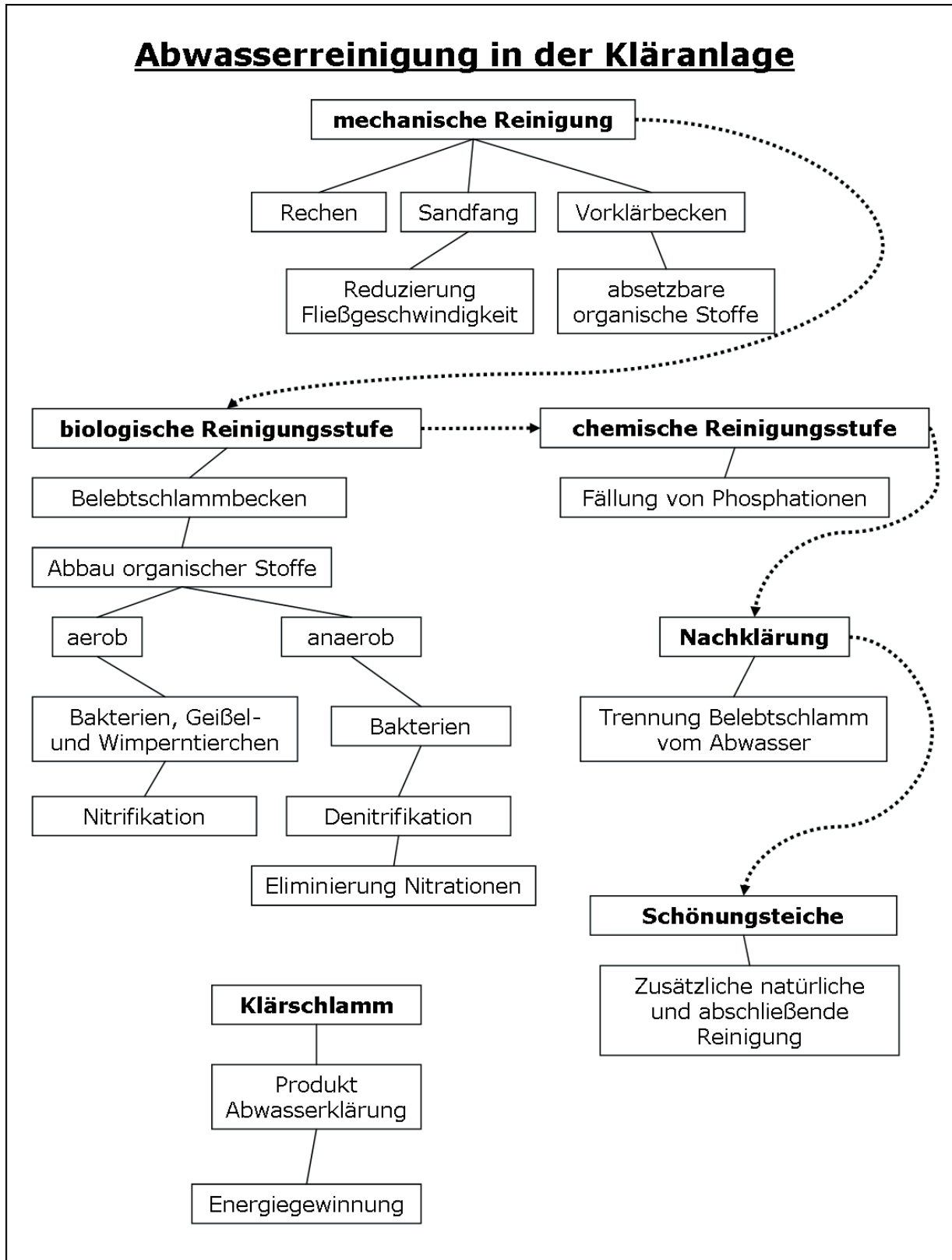
Faltblatt zur Funktionsweise einer Kläranlage

Die Broschüre „Kläranlage Menden“ kann unter folgender Adresse bestellt werden:

Ruhrverband
Abteilung Unternehmenskommunikation
Kronprinzenstraße 37
45128 Essen
Telefon: 0201/178-0
Telefax: 0201/178-1425



Lösung Aufgabe 1:



Vorschlag Skizze zur Funktionsweise einer Kläranlage



Lösung Aufgabe 2:

Der Abbau der Stickstoffverbindungen durch Nitrifikation und Denitrifikation geschieht auch natürlicherweise im Fließgewässer.

Diskussion:

Einleitend sollte gesagt werden, dass selbst Kläranlagen nicht in der Lage sind, alle schädigenden Stoffe im Abwasser zu entfernen. Hierzu zählen Röntgenkontrastmittel, Wirkstoffe von Medikamenten, besonders hormonell wirkende Substanzen (z.B. Anti-Baby-Pille), Blutfett senkende Medikamente und Weichmacher in Waschmitteln. Deren schädigende Wirkung auf die Organismen ist teilweise noch gar nicht bekannt.

Nicht alle Inhaltsstoffe des Abwassers können natürlicherweise abgebaut werden. Phosphationen führen zum vermehrten Pflanzenwachstum und somit zur Eutrophierung. Schwermetalle verbleiben ebenfalls im Gewässer, werden von den Organismen aufgenommen und führen dann in deren Körper z.B. zu Stresssymptomen, erhöhter Mutationsrate, Stoffwechsel- und Wachstumsstörungen. Da die Schwermetalle nicht abgebaut werden können, werden diese innerhalb der Nahrungskette „weiter gereicht“. Der Mensch nimmt dann über Speisefische (z.B. Forelle und Aal) diese Schwermetalle auf.

Die Einleitung von Abwasser führt immer zu einer direkt schädigenden Auswirkung auf die Lebensgemeinschaft. Sensible Arten/Taxa fallen aus und verschwinden aus dem Lebensraum. Wird Abwasser regelmäßig eingeleitet, wird die Lebensgemeinschaft nachhaltig und dauerhaft gestört.

Durch den Ausfall bestimmter Tiere ist die Funktion der Lebensgemeinschaft innerhalb des Ökosystems beeinträchtigt. Fallen die Zerkleinerer (z.B. Bachflohkrebse, Steinfliegen) aus, die Falllaub als Nahrungsgrundlage nutzen, wird das Falllaub nicht abgebaut. Durch die Zersetzung des Falllaubs entsteht aber normalerweise feinputikuläres organisches Material, welches dann von anderen Tieren als Nahrungsgrundlage genutzt wird. Die nachfolgenden Glieder der Nahrungskette werden also auch indirekt durch den Wegfall von Zerkleinerern beeinflusst.