

Name:	Datum:
-------	--------

Inhaltsverzeichnis

M1 – M3	Mechanische Reinigung von Abwasser	2
M1:	Der Rechen	2
M2:	Das erste Absetzbecken (Sandfang)	2
M3:	Abschöpfen von Fetten (Fettfang)	3
C1 - C3	Chemische Reinigung von Abwasser	4
C1:	Was passiert bei der chemischen Reinigung?	4
C2:	Das zweite Absetzbecken – chemische Reinigung und Filtration	4
C3:	War die chemische Reinigung erfolgreich? (Versuche C3-1 und C3-2).....	5
C3-1:	Der Büroklammer-Test	6
C3-2:	Stärkenachweis im Modellabwasser.....	7
B1 - B2:	Biologische Reinigung von Abwasser	8
B1:	Biologische Reinigungsstufe – Abbau des Zuckers	8
B2:	War die biologische Reinigung erfolgreich?.....	9
	Nachweis von Glucose mit Fehlingscher Lösung	9
	Zusammensetzung des Modellabwassers und der eingesetzten Lösungen:	11

M1 – M3 Mechanische Reinigung von Abwasser

Wir verwenden hier ein „Modellabwasser“, das ungelöste (Boden, Öl, Stärke) und gelöste (Schmierseife) Bestandteile enthält. Aufgrund der verschiedenen Eigenschaften der Stoffe müssen für die Reinigung unterschiedliche Methoden eingesetzt werden. Alle Reinigungsschritte, die in den Versuchen modellhaft durchgeführt werden, finden im großen Maßstab auch in einer Kläranlage statt.

M1: Der Rechen

Materialien:

400 mL Becherglas mit Modellabwasser, Glasstab, Gabel, Uhrglas

Chemikalien:

Modellabwasser (pH 8,5 - 9)

Durchführung:

1. Rühre das Modellabwasser gründlich mit dem Glasstab um.
2. Trenne die groben Bestandteile mit der Gabel ab. Lege die abgetrennten Bestandteile auf das Uhrglas und stelle es nach hinten.

Welche Bestandteile konntest du abtrennen? _____

In Kläranlagen trennen große Rechen grobe Bestandteile ab, die dann meistens in einer Müllverbrennungsanlage beseitigt werden. Dabei kann es sich um natürliche Einträge wie Zweige, aber auch um Verpackungsmaterialien wie Plastiktüten handeln

M2: Das erste Absetzbecken (Sandfang)

Materialien:

150 mL Becherglas 2

Chemikalien:

grob gereinigtes Modellabwasser aus Versuch M1 (in Becherglas 1)

Durchführung:

1. Lasse das Becherglas 1 ruhig stehen (nicht rühren).
2. Notiere nach etwa 3 Minuten deine Beobachtungen.

Was beobachtest du?

3. Gieße die Flüssigkeit vorsichtig in ein neues 150 mL Becherglas (beschriftet mit „2“), so dass der ungelöste Feststoff (Bodensatz) im vorherigen Becherglas zurückbleibt. Diesen Vorgang nennt man auch Dekantieren.
4. Stelle das Becherglas 1 nach hinten, du brauchst es nicht mehr.

Bei einer Kläranlage wird der zurückbleibende Feststoff abgetrennt, dann deponiert oder in einer Müllverbrennungsanlage verbrannt.

M3: Abschöpfen von Fetten (Fettfang)

Häufig schwimmen Fette auf der Oberfläche vom Abwasser, diese werden in der Kläranlage abgeschöpft.

Materialien:

150 mL Becherglas 2, saugfähiges Papier

Chemikalien:

Modellabwasser aus Becherglas 2

Durchführung:

1. Verwende das Abwasser in Becherglas 2.
2. Falte ein weiches, saugfähiges Papier, sodass es gut auf die Oberfläche der Abwasserprobe passt. Ziehe es langsam an der Oberfläche entlang, um die Fetttropfchen zu entfernen. Lege das gebrauchte Papier zur Entsorgung auf das Uhrglas.
3. Wiederhole diesen Vorgang ggf. 2 – 3mal mit einem frischen Stück Papier.

Was beobachtest du?

C1 - C3 Chemische Reinigung von Abwasser

Materialien:

100 mL Becherglas 3, Reagenzglas C, Reagenzglasständer

1. Gieße so viel vom Inhalt aus Becherglas 2 in das Becherglas 3, dass in Becherglas 2 noch 80 mL zurückbleiben.
2. Fülle aus Becherglas 3 zwei fingerbreit Flüssigkeit in Reagenzglas C.
- 3. Stelle Becherglas 3 und Reagenzglas C für spätere Versuche zur Seite.**

C1: Was passiert bei der chemischen Reinigung?

Bei der chemischen Reinigungsstufe in der Kläranlage werden waschaktive Substanzen (die z.B. in Waschmitteln enthalten sind) aus dem Abwasser entfernt.

Materialien:

2 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Pipette (beschriftet mit Eisen(III)-chlorid), Spatel, kleiner Trichter, Faltenfilter

Chemikalien:

Waschmittel, destilliertes Wasser, Eisen(III)-chlorid-Lösung (5 g/100 mL)

Durchführung:

1. Gib eine Spatelspitze Waschmittel in ein Reagenzglas und füge etwa 2 fingerbreit dest. Wasser (= *destilliertes Wasser*) dazu.
2. Gib dann 0,5 mL Eisen(III)-chlorid-Lösung mit der beschrifteten Pipette hinzu und schüttele das Reagenzglas.
3. Filtriere den Inhalt des Reagenzglases durch den kleinen Trichter mit Faltenfilter (achte darauf, dass der Faltenfilter geöffnet ist) in das zweite Reagenzglas.

Was beobachtest du?

C2: Das zweite Absetzbecken – chemische Reinigung und Filtration

Materialien:

150 mL Becherglas 2 (mit 80 mL-Einteilung), 100 mL Becherglas 3, Pipette (beschriftet mit Eisen(III)-chlorid), Glasstab, mittelgroßer Trichter, Faltenfilter, 100 mL Erlenmeyerkolben 4 (Enghals)

Chemikalien:

Modellabwasser aus Becherglas 2, Eisen(III)-chlorid-Lösung, Spatel

Durchführung:

1. Gib mit der beschrifteten Pipette 1,0 mL der Eisenchlorid-Lösung (nicht mehr!) zu den restlichen Inhalt (80 mL Flüssigkeit) von Becherglas 2 hinzu und rühre einmal vorsichtig mit dem Glasstab um. Warte 2 Minuten.

Was beobachtest du?

-
3. Öffne den Faltenfilter und lege ihn in den Trichter.
 4. Filtriere den Inhalt von **Becherglas 2** in den Erlenmeyerkolben 4. Die aufgefangene Flüssigkeit nennt man „Filtrat“.
 5. Stelle das Becherglas 2 nach hinten, du brauchst es nicht mehr.

Was beobachtest du nach der Filtration?

In einer Kläranlage setzt sich der Feststoff in einem weiteren großen Absetzbecken ab, was allerdings deutlich länger dauert als die Filtration. Nach der Abtrennung wird der Feststoff ebenfalls deponiert oder in einer Müllverbrennungsanlage verbrannt.

C3: War die chemische Reinigung erfolgreich? (Versuche C3-1 und C3-2)

Die chemische Reinigung war erfolgreich, wenn keine waschaktive Substanz, (z.B. aus Waschmittel) mehr in dem Abwasser enthalten ist.

Was glaubst du: War die chemische Reinigung erfolgreich?

Vermutung: **Ja**
 Nein

Zur Bestätigung deiner Vermutung lernst du verschiedene Nachweise kennen und führst einige Versuche mit dem Abwasser durch.

C3-1: Der Büroklammer-Test

Eine Büroklammer schwimmt aufgrund der Oberflächenspannung auf reinem Wasser. Kann sie auch auf unserem Modellabwasser schwimmen?

Materialien:

Becherglas 3, Erlenmeyerkolben 4, zwei Pinzetten, drei kleine Petrischalen, drei saubere Büroklammern im Schnappdeckelglas

Chemikalien:

Destilliertes Wasser, Waschmittel, Modellabwasser aus den Gläsern 3 und 4

Durchführung:

1. Fülle eine Petrischale bis zur Hälfte mit dest. Wasser.
2. Lege eine Büroklammer flach auf den Tisch und greife sie senkrecht mit der Pinzette.
3. Lege die Büroklammer vorsichtig auf die Wasseroberfläche, so dass sie darauf schwimmt. Die Büroklammer muss dazu ganz gerade auf die Oberfläche gelegt und dann losgelassen werden.
4. Wenn die Büroklammer schwimmt, gib ein paar Krümel Waschmittel dazu.
5. Gib etwas von dem Inhalt aus dem **Becherglas 3** in die zweite Petrischale. Versuche jetzt, eine unbenutzte Büroklammer darauf schwimmen zu lassen.
6. Gib etwas vom Filtrat aus dem Erlenmeyerkolben 4 in die dritte Petrischale. Nimm die zweite Pinzette und versuche, eine unbenutzte Büroklammer darauf schwimmen zu lassen.

Was beobachtest du?

Probe	Beobachtung
dest. Wasser	
Dest. Wasser + Waschmittel	
Abwasser aus Becherglas 3 (vor der chemischen Reinigung)	
Filtrat aus Erlenmeyerkolben 4 (nach der chemischen Reinigung + Filtration)	

Ist im Modellwasser nach der chem. Reinigung (C2) noch Waschmittel enthalten?

Woran kannst du das erkennen?

C3-2: Stärkenachweis im Modellabwasser

Materialien:

4 Reagenzgläser (A, B, D), Reagenzglas C mit Abwasser (**vor** der chemischen Reinigung), Reagenzglasständer, Spatel

Chemikalien:

Modellabwasser aus den Gefäßen 3 und 4, Stärke, dest. Wasser, Iod-Lösung

Durchführung:

1. Nimm 4 Reagenzgläser und beschrifte sie mit A, B, C und D.
2. Fülle in Glas A etwa 2 fingerbreit dest. Wasser.
3. In Glas B gibst du eine Spatelspitze Stärke und 2 fingerbreit dest. Wasser. Schüttele gründlich.
4. In Glas C ist bereits das Abwasser aus dem **Becherglas 3** (**vor** der chemischen Reinigung).
5. In Glas D gibst du etwa 2 fingerbreit Filtrat aus dem Erlenmeyerkolben 4 (**nach** der chemischen Reinigung).
6. Gib in jedes Reagenzglas (A bis D) zwei Tropfen Iodlösung und schüttele gründlich.

Was beobachtest du?

Probe	Beobachtung
A: dest. Wasser	
B: dest. Wasser + Stärke	
C: Abwasser aus Becherglas 3 (vor der chemischen Reinigung)	
D: Filtrat aus Erlenmeyerkolben 4 (nach der chemischen Reinigung + Filtration)	

Ist im Modellwasser nach der chemischen Reinigung (Versuch C2) noch Stärke enthalten?

Woran kannst du das erkennen?

Ist das Wasser jetzt sauber?

Jetzt wird das Modellabwasser noch biologisch gereinigt.

B1 - B2: Biologische Reinigung von Abwasser

In einer Kläranlage findet zusätzlich noch ein weiterer Reinigungsschritt statt: die biologische Abwasserreinigung. Bakterien und andere Mikroorganismen zersetzen dabei noch nicht entfernte, gelöste Verunreinigungen. Dabei vermehren sich die Mikroorganismen und sinken schließlich als Biomasse zu Boden. Dieser Faulschlamm kann getrocknet und verbrannt werden oder auch in Faultürmen zu Biogas umgewandelt werden. Das Biogas dient dann zur Energiegewinnung.

B1: Biologische Reinigungsstufe – Abbau des Zuckers

Anstelle einer gemischten Bakterienkultur verwenden wir Hefezellen (Bäckerhefe) für die biologische Reinigung.

Das Wasserbad ist bereits zentral vorbereitet:

Eine Kristallisierschale (500 mL) mit Wasser wird auf einer Heizplatte bei 35 °C – 37 °C gehalten. Die Temperatur wird mit einem Thermometer kontrolliert. In diesem Wasserbad steht seit 60 min die Frischhefesuspension, sodass die Hefezellen sich in der Wachstumsphase befinden und mit der Pipette entnommen werden können.

Materialien:

pH-Papier, Glasstab, Wasserbad, Reagenzglas, Reagenzglasständer, Pipette, wasserfester Stift, Zentrifugenglas, Zentrifuge

Chemikalien:

Modellabwasser nach der chemischen Reinigung (Filtrat 4), Frischhefe-Suspension

Durchführung:

1. Gib mit dem Glasstab einen Tropfen von Filtrat 4 auf ein Stück pH-Papier und vergleiche die Farbe mit der Farbskala. Der pH soll mindestens 5,0 betragen, damit die Hefezellen gut wachsen können.
2. Beschrifte das Zentrifugenglas (dickwandig) am oberen Rand mit eurer Gruppennummer.
Gib 5 mL von Filtrat aus dem Erlenmeyerkolben 4 hinein.
3. Gib beim zentral aufgestellten Wasserbad 1 mL der Frischhefe-Suspension dazu und stelle das Zentrifugenglas in das lauwarme Wasserbad (37 °C).
4. Warte 15 Minuten (Pause).

Nach der Reinigung müssen die Mikroorganismen wieder entfernt werden.

In der Kläranlage gibt es ein Absetzbecken, in dem das Wasser nur sehr langsam fließt, sodass sich die Mikroorganismen am Boden ansammeln.

Im Labor benutzen wir eine Zentrifuge, damit sich die Mikroorganismen (Hefezellen) schneller absetzen.

4. Nimm das Zentrifugenglas aus dem Wasserbad.
5. Zentrifugiere die Probe (Abwasser **nach** der biologischen Reinigung) bei 3000 U/min ca. 3 Minuten. (Lass dir von einem Betreuer helfen!)
6. Gieße die Flüssigkeit **sofort** nach Ende der Zentrifugation ohne den Bodensatz vorsichtig in ein sauberes Reagenzglas und beschrifte es mit „D“ (Abwasser **nach** der biologischen Reinigung).
7. Stelle Reagenzglas D für den nächsten Versuch in den Reagenzglasständer.

Was geschieht beim Zentrifugieren?

B2: War die biologische Reinigung erfolgreich? Nachweis von Glucose mit Fehlingscher Lösung

Materialien:

Wasserbad (ca. 80 °C), 3 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Spatel

Chemikalien:

Filtrat in Erlenmeyerkolben 4 (**vor** der biologischen Reinigung), Reagenzglas D (**nach** der biologischen Reinigung), Glucose, dest. Wasser, Fehlingsche Lösung A, Fehlingsche Lösung B

Durchführung:

1. Beschrifte die drei Reagenzgläser mit A, B und C.
2. Fülle in Glas A etwa 2 fingerbreit dest. Wasser.
3. Gib in Glas B eine kleine Spatelspitze Glucose und füge etwa 2 fingerbreit dest. Wasser hinzu. Schüttele das Reagenzglas, bis sich die Glucose gelöst hat.
4. Gib in Glas C etwa 2 fingerbreit Filtrat aus Erlenmeyerkolben 4 (**vor** der biologischen Reinigung).
5. Stelle das Reagenzglas D aus Versuch B1 dazu.
6. Gib in alle Gläser (A bis D) einen kräftigen Spritzer der Lösung Fehling A.
7. Gib nun in alle Gläser (A bis D) einen kräftigen Spritzer der Lösung Fehling B und schüttele gründlich. Die Inhalte aller Reagenzgläser müssen dunkelblau sein. Gib andernfalls etwas mehr Fehling B dazu.
8. Stelle alle Reagenzgläser für etwa 3 Minuten in das heiße Wasserbad.

Was beobachtest du?

Probe	Beobachtung
A: dest. Wasser	
B: dest. Wasser + Glucose	
C: Modellabwasser II (vor der biologischen Reinigung)	
D: Modellabwasser II + Hefe (nach der biologischen Reinigung + Zentrifugieren)	

Ist im Modellabwasser vor der biologischen Reinigung (C) Glucose enthalten?

Ist im Modellabwasser nach der biologischen Reinigung (D) Glucose enthalten?

Woran kannst du das erkennen?

Ist das Wasser jetzt sauber?

Zusammensetzung des Modellabwassers und der eingesetzten Lösungen:

Modellabwasser:

Die einzelnen Komponenten werden auf der Kern PCB-Waage eingewogen; Waschmittel und Glucose auf zwei Nachkommastellen genau.

- 8 g Boden
- 2 g Maisstärke
- 4 dünne Streifen Papierhandtuch, Aststückchen, Streifen Plastikfolie
- 3 mL Speiseöl
- 0,5 g Vollwaschmittel („AS Ultra“)
- 0,4 g Glucose

mit Leitungswasser auf genau 200 mL Suspension auffüllen.

Für jede Gruppe getrennt ansetzen, damit eine vergleichbare Zusammensetzung der „Abwasserproben“ gewährleistet ist.

Hefesuspension:

4 g Hefe/20 mL Wasser mit 0,4 g Haushaltszucker (Saccharose) eine Stunde im Wasserbad (~37 °C / nicht über 39/40 °C!) anziehen; Hefe-Suspension bis zum Gebrauch im Wasserbad stehen lassen.

Iod-Kaliumiodid-Lösung (0,05 mol/L):

1,6 g Iod und 2,1 g Kaliumiodid in 4 mL dest. Wasser lösen und mit dest. Wasser auf 250 mL auffüllen.

Eisen(III)chlorid ($\text{FeCl}_3 \times 6 \text{H}_2\text{O}$):

1 g in 20 mL dest. Wasser lösen, jeweils frisch ansetzen.