



Mikrobiologische Dynamik in biologisch aufbereiteten Bädern mit biologischen Schnellfiltern
Microbial Dynamics in Biologically Treated Swimming-Pools with rapid Biofilters

Matthias Frei
MSc. ZFH in Umweltingenieurwesen
matthias.frei@ascschweiz.org

Einleitung (Wird nicht gezeigt)

Introduction

Forschung zu biol. Schnellfiltern ist in den letzten 15 Jahren stark fortgeschritten
Europaweit im Privatbereich weit verbreiteter Stand der Technik
Funktion & Leistung in der Branche weitgehend unumstritten

Bei öffentlichen Anlagen aber noch sehr selten.

FLL-Empfehlungen für öffentliche Anlagen wird zur Zeit überarbeitet und neu in die Normen der DGfNB integriert

Biol. Schnellfilter werden neu in dieser Norm integriert und wird als „Verfahren“ anerkannt
Zur Untersuchung der Wirkungsweise und Leistung dieser Filter wurden in vorliegendem Gemeinschaftsprojekt die Anlage Biberstein genauer untersucht

Projekt- und Forschungspartner

Project & Research Partners

Projektpartner:



Deutsche Gesellschaft
für das Badewesen e.V.

Forschungspartner:

ASC SCHWEIZ



Wasserqualität – Definition von Anforderungen und Beurteilungskriterien

Water Quality — Definition of Requirements and Assessment Criteria



Physikalische Wasserqualität

Leitfähigkeit, pH, Sauerstoff, etc.

Physical Water Quality

Conductivity, pH, Dissolved Oxygen



Chemische Wasserqualität

Schadstoffe (Abbauprodukte), Nährstoffe

Chemical Water Quality

Nutrients and degradation by-products



Mikrobielle Wasserqualität

Bakterien (Virus, Protozen, Pilze)

Microbial Water Quality

Bacteria (Viruses, Protozoa & Fungi)



Visuelle Wasserqualität

Algen, Beläge, Trübung

Visual Water Quality

Algae, Deposits, Turbidity



Bewirtschaftungsaufwand

Anlagenbetrieb, Beckenpflege

Operations & Maintenance

Plant Operation, Basin Maintenance

Beurteilung			Ermutung Zielvorgaben
	1	sehr gut	Zielvorgaben Eingehalten
	2	gut	
	3	mässig	Zielvorgaben überschritten
	4	unbefriedigend	
	5	schlecht	



Indikator Mikroorganismen

Indicator Microorganisms

- Es ist heute noch nicht möglich alle relevanten Viren und Keime zu messen
- Indikatororganismen repräsentieren eine mögliche Verunreinigung durch fäkale Verunreinigung
- **Escherichia coli (E. coli)** → zeigt kürzlich eingetretene, fäkale Kontamination an
- **Enterokokken** (fäkale Streptokokken) → gelten als etwas resistenter als E. coli, daher eher für zurückliegende Verunreinigungen geeignet
- **Pseudomonas aeruginosa**
- Überall vorkommend, sehr hohe Werte weisen auf Defizite in der Anlage hin (wenig Sauerstoff, hohe Temperaturen, Nährstoffgehalt)
- Ob die Dynamik dieser 3 Organismen ein umfassendes Abbild ergeben ist sehr umstritten.
- It is not yet possible to measure all viruses and microbes.
- Indicator organisms represent potential contamination from faecal sources.
- **Escherichia coli (E. coli)** — indicates recent fecal contamination.
- **Enterococci (fecal streptococci)** — more persistent in water than E. coli; better indicators of earlier/older contamination.
- **Pseudomonas aeruginosa** — ubiquitous; elevated counts point to operational deficiencies (e.g., low dissolved oxygen, high temperatures, elevated nutrients).
- Whether the dynamics of these 3 organisms provide a comprehensive picture remains highly debated.

Bosch, A., Pintó, R. M., & Guix, S. (2018). Human enteric viruses in the environment: Current knowledge and future perspectives. *Current Opinion in Virology*, 28, 1–10.

Fongaro, G., Varela, D., & Hernández, M. (2024). Enteric viruses in wastewater: Occurrence, survival, and public health implications. *Microorganisms*, 12(7), 1430.

Hamza, I. A., & Bibby, K. (2019). Critical issues in human virus detection by metagenomics in environmental and clinical samples. *Science of the Total Environment*, 672, 770–779.

Hewitt, J., Leonard, M., Greening, G. E., & Lewis, G. D. (2012). Influence of wastewater treatment process and the population size on human virus profiles in wastewater. *Water Research*, 46(18), 6340–6349.

Indikator Mikroorganismen

Indicator Microorganisms

- Z.B. sind mehr als **140 Virustypen** bekannt, die im Zusammenhang mit fäkaler Verunreinigung im Wasser auftreten können
- Einige Viren sind resistenter gegenüber Umweltstress.
- Viren (z. B. Adenoviren, Noroviren, Rotaviren, Enteroviren) überleben im Wasser oft länger als E. coli und Enterokokken.
- Studien zeigen, dass es keine klare lineare Korrelation zwischen Bakterien-Indikatoren und dem tatsächlichen Vorkommen von Viren gibt.
- Gegenüber der Beurteilung von Naturgewässern, sind die Grenzwerte aber auch mit einem Faktor 10 tiefer angesetzt und somit viel strenger beurteilt
- Over **140 virus types** are known that can be associated with fecal contamination.
- Some viruses are more resistant to environmental stressors.
- Viruses (e.g., adenoviruses, noroviruses, rotaviruses, enteroviruses) often persist longer in water than E. coli and enterococci.
- Studies show no linear correlation between bacterial indicators and the actual presence of viruses.

Mögliche Optimierungen

- Kombination aus bakteriellen Indikatoren + virologischen Methoden (z. B. qPCR für Adenoviren oder Noroviren) wären repräsentativer für akute Gefahren
- Metagenomik oder gezielte Virenmarker (z. B. Adenovirus 41, Norovirus GII) als „virale Indikatoren“
- Possible optimizations
- Combine bacterial indicators with virological methods (e.g., qPCR for adenoviruses or noroviruses) for a more representative assessment of acute risk.
- Use metagenomics or targeted viral markers (e.g., Adenovirus 41, Norovirus GII) as “viral indicators.”

Bosch, A., Pintó, R. M., & Guix, S. (2018). Human enteric viruses in the environment: Current knowledge and future perspectives. *Current Opinion in Virology*, 28, 1–10.

Fongaro, G., Varela, D., & Hernández, M. (2024). Enteric viruses in wastewater: Occurrence, survival, and public health implications. *Microorganisms*, 12(7), 1430.

Hamza, I. A., & Bibby, K. (2019). Critical issues in human virus detection by metagenomics in environmental and clinical samples. *Science of the Total Environment*, 672, 770–779.

Hewitt, J., Leonard, M., Greening, G. E., & Lewis, G. D. (2012). Influence of wastewater treatment process and the population size on human virus profiles in wastewater. *Water Research*, 46(18), 6340–6349.

Indikator Mikroorganismen

Indicator Microorganisms

Indikator	Art	Persistenz im Wasser	Typische Nachweismethoden	Aussagekraft	Einschränkungen
Escherichia coli (E. coli)	Bakterium	Stunden bis wenige Tage	Kultur (ISO 9308-1), qPCR	Zeigt frische fäkale Kontamination an	Überlebt viel kürzer als Viren → Risiko wird unterschätzt
Enterokokken (fäkale Streptokokken)	Bakterium	Tage bis wenige Wochen	Kultur (ISO 7899-2), qPCR	Stabiler als E. coli, Anzeige auch bei älterer Kontamination	Immer noch weniger persistent als Viren
Adenoviren (HAdV, v.a. Typ 40/41)	Virus (DNA)	Wochen bis Monate	qPCR, Metagenomik	Sehr stabil , weltweit anerkannter Virus-Indikator	Zeigt nicht alle Viren, aber repräsentativ
Noroviren (NoV GI, GII)	Virus (RNA)	Wochen	RT-qPCR, digital PCR	Leitvirus für akute Gastroenteritis und stark wasserassoziiert	RNA empfindlicher gegen Abbau; Nachweis nur molekular
Rotaviren (RVA)	Virus (RNA)	Tage bis Wochen	RT-qPCR, ELISA (selten)	Besonders bei Kindern relevant	Weniger universell als Adeno-/Noroviren
Enteroviren (Polio, Cocksackie, Echo)	Virus (RNA)	Tage bis Wochen	Zellkultur + RT-qPCR	Historisch wichtige Indikatoren (Polio-Überwachung)	Weniger stabil als Adeno-/Noroviren

Bosch, A., Pintó, R. M., & Guix, S. (2018). Human enteric viruses in the environment: Current knowledge and future perspectives. *Current Opinion in Virology*, 28, 1–10.

Fongaro, G., Varela, D., & Hernández, M. (2024). Enteric viruses in wastewater: Occurrence, survival, and public health implications. *Microorganisms*, 12(7), 1430.

Hamza, I. A., & Bibby, K. (2019). Critical issues in human virus detection by metagenomics in environmental and clinical samples. *Science of the Total Environment*, 672, 770–779.

Hewitt, J., Leonard, M., Greening, G. E., & Lewis, G. D. (2012). Influence of wastewater treatment process and the population size on human virus profiles in wastewater. *Water Research*, 46(18), 6340–6349.

Indikator Mikroorganismen

Indicator Microorganisms

- In vorliegender Studie geht es primär um die Erfüllung der vorgegebenen Standardwerte der Normen und Gesetze und nicht um die vertiefte Hinterfragung der vorgegebenen Beurteilungsgrundlagen.

In this study, our primary aim is to demonstrate compliance with the prescribed standard values, not to subject them to in-depth scrutiny.

Ausgangslage

Background

Normativ in der FLL 2011 beschrieben:

- Biologische Filter (ex situ)
 - Zooplankton (in situ)
- verantwortlich für Keimelimination
- Entsprechende Abbauraten werden in die Berechnung einbezogen

In Österreich und der Schweiz:
Anwendung eines spezifischen
Verdünnungsfaktors ($\text{m}^3/\text{Badegast}$)
Keine definierten Abbauraten

Defined in FLL 2011:

- Biological filters (ex situ)
 - Zooplankton (in situ)
- responsible for microbial elimination
- Corresponding degradation rates are included in the calculations

In Austria and Switzerland:
Application of a specific dilution factor (m^3
per bather)
No defined degradation rates

Fragestellungen

Research questions

Kann die Mikrobiologische Wasserqualität (Hygieneanforderungen) auch bei Anlagen mit biol. Schnellfiltern gewährleistet werden?

Can the microbiological water quality (hygienic requirements) also be ensured in systems with biological rapid filters?

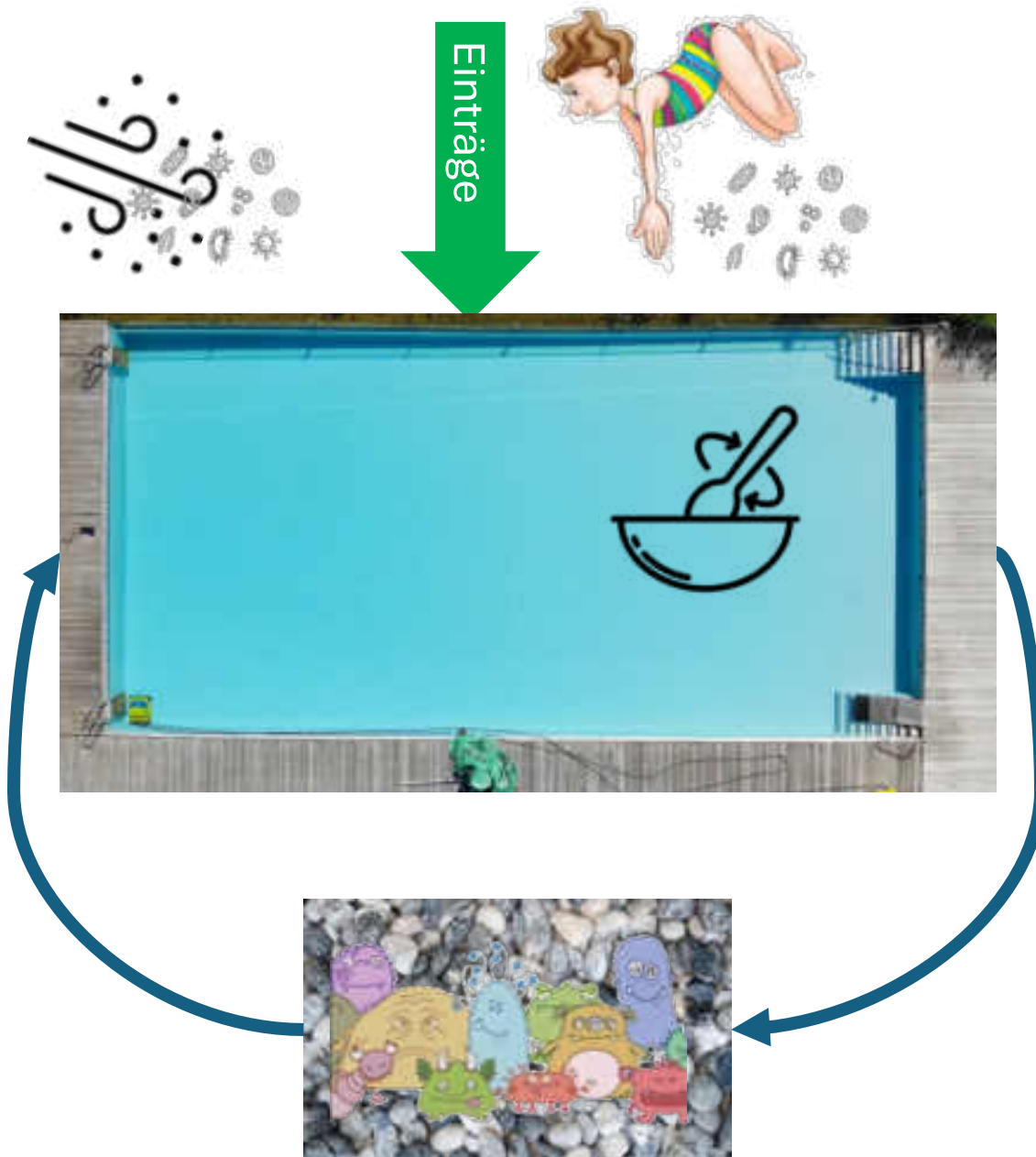
Vorgehen

Indicator Microorganisms

- Literatur
 - Theoretisches Belastungs-Modell (Muss scheitern, da die Realität sehr dynamisch ist)
 - Stichproben im Jahresverlauf
 - Tagesverläufe
 - Spezifische Belastung und Abbauversuche
- It

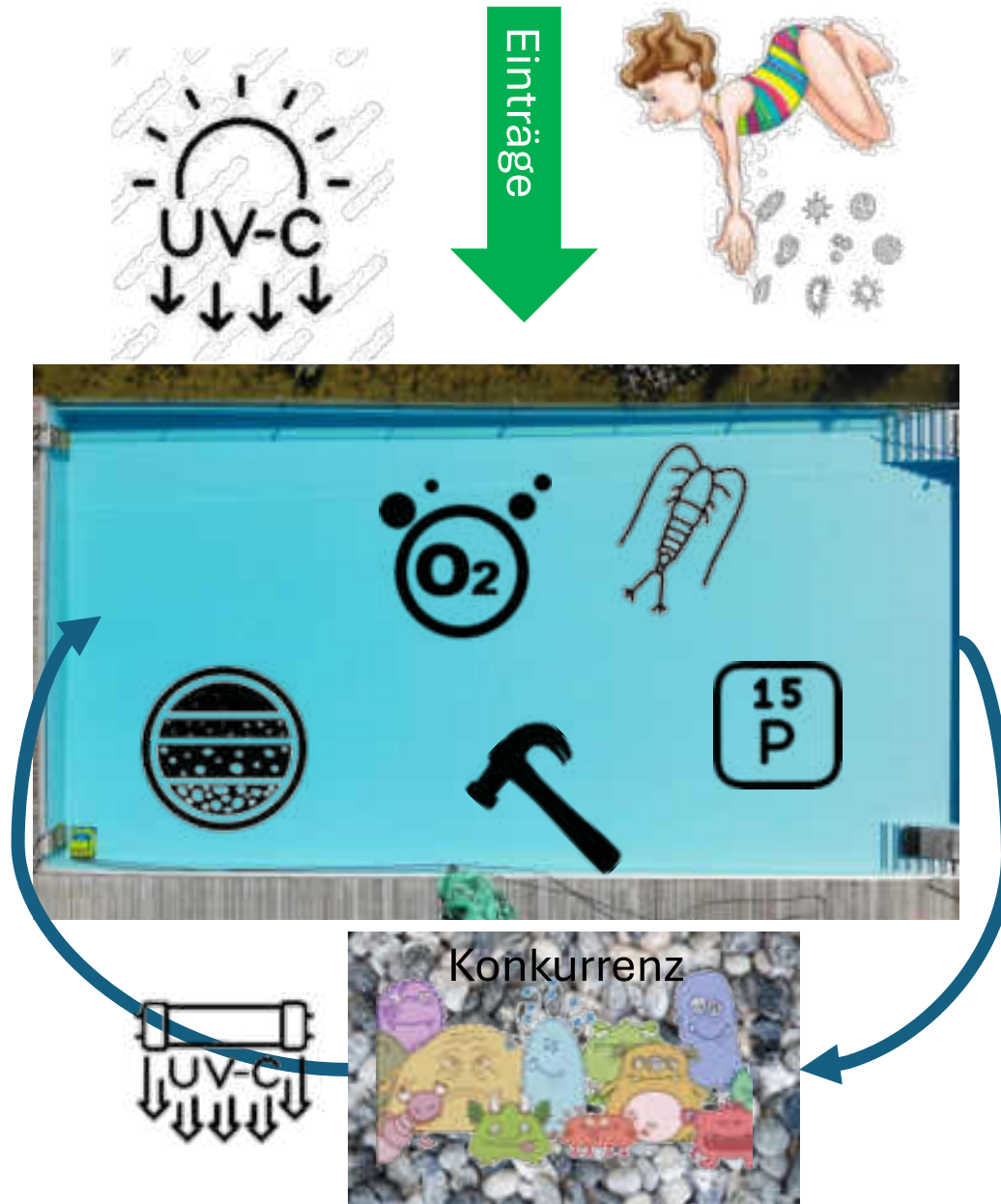
Faktoren für den Abbau oder das Absterben der Indikatorkeime

Factors Affecting the Elimination of Indicator Bacteria



Faktoren für den Abbau oder das Absterben der Indikatorkeime

Factors Affecting the Elimination of Indicator Bacteria



Eliminationsmechanismen (Literatur)

- UV-Strahlung der Sonne
- Nährstoffmangel
- Sauerstoffgehalt
- Temperatur
- Elimination durch Bakterien-Konkurrenz
- Frass durch filtrierendes Zooplankton
- Viren (Bakteriophagen)
- Ablagerung in Sedimenten (Milieu)
- „Elimination durch Kiesfilter“
- Mechanische Zerstörung

Mechanisms of Microbial Removal/Inactivation (from literature)

- **Abiotic:** Solar UV · Nutrient limitation · Dissolved O_2 /redox · Temperature
- **Biotic:** Bacterial competition/antagonism · Grazing by filter-feeding zooplankton · Viruses (bacteriophages)
- **Physical:** Deposition/sedimentation · Gravel/granular filtration (straining, adsorption, biofilm capture) · Mechanical disruption

Biberstein Biopool — Anlagenübersicht

Biberstein Biopool — System Overview



Biberstein Biopool — Anlagenübersicht

Biberstein Biopool — System Overview

