

## Konstanzer Abwasserkanalnetz

**Altersstufe:** 5. – 8. Klasse

**Material:** CD: „Untersuchung Abwasserkanal“  
bei Bedarf: Programm zum Abspielen der CD: mpeg4.exe  
Erläuterungsberichte zur CD (für die Lehrperson)

**Achtung:** Sollte es beim Abspielen der Filme auf Ihrem PC Probleme geben, installieren Sie das Programm **mpeg4.exe**, das sich auch auf der CD befindet.

### Einführung ins Thema

Überall, wo Wasser genutzt wird, gibt es auch Abwasser z.B. in Wohnhäusern und Gewerbe- und Industriebetrieben. Aber auch Straßenabwässer und das Wasser von Regenüberläufen gilt als Abwasser, auch wenn es nur gering verschmutzt ist. Alles Abwasser gelangt über Abflüsse oder Gullys in ein weitverzweigtes, meist unterirdisches Bauwerksystem aus Rohren, Leitungen, Sammelbehältern und Pumpwerken, die das Wasser zur Kläranlage transportieren. Dieses System nennt man *Kanalisation*.

Man unterscheidet hierbei Trenn- und Mischkanalisation. In der *Trennkanalisation* gibt es 2 getrennte Rohrleitungsnetze, eins für das häusliches Abwasser und eins für das weniger verschmutzte Regenwasser. In der *Mischkanalisation* fließt alles anfallende Abwasser in ein gemeinsames Netz.

### Lokaler Bezug

Die Zentralkläranlage in Konstanz ist die größte Abwasserreinigungsanlage am Bodensee. Täglich werden bis zu 46 Mio. Liter Abwasser gereinigt, das entspricht ungefähr dem Inhalt von 2'300 Tanklastzügen. Ein weitverzweigtes Kanalnetz transportiert das Wasser der Gemarkung Konstanz, der Stadt Kreuzlingen und den Gemeinden Allensbach und Reichenau in die Konstanzer Kläranlage. Die Länge des Kanalnetzes beträgt rund 280 km. Auf seinem Weg vom Wasserbenutzer bis zur Kläranlage muss das Wasser größere Strecken und viele Höhenunterschiede überwinden. 24 Pumpstationen pumpen dabei das Wasser über die entsprechende Distanz und auf die benötigte Höhe. Das größte Pumpwerk am Schänzle beispielsweise pumpt das Abwasser von der linken auf die rechte Rheinseite.

### Durchführung

#### 1. CD – Untersuchung des Abwasserkanals

Die Schülerinnen und Schüler sehen sich gemeinsam an einem PC die Filme über die Untersuchung 3 verschiedener Abwasserkanäle in Konstanz an. Die beste Reihenfolge ist:

→ Obere Laube → Friedrichstrasse → Reutestrasse

#### 2. Folgende Fragen können beantwortet werden:

- Wie unterscheiden sich die 3 Kanäle?
- Woher kommen die Zuläufe, die man in den Filmen sieht?
- Wozu werden solche Untersuchungen mit einer Kamera durchgeführt?
- Warum müssen Schäden und Undichtigkeiten in den Kanälen schnellstmöglich behoben werden?
- Was, außer zufließendes Wasser, kann man in den Kanälen noch alles sehen?
- Was für Gegenstände/Substanzen kennt Ihr, die manchmal ins WC in den Ausguss oder in einen Straßengully geschüttet werden, die dort nicht hingehören?
- Warum gehören solche Dinge nicht in den Kanal? Was können sie dort anrichten?
- Habt Ihr die Ratten gesehen? Wo kommen die Ratten her? Wovon leben sie?



- Was meint ihr, ist es gut, wenn im Kanalsystem Ratten leben oder können sie dort Schäden anrichten?
- Die gezeigten Abwasserkanäle zeigen Rohre der Mischkanalisation. Warum kann es sinnvoll sein, Regenwasser und häusliches Abwasser zu trennen?

### Auswertung

Die Filme zeigen Untersuchungen verschiedener Abwasserkanäle in Konstanz. Sie wurden mittels einer Kamera zur Kontrolle des Kanalsystems, bzw. im Fall der Friedrichstrasse für eine Neubauabnahme durchgeführt. (Weitere Informationen: Erläuterungsberichte in der Anlage).

1. Abwasserkanal „Obere Laube“: Über 100 Jahre alter Abschnitt eines Abwasserkanals, der ursprünglich am Pulverturm direkt in den Seerhein mündete.
2. Abwasserkanal „Friedrichstrasse“: Beispiel für einen neu gebauten Abwasserkanal.
3. Abwasserkanal „Reutestrasse“: Aufnahmen von Schäden und Undichtigkeiten in den Abwasserkanälen und den Abwasserleitungen.

In den fließenden Abwässern in den Abwasserkanälen sieht man Dinge, die über die Toilette, den Ausguss oder einen Straßengully in das Kanalsystem gelangen, wie z.B. WC-Papier. Aber die Toilette ist kein Müllschlucker. **Feste Abfälle** wie Damenbinden, Tampons, Kondome oder Ohrenstäbchen gehören nicht in das Kanalsystem, sondern in die Restmülltonne, sie können im Kanalsystem zu Verstopfungen führen. Auch **Speisereste** gehören auch nicht ins WC, denn sie locken Ratten an, wie in den Filmen zu sehen ist.

Schäden und Undichtigkeiten an den Rohren müssen schnellstmöglich behoben werden, denn ausfließendes Abwasser kann den umgebenden Boden aufweichen und zu einer Verrutschung der Kanalisationsrohre führen. Außerdem kann austretendes ungereinigtes Abwasser ins Grundwasser gelangen und dieses mit Schadstoffen und Keimen belasten. Für die Sanierung von Schäden und dem Ausbau des Kanalisationsnetzes werden in Konstanz jährlich rund 3 Mio. Euro investiert.

Die Kanäle „Obere Laube“ und „Reutestrasse“ zeigen, dass das Abwasserkanalnetz eine Zufluchtstätte für Ratten ist. Ratten können mit ihren Aktivitäten Rohrleitungen beschädigen und mit ihren Bauten verstopfen. Um die Ausbreitung der Ratten zu verhindern, bzw. in erträglichem Maße zu halten, werden im gesamte Kanalnetz der Stadt Konstanz regelmäßig von den Entsorgungsbetrieben (EBK) Rattenbekämpfungsmittel ausgelegt.

Bei den gezeigten Abwasserkanälen handelt es sich um Rohre der Mischkanalisation, d.h. häusliches Abwasser und Regenwasser laufen in ein gemeinsames Netz. Die Rohrdurchmesser sind sehr groß, denn die anfallenden Wassermengen können sehr schwanken, beispielsweise nach einem heftigen Regenguss. Das aus Wohnbebauungen abfließende Regenwasser ist in der Regel nur gering verschmutzt und braucht nicht in Kläranlagen gereinigt zu werden. Deshalb kann dieses Regenwasser versickert oder über Wassergräben direkt in ein Gewässer z. B. den Bodensee abgeleitet werden. Dadurch wird die Kläranlage entlastet und Kosten gespart. Bei einer Überlastung der Kläranlage z.B. nach einem Starkregenereignis können im schlimmsten Fall ungereinigte Abwässer ins Gewässer gelangen. In Konstanz gibt es 14 Regenwasserbehandlungsanlagen.

### Tipp

Kombinieren Sie diese Karte mit folgenden Karten:

- Trinkwasser – so wird's verteilt! (1.7)
- Wie funktioniert die Konstanzer Kläranlage? (3.2)
- Was gehört nicht ins WC? (4.6)
- Ausflug: Konstanzer Kläranlagen-Lehrpfad (5.2)
- **Buch:** „Für einen sauberen Bodensee - Von der Kloake zur Kläranlage“ (Materialkoffer)

**Anlagen :** CD: „Untersuchung Abwasserkanal“  
3 Erläuterungsberichte zu den Untersuchungen der Abwasserkanäle



## Wie funktioniert die Konstanzer Kläranlage?

**Altersstufe:** 5. – 8. Klasse

**Material:** Schulwandbild: „Abwasserreinigung und Schlammbehandlung“ der VDG e.V.  
Fachkommentar zum Schulwandbild  
Kopiervorlage: Schema Abwasserreinigung und Schlammbehandlung  
Kopiervorlage: Begriffssammlung Abwasserreinigung und Schlammbehandlung  
Lösungsbogen für die Lehrperson  
Papier/Stift/Kleber  
Kopiervorlage: „Eine kleine Geschichte“  
Tafeln „Konstanzer Kläranlagen-Lehrpfad“

### Lokaler Bezug

*Aus den Augen aus dem Sinn...*

Alles was in der Toilette weggespült wird, was in den Waschbecken und Ausgüssen verschwindet und beinahe alles, was in den Gullys der Strassen verschwindet, gelangt in die Zentralkläranlage Konstanz. Sie ist die größte Abwasserreinigungsanlage am Bodensee. Besonders ist, dass hier grenzüberschreitend auch das gesamte Abwasser der Schweizer Nachbarstadt Kreuzlingen gereinigt wird. Täglich fließen bis zu 46 Mio. Liter Rohabwasser in die Kläranlage und verlassen diese als gereinigtes Abwasser, welches in den Seerhein geleitet wird.

Ein Besuch der Konstanzer Kläranlage mit seinem Kläranlagen-Lehrpfad ist ein Erlebnis für Kinder. Sie können beobachten, wie eine dunkle stinkende Abwasserbrühe aus der Kanalisation in die Kläranlage einfließt, wie groß der Aufwand ist, um dieses Wasser zu klären, wie klar es die Anlage wieder verlässt und was anschließend mit dem Klärschlamm passiert. Staunen können die Kinder, wenn sie erfahren, welche Gegenstände schon im Abwasser gefunden wurden.

Die Kläranlage hat die Aufgabe, möglichst alle Schmutzstoffe, die wir dem Wasser zuführen, wieder zu entnehmen. Das ist aufwändig, energie- und kostenintensiv, daher ist es wichtig, dass keine Stoffe über die Kanalisation entsorgt werden, die die Reinigungsprozesse in der Kläranlage stören oder erschweren.

### Durchführung

#### 1. Der Weg des Abwassers - 1

Das Schulwandbild „Abwasserreinigung und Schlammbehandlung“ wird in der Klasse gut sichtbar aufgehängt. Die Schülerinnen und Schüler verfolgen anhand der Zahlen auf dem Poster den Weg des Abwassers und versuchen mit eigenen Worten zu beschreiben was sie an den einzelnen Stationen sehen und was sie glauben, was dort mit dem Wasser geschieht. Anschließend geht die Lehrperson gemeinsam mit der Klasse alle Stationen durch und erklärt die einzelnen Reinigungsstufen.



## 2. Der Weg des Abwassers – 2

Das Schema „Abwasserreinigung und der Schlammbehandlung“ wird ausgeteilt. Außerdem erhält jede Schülerin und jeder Schüler einen Bogen mit der Begriffssammlung „Abwasserreinigung und Schlammbehandlung“. Die Begriffe werden ausgeschnitten und zu den jeweiligen Nummern auf dem Schema geklebt. Anschließend werden die Ergebnisse mit dem Lösungsbogen verglichen und außerdem können die einzelnen Stationen auch noch einmal mit den Bildern auf dem Schulwandbild verglichen werden.

*Anmerkung:* Die Nummern auf dem Schema entsprechen den Nummern auf dem Schulwandbild. Auf dem Schema werden auch den Buchstaben (a, b, c) Begriffe zugeordnet!

Optional können zu den einzelnen Nummern auch noch Merksätze formuliert werden: Z.B. Rechenanlage: Hier werden die Feststoffe aus dem Abwasser herausgesiebt, Belebungsbecken: Hier fressen Bakterien Schmutzstoffe aus dem Abwasser...

### Auswertung

Die einzelnen Stationen des Abwassers auf seinem Weg durch die Kläranlage Konstanz sind sehr ausführlich in den **Tafeln „Konstanzer Kläranlagen-Lehrpfad“** und allgemein für Kläranlagen in dem Fachkommentar zum Schulwandbild erklärt (siehe Anlage).

## 3. Eine kleine Geschichte ...

Teilen Sie die „Kleine Geschichte“ aus. Die Schülerinnen und Schüler sollen die Tätigkeiten ankreuzen, die nicht funktionieren würden, wenn es an diesem Morgen kein Wasser gäbe. Dann können die Kinder eine Geschichte erfinden: Wie würde so ein Morgen ohne Wasser ablaufen?

Diese Unterrichtseinheit entstammt auszugsweise aus den Unterrichtsmaterialien „Abwasserreinigung und Schlammbehandlung“ der Vereinigung Deutscher Gewässerschutz e.V. (VDG).

Ein eigenes Wandbild für die Klasse inkl. eines Begleithefts können Sie unter: [www.vdg-online.de](http://www.vdg-online.de) bestellen.

### Tipp

Diese Unterrichtskarte bietet einen guten Einstieg zu folgenden Unterrichtseinheiten:

- Das Konstanzer Abwasserkanalnetz (3.1)
- Versuch: Reinigung von Schmutzwasser (3.3)
- Versuch zur Phosphatfällung (3.4)
- Was verlässt die Kläranlage? (3.6)
- Ausflug zum Konstanzer Kläranlagen-Lehrpfad (5.2)
- **Buch:** „Für einen sauberen Bodensee – Von der Kloake zur Kläranlage“ (Materialkoffer)

**Anlagen:** Schulwandbild: „Abwasserreinigung und Schlammbehandlung“ der VDG e.V.  
 Fachkommentar zum Schulwandbild  
 Kopiervorlage 1: Schema Abwasserreinigung und Schlammbehandlung  
 Kopiervorlage 2: Begriffssammlung zum Schema  
 Lösungsbogen Schema (für die Lehrperson)  
 Kopiervorlage 3: „Eine kleine Geschichte“



## Versuch: Reinigung von Schmutzwasser

**Altersstufe:** 5. – 8. Klasse

**Material:** 1 großes Becherglas mit Wasser  
5 – 10 Tropfen Tinte  
1 Teelöffel Erde und Steinchen  
1 Teelöffel Kochsalz & 1 Objektträger  
4 kleine Gläser mit hohem Rand  
1 Teesieb  
1 Kaffeefilter (mit Halterung)  
1 Sandfilter: Offenes Glasrohr gefüllt mit Sand, Kies und Glaswolle, unten mit einem Gummistopfen mit Glasröhrchen verschlossen

### Einführung ins Thema

Jede Kläranlage besteht im wesentlichen aus drei Teilen: 1. Die mechanische Vorreinigung 2. die biologischen Hauptreinigung und 3. die chemische Reinigungsstufe. Am Anfang einer Kläranlage hält der Rechen die größeren Schmutzteile zurück. Das sind zum Beispiel Holzstücke, Plastikteile, Blechdosen, Windeln etc., die von manchen Leuten leider in die Toilette anstatt in den Mülleimer geworfen werden. Im Sandfang setzt sich dann der Sand ab und im Vorklärbecken (oder Grobentschlammung) sinken die im Abwasser schwebenden Stoffe nach unten. In beiden Fällen fließt das Wasser nur noch ganz langsam, so dass sich die schwereren Stoffe auf dem Grund absetzen. Sie können dann vom Grund mit einer Pumpe abgesaugt, oder mit einem Räumler entfernt werden. Fette und Öl sammeln sich an der Wasseroberfläche von Sandfang und Vorklärbecken. Diese Schwimmstoffe können oberflächlich entfernt werden. Da die Schmutzstoffe durch Absieben (Rechen) und Absetzen (Sandfang und Vorklärbecken) und durch Abpumpen entfernt werden, nennt man dies die **mechanische Vorreinigung**.

### Lokaler Bezug

In der Kläranlage Konstanz befreien 3 Stufenrechen mit einer Spaltweite von 6 mm fast alle groben und feinen Partikel aus dem Abwasser. Das anfallende Rechengut wird anschließend gewaschen und dann gepresst, um die zu entsorgende Menge zu reduzieren. Pro Jahr werden dort etwa 300 Tonnen Rechengut entnommen. Im anschließenden Sandfang wird der im Abwasser enthaltende Sand abgetrennt und auftriebende Fette abgeschöpft. In Konstanz fallen jährlich ca. 100 Tonnen Sand an.

### Durchführung

In einem großen Becherglas wird künstliches Schmutzwasser hergestellt. Dazu wird in das Glas mit Wasser die Tinte und je ein Löffel Erde und Steinchen und Kochsalz hinzugegeben und gut geschüttelt oder umgerührt (siehe Abbildung).

Dann wird ein kleines Gläschen mit der Mischung gefüllt und ganz ruhig stehen gelassen. dieses Glas wird nach 5 Minuten und nach 1 Stunde beobachtet und beschrieben.

Die Reste der Schmutzwasserbrühe aus dem großen Becherglas werden nun auf die 3 anderen Gläschen verteilt indem sie dabei durch das Teesieb, den Kaffeefilter und durch den Sandfilter gegossen werden.

Die Filtrate in den kleinen Gläsern werden beschrieben und auf die Inhaltsstoffe hin untersucht. Das Salz testet man am besten, indem man einige Tropfen des Filtrats auf einen Objektträger oder ein Uhrglas gibt und auf die Heizung stellt oder über einer kleinen Flamme erhitzt und dann beobachtet, ob ein Salzrand entsteht.





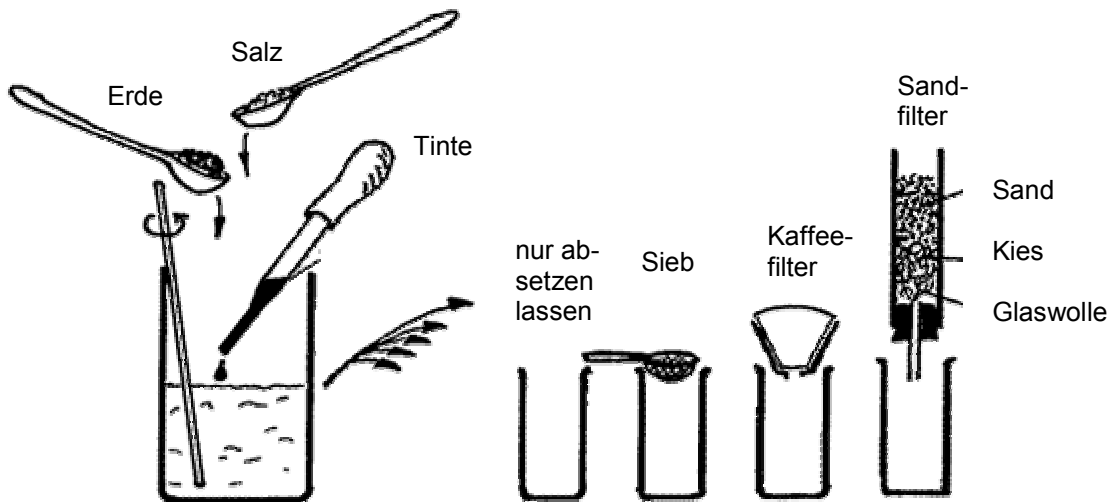


Abbildung und Versuchsaufbau aus: [www.sachunterricht-experimente.de](http://www.sachunterricht-experimente.de)

### Auswertung

**Wasser zu verschmutzen geht sehr schnell, es aber wieder zu reinigen dauert lange, kostet viel und verbraucht Energie.**

Dieser Versuch zeigt, wie die mechanische Reinigung von Abwasser funktioniert. Dabei finden verschiedene Prozesse statt:

- 1. Sedimentieren:** Durch das Absetzen der Stoffe, das Sedimentieren, trennen sich im Wasser größere, schwerere Stoffe ab und sinken zu Boden. In einer Kläranlage geschieht das in dem sogenannten Sandfang. Die abgesunkenen Stoffe können so mittels Räumern abtransportiert werden. In unseren Versuch gießen wir dazu das überstehende Wasser ab. Befinden sich im Abwasser Fette und Öle, so schwimmen diese im Sandfang und im Vorklärbecken an der Wasseroberfläche, dort können sie dann abgeschöpft werden.
- 2. Filtrieren:** Durch das Sieben des Schmutzwassers werden größere Schmutzstoffe zurückgehalten, das Filtrat ist noch ziemlich trüb. In dem Kaffeefilter werden feinere Partikel zurückgehalten und somit das Filtrat schon deutlich klarer. In dem Sandfilter werden alle ungelösten Stoffe zurückgehalten, auch die ganz feinen Tintenpartikel. Sie setzen sich an Substanzen mit großer Oberfläche, in unserem Fall die Glaswolle ab und werden durch sogenannte Adsorption aus dem Wasser entfernt. In einer Kläranlage gelangt das Wasser durch Rechen und Siebe und wird so mechanisch von seiner Schmutzfracht befreit.
- 3. Weitergehende Reinigung:** Weiterhin zeigt dieser Versuch, dass einige Stoffe (in unserem Fall das Salz) nicht allein durch physikalische Prozesse gereinigt werden, sondern noch weitere Prozesse folgen müssen. Hierzu gehört die *biologische Reinigung*, wo alle organischen Stoffe, wie Essensreste, Waschlauge oder Fäkalien von Kleinstlebewesen gereinigt werden. In modernen Kläranlagen gibt es noch eine *chemische Nachreinigung* in der durch die Fällung mit Eisen- und Phosphaten Phosphate aus dem Abwasser entfernt werden. Salz, wie z.B. das Kochsalz lassen sich nicht so einfach entfernen, dazu müsste man das ganze Wasser abdestillieren, also abkochen.

Auch in dem weitergehend gereinigten Abwasser können sich immer noch Substanzen befinden, die in der Kläranlage nicht entfernt worden sind, z.B. Schwermetalle. Daher ist gereinigtes Abwasser kein Trinkwasser, auch wenn es sauber aussieht!

### Tipp

Kombinieren Sie diesen Versuch mit folgenden Karten:

- Wie funktioniert die Konstanzer Kläranlage? (3.2)
- Versuch zur Phosphatfällung (3.4)
- Was verlässt die Kläranlage? (3.6)
- Was gehört nicht ins WC? (4.3)
- Ausflug zum Konstanzer Kläranlagen-Lehrpfad (5.2)



## Versuch zur Phosphatfällung

**Altersstufe:** 5. – 8. Klasse

**Material:** Reagenzglasständer, Reagenzgläser mit Stopfen  
Eisenchlorid  
Natriumphosphat (aus der Apotheke)  
Kaffeelöffel, Pipette

### Lokaler Bezug

#### *Die Phosphatgeschichte am Bodensee:*

In den 1930er Jahren wurden im Bodensee Phosphat-Konzentrationen von 4-6  $\mu\text{g/l}$  gemessen. Seit den 1950er Jahren wurde der Bodensee immer mehr mit Phosphaten (z.B. aus der Landwirtschaft, aus häuslichen Abwässern und aus Waschmitteln etc.) belastet. 1979 wurde mit 87  $\mu\text{g/l}$  (das ist etwa 15 mal mehr als 1930!) die höchste Phosphorkonzentration gemessen. Da Phosphat ein wichtiger Nährstoff für Pflanzen ist, kam es zu einer explosionsartigen Vermehrung von Algen, kleinen meist einzelligen Pflanzen im Wasser. Zum Abbau abgestorbener Algen ist Sauerstoff notwendig, der nicht mehr in ausreichender Menge vorhanden war. Die Folgen waren, dass sich die Eier der Felchen nicht mehr entwickelten, Motorboote in Algenmatten stecken blieben, Badende keinen Zugang mehr zum See fanden, verschiedene Pflanzen- und Tierarten seltener wurden. Ein groß angelegtes Programm zum Kanal- und Kläranlagenbau kommunaler Kläranlagen sowie die Reduktion und das Verbot von Phosphaten in Waschmitteln sorgten dafür, dass der Phosphorgehalt seit Ende der achtziger Jahre wieder rückläufig ist und auf 12  $\mu\text{g/l}$  im Jahre 2002 zurückging. Die Kläranlage Konstanz wurde von 1995 – 98 nach dem neusten Stand der Technik ausgebaut und eine dritte chemische Reinigungsstufe integriert (Phosphatfällung mit Eisensalzen).

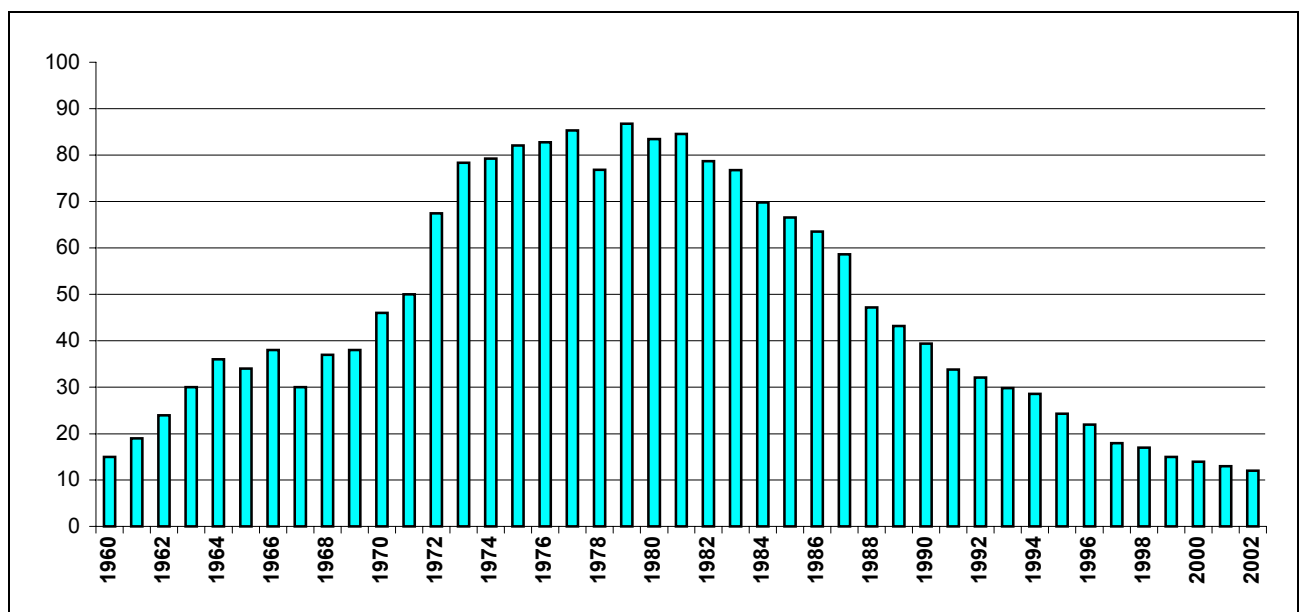


Abbildung: Gesamtphosphor im Bodensee-Obersee während der Durchmischungsphase.

## Einführung zum Versuch

### *Was ist Phosphat?*

Phosphate findet man in häuslichem Abwasser, in Düngemitteln, in Industrieabwässern, in der Luft und früher auch in Waschmitteln. Mit dem Regen werden die Phosphate aus dem Feld-Dünger ins Grundwasser und aus der Luft auf die Erde gespült und gelangen so mit dem Grundwasser oder oberflächlich in unsere Seen.

### *Warum können Phosphate in einem See schaden?*

Phosphate sind wichtige Pflanzennährstoffe und düngen daher den See. Je mehr Phosphate in einen See gelangen umso stärker vermehren sich Wasserpflanzen und vor allem Algen. Der Abbau der übermäßigen Algen benötigt Sauerstoff, der oft nicht in ausreichender Menge vorhanden ist, so können die Abfallprodukte abgestorbener Algen nicht mehr abgebaut werden, der See wird krank, sein Gleichgewicht ist gestört.

### *Wie kann man Phosphate aus dem Abwasser heraustrennen?*

Damit die Gewässer nicht krank, sprich überdüngt werden, versucht man die Phosphate aus den Abwässern herauszutrennen. Dazu werden dem Abwasser Eisen- oder Aluminiumsalze zugeführt, die mit den Phosphaten schwerlösliche Flocken bilden, die dann entfernt werden können,

## Durchführung

Ein Reagenzglas wird zu  $\frac{3}{4}$  mit **heißem** Wasser gefüllt. Dann wird ein Kaffeelöffel Natriumphosphat zugefügt, das Reagenzglas verschlossen und kräftig geschüttelt. Ein zweites Reagenzglas wird zu  $\frac{3}{4}$  mit kaltem Wasser gefüllt und drei Tropfen Eisenchlorid hinzugegeben und ebenfalls verschlossen und kräftig geschüttelt. Drei Tropfen der Eisenchlorid-Wasser-Lösung werden ins erste Reagenzglas gegeben, das verschlossene Reagenzglas geschüttelt und in den Ständer zurückgestellt. Was passiert innerhalb der nächsten Stunde?

## Auswertung

In der chemischen Reinigungsstufe einer Kläranlage werden die im Wasser enthaltenen Phosphate mit Hilfe von Eisensalzen entfernt. Das Eisenchlorid und die gelösten Phosphate im Wasser bilden schwerlösliche Flocken, die zu Boden sinken und als Klärschlamm abgetrennt werden können. Diesen Vorgang nennt man Phosphatfällung. Auf diese Weise können 85 – 95% des Phosphats aus dem Abwasser herausgelöst werden. Das Phosphat in Klärschlamm kann die Düngewirkung des Klärschlammes für die Landwirtschaft verbessern, dieses ist aber wegen anderer möglicher Schadstoffe im Klärschlamm umstritten.

## Tipp

Kombinieren Sie diesen Versuch mit folgenden Karten:

- Wie funktioniert die Konstanzer Kläranlage? (3.2)
- Versuch: Reinigung von Schmutzwasser (3.3)
- Was verlässt die Kläranlage? (3.6)
- Ausflug zum Konstanzer Kläranlagen-Lehrpfad (5.2)
- Buch: „Für einen sauberen Bodensee – Von der Kloake zur Kläranlage“ (Materialkiste)



## Wir bauen eine Pflanzenkläranlage!

**Altersstufe:** 5. – 8. Klasse

**Achtung!** Dieser Versuch braucht einige Wochen Vorlauf!

**Material:** Zyperngras oder andere Sumpfpflanzen  
1 Plastikeimer (10 l)  
1 dünner Schlauch  
1 Joghurtbecher  
Knete oder Fensterkitt  
grober Kies, feiner Sand, lehmige Gartenerde  
1 Glas oder Becher

### Lokaler Bezug

Unser Abwasser in Konstanz wird zentral gesammelt und zur Kläranlage Konstanz geführt. Aber in abgelegenen, meist ländlichen Gegenden kann es sehr teuer und aufwändig sein, das Abwasser in die nächstgelegene Kläranlage zu transportieren. Hier sucht man nach Lösungen das Abwasser lokal zu reinigen und vor Ort wieder dem Wasserkreislauf zuzuführen.

### Einführung zum Versuch

Pflanzenkläranlagen sind künstlich geschaffene Sumpfbeete zur naturnahen Abwasserreinigung. Dabei wird von Feststoffen befreites Abwasser durch einen mit Pflanzen (meist Schilf) bewachsenen Sandfilter geleitet und während der Bodenpassage gereinigt. In einer Pflanzenkläranlage reinigen nicht die Pflanzen das Abwasser, sondern die Inhaltsstoffe werden im Boden gefiltert, an Bodenpartikel gebunden und von im Boden lebenden Kleinstlebewesen abgebaut („gefressen“). Mit Hilfe der Pflanzen entwickelt sich im Boden ein für die Kleinstlebewesen optimaler Lebensraum und ihre Wurzeln verhindern, dass der Sandfilter verstopft.

### Durchführung

1. In die Wand des Joghurtbechers werden viele kleine Löcher gestochen (z.B. mit dem spitzen Ende einer Schere oder einer Ahle), sowie ein Loch (etwa in Dicke des Schlauchs) in den Becherboden geschnitten. In die Wand des großen Plastikeimers wird einige Zentimeter über dem Boden auch ein schlauchdickes Loch gebohrt.
2. Der Joghurtbecher wird mit der Öffnung nach unten in den Eimer gestellt. Das eine Ende des Schlauchs wird durch das Loch im Boden des Joghurtbechers gesteckt, das andere Ende durch das Loch im Eimer geführt. Die Schlauchdurchführungen gut mit Knete oder Fensterkitt abdichten! Außen das Glas/den Becher unter das Schlauchende stellen.
3. Der Eimer wird nun bis zur Höhe des umgedrehten Joghurtbechers mit groben Kies befüllt, dann darüber einige Zentimeter Sand einfüllen und zum Schluss den Eimer mit Gartenerde auffüllen. Das Zyperngras einpflanzen. **Die Pflanzen zuerst einige Wochen mit normalem Wasser gießen, bis sie angewachsen sind.**



4. Ist die Pflanze angewachsen, kann sie mit „Schmutzwasser“ (Geschirrspülwasser, Tafelschwammwasser, etc.) gegossen werden. Das Schmutzwasser sickert nun langsam durch die Bodenschichten und wird von den Bakterien im Wurzelgeflecht gereinigt. Das gereinigte Wasser läuft aus dem Schlauch heraus.

### Achtung!

**Das Wasser, welches die Pflanzenkläranlage verlässt ist KEIN Trinkwasser !!!**

### Auswertung

#### **Selbstreinigungskraft der Natur**

Pflanzenkläranlagen nutzen das natürliche Reinigungspotential des Bodens. Man spricht auch von „Selbstreinigungskraft der Natur“. Dieser Vorgang läuft in allen natürlichen Böden und Gewässern ab. Dieser Vorgang trägt dazu bei, das z.B. Regenwasser im Boden beim Durchsickern zu Grundwasser und damit wieder zu Trinkwasser wird oder Bäche, nach der Einleitung von leicht verschmutztem Wasser nach einiger Zeit wieder saubereres Wasser haben. Verantwortlich für diese Selbstreinigung sind hauptsächlich die Kleinstlebewesen (meist Bakterien und Einzeller) die im Boden bzw. im Gewässer leben. Sie können die Schmutzstoffe fressen und bauen sie so zu unproblematischen Stoffen um.

#### **Was passiert in der Pflanzenkläranlage mit den Schmutzstoffen?**

Der Sandkörper in der Pflanzenkläranlage funktioniert zum einen wie ein Kaffeefilter in dem gröbere Schmutzstoffe zurückgehalten werden. In den Poren zwischen den Sandpartikeln und zwischen den Pflanzenwurzeln leben Kleinstorganismen, die Schmutzstoffe fressen und so dem Abwasser entziehen. Die Kleinstorganismen gelangen über die Gartenerde und die Pflanzenwurzeln in das System.

In der biologischen Reinigungsstufe einer technischen Kläranlage laufen prinzipiell die gleichen Prozesse wie im Sandkörper der Pflanzenkläranlage ab. Der Unterschied ist nur, das in der technischen Kläranlage die Kleinstlebewesen nicht in ihrem natürlichen Lebensraum sind, sondern sie werden mit grossem technischen Aufwand auf kleinstem Raum konzentriert. Daher kann auch nicht das gesamte Abwasser z.B. von Konstanz über Pflanzenkläranlagen gereinigt werden, denn dazu bräuchte es riesige Flächen.

Sowohl in Pflanzenkläranlagen als auch in technischen Kläranlagen dürfen **nie** Giftstoffe gelangen, denn in beiden Systemen wird die Hauptreinigungsleistung von Kleinstlebewesen bewerkstelligt, die durch Gifte abgetötet werden und damit ist die Reinigungsleistung der Kläranlagen nicht mehr gewährleistet.

### Tipp

Kombinieren Sie diesen Versuch mit folgenden Karten:

- Unser Wasserkreislauf (1.3)
- Baue Deinen eigenen Wasserkreislauf! (1.4)
- Versuch: Wie entsteht Grundwasser? (1.5)
- Versuch: Reinigung von Schmutzwasser (3.3)
- Versuch zur Phosphatfällung (3.4)
- Ausflug zum Konstanzer Kläranlagen-Lehrpfad (5.2)



## Was verlässt die Kläranlage? - Klärschlamm und gereinigtes Abwasser -

**Altersstufe:** 5. – 8. Klasse

**Material:** Schulwandbild: „Abwasserreinigung und Schlammbehandlung“ der VDG e.V.  
Fachkommentar zum Schulwandbild

**Achtung:**

**Vorraussetzung Unterrichtskarte:** „Wie funktioniert die Konstanzer Kläranlage? (3.2)“

### Lokaler Bezug

#### *Der Kreislauf des Abwassers in Konstanz*

Bei uns entsteht Abwasser bei der Wäsche und Reinigung, bei der Körperpflege und als sogenanntes „Fäkalabwasser“ bei der Toilettenbenutzung. Das Abwasser wird heute in Deutschland zu über 90% durch die Kanalisation abgeleitet und Kläranlagen zugeführt. Das Abwasser in Konstanz wird in der Kläranlage umweltgerecht in zwei Produkte umgewandelt: In gereinigtes Abwasser, das wieder in den Seerhein geleitet wird, und in Klärschlamm, der entweder in der Landwirtschaft als Dünger eingesetzt oder zur Energiegewinnung verbrannt wird.

### Durchführung

Das Schulwandbild „Abwasserreinigung und Schlammbehandlung“ wird in der Klasse gut sichtbar aufgehängt. Die Schülerinnen und Schüler kennen dieses Wandbild schon von der Unterrichtskarte „Wie funktioniert die Konstanzer Kläranlage?“. Der Weg des Abwassers wird auf dem Wandbild rekapituliert. Besonderer Wert wird auf die „Endprodukte“ der Abwasserreinigung gelegt. Bei der Beantwortung der folgenden Fragen bitte immer besonderes Augenmerk auf die Situation der Kläranlage Konstanz legen:

*Was sind die „Endprodukte“ der Abwasserreinigung?*

Gereinigtes Abwasser und Klärschlamm

*Wo verlässt das gereinigte Abwasser die Kläranlage?*

Im Nachklärbecken läuft das gereinigte Abwasser über einen Überlauf und wird dann einem Vorfluter zugeführt. Ein Vorfluter ist ein Gewässer (z.B. Bach, Fluss, Kanal oder See), in das mit wasserrechtlicher Erlaubnis gereinigtes Abwasser eingeleitet werden darf. Das gereinigte Abwasser der Konstanzer Kläranlage gelangt in den Seerhein.

*Ist gereinigtes Abwasser Trinkwasser?*

Vorsicht, gereinigtes Abwasser ist noch kein Trinkwasser! Das Wasser, welches die Kläranlage verlässt enthält noch Keime, Schwermetall-Rückstände etc.. Das gereinigte Abwasser wird in dem Vorfluter (z.B. im Seerhein) noch einer weitergehenden Reinigung durch Bakterien und anderen biologischen, chemischen und physikalischen Prozessen unterzogen (Selbstreinigung von Gewässern). Bodenseewasser, welches für die Trinkwasserversorgung entnommen wird muss noch in einem Seewasserwerk aufbereitet werden.



### Was ist Klärschlamm?

Eine Kläranlage produziert durch mechanische und biologische Verfahren gereinigtes Abwasser, indem Rohabwasser Schmutzstoffe entzogen werden. Dabei fallen in den verschiedenen Klärstufen unterschiedliche Rückstände an.

Man unterscheidet:

Primärschlamm: Er entsteht in der mechanischen Vorreinigung. Im Vorklärbecken/Grobentschlammung wird abgesunkener oder aufschwimmender Schlamm abgeschöpft. Etwa 1/3 des gesamten Schlammaufkommens ist Primärschlamm. Er ist breiartig und besteht aus größeren Teilchen. In Konstanz entstehen große Mengen Primärschlamm pro Tag.

Sekundärschlamm: Er entsteht im Belebungsbecken auf biologischem Weg. Die dort lebenden Kleinstlebewesen „fressen“ die organischen Schmutzstoffe und vermehren sich rasant. Im Nachklärbecken werden diese biologischen Helfer wieder vom gereinigten Wasser getrennt und als Klärschlamm abgesetzt.

### Wie „gewinnt“ man den Klärschlamm ?

In den verschiedenen Absetzbecken (mechanische Vorreinigung, Nachklärbecken) ist die Aufstiegs- oder Absinkgeschwindigkeit des durchströmenden Wassers geringer als die Absinkgeschwindigkeit der festen Partikel, daher kann sich Schlamm am Beckenboden absetzen. Dort kann er dann abgesaugt werden. Schlamm der aufschwimmt, wird durch sogenannte Schwimmschlamm- oder Schwimmwälder abgeschöpft.

### Warum wird ein Teil des Sekundärschlammes wieder der biologischen Stufe zugeführt?

Im Sekundärschlamm befinden sich die biologischen Helfer, sprich die Kleinstlebewesen aus der biologischen Reinigungsstufe, diese werden dem biologischen Reinigungsprozess in den Schachtelbecken als sogenannter Rücklaufschlamm wieder zurückgeführt. Übrig bleibt der Überschuss-Schlamm.

### Was passiert mit dem Klärschlamm?

Primär- und Überschuss-Schlamm gelangen in den Faulurm, verbleiben dort etwa 3 Wochen bei 37°C und werden durch Bakterien ohne Sauerstoff zu Gas und Wasser zersetzt. Das entstehende Gas (Faul- oder Klärgas) ist brennbar (Methan). Der so ausgefaulte Schlamm wird durch den Einsatz von Pressen und Zentrifugen für die weitere Verwertung entwässert.

In Konstanz wird der Klärschlamm bevor er in den Faulurm gelangt noch in einer Zentrifuge eingedickt, um die auszufaulende Schlammmenge zu reduzieren. Eine Zentrifuge funktioniert in etwa so wie die Schleuder in einer Waschmaschine.

### Was passiert mit dem Faul- oder Klärgas?

Das im Faulurm produzierte Gas wird mit Hilfe von Gasmotoren in Strom und Wärme umgewandelt. So erzeugt die Kläranlage Konstanz rund 40% ihres gesamten Stromverbrauchs durch die Verstromung von Faulgas. Die produzierte Wärme wird in das Nahwärmenetz eingespeist und zur Beheizung des Faulurms und der Gebäude auf dem Gelände der Entsorgungsbetriebe (EBK) verwendet.

### Was passiert mit dem Restschlamm?

Der Restschlamm aus dem Faulurm wird in Konstanz mit Hilfe von 2 Zentrifugen entwässert. Dieser Schlamm wird in Konstanz durch die Mitverbrennung in Kohlekraftwerken zu 100% thermisch verwertet.

### Wozu eine Klärschlammverordnung?

Eigentlich enthält der Klärschlamm noch wertvolle Nährstoffe für das Pflanzenwachstum und könnte daher gut als Dünger auf landwirtschaftliche Flächen ausgebracht werden. Seit 1992 gibt es eine sogenannte Klärschlammverordnung.



Sie regelt das Aufbringen von Klärschlamm aus Abwasserreinigungsanlagen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzte Flächen. Die Verordnung bestimmt, dass der Klärschlamm vorher entkeimt sein muss und setzt für sieben Schwermetalle (Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Zink) Höchstmengen fest. Die Verordnung regelt weiterhin die Zeitabstände, in denen der Klärschlamm aufgebracht werden kann und begrenzt die jährliche Menge. Das Aufbringen von Klärschlamm auf Gemüse- und Obstanbauflächen sowie auf Dauergrünland und forstwirtschaftlich genutzte Böden ist verboten.

Da aber das Risiko, das die ausgebrachten Klärschlämme noch problematische Substanzen (z.B. Keime, Dioxine, Schwermetalle, Hormone etc.) enthalten, die zu gesundheitlichen Problemen oder Grundwasserverunreinigungen führen können, recht hoch ist, wird in Konstanz der gesamte Klärschlamm verbrannt.

### Auswertung

Weitere Informationen zum Thema Schlammbehandlung entnehmen sie bitte dem Fachkommentar in der Beilage.

Ein eigenes Wandbild für die Klasse inkl. eines Begleithefts können Sie unter: [www.vdg-online.de](http://www.vdg-online.de) bestellen.

### Tipp

Vorraussetzung für diese Karte ist die Unterrichtseinheit:

- Wie funktioniert die Konstanzer Kläranlage? (3.2)

Diese Karte kann mit weiteren Karten kombiniert werden:

- Das Konstanzer Abwasserkanalnetz (3.1)
- Versuch: Reinigung von Schmutzwasser (3.3)
- Versuch zur Phosphatfällung (3.4)
- Was gehört nicht ins WC? (4.3)
- Ausflug zum Konstanzer Kläranlagen-Lehrpfad (5.3)

**Anlagen** Schulwandbild: „Abwasserreinigung und Schlammbehandlung“ der VDG e.V.  
Fachkommentar zum Schulwandbild (siehe Anlage Unterrichtskarte 3.2)

