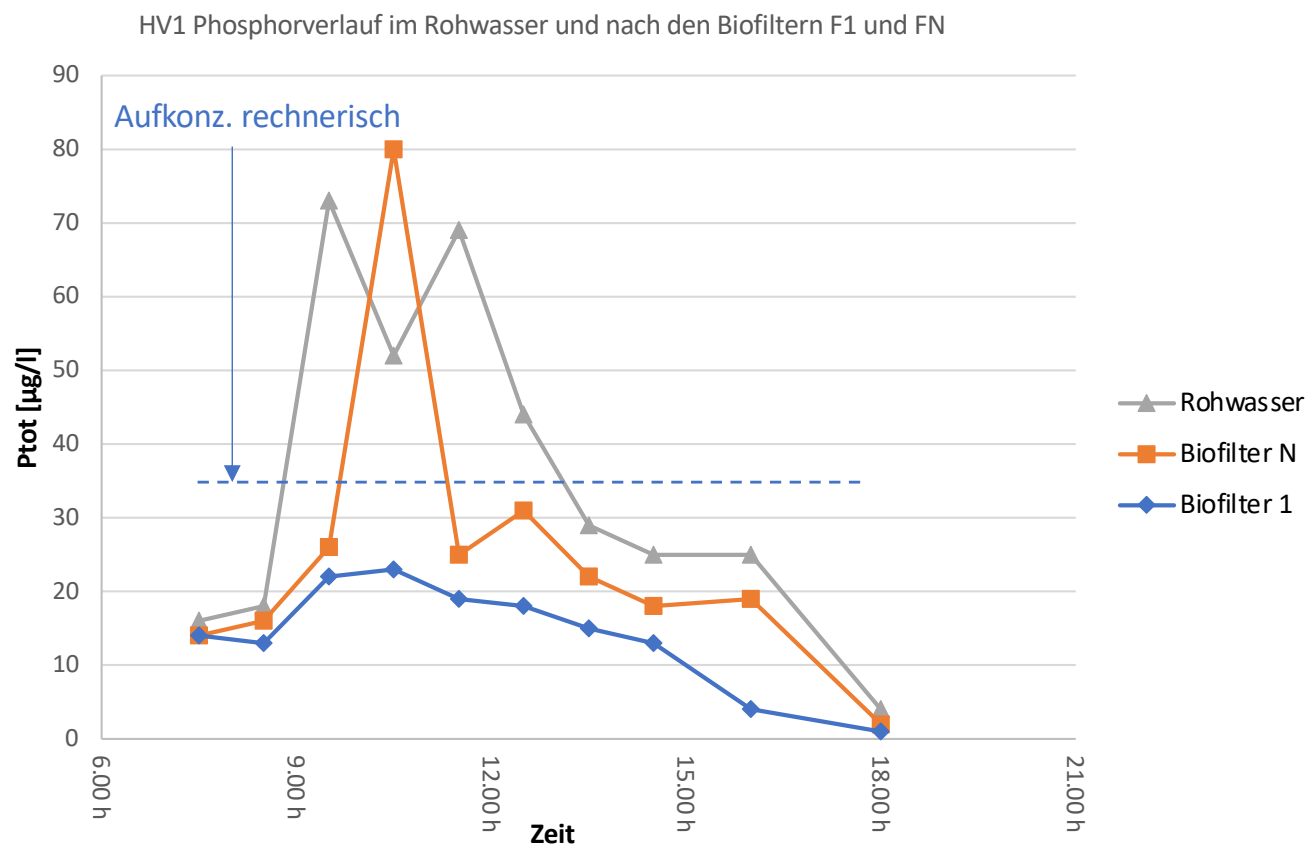
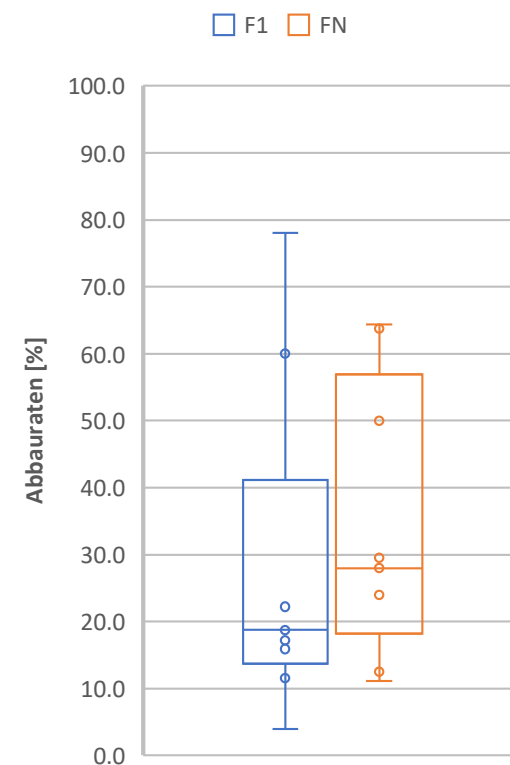


Versuche mit künstlicher Belastung – HV1 Phosphor

Experiments with artificial contamination

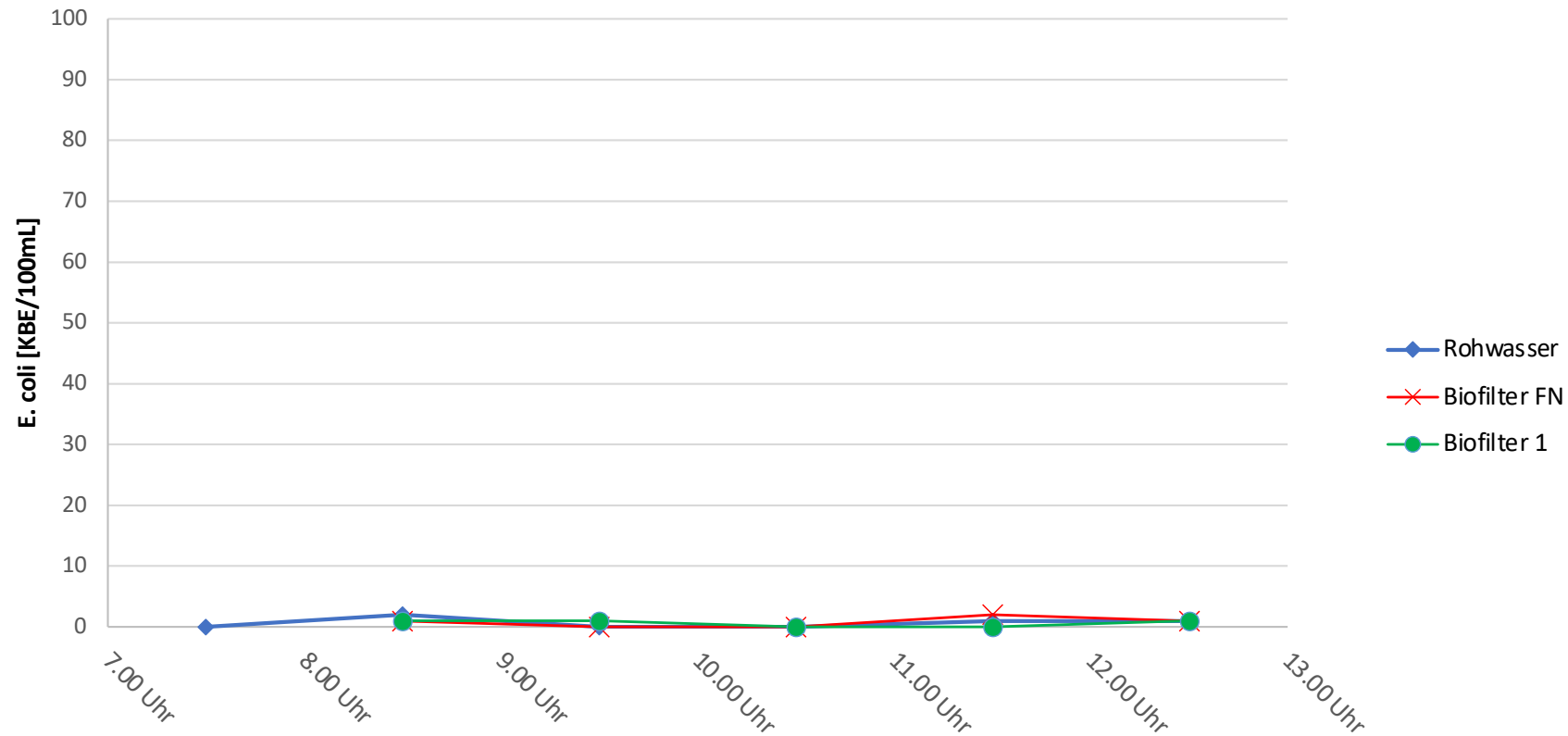


Abbauraten Biofilter HV1



Versuch VV1 - mit Zugabe von E-coli

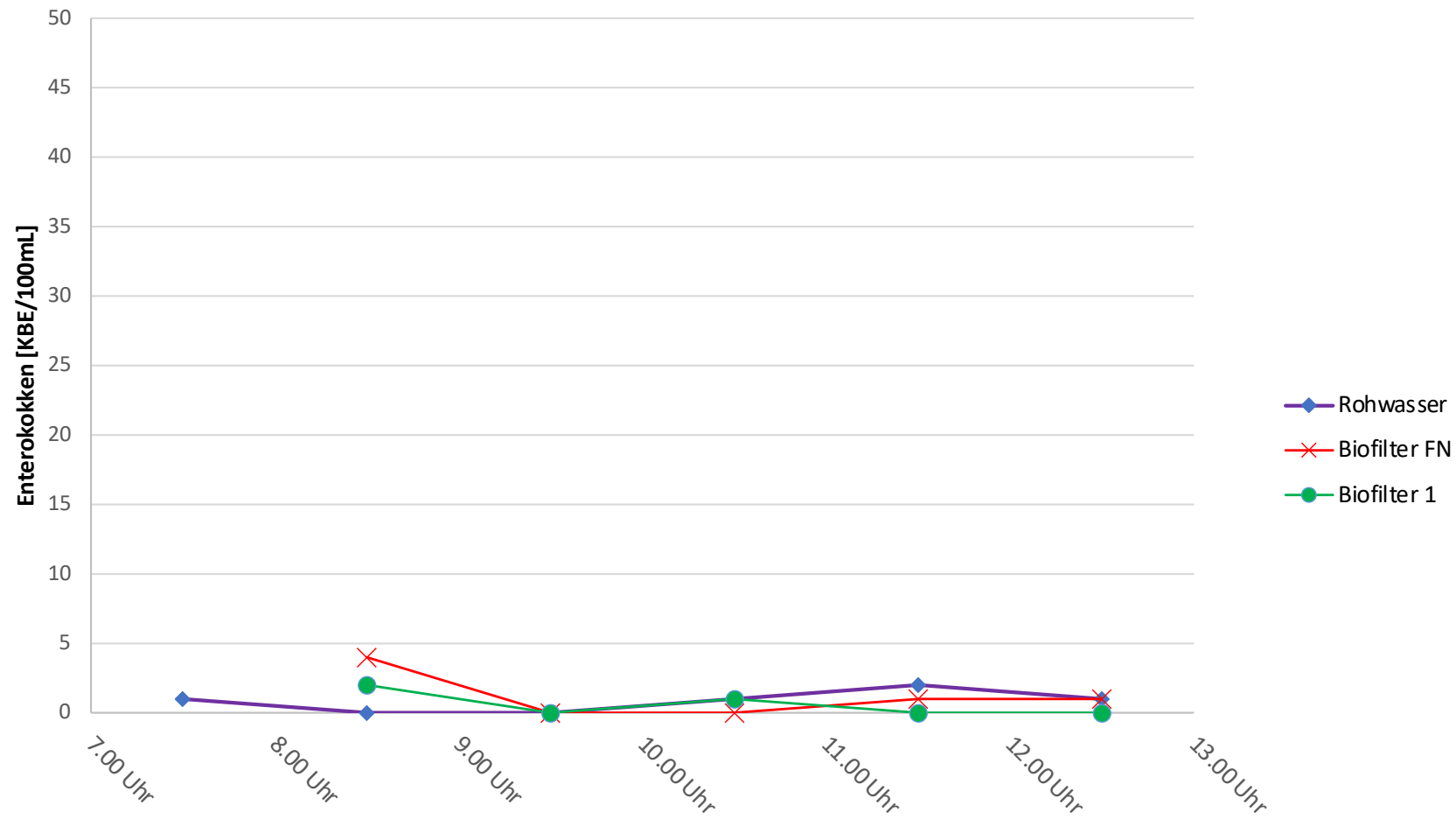
Experiments with artificial contamination



Kultur		Im Becken		
Angabe ASA	Gemessen	Soll Start Messwert gem. Berechnung mit Angaben ASA	Start Keimzahl gem. Berechnung mit Nachbestimmung	Abweichung
<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>	Soll/Ist
[KBE/ml]	[KBE/ml]	KBE/100ml	KBE/100ml	%
10'000'000	1'400'000	156	22	-86

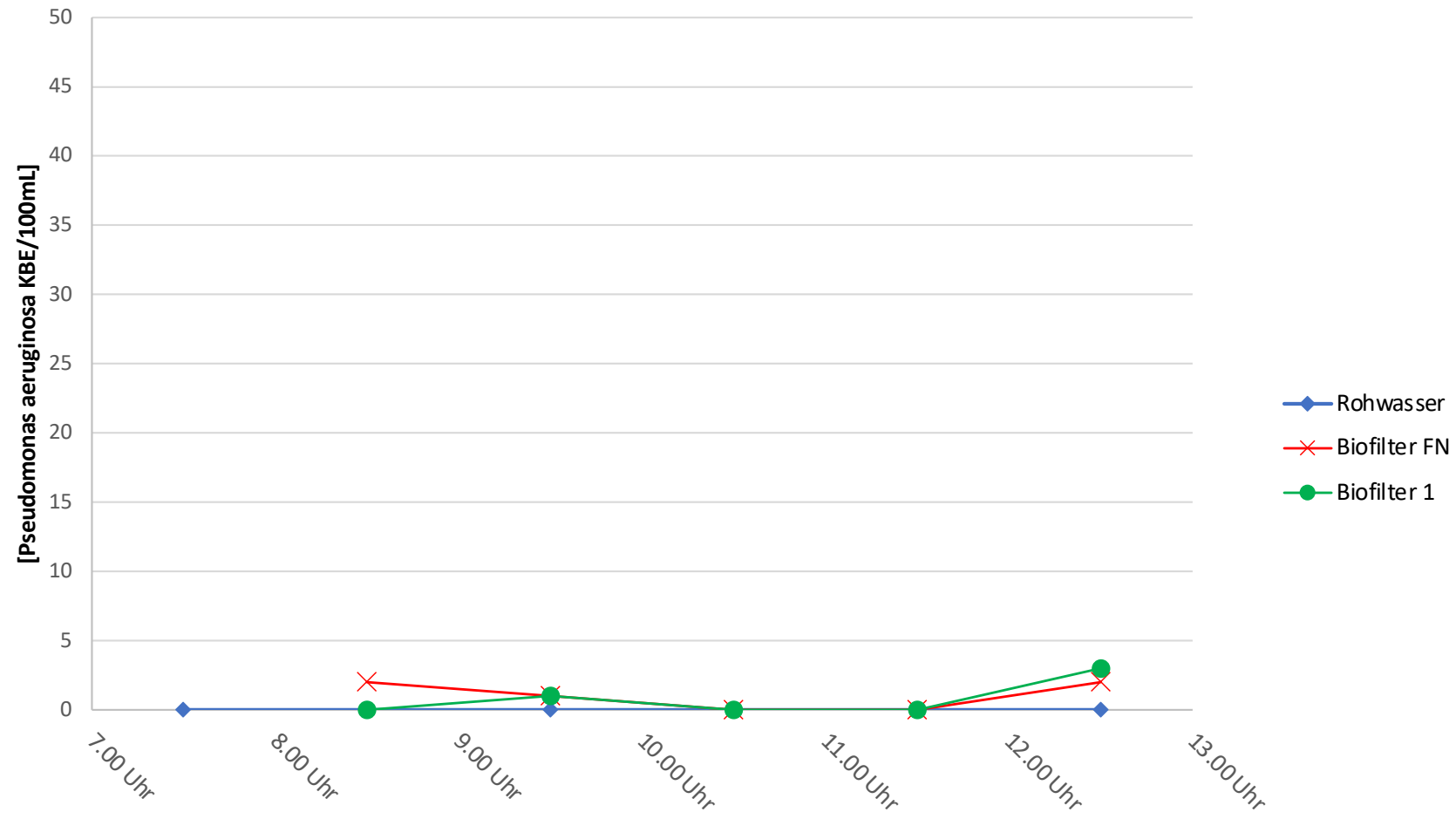
Versuch – VV1, Enterokokken (ohne Zugabe)

Experiments with artificial contamination



Versuch VV1: Pseudomonas aeruginosa (ohne Zugabe)

Experiments with artificial contamination



Methoden – Übersicht der Versuchsparameter

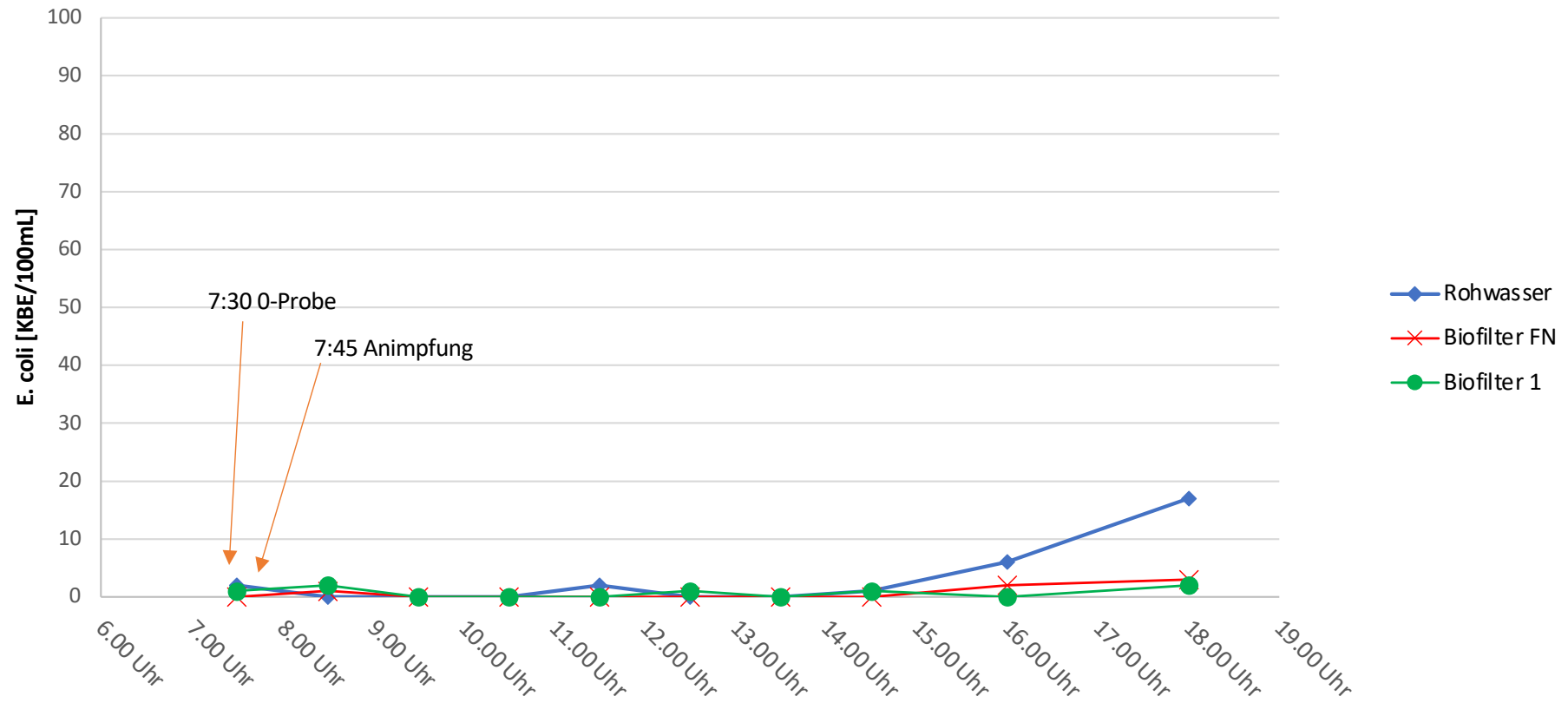
Methods - Experimental Design Overview

Versuch	Datum	Filterbetrieb	Bg	Animpfung (Messwertziel)		Düngung	Plankton
				<i>E. coli</i>	Enterokokken		
				[KBE/100ml]	[KBE/100ml]	[µg/l]	
Vorversuch	08.08.2024	Norm	-	+156		+ 20 µg	
Hauptversuch 1	21.08.2024	Norm	Ja	+1042	+25	+ 20 µg	x
Hauptversuch 2	22.08.2024, VM	Interne Umwälzung (in situ)	-	+1042	+25		(x)
Hauptversuch 2	22.08.2024, NM	Norm	Ja				
Hauptversuch 3	18.09.2024	Norm	-	+1000	+500		x
Kleinbecken	18.09.2024	Becken	-	+1000	+500		



Versuch HV1: mit Zugabe von E-coli

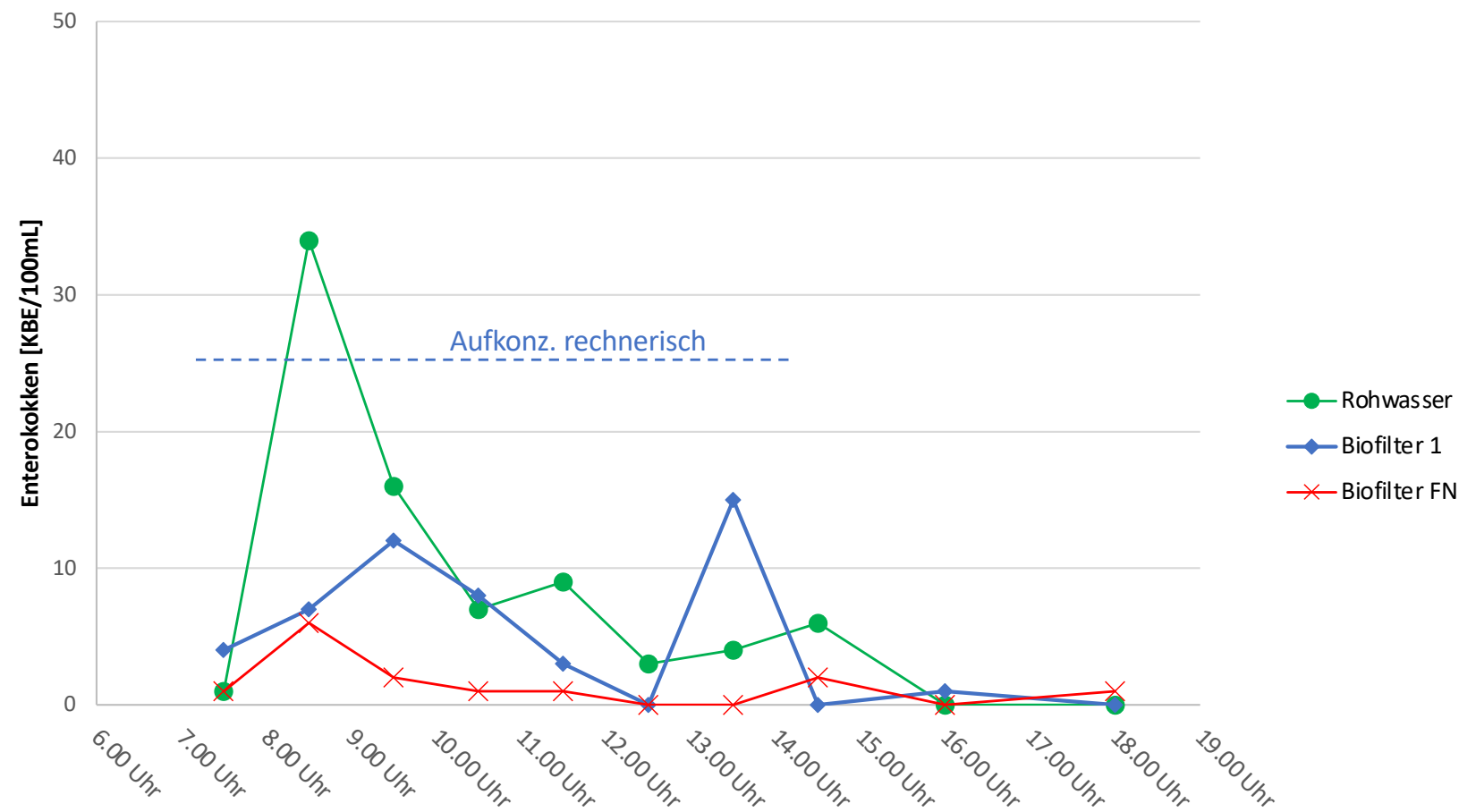
Experiments with artificial contamination



Kultur		Im Becken		Abweichung
Angabe ASA	Gemessen	Soll Start Messwert gem. Berechnung mit Angaben ASA	Start Keimzahl gem. Berechnung mit Nachbestimmung	
<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>
[KBE/ml]	[KBE/ml]	KBE/100ml	KBE/100ml	%
200'000'000	110'000'000	1042	573	-45

Versuch HV1 - mit Zugabe von Enterokokken

Experiments with artificial contamination

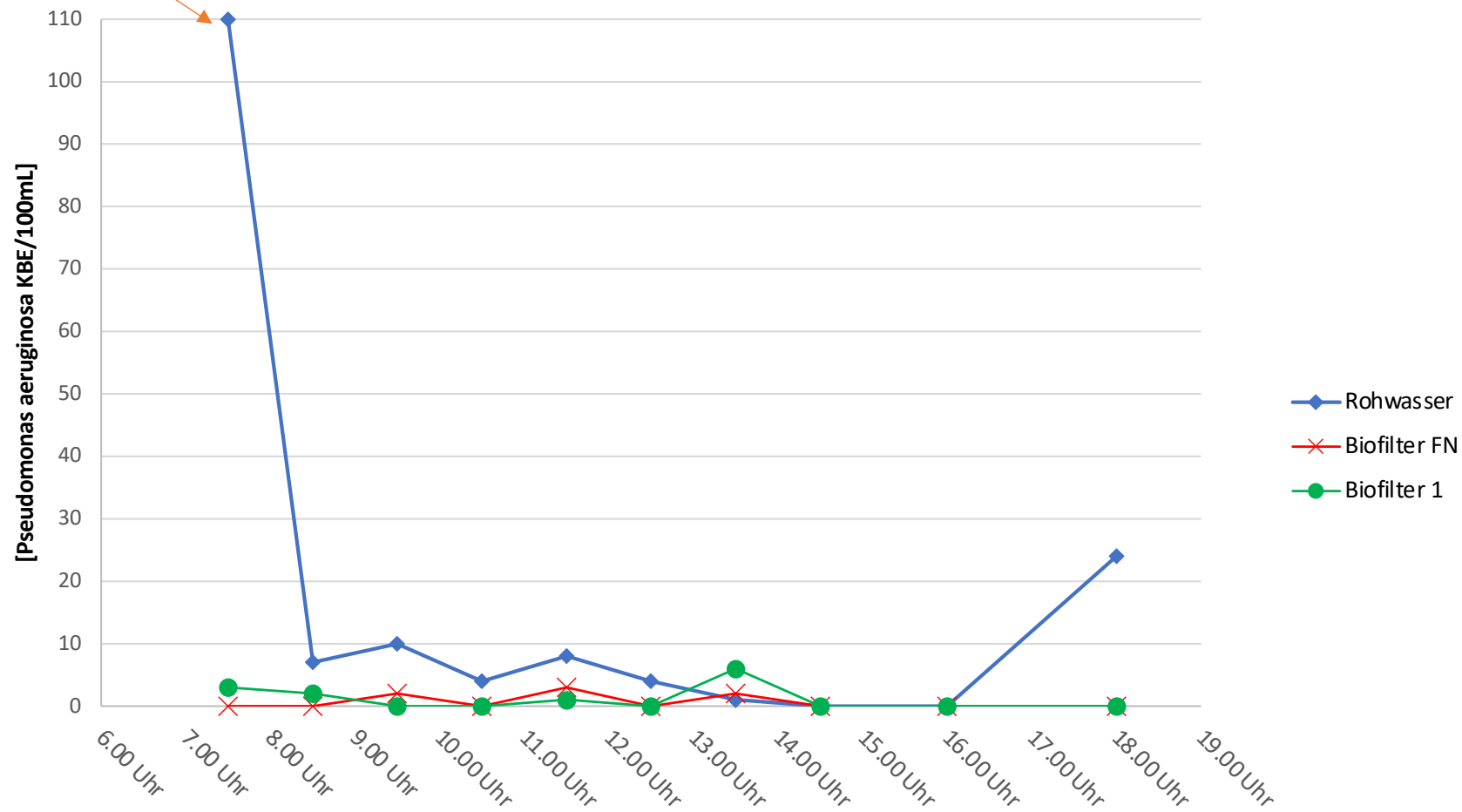


Kultur		Im Becken		
Angabe ASA	Gemessen	Soll Start Messwert gem. Berechnung mit Angaben ASA	Start Keimzahl gem. Berechnung mit Nachbestimmung	Abweichung
Enterokokken	Enterokokken	Enterokokken	Enterokokken	Soll/Ist
[KBE/ml]	[KBE/ml]	KBE/100ml	KBE/100ml	%
250'000	Kein Rest vorhanden	26	Kein Rest vorhanden	-

Versuch HV1: Pseudomonas aeruginosa (ohne Zugabe)

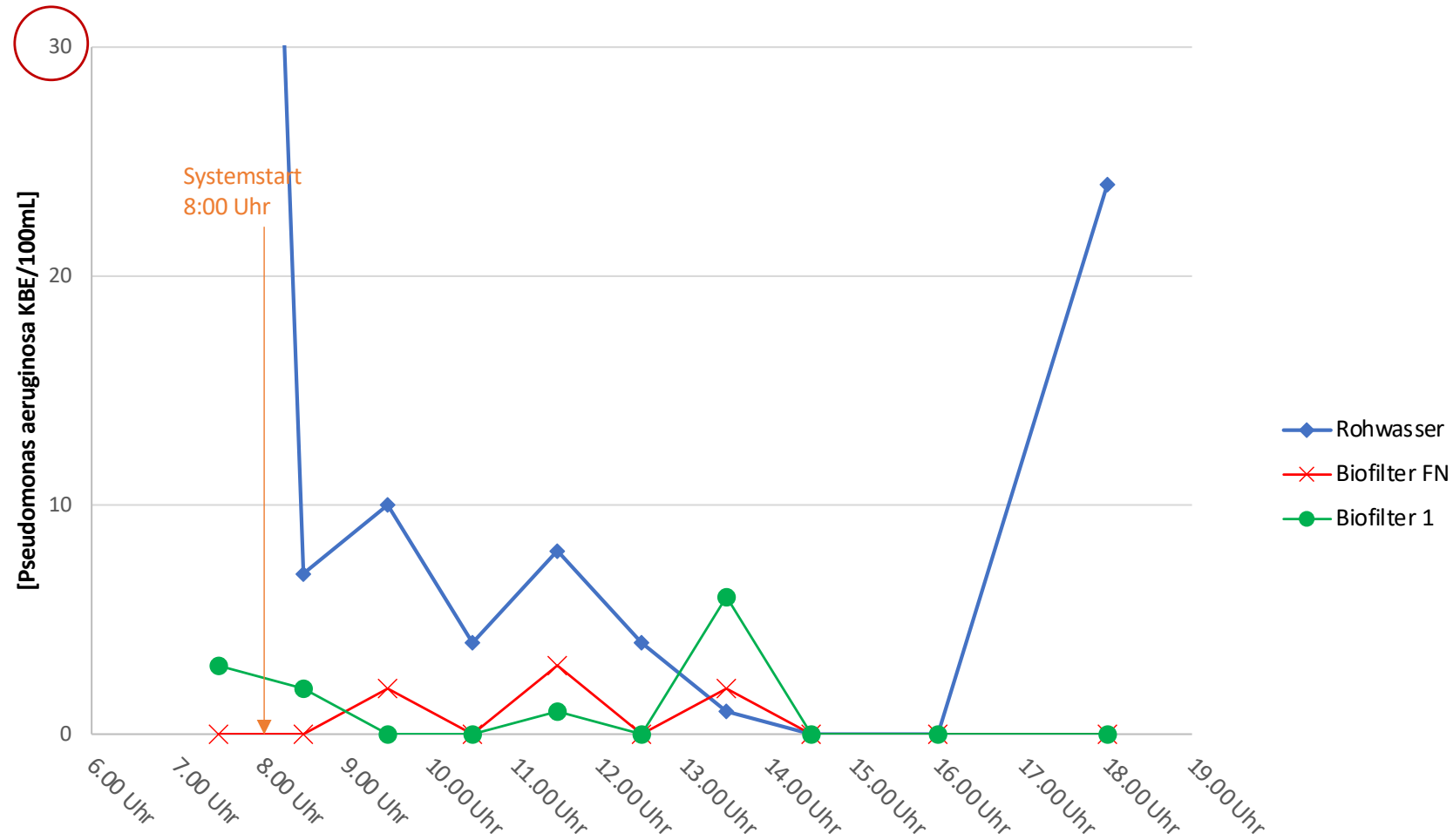
Experiments with artificial contamination

Roboter lief zuvor



Versuch HV1: Pseudomonas aeruginosa (ohne Zugabe)

Experiments with artificial contamination



Methoden – Übersicht der Versuchsparameter

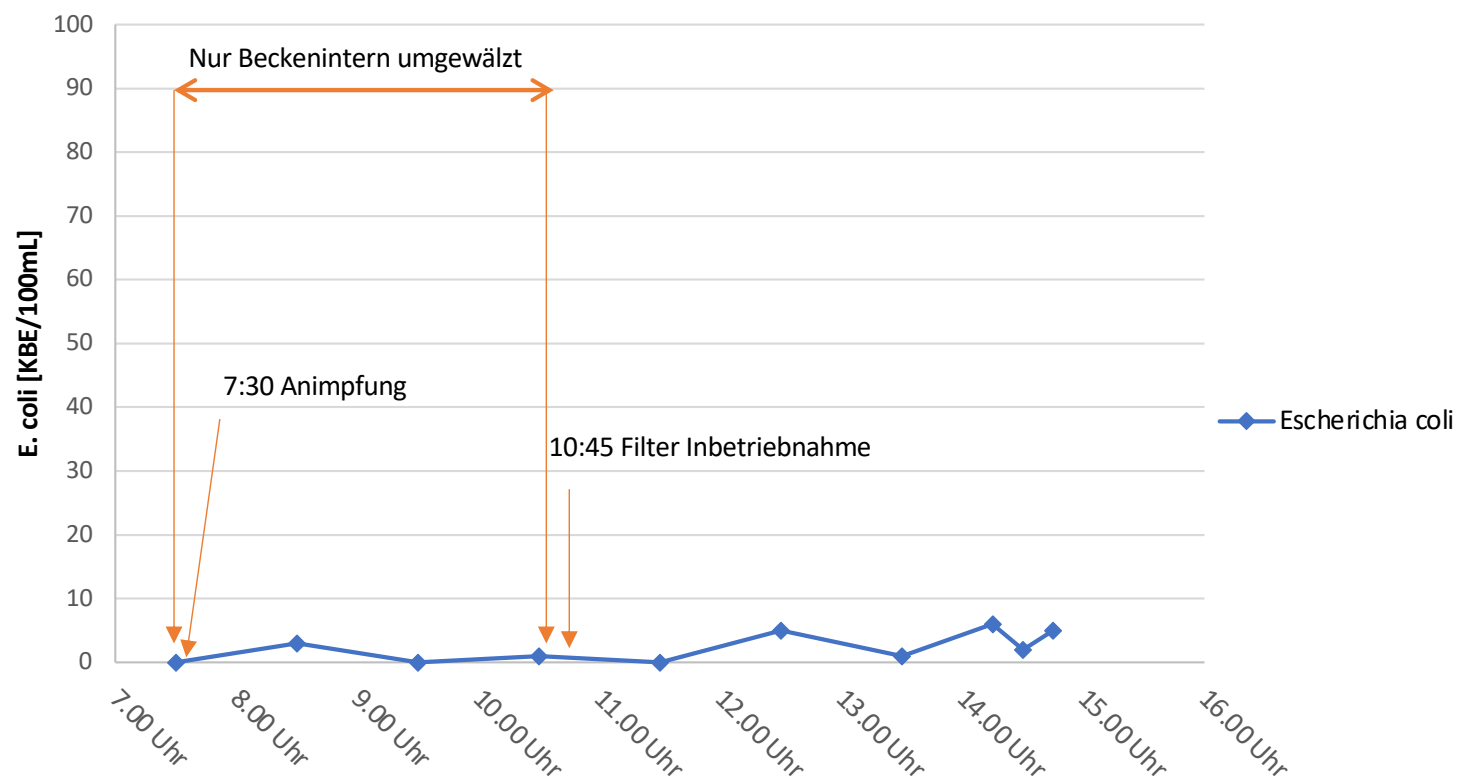
Methods - Experimental Design Overview

Versuch	Datum	Filterbetrieb	Bg	Animpfung (Messwertziel)		Düngung	Plankton
				<i>E. coli</i>	Enterokokken		
				[KBE/100ml]	[KBE/100ml]	[µg/l]	
Vorversuch	08.08.2024	Norm	-	+156		+ 20 µg	
Hauptversuch 1	21.08.2024	Norm	Ja	+1042	+25	+ 20 µg	x
Hauptversuch 2	22.08.2024, VM	Interne Umwälzung (in situ)	-	+1042	+25		(x)
Hauptversuch 2	22.08.2024, NM	Norm	Ja				
Hauptversuch 3	18.09.2024	Norm	-	+1000	+500		x
Kleinbecken	18.09.2024	Becken	-	+1000	+500		



Versuch HV2: mit Zugabe von E-coli

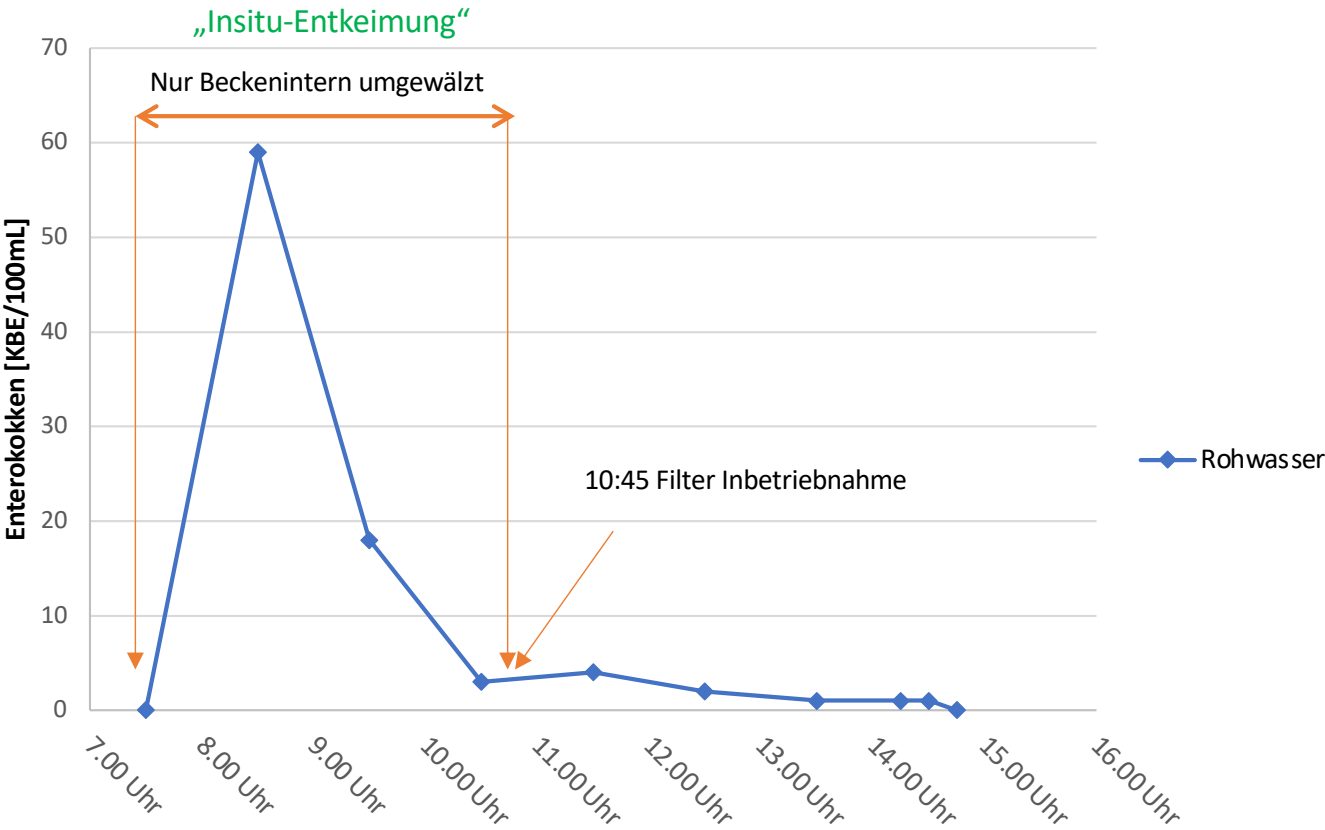
Experiments with artificial contamination



Kultur		Im Becken		
Angabe ASA	Gemessen	Soll Start Messwert gem. Berechnung mit Angaben ASA	Start Keimzahl gem. Berechnung mit Nachbestimmung	Abweichung
<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>
[KBE/ml]	[KBE/ml]	KBE/100ml	KBE/100ml	%
200'000'000	110'000'000	1042	573	-45

Versuch HV2: mit Zugabe von Enterokokken

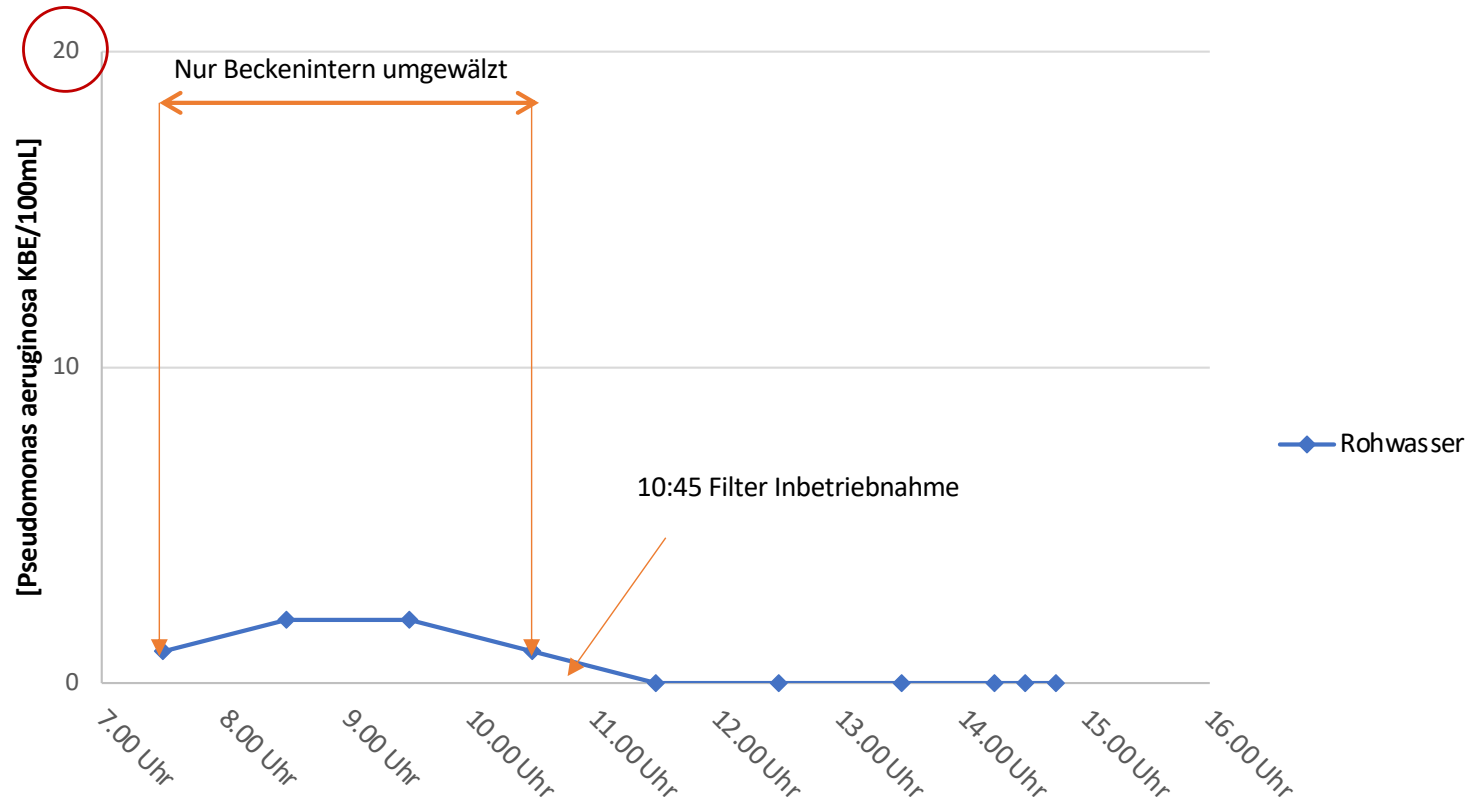
Experiments with artificial contamination



Kultur		Im Becken		
		Soll Start Messwert gem. Berechnung mit Angaben ASA	Start Keimzahl gem. Berechnung mit Nachbestimmung	Abweichung
Angabe ASA	Gemessen			
Enterokokken	Enterokokken	Enterokokken	Enterokokken	Soll/Ist
[KBE/ml]	[KBE/ml]	KBE/100ml	KBE/100ml	%
250'000	Kein Rest vorhanden	26	Kein Rest vorhanden	-

Versuch HV2: Pseudomonas aeruginosa (ohne Zugabe)

Experiments with artificial contamination



Methoden – Übersicht der Versuchsparameter

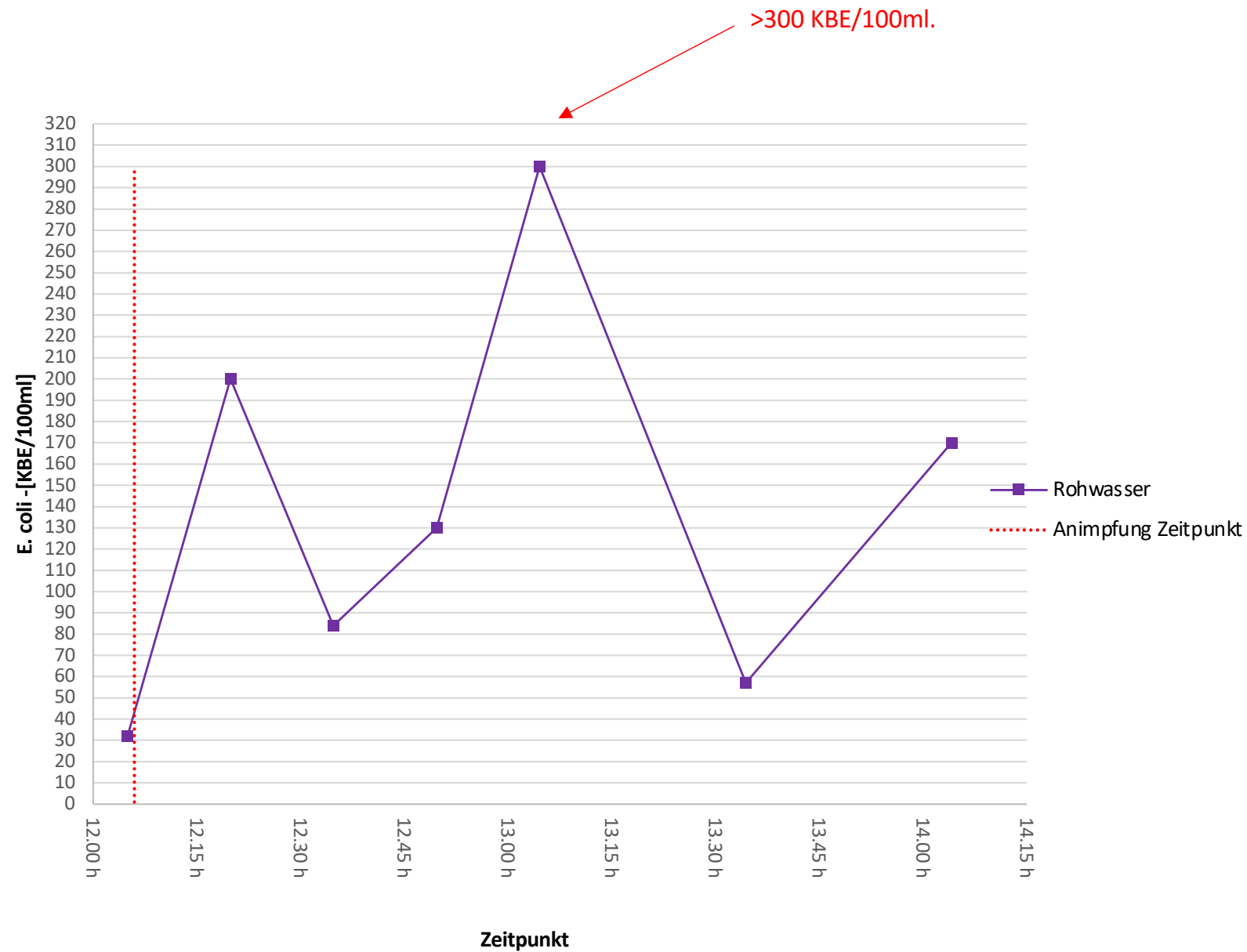
Methods - Experimental Design Overview

Versuch	Datum	Filterbetrieb	Bg	Animpfung (Messwertziel)		Düngung	Plankton
				<i>E. coli</i>	Enterokokken		
				[KBE/100ml]	[KBE/100ml]	[µg/l]	
Vorversuch	08.08.2024	Norm	-	+156		+ 20 µg	
Hauptversuch 1	21.08.2024	Norm	Ja	+1042	+25	+ 20 µg	x
Hauptversuch 2	22.08.2024, VM	Interne Umwälzung (in situ)	-	+1042	+25		(x)
Hauptversuch 2	22.08.2024, NM	Norm	Ja				
Hauptversuch 3	18.09.2024	Norm	-	+1000	+500		x
Kleinbecken	18.09.2024	Becken	-	+1000	+500		



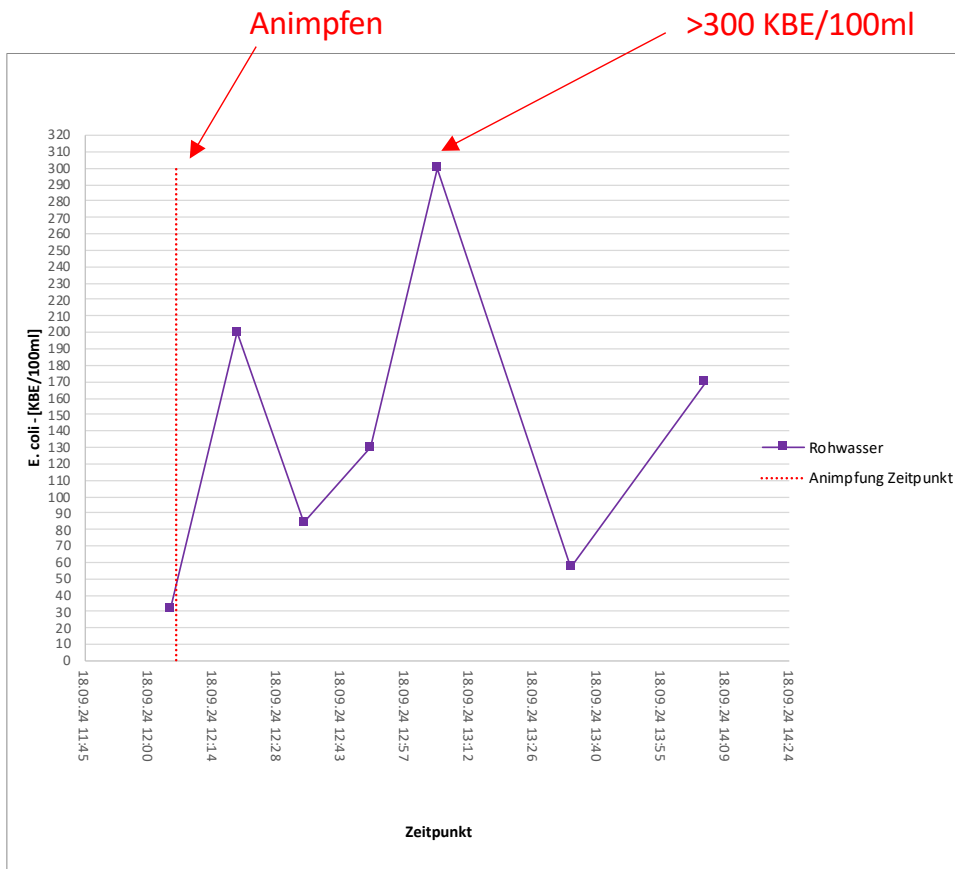
Versuch HV3: mit Zugabe von E-coli

Experiments with artificial contamination

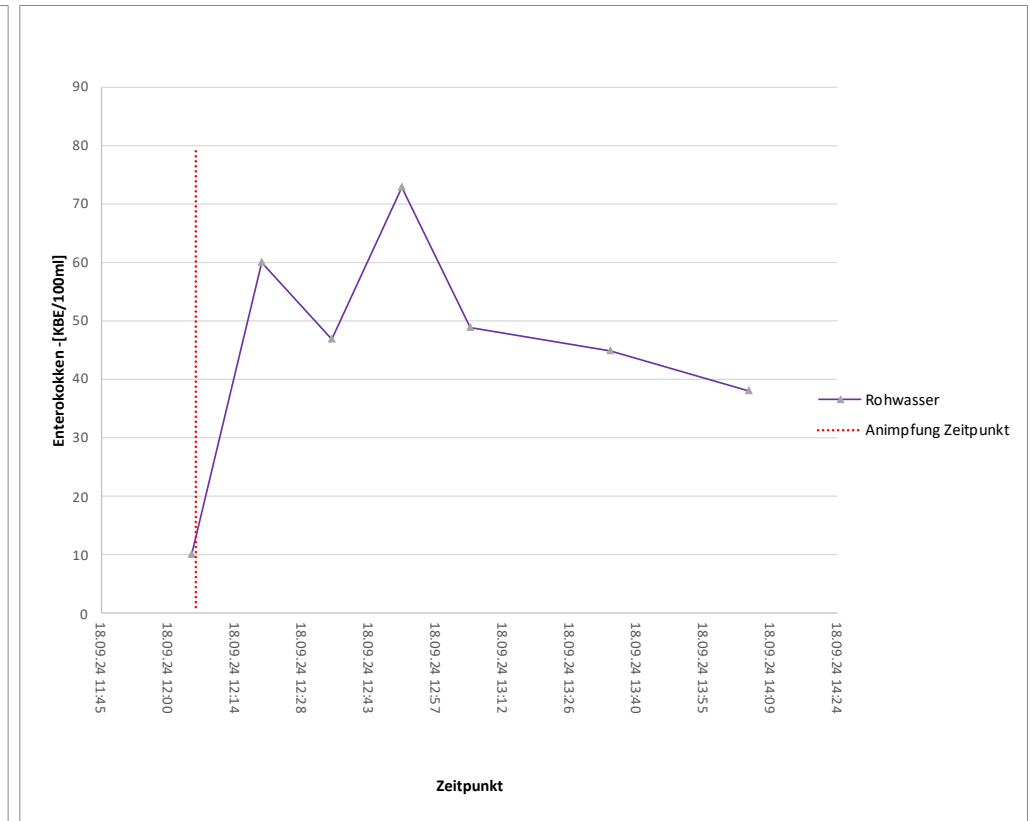


Versuch HV2: mit Zugabe von E-coli und Enterokokken

Experiments with artificial contamination



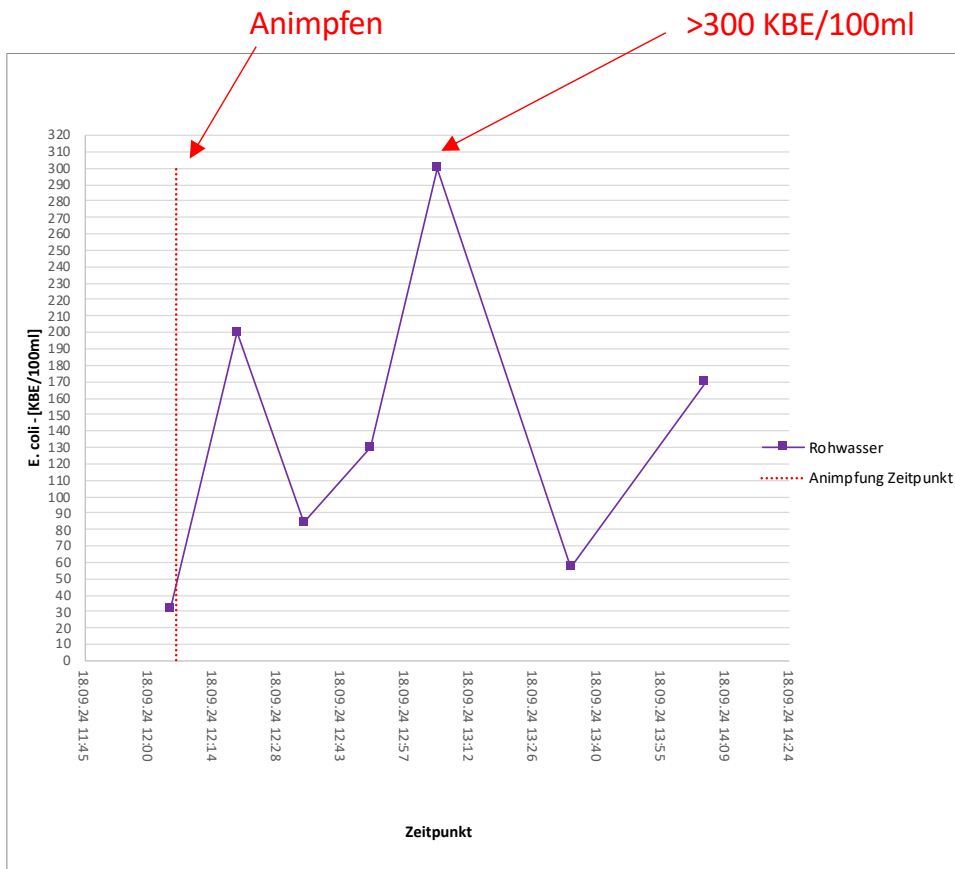
Gem. Kontrolle der Kulturen nach den Versuchen sind E. coli um 1'633 KBE/100ml erhöht worden (rechnerisch). Gemessen wurde ein maximaler Wert von >300 KBE/100ml zu einem Zeitpunkt



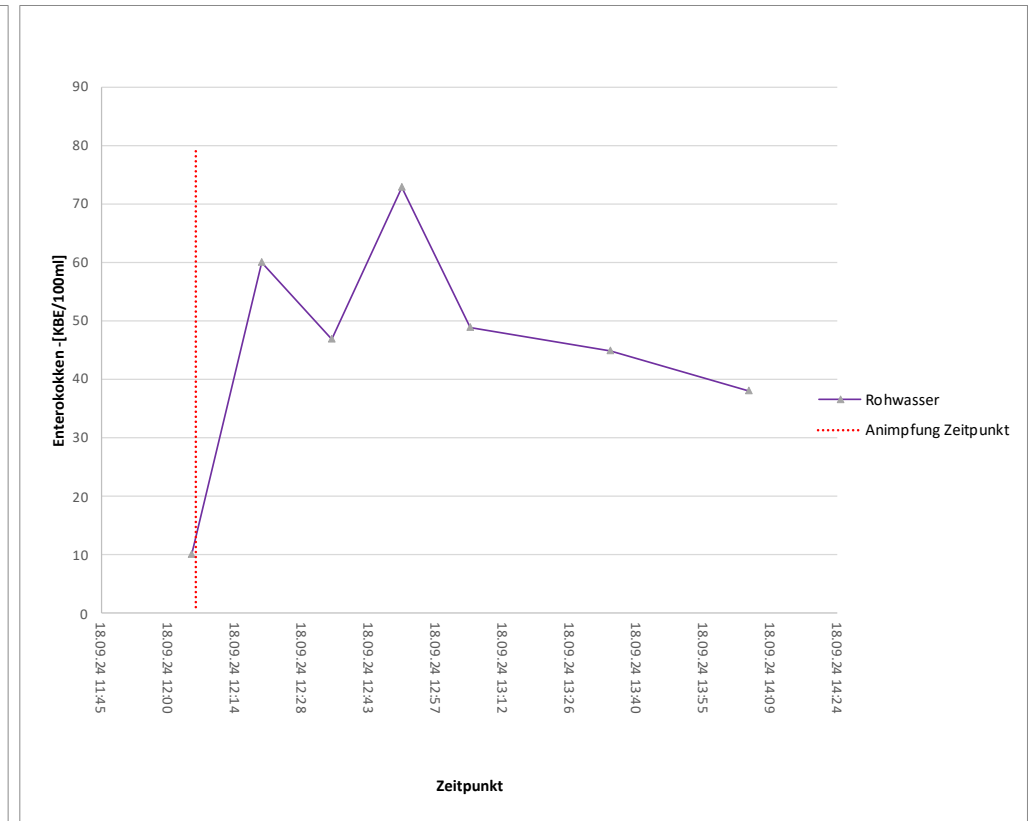
Gem. Kontrolle der Kulturen nach den Versuchen sind Enterokokken um 110 KBE/100ml erhöht worden (rechnerisch). Gemessen wurde ein maximaler Wert von 73 KBE/100ml

Versuch HV2: mit Zugabe von E-coli und Enterokokken

Experiments with artificial contamination



Gem. Kontrolle der Kulturen nach den Versuchen sind E. coli um 1'633 KBE/100ml erhöht worden (rechnerisch). Gemessen wurde ein maximaler Wert von >300 KBE/100ml zu einem Zeitpunkt



Gem. Kontrolle der Kulturen nach den Versuchen sind Enterokokken um 110 KBE/100ml erhöht worden (rechnerisch). Gemessen wurde ein maximaler Wert von 73 KBE/100ml

Diskussion und Zwischenfazit

Discussion & Interim Conclusion

Diskussion der Methode

Die Animpfung von e. coli hat sich als herausfordernd erwiesen.

Kritische Punkte:

- Kultur: Präzision und Stabilität bei Ansatz, Transport bis Einbringung → Blindflug Animpfmengen
- Anmischung, Beckenvermischung
- Probenahmezeitpunkte, Probenahmeorte und – Vorgehen
- Zwischenlagerung, Transport, Laborauswertungen

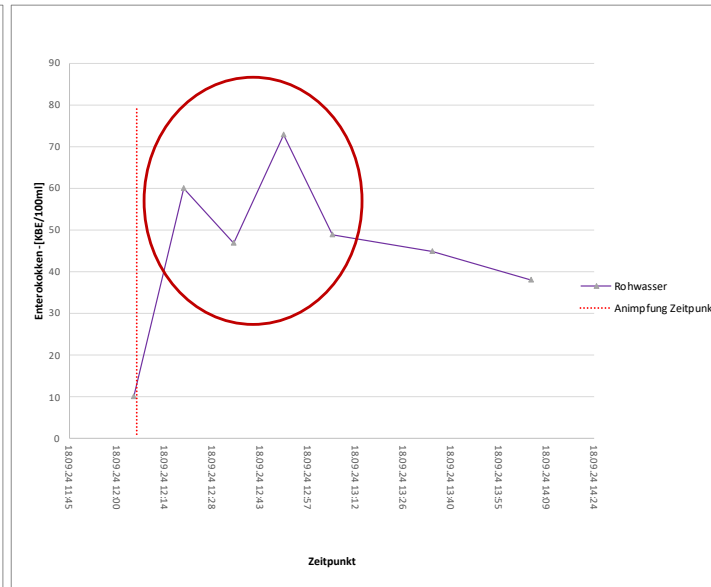
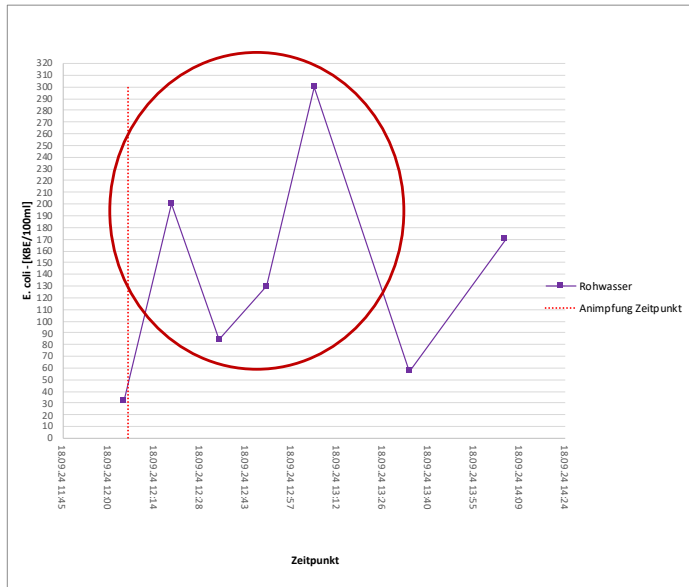
Method Discussion

Spiking with E. coli proved challenging. Critical points:

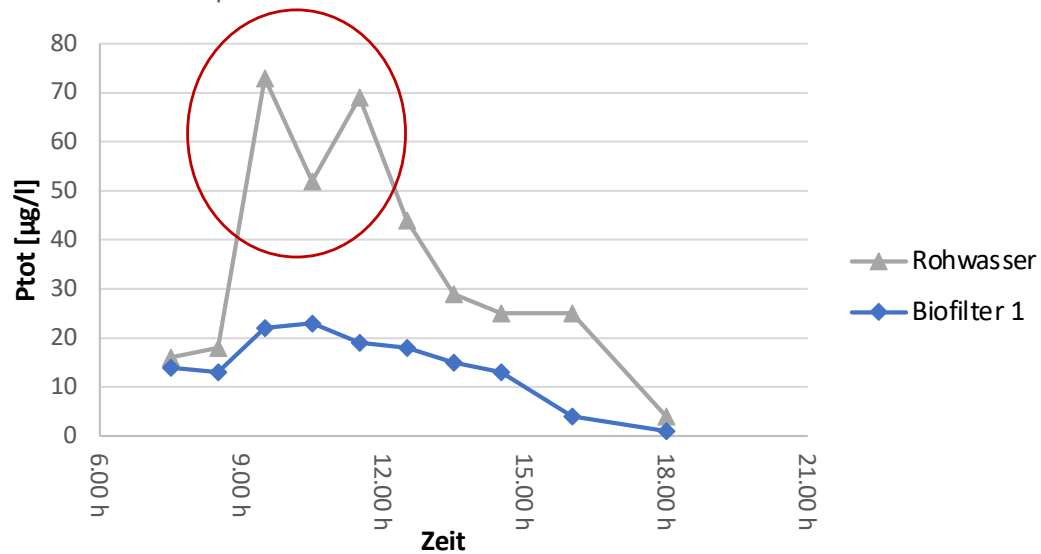
- Culture: precision and stability from preparation to transport up to dosing.
- Premixing & basin mixing.
- Sampling plan: sampling times, locations, and procedures.
- Holding & transport, and laboratory analysis.

Herausforderung Vermischung – Wiederholendes Phänomen „Doppel-Peak“

Challenge of mixing – Recurrent “double peak” phenomenon



HV1 Phosphorverlauf im Rohwasser und nach den Biofiltern F1 und FN



Diskussion und Zwischenfazit

Discussion & Interim Conclusion

Diskussion der Methode

- Enterokokken scheinen einfacher in der Anwendung, da diese sich stabiler erhalten lassen. Der langsamere Abbau von Enterokokken gegenüber E. coli entspricht im allgemeinen der Theorie.
- Eine saubere Vermischung der Keime im Beckenwasser und die schnelle Abbaurate stehen beim Versuchsdesign im Widerspruch (Abbau vor Messung vs. besser Vermischung ohne Peak).
- Für die Vermischung im Becken wäre eine noch stärkere interne Umwälzung anzustreben, damit die Vermischung schneller stattfindet als der Abbau.

Method Discussion

- Enterococci appear easier to work with because they can be kept more stable. Their slower die-off compared with E. coli is generally consistent with the literature.
- There is an inherent trade-off in the test design: achieving uniform mixing vs. capturing the initial peak when decay is rapid (elimination before measurement vs. better mixing but a flattened peak).
- For improved mixing in the basin, aim for higher recirculation, so that mixing is faster than elimination.

Diskussion und Zwischenfazit

Discussion & Interim Conclusion

Allgemeine Erkenntnisse zur Abnahme der Indikatorkeime E-coli und Enterokokken

Abnahme ohne Filterbetrieb:

- Sehr schnelle Abnahme im Becken, auch ohne Filterbetrieb.
- Abbau-Mechanismen gem. Literatur wirken (Milieu-Wechsel).
- Anaeroben Zonen & insbesondere Sedimente verhindern.

Abnahme beschleunigt durch Biofilter:

Biologische Schnellfilter reduzieren/filtern Keime (GKZ ↓ nachgewiesen).

Vermutet: Konkurrenz im Biofilm und Absterben (Milieu-Wechsel).

Zooplankton: Vorhanden; überwiegend < 20 µm; Befunde (Biberstein, n=3) konsistent. Allein durch Zooplankton (≈ 7–15 % Beckenvolumen/Tag) nicht erklärbar → **Teileffekt**.

General findings on the decline of the indicator organisms E. coli and enterococci

Decline without filter operation:

- very rapid decrease in the basin.
- Literature mechanisms (milieu shift) are acting.
- No anaerobic zones (avoid survival/growth).
- No sediments (no nutrient resupply).

Biofilters accelerate decline: biologically active rapid filters reduce/filter microbes (total counts ↓ documented). Likely mechanisms: competition in the biofilm and subsequent die-off (milieu shift).

Zooplankton: present; predominantly < 20 µm; consistent counts (Biberstein, n=3). Zooplankton alone (~ 7–15 % basin volume/day) does not explain observed rates → **partial contributor**.

Diskussion und Zwischenfazit

Discussion & Interim Conclusion



Zwischenfazit:

Allgemeine Erkenntnisse zur Abnahme der Die Anlage erfüllt unter den getesteten Bedingungen die Vorgaben, die Prozesse wirken robust; für reale Spitzenlast-Szenarien sind weitergehende Validierungen sinnvoll.

Interim conclusion:

Under tested conditions the system meets standards; processes appear robust; further validation recommended for real peak-load scenarios.

Projekt Referenzanlagen und Nährstoffmanagement

Mikrobiologische Dynamik in biologisch aufbereiteten Bädern mit
Schnellfiltern

Matthias Frei

MSc. ZFH in Umweltingenieurwesen

ASC Schweiz | Neuburgstr. 75a | 8408 Winterthur

