



# PROTOKOLL UMWELTECHNIK

## V2 - Abwasserbeschaffenheit I

Gruppe 1.2 (BCUT3)

### Teilnehmer:

Willy Messerschmidt  
Roman-Luca Zank

**Protokollführer:**

Roman-Luca Zank  
roman-luca.zank@stud.hs-merseburg.de

**Datum der Versuchsdurchführung:**

03.12.2019

**Abgabedatum:**

18.12.2019

Merseburg den 7. Dezember 2019

# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	2
Tabellenverzeichnis	3
Nomenklatur	4
1 Aufgabenstellung	5
2 Geräte und Chemikalien	6
3 Durchführung	7
4 Ergebnisse	9
5 Diskussion	13
6 Fehlerbetrachtung	15
Literaturverzeichnis	16

# Abbildungsverzeichnis

2.1	Foto des Reflektometers . . . . .	6
3.1	Foto der Abwasserproben 1 bis 3 . . . . .	7
3.2	Foto der Abwasserproben 1 bis 3 (filtriert und unfiltriert) . . . . .	8
3.3	Foto der Schnelltestpackungen mit jeweiliger Farbskala und daneben- liegenden Phosphat-Teststreifen . . . . .	8

# Tabellenverzeichnis

3.1	Einstufungen der Färbung und Trübung nach Praktikumsskript [1] . .	7
3.2	Wahrgenommene Einstufungen der Färbung und Trübung der Abwasserproben 1 bis 3 . . . . .	7
4.1	Wahrgenommene Einstufungen der Färbung und Trübung der Abwasserproben 1 bis 3 . . . . .	9
4.2	Beschreibung des Geruchs der Abwasserproben 1 bis 3 . . . . .	9
4.3	Elektrochemische Messwerte der Abwasserproben 1 bis 3 . . . . .	9
4.4	Elektrochemische Messwerte der Abwasserproben 1 bis 3 . . . . .	10
4.5	TIN der Abwasserproben 1 bis 3 . . . . .	11
4.6	TP der Abwasserproben 1 bis 3 . . . . .	12

# Nomenklatur

**$k_f$**  Durchlässigkeitsbeiwert

**$t$**  Durchlaufzeit

**$t_m$**  Mittlere Durchlaufzeit

**$V$**  Volumen

**$h$**  Höhe der Wassersäule

**$Q$**  Volumenstrom

**$l$**  Durchströmte Länge

**$A$**  Grundfläche

**$d$**  Durchmesser

# 1 Aufgabenstellung

Im Versuch 2 „Abwasserbeschaffenheit I“ werden drei Abwasserproben unbekannter Herkunft im ersten Versuchsteil mittels optischer und olfaktorischer Sinnesprüfung, im zweiten Teil über elektrochemische Bestimmungen und zuletzt über fotometrische und kolorimetrische Messverfahren untersucht. Ziel der Auswertung, der gesammelten Messdaten, ist eine Einschätzung der Herkunft der Abwasserproben, sowie ein Vergleich der jeweiligen Beschaffenheit mit häuslichem Abwasser.

Im Anschluss sind Empfehlungen zur Abwasserbehandlung zu geben.

## 2 Geräte und Chemikalien

### Geräte:

- Magnetrührer mit Rührfisch
- Bechergläser
- Erlenmeyerkolben
- Büchnertrichter für Vakuumfiltration
- Erlenmeyerkolben mit angeschlossener Saugleitung
- Filterpapier
- Reflektometer RQflex<sup>®</sup> plus 10 von MERCK

### Proben/Chemikalien:

- destilliertes Wasser
- Abwasserproben 1, 2 & 3
- Schnelltests von CHEMSOLUTE<sup>®</sup>:
  - Phosphat Test für 0 - 500  $\frac{\text{mg}}{\text{L}}$   $\text{PO}_4^{3-}$  (Art.-Nr. 29500001)
  - Nitrat Test für 0 - 500  $\frac{\text{mg}}{\text{L}}$   $\text{NO}_3^-$  (Art.-Nr. 29350001)
  - Nitrit Test für 0 - 80  $\frac{\text{mg}}{\text{L}}$   $\text{NO}_2^-$  (Art.-Nr. 29300001)
- Reflectoquanten<sup>®</sup> von MERCK für Reflektometer:
  - Ammonium Test für 0,2 - 7,0  $\frac{\text{mg}}{\text{L}}$   $\text{NH}_4^+$  (Art.-Nr. 1168920001)
  - Phosphate Test für 5 - 120  $\frac{\text{mg}}{\text{L}}$   $\text{PO}_4^{3-}$  (Art.-Nr. 1169780001)
  - Nitrat Test für 3 - 90,0  $\frac{\text{mg}}{\text{L}}$   $\text{NO}_3^-$  (Art.-Nr. 1169950001)
  - Nitrit Test für 0,5 - 25,0  $\frac{\text{mg}}{\text{L}}$   $\text{NO}_2^-$  (Art.-Nr. 1169730001)



Abb. 2.1: Foto des Reflektometers

### 3 Durchführung

Im ersten Versuchsteil werden die drei Proben mittels Sinnesprüfung untersucht. Alle Proben werden hierfür durchgeschüttelt, um homogenisierte Wasserproben zu erhalten und anschließend in Klarglasgefäße, in diesem Fall drei Erlenmeyerkolben, umgefüllt. Vor einem weißen Hintergrund platziert (siehe Abb. 3.1), erfolgt nun die optische Sinnesprüfung mit Einschätzung von Färbung und Trübung nach den Einstufungen in Tab. 3.1.

Tab. 3.1: Einstufungen der Färbung und Trübung nach Praktikumsskript [1]

	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4
<b>Färbung</b>	farblos	schwach	stark gefärbt	-
<b>Trübung</b>	klar	schwach getrübt	stark getrübt	undurchsichtig



Abb. 3.1: Foto der Abwasserproben 1 bis 3

Des Weiteren werden sind die Proben olfaktorisch in Bezug auf Intensität und Art mit den Einstufungen aus Tabelle 3.2 zu kategorisieren und mit charakteristisch-chemischen Gerüchen zu vergleichen.

Tab. 3.2: Wahrgenommene Einstufungen der Färbung und Trübung der Abwasserproben 1 bis 3

	Beschreibung
<b>Intensität</b>	ohne - schwach - stark
<b>Art</b>	erdig, torfig, muffig, fischig, jauchig, modrig, chemisch
<b>charak.-chemisch</b>	H <sub>2</sub> S, Chlor, Mineralöl, Benzin, Teer, Phenol



Im zweiten Versuchsteil werden die Proben elektrochemisch mittels pH-Wert-Elektrode und 2-in-1 Potentiometer-Temperatursensor analysiert. Die pH-Wert-Elektrode ist dabei auf 25 °C kalibriert und untersucht werden die drei Abwasserproben einmal mit und einmal ohne vorangegangene Vakuumfiltration (siehe Abb. 3.2). Während der elektrochemischen Messungen wird die jeweils zu untersuchende Probe mittels Magnetrührer bei ca. 300 rpm homogen gehalten.



Abb. 3.2: Foto der Abwasserproben 1 bis 3 (filtriert und unfiltriert)

Im dritten und letzten Versuchsabschnitt werden die zuvor gefilterten Proben auf ihre enthaltenen Ionen geprüft. Dafür werden die Proben wiedermals durch schütteln homogenisiert und dann im ersten Zug via Schnellteststreifen analysiert. Es werden Schnellteststreifen der Firma CHEMSOLUTE<sup>®</sup> genutzt, welche die Proben auf Nitrit-, Nitrat- und Phosphat-Ionen testen und mittels abgestufter Farbskala eine grobe Beurteilung über den Gehalt der Ionen in [mg] ermöglichen. Beispielhaft sind in Abbildung 3.3 die Schnelltestpackungen mit den Farbskalen und danebenliegenden Phosphat-Teststreifen zu sehen.

Im zweiten Zuge des Versuchsabschnittes werden die Proben mittels Reflektometer geprüft. Dafür wird das Messgerät mit dem der Packung beiliegenden Barcode kalibriert und im Anschluss die Messsequenz per Knopfdruck gestartet. Auch hier werden wieder beigefügte Teststreifen verwendet und mit der Probe befeuchtet. Die Verweildauer in der Lösung ist dabei entweder der Packungsbeilage oder dem Messgerät zu entnehmen. In den letzten 5 Sekunden des Timers auf dem Reflektometer wird man aufgefordert den mit der Probe befeuchteten Teststreifen in den Stäbchenadapter einzuspannen und erhält binnen Sekunden den Messwert für das jeweilige Ion.



Abb. 3.3: Foto der Schnelltestpackungen mit jeweiliger Farbskala und danebenliegenden Phosphat-Teststreifen

## 4 Ergebnisse

Im folgenden Protokollabschnitt werden die Versuchsergebnisse der Versuchsdurchführung präsentiert.

Die aus Versuchsteil 1 wahrgenommenen Einstufungen der Abwasserproben 1 bis 3 sind in Tab. 4.1 aufgeführt und im Vergleich mit Abb. 3.1 nachzuvollziehen.

Tab. 4.1: Wahrgenommene Einstufungen der Färbung und Trübung der Abwasserproben 1 bis 3

	<b>Probe 1</b>	<b>Probe 2</b>	<b>Probe 3</b>
<b>Färbung</b>	stark gefärbt	stark gefärbt	schwach
<b>Trübung</b>	undurchsichtig	undurchsichtig	klar

Für die Abwasser Proben 1 bis 3 sind die wahrgenommenen Einschätzungen zu den Gerüchen in Tab. 4.2 aufgeführt.

Tab. 4.2: Beschreibung des Geruchs der Abwasserproben 1 bis 3

	<b>Probe 1</b>	<b>Probe 2</b>	<b>Probe 3</b>
<b>Intensität</b>	schwach	stark	ohne
<b>Art</b>	erdig, muffig	modrig	-
<b>charak.-chemisch</b>	-	-	-

Die elektrochemischen Messwerte für die Abwasserproben 1 bis 3 sind in Tab. 4.3 eingetragen. Zu beachten ist dabei, dass die Messwerte für den pH-Wert nur eine grobe Einschätzung liefern, da laut Messgerät die pH-Wert-Elektrode hätte gewechselt werden müssen.

Weitere Diskussionen zur Fehlerbetrachtung sind unter Abschnitt 6 zu finden.

Tab. 4.3: Elektrochemische Messwerte der Abwasserproben 1 bis 3

	<b>pH-Wert<sup>(1)</sup> [—]</b>	<b>Leitfähigkeit</b> $\left[\frac{\text{mS}}{\text{cm}}\right]$	<b>Temperatur [°C]</b>
<b>Probe 1</b>	1,70	10,59	17,5
<b>Probe 1 (filtr.)</b>	1,68	10,32	17,6
<b>Probe 2</b>	7,38	2,67	17,4
<b>Probe 2 (filtr.)</b>	7,58	2,55	17,8
<b>Probe 3</b>	7,44	2,43	17,4
<b>Probe 3 (filtr.)</b>	7,54	2,27	17,9

<sup>(1)</sup>pH-Wert-Elektrode auf 25 °C kalibriert

Die für die fotometrischen bzw. kolorimetrischen Messungen erhobenen Daten lassen sich für die Abwasserproben 1 bis 3 in Tab. 4.4 wiederfinden. In dieser Tabelle sind sowohl die Schnelltestergebnisse (ST) als auch die Reflektometerergebnisse (RM) aufgeführt.

Ebenfalls aufgeführt ist die Berechnung der Konzentration an Nitrat  $\text{NO}_3^-$  mittels Schnelltest für Probe 1, da der Messbereich von maximalen  $500 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$  nicht ausreicht. Die dafür nötige Berechnung der Verdünnung der Probe 1 ist ab Gleichung 4.1 gezeigt.

Tab. 4.4: Elektrochemische Messwerte der Abwasserproben 1 bis 3

	Probe 1 $\left[\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right]$	Probe 2 $\left[\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right]$	Probe 3 $\left[\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right]$
Nitrit $\text{NO}_2^-$ (Schnelltest)	2	0	2
Nitrit $\text{NO}_2^-$ (Reflektometer)	<0,3	<0,3	<0,3
Nitrat $\text{NO}_3^-$ (ST)	>500	0	0
Nitrat $\text{NO}_3^-$ (RM) (verdünnt/unverdünnt)	48/480	<3	7,4
Phosphat $\text{PO}_4^{3-}$ (ST)	kein Messwert <sup>(2)</sup>	0	25
Phosphat $\text{PO}_4^{3-}$ (RM)	kein Messwert <sup>(2)</sup>	12	27
Ammonium $\text{NH}_4^+$ (RM)	kein Messwert <sup>(2)</sup>	1,3	0,6

### Verdünnung für Nitrat-Gehaltsbestimmung der Probe 1

Es wird von  $V_{\text{Probe 1}} = 100 \text{ mL}$  ausgegangen:

$$\frac{500 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{50 \frac{\text{mg}}{\text{L}}} = \frac{100 \text{ mL}}{V_{\text{zu verdünnen}}} \quad (4.1)$$

$$V_{\text{zu verdünnen}} = 100 \text{ mL} \cdot \frac{50 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{500 \frac{\text{mg}}{\text{L}}} \quad (4.2)$$

$$= \underline{10 \text{ mL}} \quad (4.3)$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 100 \text{ mL} - V_{\text{zu verdünnen}} \quad (4.4)$$

$$= 100 \text{ mL} - 10 \text{ mL} \quad (4.5)$$

$$= \underline{90 \text{ mL}} \quad (4.6)$$

$$\frac{10 \text{ mL}}{100 \text{ mL}} = \frac{1}{10} \quad (4.7)$$

$$= \underline{\underline{1 : 10}} \quad (\text{Verdünnung}) \quad (4.8)$$

Mit  $50 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$  ist der Messbereich des Schnellteststreifens für Nitrat mit  $0\text{-}500 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$  gut erfasst und das Volumen von 10 mL ist einfach mittels Messzylinder abzumessen. Daraus folgt eine Verdünnung von 1:10 mit einem Volumenteil (10 mL) Abwasserprobe 1 und neun Volumenteilen (90 mL) destilliertes Wasser.

<sup>(2)</sup>keine Messung möglich, da laut Packungsbeilage der pH-Wert zu niedrig für ein verwertbares Ergebnis ist

Der Messwert des Reflektometers für die verdünnte Lösung der Probe 1 ergibt für den Nitratgehalt  $48 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$  (siehe Tab. 4.3). Hochgerechnet auf die unverdünnte Lösung ergibt sich:

$$\frac{c_{1,\text{verdünnt}}}{c_{1,\text{unverdünnt}}} = \frac{1}{10} \quad (4.9)$$

$$c_{1,\text{unverdünnt}} = 10 \cdot c_{1,\text{verdünnt}} \quad (4.10)$$

$$= 10 \cdot 48 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \quad (4.11)$$

$$= \underline{\underline{480 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}} \quad (4.12)$$

### Bestimmung des TIN (total inorganic nitrogen)

Der gesamte anorganisch gebundene Stickstoff kann über den Masseanteil des Elementaren Stickstoffs an den einfachen anorganischen Verbindungen Nitrat-, Nitrit- und Ammoniumionen berechnet werden.

Dabei kann aus dem Massenanteil des Stickstoffs am Molekül abgeleitet werden, dass  $1 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$  Ammoniumionen  $\frac{7}{9} \frac{\text{mg}}{\text{L}}$  anorganisch gebundenem Stickstoff entsprechen. (vgl. Gleichung 5.1)

$$\frac{M(N)}{M(\text{NO}_3^-)} = \frac{14 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{14 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 3 \cdot 16 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = \frac{7}{31} \approx 22,6\% \quad (4.13)$$

$$\frac{M(N)}{M(\text{NO}_2^-)} = \frac{14 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{14 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 2 \cdot 16 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = \frac{7}{23} \approx 30,4\% \quad (4.14)$$

$$\frac{M(N)}{M(\text{NH}_4^+)} = \frac{14 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{14 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 4 \cdot 1 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = \frac{7}{9} \approx 70,0\% \quad (4.15)$$

Zur Berechnung des anorganisch gebundenen Gesamtstickstoffs können die Ionenkonzentrationen mit dem entsprechenden Umrechnungsfaktoren aufsummiert werden. Beispielhaft wird der TIN für Probe 2 mit den Reflektometerergebnissen vorgerechnet, zu sehen in den Gleichungen 4.16 bis 4.19. Die restlichen Werte des TIN sind in Tab. 4.5 dargestellt.

$$\text{TIN}_i = c_{(i,\text{NO}_3^-)} \cdot 22,6\% + c_{(i,\text{NO}_2^-)} \cdot 30,4\% + c_{(i,\text{NH}_4^+)} \cdot 70,0\% \quad (4.16)$$

$$= 7,4 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \cdot 22,6\% + 0,3 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \cdot 30,4\% + 0,6 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \cdot 70,0\% \quad (4.17)$$

$$= 1,67 \frac{\text{mg}}{\text{L}} + 0,09 \frac{\text{mg}}{\text{L}} + 0,42 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \quad (4.18)$$

$$\text{TIN}_3 = \underline{\underline{2,18 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}} \quad (4.19)$$

Tab. 4.5: TIN der Abwasserproben 1 bis 3

		Probe 1	Probe 2	Probe 3
<b>TIN</b>	<b><math>\frac{\text{mg}}{\text{L}}</math></b>	108,67 <sup>(3)</sup>	0,77	2,18

<sup>(3)</sup>zweifelhaftes Ergebnis, da kein Messwert für den Ammoniumgehalt vorhanden ist

## Bestimmung des Phosphorgehalts

$$\frac{M(P)}{M(\text{PO}_4^{3-})} = \frac{31 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{31 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 4 \cdot 16 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = \frac{31}{95} \approx 32,6\% \quad (4.20)$$

Beispielhaft für Reflektometerergebnisse der Probe 3 vorgerechnet:

$$TP_i = c_{(i, \text{PO}_4^{3-})} \cdot 32,6\% \quad (4.21)$$

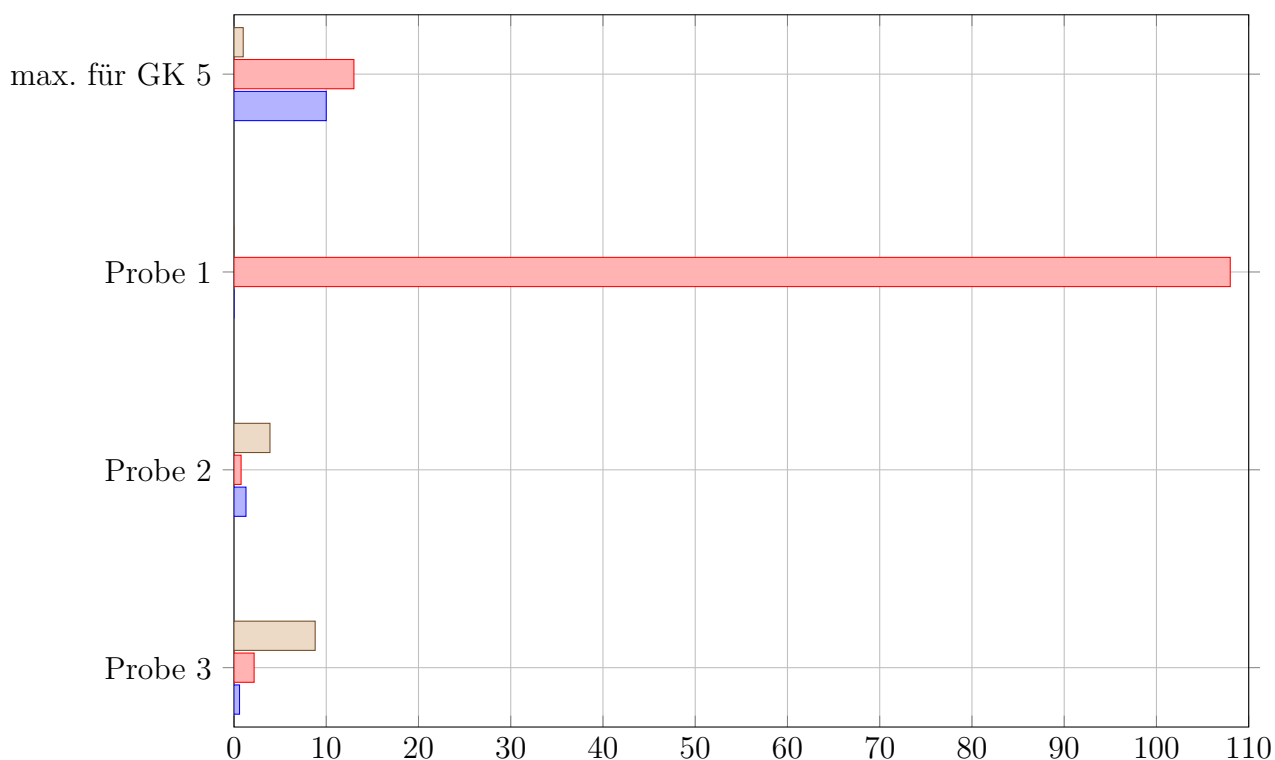
$$TP_3 = 27 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \cdot 32,6\% \quad (4.22)$$

$$= \underline{\underline{8,8 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}} \quad (4.23)$$

Tab. 4.6: TP der Abwasserproben 1 bis 3

		Probe 1	Probe 2	Probe 3
TP	$\frac{\text{mg}}{\text{L}}$	kein Ergebnis <sup>(4)</sup>	3,9	8,8

## Vergleich mit Mindestanforderungen für das Einleiten kommunaler Abwässer in den Vorfluter der GK 5



<sup>(4)</sup>kein Ergebnis, da kein Messwert für den Phosphatgehalt vorhanden ist

## 5 Diskussion

Die Wasserprobe 1 ist sehr trüb und riecht etwas erdig, muffig. Die starke Trübung und die dunkelbraune bis schwarze Farbe ist wahrscheinlich organischen Ursprungs. Es könnte sich hierbei um Wasser aus einem Sumpfgebiet handeln. Es kann kein Wasser sein, dass bereits durch den Boden gefiltert wurde. Die für Moore typische anaerobe Zersetzung führt zu einem absinken des pH-Wertes. Der gleiche Prozess könnte auch in einem Faulturm stattgefunden haben. Tatsächlich wurde ein, mit rund 1,7, sehr niedriger pH-Wert für diese Probe festgestellt. Der niedrige pH-Wert verhinderte darauf folgende Phosphat- und Ammoniummessungen.

Die Wasserprobe 2 ist ebenfalls sehr dunkel gefärbt und sehr trüb. Noch dazu riecht sie stark moderig und faulig. Es handelt sich hierbei wahrscheinlich um ein Abwasser, in welchem organische Anteile von Mikroorganismen unter Ausstoß von Schwefelwasserstoff und anderen charakteristischen Geruchsstoffen zersetzt werden oder wurden. Auch dieses Wasser muss von der Oberfläche stammen. Die Probe enthält sehr wenig Ammonium- als auch Phosphat- und Nitrationen. Diese müssen noch in der Biomasse gebunden vorliegen.

Die Wasserprobe 3 ist nur schwach getrübt und verströmt einen sehr schwachen Geruch. Es sind vergleichsweise hohe Konzentrationen an Phosphat- und Nitrationen nachweisbar. Gegenüber der Probe 2 liegen weniger Ammoniumionen vor. Es liegt nah, dass die Probe 3 bereits einen Klärprozess durchlaufen hat, bei dem organische Trübstoffe abgebaut und die enthaltenen Nährstoffe freigesetzt wurden.

In Anbetracht dessen, dass die Proben im Rahmen eines Praktikums gegeben sind, wäre es möglich, dass sie aus verschiedenen Phasen der Abwasserbehandlung stammen. In diesem Fall könnte die Probe 2 das ankommende Schmutzwasser, die Probe 2 das Wasser während der Belüftung und die Probe 3 Wasser vor der Phosphatabscheidung darstellen.

Das Hauptaugenmerk der Untersuchungen liegt auf Phosphat und Stickstoffverbindungen, weil diese wichtige und in vielen Fällen limitierende Nährstoffe für das Pflanzenwachstum darstellen. Ihre Konzentration bestimmt das Algenwachstum in den Gewässern in besonderem Maße und ist damit für das Umkippen von aquatischen Ökosystemen verantwortlich. Um die Gewässer vor diesem Schicksal zu bewahren, müssen die Abwässer von obigen Nährstoffen befreit werden.

anorganisch gebundener Gesamtstickstoff und phosphor

Die Betrachtung des gesamten anorganisch gebundenen Stickstoffs oder Phosphors ist nur sinnvoll, wenn das Wasser praktisch frei von Biomasse ist. Die Biomasse würde ansonsten später zersetzt werden und dann die enthaltenen Nährstoffe abgeben, die aber nicht erfasst wurden da sie sich ja nicht in Lösung befanden.

Gegenüberstellung von elektro fotometrischen und kolorimetrisch tabellarisch und  
Graphisch gegenüberstellen und diuskutieren  
Diagramme aus Abfall???  
Einstufen im Vergleich zu häuslichen Abwässern und Behandlungsempfehlung geben

## 6 Fehlerbetrachtung



# Literaturverzeichnis

- [1] PROF. DR.-ING. DIETMAR HEINZ, Prof. Dr.-Ing. Hilke W.: Praktikumsskript, Umwelttechnik, Versuch 4: Bodencharakterisierung - Durchlässigkeitsbeiwert. (2019), S. 26