

AIA-Test Ringversuch

Abschlussbericht



Roman Schäfer, Prof. Dr. Michael Thomann
Im Auftrag des BAFU

Muttenz, 12.09.2025

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Vorgehen des Hauptversuches	4
2.1	Vorgehen der Nachfolgeversuche	6
2.1.1	Nachfolgeversuch mit Labor 1	6
2.1.2	Nachfolgeversuch mit Labor 5	6
3	Resultate des Hauptversuches	7
3.1	Blindansatz	7
3.2	Kontrollansatz	8
3.3	Resultate Muster A	9
3.4	Resultate Muster B	10
3.5	Resultate des Nachfolgeversuches mit Labor 1	12
3.6	Resultate des Nachfolgeversuch mit Labor 5	14
4	Diskussion	16
4.1	Hauptversuch	16
4.1.1	Kontroll-Ansatz	16
4.1.2	Muster A und B	16
4.2	Nachfolgeversuche	16
4.2.1	Labor 1	16
4.2.2	Labor 5	17
4.3	Rückmeldungen der Labore zur zukünftigen Anwendung des AIA-Tests	17
5	Fazit	18
6	Literaturverzeichnis	19
Anhang A		20
Anhang B		22

1 Einleitung

Im Rahmen des Projekts zur Entwicklung eines alternativen Abbautests für Industrieabwasser wurde ein alternativ inhärenter Abbaustest, kurz: AIA-Test, entwickelt. Dieser Test kann die biologische Abbaubarkeit von Abwasser über einen Zeitraum von 7 Tagen bestimmen und stellt eine Alternative zum Zahn-Wellens-Test dar. Der Projektplan sah vor, dass der entwickelte Test in einem zweistufigen Ringversuch geprüft wird. Der erste Ringversuch wurde mit einem einzigen externen Labor durchgeführt, hatte das Ziel den AIA-Test zu validieren und ist im Aqua und Gas Artikel beschrieben (Schäfer , et al., 2023). In diesem Bericht wird der zweite Ringversuch beschrieben, der mit fünf teilnehmenden Laboren stattfand, darunter auch das Labor aus dem ersten Ringversuch sowie das Labor der FHNW.

Ringversuch (beschrieben in diesem Bericht):

- Anzahl teilnehmender Labore: 5 externe Labore, darunter das Labor aus dem ersten Ringversuch, sowie das Labor der FHNW.
- Ziel: Breitere Validierung und Vergleichbarkeit des AIA-Tests über mehrere Labore hinweg.

Ziele des Ringversuches:

1. **Datenanalyse:** Analyse und Vergleich der Ergebnisse aus beiden Ringversuchen, um die Robustheit und Zuverlässigkeit des AIA-Tests zu bewerten.
2. **Reproduzierbarkeit:** Vergleichbarkeit der Ergebnisse des AIA-Tests über verschiedene Labore und Reproduzierbarkeit über verschiedene Labore.
3. **Standardisierung:** Weiterentwicklung der Richtlinien und Protokolle für die standardisierte Durchführung des AIA-Tests in verschiedenen Laboren.
4. **Implementierung:** Integration des AIA-Tests als reguläres Testverfahren in der Industrie zur Überprüfung der Abbaubarkeit von Abwasser.

2 Vorgehen des Hauptversuches

Am Ringversuch haben fünf externe Labore und die FHNW teilgenommen. Die Labore haben die Standardvorschrift AIA-Test 1.3 erhalten, siehe Anhang B. Das Testvolumen wurde nicht vorgegeben und konnte von den teilnehmenden Laboren gewählt werden, basierend auf die gängigen Testverfahren und das verfügbare Material.

Folgende Testvolumen wurden von den einzelnen Laboren für den Ringversuch eingesetzt. Das Volumen bei allen Ansätzen (Blind, Kontrolle und Testansatz) war identisch.

Tabelle 1: Übersicht über das verwendete Volumen der am Ringversuch teilnehmenden Labore.

Labor	Verwendetes Testvolumen
FHNW	1 L
Labor 1	3 L
Labor 2	1 L
Labor 3	1 L
Labor 4	2 L
Labor 5	2 L

Der Belebtschlamm wurde am 18. September 2023 aus der biologischen Stufe einer industriellen Abwasserreinigungsanlage (ARA) entnommen. Anschliessend wurde der Schlamm in dem Labor der FHNW gewaschen und durch Sedimentation aufkonzentriert. Der TS-Gehalt wurde mittels einer Feuchtebestimmungswaage (Kern, DBS603) bestimmt. Aufgrund der benötigten Schlammmenge erfolgte die Schlammaufbereitung in zwei verschiedenen Batches.

Als Proben dienten zwei verschiedene Industrieabwasserproben, die laut Betrieb beide gut biologisch abbaubar sind. Die Proben wurden vorgängig neutralisiert und anschliessend wurde die DOC-Konzentration analysiert (Shimadzu, 2016). Die Analysen der Proben (Belebtschlamm und Abwasserproben) wurden den teilnehmenden Laboren mitgeteilt, und die teilnehmenden Labore waren angewiesen, die Verdünnungen basierend auf den erhaltenen Werten durchzuführen (Tabelle 2).

Tabelle 2: Parameter des Musters A und B nach der Neutralisation.

	Muster A	Muster B
DOC-Konzentration [mgDOC/L]	2'700	1'620
pH-Wert [-]	6.6	7.3
Leitfähigkeit [mS/cm]	44.6	20

Die Proben und der vorbereitete Belebtschlamm wurden am Nachmittag des 18. Septembers zu den teilnehmenden Laboren gebracht oder mit Post Priority versendet. Alle Labore haben die Tests am 19. September gestartet und am 26. September 2023 beendet.

Tabelle 3: Übersicht über die 6 Ansätze, die von allen teilnehmenden Laboren angesetzt und beprobt wurden.

	Blind-Ansatz	Kontroll-Ansatz	Muster A	Muster A	Muster B	Muster B
Belebtschlamm	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Mineralisches Medium ¹	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Diethylenglykol	x	400mg DOC/L	x	x	x	x
Abwasserprobe	x	x	400mg DOC/L	50mg DOC/L	400mg DOC/L	50mg DOC/L

¹ Gemäss SOP (FHNW, 2025)

Der AIA-Test wurde gemäss der aktuellen SOP (FHNW, 2025) durchgeführt und alle Labore haben die Ansätze gemäss Tabelle 3 angesetzt. Die Labore wurden angewiesen, täglich (Werkstage) eine Probe zu nehmen und den DOC zu bestimmen sowie täglich den pH-Wert in den Ansätzen zu bestimmen und gegebenenfalls anzupassen, falls der pH-Wert ausserhalb des Bereichs von 6.5 - 8 lag.

Der jeweilige Testaufbau der teilnehmenden Labore ist im folgenden Abschnitt detailliert beschrieben.

Labor 1 führte den Test in 3L Reaktoren durch. Die Reaktoren wurden gerührt und mit Glasfritten belüftet. Die Proben wurden zentrifugiert und im Überstand wurde der DOC bestimmt mit einem TOC-Analyzer mit der Differenzmethode (TC-IC). Die Durchführung erfolgte bei Raumtemperatur und bei Licht.

Labor 2 führte den Ringversuch mit einem Volumen von 1L und in einem Klimaschrank bei 20°C und ohne Licht durch. Die Bestimmung der DOC-Konzentration erfolgte mit einem TOC-Analyzer von Shimadzu, mithilfe der NPOC (non purgable organic carbon) -Methode. Die Versuche werden mit Aquarium Luftpumpen mit Ausströmsteinen belüftet. Das Rühren erfolgt mittels Magnetrührer bei 150 U/min und unter Verwendung von Stabmagneten.

Labor 3 hat den AIA-Test Ringversuch mit einem Volumen von 1 L durchgeführt. Die Ansätze wurden gerührt und mit Fritten belüftet. Die DOC-Analytik erfolgte mit einem TOC-Analyzer von Shimadzu.

Labor 4 führte den AIA-Test mit einem Volumen von 2L durch. Die Ansätze wurden mittels einem Anker-Rührer gemischt mit 350 U/min. Die Versuche wurden belüftet mit 0.5 ml Luft/min was zu einer gelösten Sauerstoffkonzentration zwischen 4-8 mg/L führte. Die DOC-Analytik erfolgte mit einem TOC-Analyzer von Shimadzu.

Labor 5 verwendete für das Rühren der Ansätze Metall-Rührer mit einer Geschwindigkeit von 105 U/min. Zusätzlich war eine Belüftung mittels Glasfritte installiert, die mit Druckluft betrieben wurde. Die Versuche wurden durchgeführt bei 20°C und bei Tageslicht. Die Proben wurden zentrifugiert und anschliessend filtriert.

Labor FHNW führte den Ringversuch mit einem Volumen von 1L bei Raumtemperatur durch. Die Bestimmung der DOC-Konzentration erfolgte mit einem TOC-Analyzer von Shimadzu, mithilfe der TC-IC

Methode. Die Ansätze wurden mit befeuchteter Druckluft mit Ausströmsteinen belüftet. Das Rühren erfolgt mittels Magnetrührer bei 150 U/min und unter Verwendung von Stabmagneten.

2.1 Vorgehen der Nachfolgeversuche

2.1.1 Nachfolgeversuch mit Labor 1

Aufgrund von Abweichungen, die im Hauptversuch beobachtet wurden, siehe Kapitel 3, wurde der Versuch mit dem Labor 1 wiederholt. Die Vorbereitung des Schlammes und der Probe erfolgte durch Labor 1, und die vorbereiteten Proben wurden der FHNW zur Verfügung gestellt. Die Versuche wurden mit kommunalem Belebtschlamm (Belebtschlamm einer nitrifizierenden ARA), welcher nicht an das Abwasser adaptiert ist, durchgeführt. Es wurde eine Industrieabwasserprobe mit dem Zahn-Wellens-Test und dem AIA-Test abgebaut. Die DOC-Konzentration lag zu Zeitpunkt 0 bei rund 300 mgDOC/L, und auch die Konzentration der Kontrollsubstanz Diethylenglykol wurde auf 300 mgDOC/L angepasst. Der Zahn-Wellens-Test wurde mit einem TS-Gehalt von 1 g TSS/L durchgeführt.

Tabelle 4: Übersicht über die Ansätze des Nachfolgeversuches mit Labor 1.

Ansätze	FHNW	FHNW	Labor 1	Labor 1
Blind	AIA-Test	ZW-Test	AIA-Test	ZW-Test
Kontrolle mit Diethylenglykol 300 mgDOC/L	AIA-Test (1 + 3L)	ZW-Test	AIA-Test	
Abwasser mit 300 mgDOC/L	AIA-Test	ZW-Test	AIA-Test	ZW-Test

2.1.2 Nachfolgeversuch mit Labor 5

Auch mit Labor 5 wurde eine Wiederholung des Ringversuches durchgeführt. Dieses Mal erfolgte die Vorbereitung der Abwasserprobe und der Belebtschlammprobe (Bezeichnung: Belebtschlamm 1) durch Labor 5. Anschliessend wurden die Proben an die FHNW versandt. Zusätzlich wurde die Abwasserprobe vom Labor der FHNW noch mit einem weiteren Belebtschlamm (kommunaler Belebtschlamm, Bezeichnung Belebtschlamm 2) abgebaut. Dieser Belebtschlamm wurde von der FHNW abgeholt und vorbereitet.

Für die Abbauversuche wurde eine Abwasserprobe verwendet, die auf rund 400 mg/L und 50 mg/L DOC verdünnt wurde.

Tabelle 5: Übersicht über die Ansätze des Nachfolgeversuches mit Labor 5.

Ansätze	FHNW	FHNW	Labor 5
Blind	Belebtschlamm 1	Belebtschlamm 2	Belebtschlamm 1
Kontrolle	Belebtschlamm 1	Belebtschlamm 2	Belebtschlamm 1
Abwasser 400 mg/L	Belebtschlamm 1	Belebtschlamm 2	Belebtschlamm 1
Abwasser 50 mg/L	Belebtschlamm 1	Belebtschlamm 2	Belebtschlamm 1

3 Resultate des Hauptversuches

Die teilnehmenden Labore führten den Test gemäss der aktuellen SOP durch und sendeten die Rohdaten der Versuche anschliessend an die FHNW. Dort wurden die Daten ausgewertet und analysiert.

3.1 Blindansatz

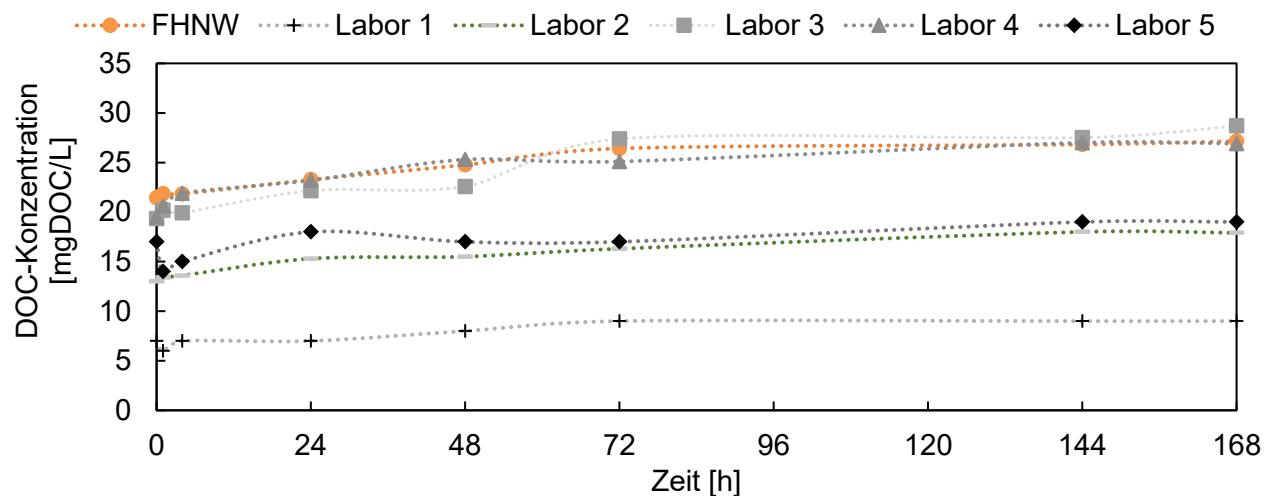


Abbildung 1: DOC-Konzentration im Blindwert über die 7 Tage im Vergleich.

In Abbildung 1 sind die DOC-Konzentrationen im Blindansatz über die 7 Versuchstage dargestellt. Alle Blindansätze zeigen über die 7 Tage eine leichte Zunahme der DOC-Konzentration, was sich mit den biologischen Vorgängen im Blindansatz erklären lässt. Die unterschiedlichen DOC-Konzentrationen im Blindansatz zum Zeitpunkt t_0 lassen sich damit erklären, dass der Belebtschlamm aufgrund der grossen benötigten Menge in zwei Batches vorbereitet (gewaschen und aufkonzentriert) wurde. Labor 1, 2 und 5 haben den Belebtschlamm aus dem gleichen Batch verwendet, während Labor 3, 4 und die FHNW mit einem anderen Batch des Belebtschlammms gearbeitet haben.

Die Resultate von Labor 1 zeigten deutlich niedrigere Blindwerte im Vergleich zu den restlichen Laboren. Die Ursache dafür wird in Kapitel 4.1 diskutiert.

3.2 Kontrollansatz

Als Kontrollsubstanz diente Diethylen glykol. Die Substanz wurde den Laboren nicht zur Verfügung gestellt und jedes Labor verwendete ihr eigenes Diethylen glykol.

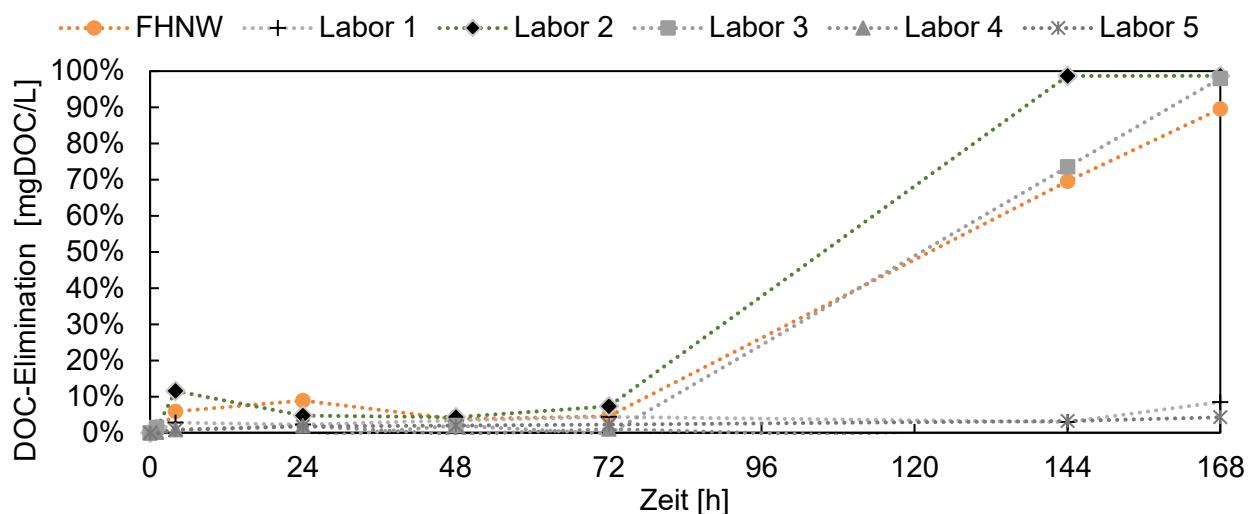


Abbildung 2: DOC-Elimination über 7d im Kontrollansatz mit Diethylen glykol.

Beim Kontrollansatz gab es deutliche Unterschiede zwischen den teilnehmenden Laboren (Abb. 2). Nach 3 Tagen zeigte noch keines der Labore eine signifikante DOC-Elimination. Nach 7 Tagen wiesen die Labore 2 und 3 sowie die FHNW eine DOC-Elimination von über 70% auf, während die Labore 1, 4 und 5 nach 7 Tagen keine oder nur eine sehr geringe DOC-Elimination feststellen konnten. Labor 1 liess den Test weiterlaufen und erreichte nach 10 Tagen im Kontrollansatz eine DOC-Elimination von über 70%.

3.3 Resultate Muster A

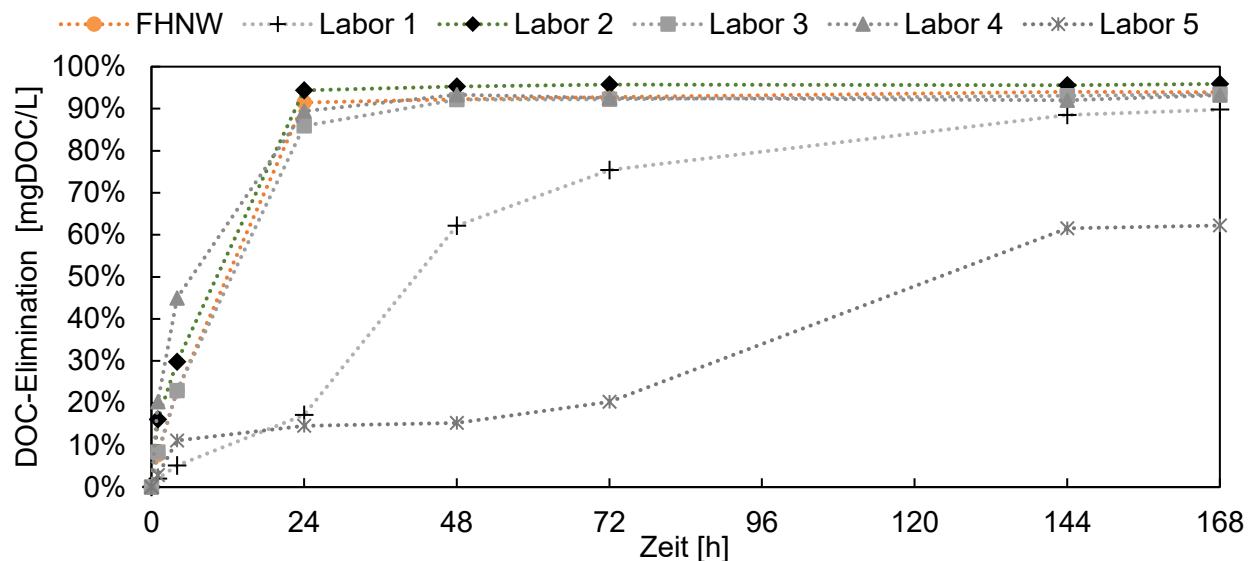


Abbildung 3: DOC-Elimination des Muster A mit einer Startkonzentration von 400mg/L.

Für das Muster A wiesen 4 der 6 teilnehmenden Labore eine ähnliche DOC-Elimination auf. Nach einem Tag lag die DOC-Elimination im Bereich zwischen 86 % und 94 %, während die DOC-Elimination von Labor 1 und 5 im Bereich von 15 % bzw. 17 % lag. Nach 7 Tagen lagen die DOC-Eliminationen im Bereich zwischen 90 % und 96 %, während Labor 5 eine DOC-Elimination von 62 % nach 7 Tagen beobachtete. Die DOC-Elimination des verdünnten Ansatzes ist im Anhang dargestellt.

Tabelle 6: DOC-Elimination nach 7d für das Muster A.

	DOC-Elimination Muster A	
	400 mg DOC/L	50 mg DOC/L
FHNW	94%	94%
Labor 1	90%	96%
Labor 2	96%	95%
Labor 3	93%	99%
Labor 4	93%	105%
Labor 5	62%	84%
Mittelwert (ohne Labor 5)	88% (93%)	96% (98%)
Standardabweichung (ohne Labor 5)	11.8% (1.9%)	6.3% (4.0%)

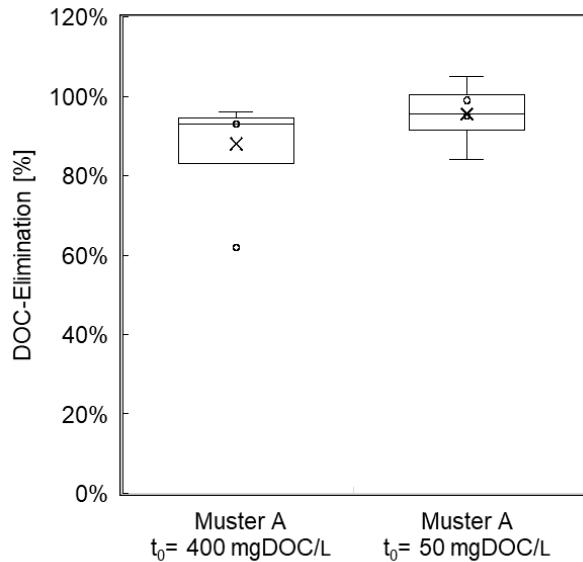


Abbildung 4: DOC-Elimination von Muster A nach 7d von den 6 Laboren für das Muster A mit Startkonzentration 400 und 50 mgDOC/L.

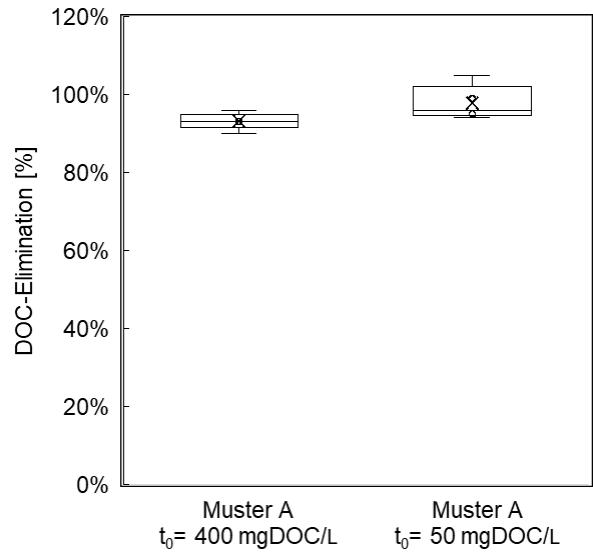


Abbildung 5: DOC-Elimination von Muster A nach 7d von den 5 Laboren ohne die Werte des Labors 5 für das Muster A mit Startkonzentration 400 und 50 mgDOC/L.

Die Streuung im Ansatz mit einer DOC-Startkonzentration von 400 mgDOC/L ist relativ hoch. Erfolgt die Auswertung ohne die Daten des Labors 5, liegt die Standardabweichung bei 1.9 %. Die Standardabweichung für den verdünnten Ansatz ist mit 6.0 % bzw. 4.3 % (ohne Daten von Labor 5) höher.

3.4 Resultate Muster B

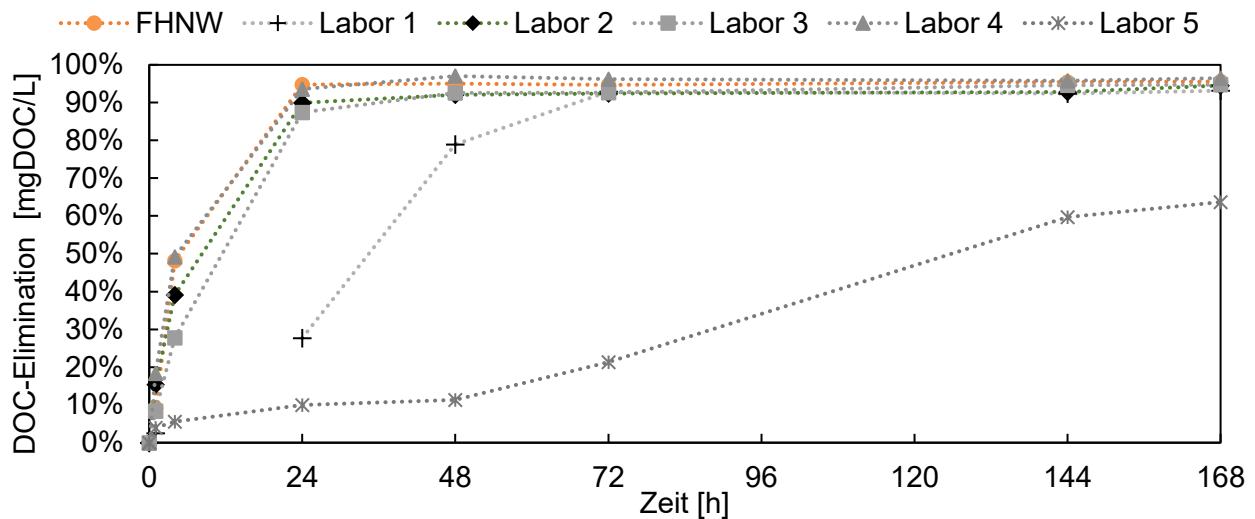


Abbildung 6: DOC-Elimination des Muster B mit 400mgDOC/L über 7d von den teilnehmenden Laboren.

Die DOC-Elimination, die für das Muster B beobachtet wurde, ist vergleichbar mit dem Muster A, d.h. wieder sind die Ergebnisse der Labore nahe beieinander bis auf Labor 1 und Labor 5. Nach einem Tag lag die DOC-Elimination bei 4 Laboren im Bereich zwischen 88 % und 95 %. Labor 1 und 5

beobachteten nach einem Tag DOC-Eliminationen im Bereich von 10 % bzw. 28 %. Nach 7 Tagen lag die DOC-Elimination im Bereich von 93 % bis 96 %, während Labor 5 eine DOC-Elimination von 64 % beobachtete. Die DOC-Elimination des verdünnten Ansatzes ist im Anhang dargestellt.

Tabelle 7: DOC-Elimination nach 7d für das Muster B.

	DOC-Elimination Muster B	
	400 mg DOC/L	50 mg DOC/L
FHNW	96%	98%
Labor 1	93%	100%
Labor 2	95%	99%
Labor 3	95%	91%
Labor 4	96%	104%
Labor 5	64%	73%
Mittelwert (ohne Labor 5)	90% (95%)	94% (98%)
Standardabweichung (ohne Labor 5)	11.6% (1.1%)	10.2% (4.2%)

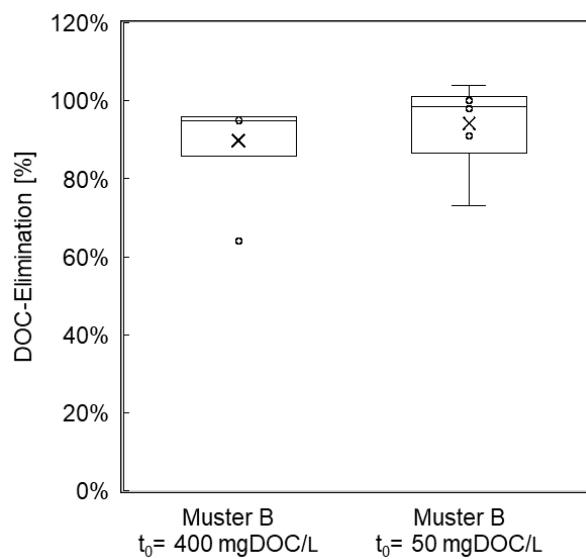


Abbildung 7: DOC-Elimination von Muster A nach 7d von den 6 Laboren für das Muster B mit Starkkonzentration 400 und 50 mgDOC/L.

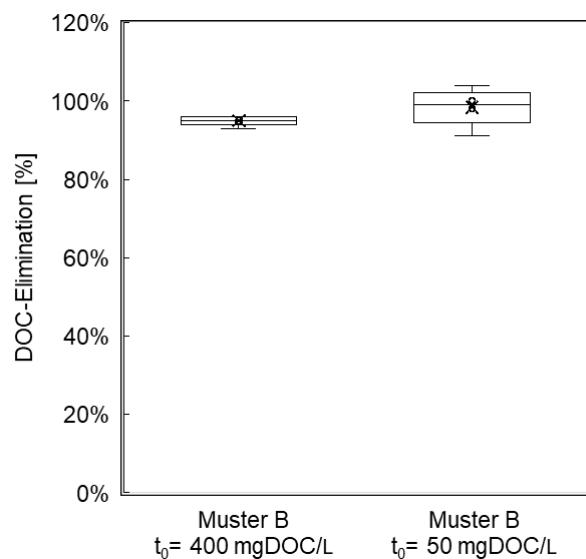


Abbildung 8: DOC-Elimination von Muster A nach 7d von den 5 Laboren ohne die Werte des Labors 5 für das Muster B mit Starkkonzentration 400 und 50 mgDOC/L.

Die mittlere DOC-Elimination aller 6 Labore nach 7 Tagen lag für Muster B im Ansatz mit 400 mgDOC/L bei 90% und im verdünnten Ansatz im Mittel bei 94%. Ohne die Werte des Labors 5, liegen die Werte im Mittel bei 95% und 98%. Die Streuung liegt ohne die Werte des Labors 5 bei 1.1% für den Ansatz mit 400 mgDOC/L respektive 4.2% für den verdünnten Ansatz. Die Resultate lassen darauf schliessen, dass bei der Durchführung des AIA-Tests bei Labor 1 und Labor 5 eine Abweichung vorliegt. Um dies zu überprüfen wurden Nachfolgeversuche durchgeführt, siehe Kapitel 4.1 und 4.2.Resultate der Nachfolgeversuche

3.5 Resultate des Nachfolgeversuches mit Labor 1

Für das Labor 1, bestand der Verdacht, dass der Test im Hauptversuch mit einer tieferen Belebtschlammmenge durchgeführt wurde. Bei der Wiederholung wurde besondere Aufmerksamkeit auf die korrekte Berechnung und Einstellung der Belebtschlammmenge gelegt.

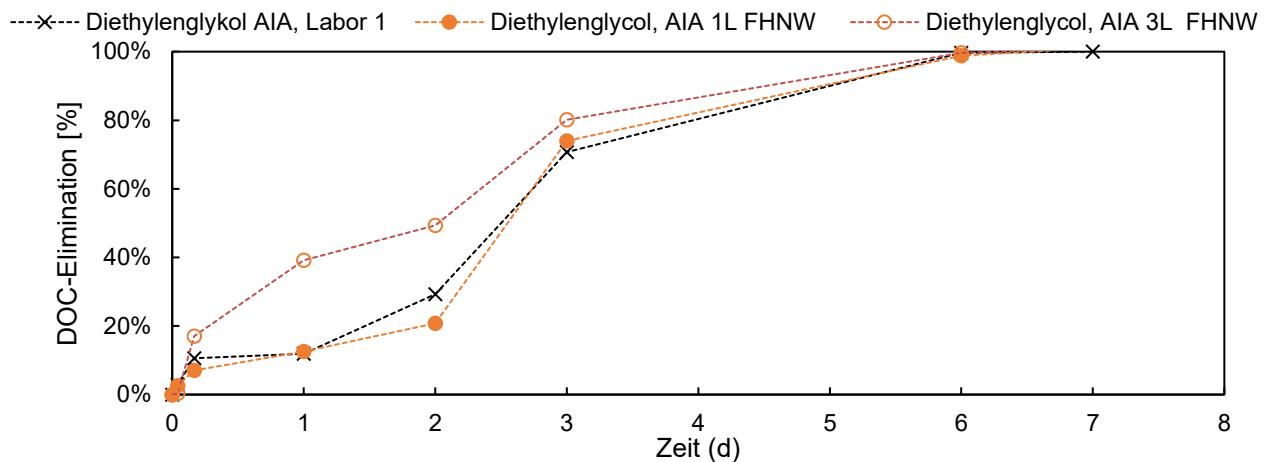


Abbildung 9: DOC- Elimination im AIA-Test mit der Kontrollsubstanz Diethylenglykol.

In Abbildung 9 ist die DOC-Elimination im Kontrollansatz mit Diethylenglykol für den 1L-Ansatz und den 3L-Ansatz dargestellt. Nach 3 Tagen lag die DOC-Elimination in allen Ansätzen bei über 70 %, und nach 6 Tagen wurde in allen Ansätzen eine DOC-Elimination von 100 % erreicht. Der 3L-Ansatz zeigte in den ersten beiden Tagen eine etwas höhere DOC-Elimination im Vergleich zu den beiden 1L-Ansätzen.

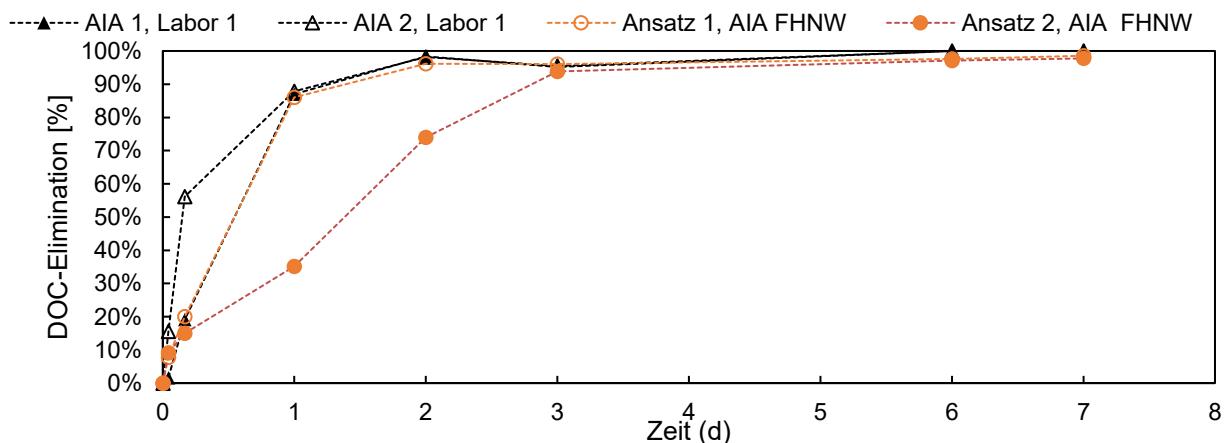


Abbildung 10: DOC- Elimination im AIA-Test von der Abwasserprobe.

Die DOC-Elimination ist in allen Ansätzen vergleichbar. Einzig Ansatz 2, FHNW zeigte während den ersten Tagen einen geringeren Abbau. Vermutlich lag das Problem in der Belüftung, die nicht richtig funktioniert hatte. Nach 3d war der Abbau jedoch identisch wie in den anderen Ansätzen.

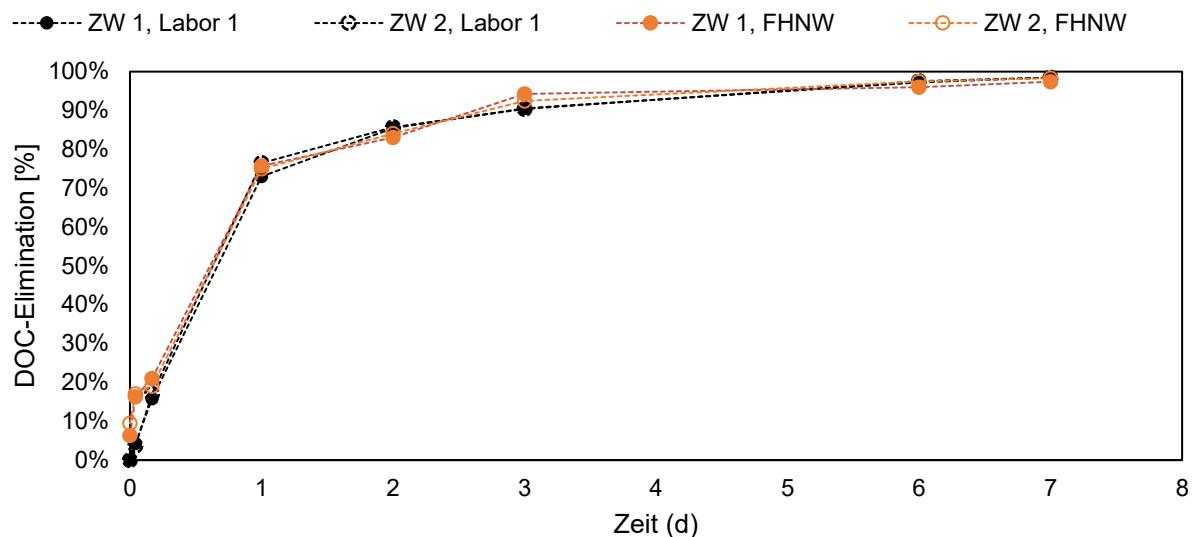


Abbildung 11: Resultate der ZW-Test. Doppelansätze durchgeführt im Labor der FHNW und dem Labor 1.

Zusätzlich wurde noch mit dem Zahn Wellens-Test dieselbe Abwasserprobe abgebaut. Die Resultate innerhalb der Ansätze und den beiden Laboren sind vergleichbar. Nach 7 Tagen wurde eine DOC-Elimination im Bereich von 98% erreicht.

Tabelle 8: DOC-Eliminationen der Abwasserprobe mit dem AIA-Test und dem ZW-Test durchgeführt im Labor 1 und an der FHNW nach 7 Tagen Versuchsdauer.

AIA-Test	Ansatz 1	Ansatz 2	Mittelwert
FHNW	97.8%	98.6%	98.2%
Labor 1	100.0%	100.0%	100.0%
ZW-Test	Ansatz 1	Ansatz 2	Mittelwert
FHNW	97.4%	98.3%	97.9%
Labor 1	98.5%	98.4%	98.5%

Die ermittelte DOC-Elimination der untersuchten Abwasserprobe durch den Zahn Wellens-Test und den AIA-Test sind vergleichbar und liegen bei rund 98%.

Durch diesen Nachfolgeversuches konnte bestätigt werden, dass die Abweichung von Labor 1 beim ersten Durchgang durch die zu geringe verwendete Belebtschlammmenge zu Stande kam. Bei identischer Belebtschlammmege sind die Resultate von Labor 1 und dem Labor der FHNW vergleichbar.

3.6 Resultate des Nachfolgeversuch mit Labor 5

Bei Labor 5 wurde nach der ersten Durchführung vermutet, dass möglicherweise der Belebtschlamm durch den Transport beeinträchtigt wurde und beim Ansetzen eine verminderde Aktivität aufwies. Deshalb wurde beim Nachfolgeversuche der Belebtschlamm von Labor 5 vorbereitet und an die FHNW versandt und zusätzlich ein Belebtschlamm von der FHNW vorbereitet (als Kontrolle ohne Transport).

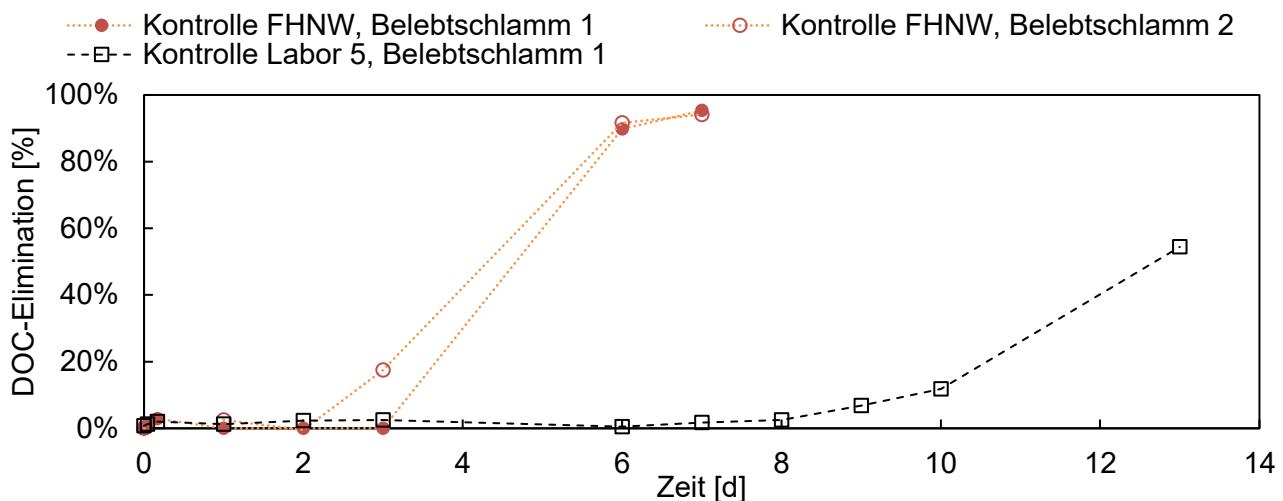


Abbildung 12: DOC-Elimination mit der Kontrollsubstanz Diethylenglykol und den beiden Belebtschlämmen.

Die durch die FHNW ermittelte DOC-Elimination der Kontrollsubstanz durch die Belebtschlämme 1 und 2 war vergleichbar. In den ersten drei Tagen nach dem Ansetzen war kein Abbau ersichtlich, während nach 6 Tagen die DOC-Elimination im Bereich von über 90 % lag. Die Resultate von Labor 5 wichen jedoch deutlich von denen der FHNW ab. Nach 7 Tagen zeigte die Kontrollsubstanz noch keine DOC-Elimination. Der AIA-Test wurde weiterlaufen gelassen und erst nach 10 Tagen war ein Anstieg in der DOC-Elimination erkennbar (Abb.12).

Die Abwasserprobe wurde mittels eines konzentrierten Ansatzes (~400mg/L DOC) und einem verdünnten Ansatz (~50mg/L DOC) abgebaut.

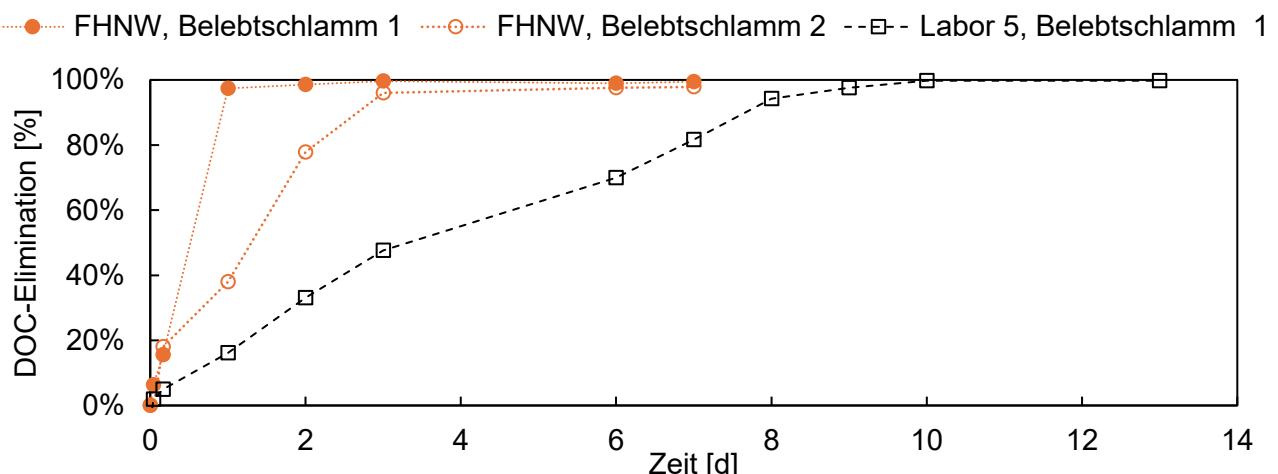


Abbildung 13: DOC-Elimination über die Zeit mit der konzentrierten Abwasserprobe ($T_0 = 400\text{mgDOC/L}$). Vergleich zwischen dem Labor 5 und der FHNW.

Im Ansatz der FHNW mit dem Belebtschlamm 1 ist ein schneller Abbau ersichtlich. Nach 3 Tagen lag der Abbau bei 99% nach 7 Tagen war ein Abbau von 99.4% mit dem Belebtschlamm 1 nachweisbar. Der Abbau im Ansatz des Labors 5, zeigte eine deutlich langsamere DOC-Elimination. Nach 7d erreichte die DOC-Elimination einen Wert von rund 80% und erst nach 10d wurde eine DOC-Elimination von 99.7% erreicht. Der Belebtschlamm 2 zeigte im Labor der FHNW eine etwas langsamere Kinetik und nach 7d wurde eine DOC-Elimination von knapp 98% erreicht.

Tabelle 9: DOC-Eliminationen der konzentrierten Probe mit beiden Belebtschlämmen.

	FHNW	Labor 5
Belebtschlamm 1	99.4%	99.8% (Elimination nach 10d)
Belebtschlamm 2	97.8%	-

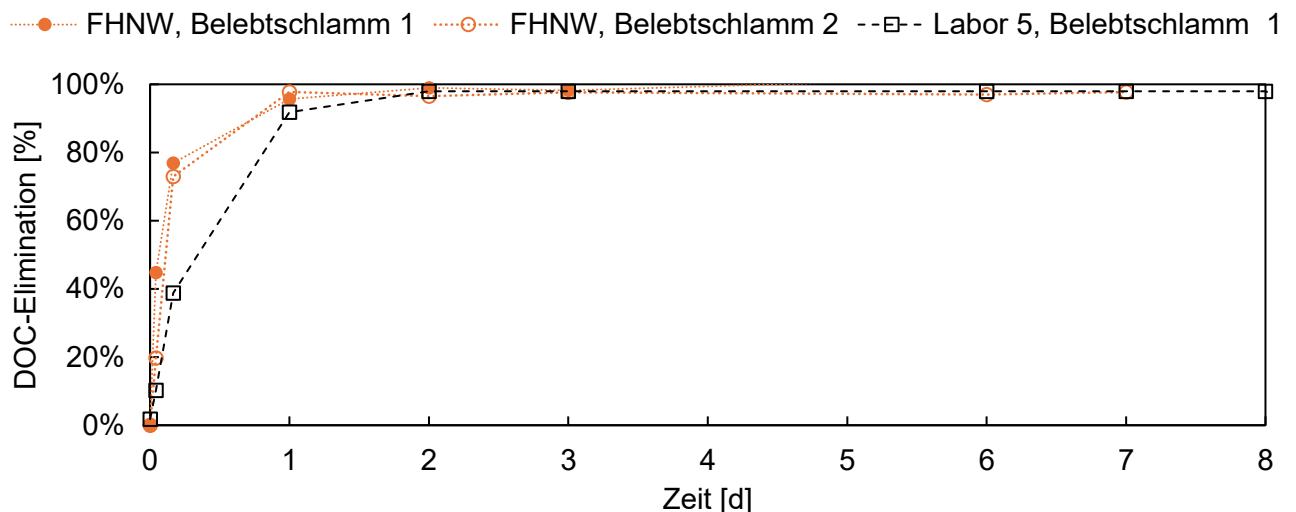


Abbildung 14: DOC-Elimination mit der verdünnten Abwasserprobe. Startkonzentration 50mgDOC/L.

Abbildung 14 zeigt den Abbau der Abwasserprobe mit einer Startkonzentration von rund 50 mgDOC /L. Wie zu erwarten, war die Kinetik im Vergleich zum konzentrierten Ansatz deutlich schneller im verdünnten Ansatz. Nach einem Tag lagen die Eliminationen im Bereich zwischen 91-97% und bereits nach 2d zeigen alle Ansätze eine Elimination im Bereich von 97-98%. Nach 7 Tagen lagen die DOC-Elimination von allen Ansätzen im Bereich zwischen 98-100%.

In allen Ansätzen des Labors 5 (Kontrolle, Ansatz mit konzentriertem und verdünntem Abwasser) war die Kinetik langsamer.

Die Ursache für die in den Ansätzen beobachtete langsamere Kinetik, konnte nicht abschliessend aufgeklärt werden. Im Hauptversuch (September 2023) wurde vermutet, dass möglicherweise der Transport des Belebtschlammes die Ursache für die langsamere Kinetik war. Im Nachfolgeversuch (2024) kann der Transport als mögliche Ursache für die langsamere Kinetik aber ausgeschlossen werden. Eine weitere mögliche Ursache wäre die Belüftung. Eine verlangsamte Kinetik lässt sich teilweise durch eine tiefere Sauerstoffkonzentration erklären.

4 Diskussion

4.1 Hauptversuch

4.1.1 Kontroll-Ansatz

Der Abbau der Kontrollsubstanz zeigte deutliche Unterschiede bezüglich der DOC-Elimination. Während bei drei Laboren nach 7 Tagen die DOC-Elimination deutlich über 70% lag, wurde bei 3 anderen Laboren nach 7 Tagen praktisch keine DOC-Elimination beobachtet. Diethylenglykol ist eine biologisch abbaubare Substanz, erfordert jedoch eine Anpassung der Biomasse. In der Vergangenheit wurde beobachtet, dass die Anpassung bei verschiedenen Belebtschlämmen unterschiedlich lange dauert. Da bei dem Ringversuch alle Labore denselben Belebtschlamm verwendet haben, kann der Belebtschlamm nicht als Ursache für die unterschiedliche Anpassungszeit dienen. Für Labor 1 lässt sich der langsamere Abbau durch eine geringere Menge Belebtschlamm erklären, siehe Kapitel 4.1. Bei den anderen beiden Laboren könnte der Testaufbau die Bedingungen für den Belebtschlamm suboptimal gestaltet und dadurch die Anpassung verzögert haben. Ein möglicher Grund könnte in der Belüftung und die daraus resultierende gelöste Sauerstoffkonzentration liegen.

Beim Labor 1 führte ein Fehler beim Ansetzen dazu, dass der TS-Gehalt in den Ansätzen geringer war als die 5 g_{TSS}/L. Der geringere TS-Gehalt im Ansatz erklärt auch den beobachteten tieferen DOC-Gehalt im Blindansatz über die 7 Tage. Dadurch lässt sich erklären, dass der DOC-Gehalt im Blindansatz zum Zeitpunkt 0 tiefer war als bei den anderen Laboren. Zudem lässt sich durch die verminderte Menge Belebtschlamm der langsamere Abbau erklären. Die Wiederholung des Versuchs, siehe 4.1 bestätigte dies.

4.1.2 Muster A und B

Die DOC-Elimination für Muster A und B lag bei allen Laboren, ausser bei Labor 1 und 5, in einem ähnlichen Bereich. Die Abweichung bei Labor 1 kann durch den geringeren TS-Gehalt erklärt werden, siehe 4.1 und 5.1.1. Der Grund für die geringere DOC-Elimination bei Labor 5 konnte nicht gefunden werden, auch nicht in einem Nachfolgeversuch, siehe Kapitel 4.2. Die Standardabweichung für die Muster A und B lag im Bereich von 1.9 % und 1.1 % im Ansatz mit 400 mg/L DOC. Die Standardabweichungen für den verdünnten Ansatz der Muster A und B waren mit rund 4 % höher. Dies lässt sich damit erklären, dass bei einer DOC-Startkonzentration von 50 mg/L und einem Abbau von über 95 % nach dem Abbau noch 1-2.5 mg DOC/L in Lösung verbleiben. Aufgrund des DOC-Gehalts des Blindwertes wird dadurch der Fehler grösser.

4.2 Nachfolgeversuche

4.2.1 Labor 1

Der Nachfolgeversuch mit Labor 1, mit einer jetzt vergleichbaren Belebtschlammmenge, zeigte die gleiche DOC-Elimination im AIA-Test sowie im ZW-Test, der als Vergleich zusätzlich durchgeführt wurde. Aufgrund der guten Abbaubarkeit der Abwasserprobe streuen die Werte beim AIA-Test etwas mehr im Vergleich zum durchgeföhrten ZW-Test. Damit konnte bestätigt werden, dass die Abweichung von Labor 1 im eigentlichen Ringversuch an einem Fehler bei der eingesetzten

Belebtschlammmenge lag. Bei korrekter Durchführung sind auch die Ergebnisse von Labor 1 in einem ähnlichen Bereich.

4.2.2 Labor 5

Die Nachfolgeuntersuchung mit dem Labor 5 ergab ein ähnliches Resultat wie beim Hauptversuch. Ursprünglich vermutete Transport des Belebtschlammes kann als Ursache für die stark verlangsame DOC-Elimination ausgeschlossen werden. Der Grund für die stark verlangsame DOC-Elimination konnte nicht eruiert werden. Eine mögliche Ursache könnte in der Belüftung des Testansatzes liegen, falls die gelöste Sauerstoffkonzentration im Ansatz des Labors 5 deutlich tiefer ist als 2 mg/L könnte dies die grossen Unterschiede, beobachtet bei der DOC-Elimination, erklären. Die Sauerstoffkonzentration wurde während des Versuches nicht gemessen.

4.3 Rückmeldungen der Labore zur zukünftigen Anwendung des AIA-Tests

Labor 1 führte standardmäßig den Zahn-Wellens Test durch und interessierte sich für den AIA-Test, da durch die Zeitersparnis mehr Proben untersucht werden können und so eine frühere Entscheidung bezüglich der Entsorgung des jeweiligen Abwassers getroffen werden kann. Mittlerweile setzt das Labor 1 standardmäßig den AIA-Test ein.

Labor 2 führt standardmäßig den Zahn-Wellens Test über 28 Tage durch, wäre aber interessiert den AIA-Test bei gewissen Proben einzusetzen, ist aber auf die Akzeptanz seitens der Behörden angewiesen.

Labor 3 führt standardmäßig einen angepassten Zahn-Wellens Test über 21 Tage durch, wäre aber interessiert den AIA-Test bei gewissen Proben einzusetzen, ist aber auf die Akzeptanz seitens der Behörden angewiesen.

Labor 4 führt normalerweise für die Bestimmung der biologischen Abbaubarkeit den Zahn Wellens-Test mit 1g_{TSS}/L durch, während 27 Tagen. In der Regel wird auch ein Strippansatz mitgezogen. Labor 4 ist am AIA-Test interessiert und kann sich dessen Einsatz zukünftig vorstellen, ist aber auf die Akzeptanz seitens der Behörden angewiesen.

Labor 5 führt einen angepassten Zahn Wellens Test in 21 Tagen durch. Dies hat sich für Labor 5 bewährt und die internen Prozesse sind für diesen Test ausgelegt. Falls für eine Probe mal ein schnelles Resultat zum biologischen Abbau benötigt wird, wäre das eine Möglichkeit, um den AIA-Test einzusetzen.

5 Fazit

Bei diesem Ringversuche (Hauptversuch und Nachfolgeversuche) haben 6 verschiedene Labore gleichzeitig den AIA-Test durchgeführt. Dabei wurde mit dem gleichen Belebtschlamm die gleiche Abwasserprobe(n) abgebaut. Bei korrekter Versuchsdurchführung haben 5 Labore vergleichbare Ergebnisse erhalten. Die Diskrepanz des einen Labors (Labor 5) konnte nicht abschliessend geklärt werden, könnte aber an einer unzureichenden Belüftung liegen. Aus diesem Ringversuch lässt sich Folgendes schliessen:

Reproduzierbarkeit / Robustheit

Bei korrekter Versuchsdurchführung ist der AIA-Test gut reproduzierbar und liefert robuste Ergebnisse. Die DOC-Elimination, ermittelt im verdünnten Ansatz, zeigt im Vergleich zum konzentrierten Ansatz eine grössere Streuung. Grund dafür ist der geringe resultierende DOC nach dem biologischen - Abbau und die relativ hohe DOC-Konzentration des Blind-Ansatzes. Prinzipiell können Labore abweichende Ergebnisse erhalten. Dies ist in der Regel bereits im Kontrollansatz mit Diethylenglykol erkennbar. Deshalb wird dringend empfohlen mit dem Kontrollansatz zu überprüfen, ob vergleichbare Ergebnisse erzielt werden.

Standardisierung:

Im Rahmen des Ringversuches wurde die Standardarbeitsvorschrift (SOP) überarbeitet (angepasste Formulierungen) und finalisiert, siehe Anhang B. Die derzeitige Version ist Standardarbeitsvorschrift AIA-Test 1.4.

Implementierung

Eines der teilnehmenden Labore hat den AIA-Test mittlerweile implementiert und führt ihn standardmäßig durch. Drei weitere Labore sind bereit, den AIA-Test anzuwenden, sind aber auf die Akzeptanz der Behörde angewiesen, während bei einem Labor kein grosses Interesse an der Anwendung des AIA-Testes besteht.

6 Literaturverzeichnis

- FHNW. (2025). *SOP: Versuchsvorschrit alternativer inhärenter Abbaustest (AIA-Test)*. Muttenz: FHNW.
- OECD. (17. 07 1992). 302 B, Zahn-Wellens/EMPA-Test. *OECD Guideline for testing of chemicals*. OECD.
- Schäfer , R., Thomann, M., Gulde, R., Eugster, F., Joss, A., & Piazzoli, A. (23. März 2023). Entwicklung des AIA-Tests. *Aqua & Gas*, S. 68-75.
- Shimadzu. (2016). *TOC Application Handbook*. Duisburg: Shimazu Europa GmbH.

Anhang A

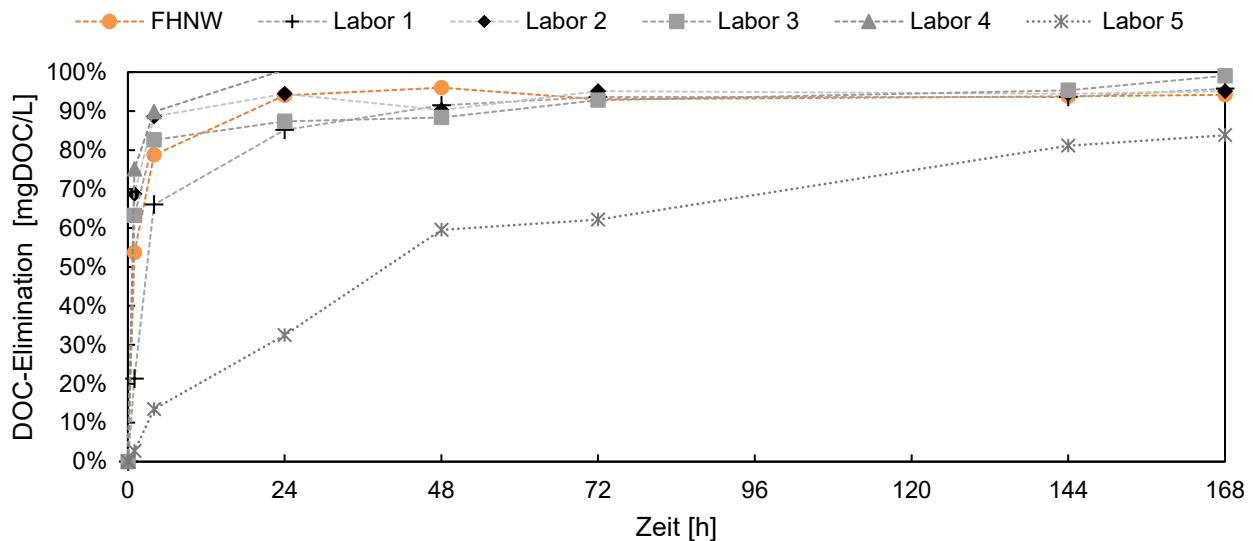


Abbildung 15: DOC-Elimination des Muster A mit 50mgDOC/L über 7d von den teilnehmenden Laboren.

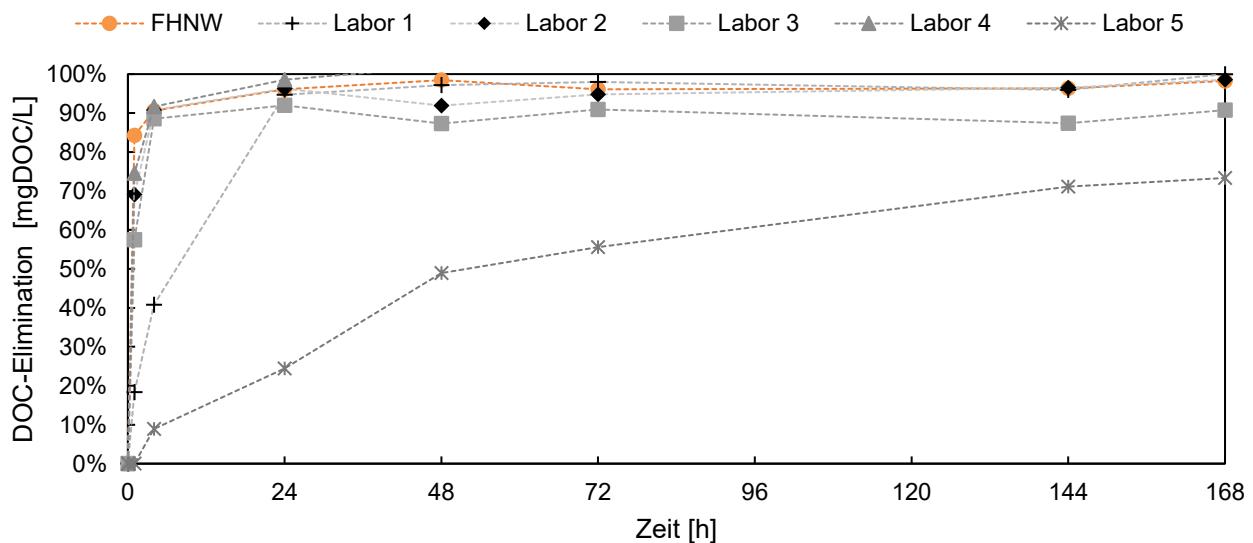


Abbildung 16: DOC-Elimination des Muster B mit 50mgDOC/L über 7d von den teilnehmenden Laboren.

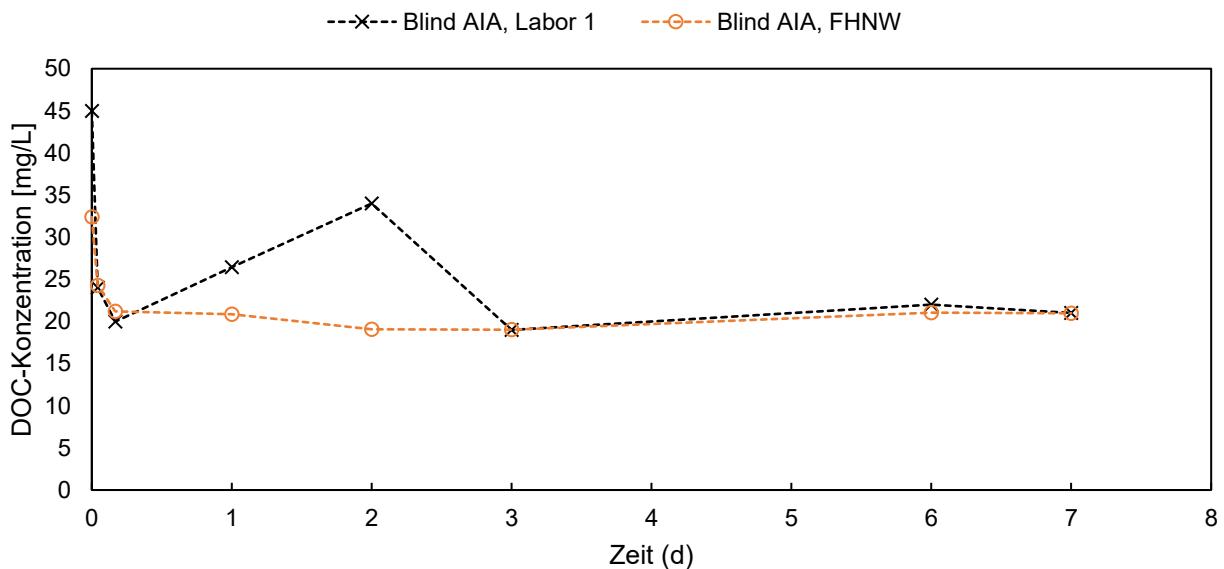


Abbildung 17: Blindwert Nachfolgeuntersuchung Labor 1.

Anhang B

Standardarbeitsvorschrift AIA-Test 1.3

Abbautest für Industrieabwasser

Michael Thomann, Roman Schäfer
Muttenz, 22.05.2023

T

1	Probenvorbereitung	3
1.1	Vorbereitung Belebtschlamm	3
1.2	Mineralisches Medium	5
2	Versuchsansätze	6
2.1	Blind-Ansatz	6
2.2	Kontroll-Ansatz	6
2.3	Test-Ansatz	6
2.4	Test-Ansatz verdünnt	6
2.5	Testparameter	6
2.5.1	Rühren	6
2.5.2	Belüftung	7
2.5.3	pH-Wert	7
2.6	Versuchsdurchführung	7
2.6.1	Adsorption	7
2.6.2	Probenahmen	7
2.6.3	Versuchsende	7
2.7	DOC-Elimination	8
2.7.1	Verdünnter Ansatz mit C-Quelle (Optional)	8
2.8	Stickstoffparameter	8
2.8.1	Nitrifikation	9
2.8.2	Realer Ansatz- Nitrifikation	9
3	Berechnungen	10
4	Resultate	11

Standardarbeits Vorschrift AIA-Test 1.3

Der AIA-Test dient dazu um den biologischen Abbau von Abwasserproben und deren Verhalten auf der ARA nachzustellen. Der AIA-Test beinhaltet folgende 4 Ansätze, die wenn möglich mit dem Belebtschlamm der betroffenen ARA durchgeführt werden:

- Blind-Ansatz
- Kontroll-Ansatz
- Test-Ansatz (DOC 400mg/L)
- Test-Ansatz verdünnt (DOC 50mg/L)

Neben der DOC-Elimination kann die Nitrifikation untersucht werden, um eine mögliche Nitrifikationshemmung durch das Abwasser zu erkennen. Dies dient dem Schutz der betroffenen ARA.

Um eine Aussage über den Abbau des Abwassers auf der realen ARA zu treffen, wird die Kinetik der DOC-Elimination betrachtet. Neben der DOC-Elimination kann die Nitrifikation untersucht werden, um eine mögliche Nitrifikationshemmung durch das Abwasser zu erkennen.

Um eine Aussage über den Abbau des Abwassers auf der realen ARA zu treffen, wird die Kinetik der DOC-Elimination betrachtet. Falls der DOC bei der Abwasserprobe nach 3 Tagen bereits zu mehr als 85% eliminiert wurde kann davon ausgegangen werden, dass das Abwasser in der Abwasserreinigungsanlage biologisch abgebaut werden kann. Falls die DOC-Elimination langsamer abläuft, muss in einem verdünnten Ansatz das Abwasser genauer untersucht werden.

1 Probenvorbereitung

Der pH-Wert und die Leitfähigkeit des zu testenden Abwassers überprüfen. Der pH-Wert sollte im Bereich zwischen 6.5 und 8 liegen. Falls nicht, ist die Abwasserprobe zu neutralisieren mit Hilfe von Natronlauge, resp. Salzsäure. Die Leitfähigkeit im Testansatz sollte 32 mS/cm nicht überschreiten.

Nach einer allfälligen Neutralisation, die folgenden Parameter in der Abwasserprobe bestimmen:

Tabelle 1: Analysenparameter Abwasserprobe

Eingangsprobe	Nach Neutralisation
pH-Wert	pH-Wert
Leitfähigkeit	Leitfähigkeit
DOC	$\text{NH}_4\text{-N}$
	$\text{NO}_3\text{-N}$
	DOC

Falls die Abwasserprobe einen DOC unter 30mg/L aufweist ist der AIA-Test nicht geeignet, um den biologischen Abbau zu bestimmen. In einem solchen Fall sollte der Test OECD 302b mit 0.2 g/L TS verwendet werden.

1.1 Vorbereitung Belebtschlamm

Als Inokulum sollte der Belebtschlamm verwendet werden aus der entsprechenden Abwasserreinigungsanlage. Bei mehrstufigen Anlagen (Industrie ARA) sollte der Belebtschlamm verwendet

werden mit der höchsten C-Elimination. Falls eine Abwasserprobe in einer ARA behandelt wird, die nicht über Belebtschlamm verfügt (Festbett-, Wirbelbettverfahren), soll mit dem Belebtschlamm einer ARA gearbeitet werden die ähnliche Reinigungsleistungen aufweist (C-Abbau, Nitrifikation, Denitrifikation).

Der frische Belebtschlamm mithilfe des mineralischen Mediums oder Leitungswasser durch mehrmaliges Spülen und Sedimentieren waschen. Anschließend den Belebtschlamm durch Sedimentation aufzukonzentrieren. Falls der eingesetzte Belebtschlamm, schlechte Sedimentations-eigenschaften aufweist kann alternativ filtriert oder zentrifugiert werden. Nach der Aufkonzentrierung den TS-Gehalt der Belebtschlamm-Probe bestimmen. Je höher die TS-Konzentration ist, desto geringer ist das benötigte Volumen an Belebtschlamm im Ansatz. Pro Abwasserprobe sind insgesamt vier Ansätze nötig. Falls mehrere Abwasserproben mit dem identischen Belebtschlamm getestet werden, reichen ein Blind resp. Kontroll-Ansatz.

Tabelle 2: Ansätze für den AIA-Test

	Blind-Ansatz	Kontroll-Ansatz	Test-Ansatz	Test-Ansatz verdünnt
Belebtschlamm	5 g _{TSS} /L			
Mineralesches Medium	✓	✓	✓	✓
NH ₄ Cl		✓	✓	
Abwasserprobe			✓ (~ 400 mg/L DOC)	✓ (~ 50 mg/L DOC)
Diethyenglycol		✓		

1.2 Mineralisches Medium

Das mineralische Medium wird hinzugefügt, um den Belebtschlamm während der Versuchsdauer mit den benötigten Spurenelementen zu versorgen. Verwendet wird das Medium aus der OECD-Anleitung zum ZW-Test. (OECD, 1992).

Stocklösung A

<chem>KH2PO4</chem>	8.5 g
<chem>K2HPO4</chem>	21.75 g
<chem>Na2HPO4 * 2 H2O</chem>	33.4 g
<chem>NH4Cl</chem>	0.5 g

In Wasser lösen und auf 1L einstellen. Der pH-Wert der Lösung sollte 7.4 sein.

Stocklösung B

<chem>CaCl2</chem>	27.5 g
--------------------	--------

In Wasser lösen und auf 1L einstellen.

Stocklösung C

<chem>MgSO4 * 7 H2O</chem>	22.5 g
----------------------------	--------

In Wasser lösen und auf 1L einstellen.

Stocklösung D

<chem>FeCl3 * 6 H2O</chem>	0.25 g
----------------------------	--------

In Wasser lösen und auf 1L einstellen.

Für das Medium werden in rund 800 mL destilliertem Wasser 10 ml der Stocklösung A und je 1mL der Stocklösungen B, C, und D gelöst und das Volumen auf 1L eingestellt.

2 Versuchsansätze

2.1 Blind-Ansatz

Die benötigte Menge Belebtschlamm in das Gefäß vorlegen (5g_{TOC}/L bezogen auf das Endvolumen). Pro Liter Endvolumen 10 mL der Stocklösung A und je 1 mL von den Stocklösungen B, C und D zugeben. Anschließend mit destilliertem Wasser auf das gewünschte Endvolumen auffüllen.

2.2 Kontroll-Ansatz

Die benötigte Menge Belebtschlamm in das Gefäß vorlegen (5g_{TOC}/L bezogen auf das Endvolumen). Pro Liter Endvolumen 10 mL der Stocklösung A und je 1 mL von den Stocklösungen B, C und D zugeben. Anschließend Diethyenglycol (Konzentration angepasst an die DOC-Konzentration im Test-Ansatz) und falls die Nitrifikation untersucht werden sollte, Ammoniumchlorid zugeben (25 mg N/L). Anschließend mit destilliertem Wasser auf das Endvolumen auffüllen.

2.3 Test-Ansatz

Die benötigte Menge Belebtschlamm in das Gefäß vorlegen (5g_{TOC}/L bezogen auf das Endvolumen). Pro Liter Endvolumen 10 mL der Stocklösung A und je 1 mL von den Stocklösungen B, C und D zugeben. Im Test-Ansatz das benötigte Volumen der vorbereiteten Abwasserprobe zugeben (DOC zwischen 100-400 mg/L falls möglich) und Ammoniumchlorid falls die Nitrifikation betrachtet werden soll und die Ammoniumkonzentration in der Ausgangslösung unter 20 mg N/L liegt. Anschließend mit entmineralisiertem Wasser auf das gewünschte Volumen einstellen.

2.4 Test-Ansatz verdünnt

Die benötigte Menge Belebtschlamm in das Gefäß vorlegen (5g_{TOC}/L bezogen auf das Endvolumen). Pro Liter Endvolumen 10 mL der Stocklösung A und je 1 mL von den Stocklösungen B, C und D zugeben. Das benötigte Volumen der vorbereiteten Abwasserprobe zugeben (DOC im Bereich von 50 mg/L). Anschließend mit entmineralisiertem Wasser auf das gewünschte Volumen einstellen.

Das Volumen der Ansätze sollte bei Testbeginn 1-2 L betragen.

2.5 Testparameter

2.5.1 Röhren

Alle Ansätze sollten gerührt werden. Dafür können Stativrührwerke oder Magnetruhrer verwendet werden. Die Drehzahl ist so zu wählen, dass eine genügende Durchmischung vorliegt und sich der Belebtschlamm nicht absetzen kann.

2.5.2 Belüftung

Die für die Belüftung verwendete Luft, sollte wenn möglich mit einer Gaswaschflasche befeuchtet werden, dies minimiert die Verdunstung im Testansatz. Die Konzentration an gelöstem Sauerstoff soll in den Ansätzen mindestens 2 mg/L betragen.

2.5.3 pH-Wert

Den pH-Wert in den Ansätzen täglich überprüfen. Falls der pH-Wert nicht im Bereich zwischen 6.5-8 liegt, den pH-Wert anpassen.

2.6 Versuchsdurchführung

2.6.1 Adsorption

Nach dem Ansetzen bis zum Start der Belüftung 15 min warten wegen der Adsorption. In diesen 15 min werde die Proben nur gerührt und nicht belüftet, anschließend eine Probe ziehen (Probe T0). Die Adsorption im Testansatz wird bestimmt über die Differenz DOC theoretisch im Ansatz und der DOC-Messung zum Zeitpunkt T0. Falls die DOC-Elimination bei T0 bereits größer als 20 % ist, muss von einer erhöhten Adsorption ausgegangen werden. Eine DOC-Elimination von über 20% weist auf eine erhöhte Adsorption hin. In diesem Fall sollte der Test OECD 302 b eingesetzt werden mit 0.2 g TS/L.

2.6.2 Probenahmen

Vor der Probenahme das Volumen im Testgefäß mit Wasser auffüllen bis zur Markierung (Füllstand nach letzter Probenahme). Anschließend die Probe nehmen und direkt mithilfe eines Spritzenfilter (PTFE, Zelluloseacetat (vorgängig spülen) 0.45 µm) filtrieren oder zentrifugieren. Das benötigte Volumen richtet sich nach der nachfolgenden Analytik. Nach der Probenahme jeweils wiederum den aktuellen Wasserstand markieren.

- T0 Nach Ansetzen und Start der Belüftung.
- T1 1h nach dem Start der Belüftung
- T2 4h nach dem Start der Belüftung
- T3 24h nach dem Start der Belüftung
- T... Jede weitere 24h nach dem Start der Belüftung

2.6.3 Versuchsende

Sobald bei der DOC-Elimination ein Plateau ersichtlich ist ($\pm 5\%$) kann der Test gestoppt werden. In der Regel kann der Test nach 7 Tagen beendet werden.

Tabelle 3: Analyseparameter

Zeitpunkt	DOC	NH ₄	NO ₂	NO ₃	pH
	Blind-Ansatz; Kontroll-An- satz; Test-Ansatz; Test-Ansatz verdünnt;	Kontroll-An- satz; Test-Ansatz	Kontroll-An- satz; Test-Ansatz	Kontroll-An- satz; Test-Ansatz	Blind-Ansatz; Kontroll-An- satz; Test-Ansatz; Test-Ansatz verdünnt;
T0 (0h)	X	X	X	X	X
T1 (1h)	X	X	X	X	X
T2 (4h)	X	X	X	X	X
T3 (24h)	X				X
T....	X				X

Die DOC-Analyse der Proben sollte innerhalb von 24h erfolgen. Falls die Messung nicht innerhalb von 24h durchgeführt werden kann, können die Proben bei 4°C aufbewahrt werden und sollten innerhalb von 2 Tagen analysiert werden. Falls die Proben länger aufbewahrt werden, können die Proben bei -20°C gelagert werden. Falls keine DOC-Messung möglich ist, kann alternativ die Elimination über den chemischen Sauerstoff Bedarf (CSB) bestimmt werden.

2.7 DOC-Elimination

Die Kontrolle sollte nach 7 Tagen einen Abbau >50 % aufweisen. Falls dies nicht der Fall ist, muss der Test wiederholt werden.

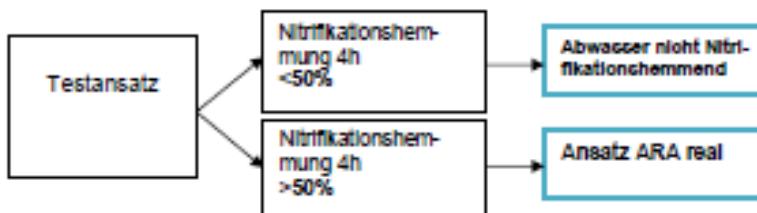
2.7.1 Verdünnter Ansatz mit C-Quelle (Optional)

Falls im AIA-Test weder im Test-Ansatz noch im Test-Ansatz verdünnt eine DOC-Elimination nach 7d beobachtet wird, kann eine Hemmung der heterotrophen Biomasse dafür verantwortlich sein. Die DOC-Konzentration Ansatz ist so zu wählen, dass die Ausgangs-DOC-Konzentration im Bereich von 50 mg/L liegt. Zusätzlich wird dieselbe Menge an gut abbaubarem Substrat hinzugegeben (bezogen auf DOC) z. Bsp. Natriumacetat. Nach 24h sollte der DOC um mindestens 40 % reduziert worden sein. Falls nicht führt die Abwasserprobe zu einer Hemmung der heterotrophen Biomasse.

2.8 Stickstoffparameter

Die Parameter Ammonium, Nitrit und Nitrat können sowohl photometrisch als auch mit dem IC bestimmt werden. Bei der Analytik ist zu beachten, dass die Abwassermatrix die Messung stören kann. Deshalb muss sichergestellt werden, dass die verwendete Messmethode funktioniert (Aufstockung, Verdünnungsreihe).

2.8.1 Nitrifikation



In der Kontrolle sollte nach 4h >50% das zugegebene Ammonium zu Nitrat oxidiert worden sein. Falls nicht, ist der eingesetzte Belebtschlamm nur bedingt nitrifizierend und es kann keine Aussage über die Nitrifikationshemmung getroffen werden.

Wenn die Hemmung im Testansatz gegenüber der Kontrolle grösser als 50% ist, ist das Abwasser in der getesteten Konzentration Nitrifikationshemmend. In diesem Fall muss die Nitrifikationshemmung unter ARA realen Bedingungen durchgeführt werden (Kapitel 2.7.2) oder alternativ der Nitrifikationshemmtest nach DIN EN ISO 9509 durchgeführt werden.

2.8.2 Realer Ansatz- Nitrifikation

Abwasser verdünnen auf reale ARA-Verhältnisse und ARA-Verhältnisse x Faktor 10

$$\text{Verdünnungsfaktor Abwasser} = \frac{Q_{TW} \left[\frac{m^3}{d}\right]}{Q_{Abwasser} \left[\frac{m^3}{d}\right]}$$

Q_{TW} = Gesamtzufluss bei Trockenwetter [m^3/d]

$Q_{Abwasser}$ = Abwasserstrom des zu beprobenden Abwassers

Das zu beprobende Abwasser im Ansatz mit dem jeweiligen «Verdünnungsfaktor Abwasser» im Ansatz verdünnen und einmal 10 x höher konzentriert.

Der Testansatz mit dem verdünnten Abwasser erfolgt identisch mit dem Testansatz, ausser dass die Abwasserprobe verdünnt wird mit dem mineralischen Medium. Die Messung der Nitratkonzentration erfolgt nach 0h, 1h und 4h.

Beim realen Ansatz darf dabei keine Hemmung >20% ersichtlich sein.

	Kontrolle	ARA real	ARA real x 10
Belebtschlamm	5 g _{TSO} /L	5 g _{TSO} /L	5 g _{TSO} /L
Ammonium [mgN/L]	25	25	25
Abwasserprobe		Verdünnungsfaktor Abwasser	Verdünnungsfaktor Abwasser 10-fach höher konzentriert
Mineralisches Medium	✓	✓	✓

3 Berechnungen

Die Berechnungen dienen zur Abschätzung der DOC-Elimination und zur Erkennung einer möglichen Adsorption der Substanz an den Belebtschlamm:

Berechnung DOC-Elimination

$$\text{DOC-Elimination in \%} = \left(1 - \frac{\text{DOC}_{\text{AnsatzTX}} - \text{DOC}_{\text{BlindTX}}}{\text{DOC}_{\text{AnsatzT0}} - \text{DOC}_{\text{BlindT0}}} \right) \times 100$$

$\text{DOC}_{\text{AnsatzTX}}$ = Konzentration DOC im Test-Ansatz zum Zeitpunkt T=X

$\text{DOC}_{\text{BlindTX}}$ = Konzentration DOC im Blind-Ansatz zum Zeitpunkt T=X

$\text{DOC}_{\text{AnsatzT0}}$ = Konzentration DOC im Test-Ansatz Zeitpunkt T0

$\text{DOC}_{\text{BlindT0}}$ = Konzentration DOC im Blind-Ansatz zum Zeitpunkt T0

Bestimmung Adsorption

Eine mögliche Adsorption kann berechnet werden aus der effektiv zudosierten Menge DOC (durch die Abwasserprobe) und der Messung des DOC zum Zeitpunkt T0.

Dafür die Abwasserprobe identisch mit dem mineralischen Medium verdünnen analog zum Testansatz und den DOC-Wert bestimmen.

Tabelle 4

$$\text{Adsorption in \%} = \left(1 - \frac{\text{DOC}_{\text{AnsatzT0}} - \text{DOC}_{\text{BlindT0}}}{\text{DOC}_{\text{Theoretisch}}} \right) \times 100$$

$\text{DOC}_{\text{AnsatzT0}}$ = Konzentration DOC im Test-Ansatz zum Zeitpunkt T0

$\text{DOC}_{\text{BlindT0}}$ = Konzentration DOC im Blind-Ansatz zum Zeitpunkt T0

$\text{DOC}_{\text{Theoretisch}}$ = Konzentration DOC, verdünntes Abwasser analog Test-Ansatz

Nitrifikationshemmung

$$\text{Nitrifikationsrate [mg NO}_3\text{-N/h]} = \frac{C_{\text{NO}_3,T1} - C_{\text{NO}_3,T0}}{T1 - T0}$$

$C_{\text{NO}_3,T1}$ = Nitratkonzentration 4h

$C_{\text{NO}_3,T0}$ = Nitratkonzentration 0h

$$\text{Nitrifikationshemmung [\%]} = \left(1 - \frac{\text{Nitrifikationsrate Ansatz}}{\text{Nitrifikationsrate Kontrolle}} \right) * 100$$

4 Resultate

Abwasserprobe (Ausgangsprobe)

- pH-Wert
- Leitfähigkeit
- DOC
- TOC
-

Belebtschlamm

- Herkunft (ARA und Ort der Probenahme)

Abwasserprobe Testansatz

- pH-Wert (falls angepasst)
- Leitfähigkeit (falls angepasst)
- Verdünnung
- DOC im Ansatz

Resultate

- Nitrifikationshemmung Testansatz in %
- DOC-Elimination in % Plateau
- DOC-Elimination nach 3d in %
- DOC-Elimination nach 15min (Adsorption)