



## Projekt Biofilter

8. Internationaler Schwimmteichkongress, Köln 2015

Matthias Frei  
MSc. ZFH in Umweltingenieurwesen  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter ZHAW

**ZHAW** – Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Forschungsgruppe Ökotechnologien, Fachgruppe Wetlands,  
Grüntal, Postfach, CH-8820 Wädenswil: [matthias.frei@zhaw.ch](mailto:matthias.frei@zhaw.ch)

# Inhalt

- Kurzer Ausflug zu den wirtschaftlichen Hintergründe des Projekts
- Ziele der biologischen Wasseraufbereitung
- Filtertypen und deren Aufgaben
- Problematik, offene Fragen, Lücken in der Forschung
- Projekt Biofilter I (2012-2015)
- Optimierungspotenzial für die Praxis
- Projekt Biofilter II (2015-2018)

# Wirtschaftliche Bedeutung

**Tabelle 1:** Anzahl der öffentlichen Bäder sowie Anteil von öffentlichen Schwimmteichen in Deutschland und der Schweiz

	<b>Deutschland</b>	<b>Schweiz</b>
Anzahl öff. Bäder	7499 (2012) [2]	750 (2012) [4]
davon Freibäder (ohne Naturbäder)	3592 (2012) [2]	300 (2012) [4]
Anzahl Schwimmteiche	193 [3]	8 1
Anteil Schwimmteiche	Ca. 5%	Ca. 2.6%

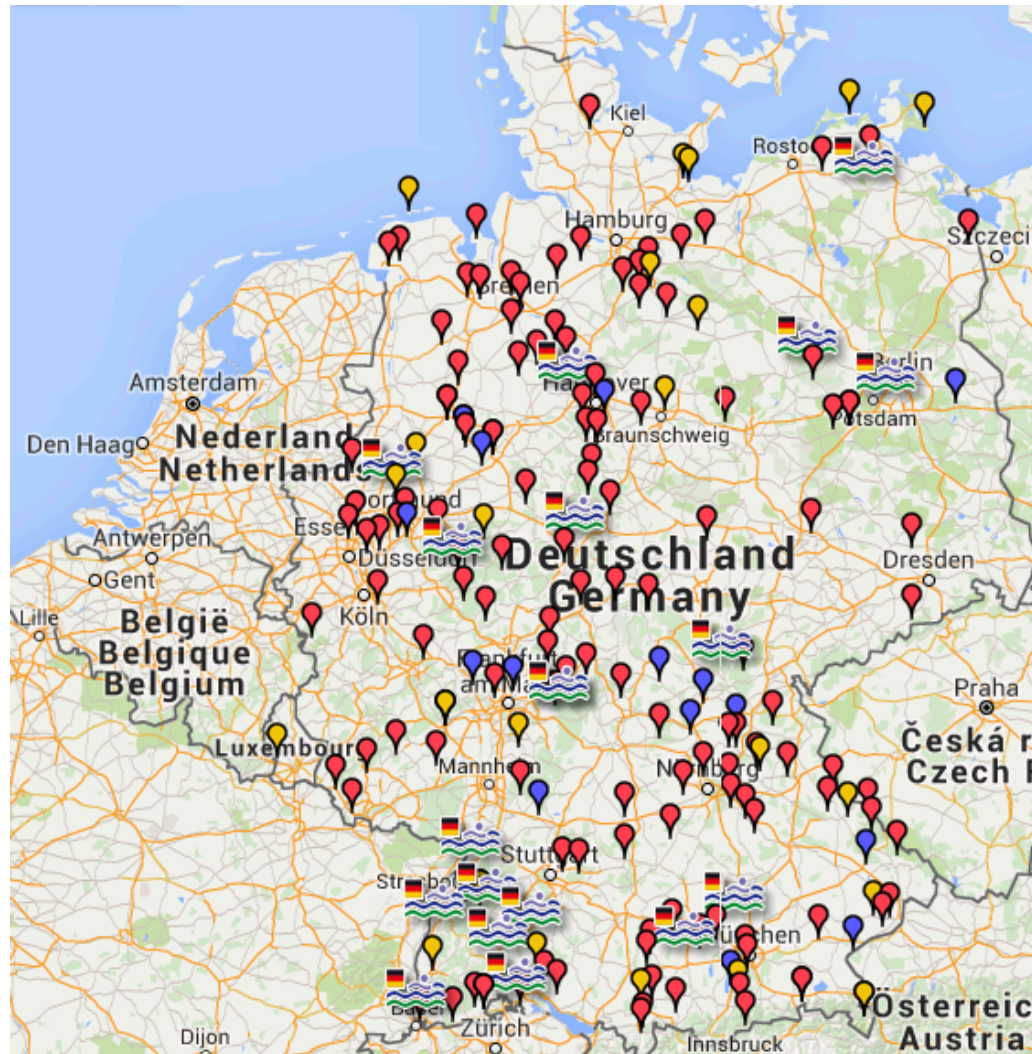
**Tabelle 2:** Anzahl der privaten Bäder in Deutschland und Anteil der Schwimmteiche

	<b>Deutschland</b>
Anzahl priv. Bäder	660'000 [5]
davon Aussenbecken	472'000 [5]
Anzahl Schwimmteiche	10'000 [1]
Anteil Schwimmteiche	2.1%

## Quellen

- [1] IOB (2012) Private und Öffentliche Bäder mit biologischer Wasseraufbereitung, Präsentation anlässlich der GV des SVBP 2012
- [2] 2hm (2012) Wirtschaftsfaktor Sportstätte-Präsentation der Ergebnisse „Bäder“ Teilergebnisse zum Satellitenkonto Sport (Deutschland) anlässlich der interbad Stuttgart 2012 (Themenkreis A III), abgerufen von <http://www.2hm.eu/documents/BMI-interbad-2012-20121010-SpSKIII-fin.pdf> (23.4.2015)
- [3] Deutsche Gesellschaft für naturnahe Badegewässer (ohne Datum), abgerufen von <http://www.dgfnb.de/oeffentliche-naturbaeder/karte-der-naturbaeder.html> (23.4.2015)
- [4] Bundesamt für Sport BASPO (2013), Sportanlagenstatistik Schweiz 2012 Kurzbericht, abgerufen von [http://www.baspo.admin.ch/internet/baspo/de/home/aktuell/sportanlagenstatistik\\_schweiz\\_2012.parsys.49241.downloadList.69241.DownloadFile.tmp/brosportanlagenstatistikscreen.pdf](http://www.baspo.admin.ch/internet/baspo/de/home/aktuell/sportanlagenstatistik_schweiz_2012.parsys.49241.downloadList.69241.DownloadFile.tmp/brosportanlagenstatistikscreen.pdf) (23.4.2015)
- [5] BSW Bundesverband Schwimmbad & Wellness e.V. (ohne Datum), abgerufen von <http://www.bsw-web.de/Presse/PDFs/Trend-zum-eigenen-Pool-ungebrochen.pdf> (23.4.2015)

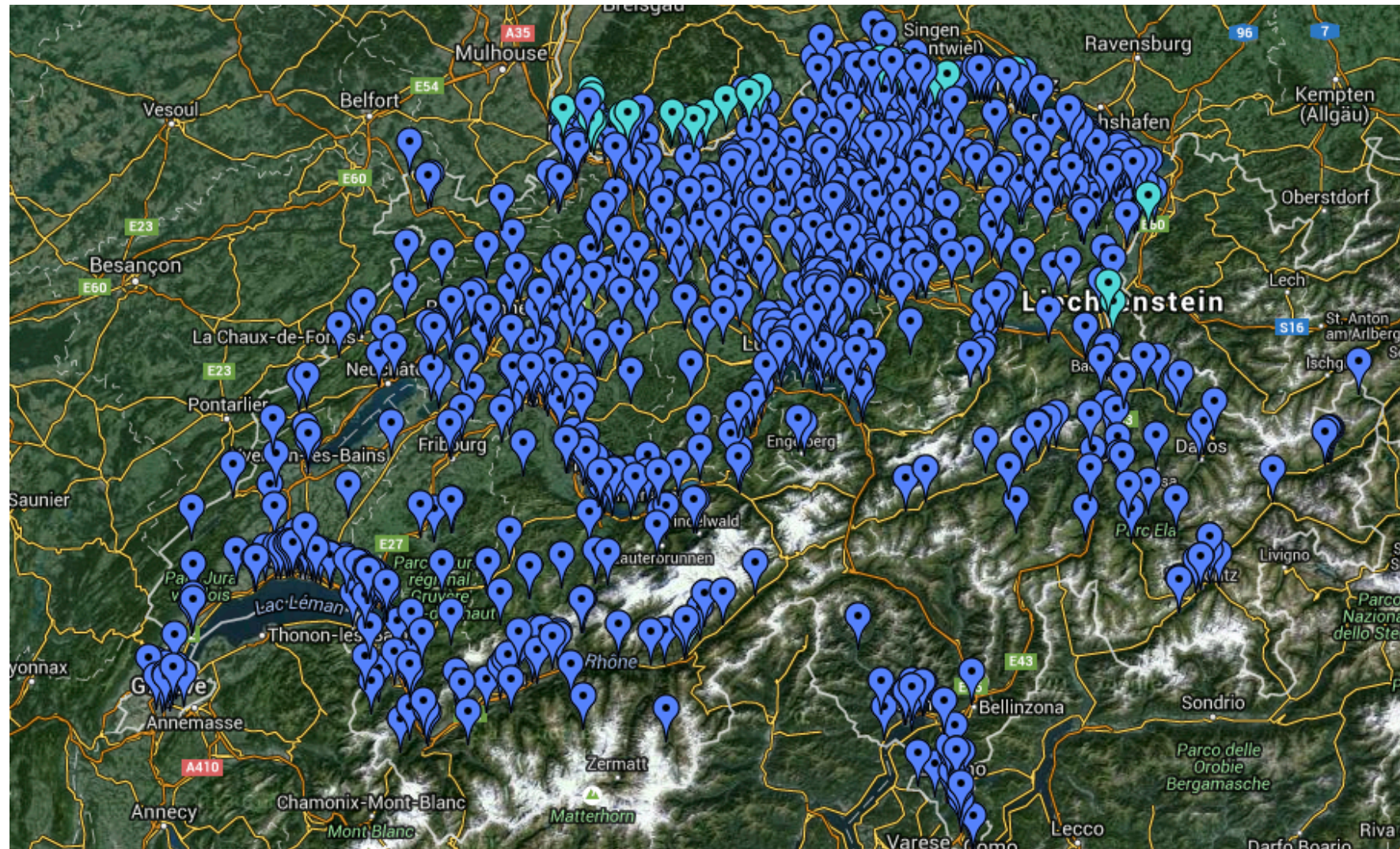
# Öffentliche Schwimmteiche DE



Quelle: Abgerufen von <http://www.dgfnb.de/oeffentliche-naturbaeder/karte-der-naturbaeder.html> (26.10.2015)



# Öffentliche Bäder CH



Quelle: Abgerufen von: <https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=zR84PJ5QZ9rA.krCr2gGuGU9A> (26.10.2015)



# Öffentliche Schwimmbäder CH



Quelle: Abgerufen von: <http://www.badi-info.ch/schwimmbad-karten.html> (15.09.2013)

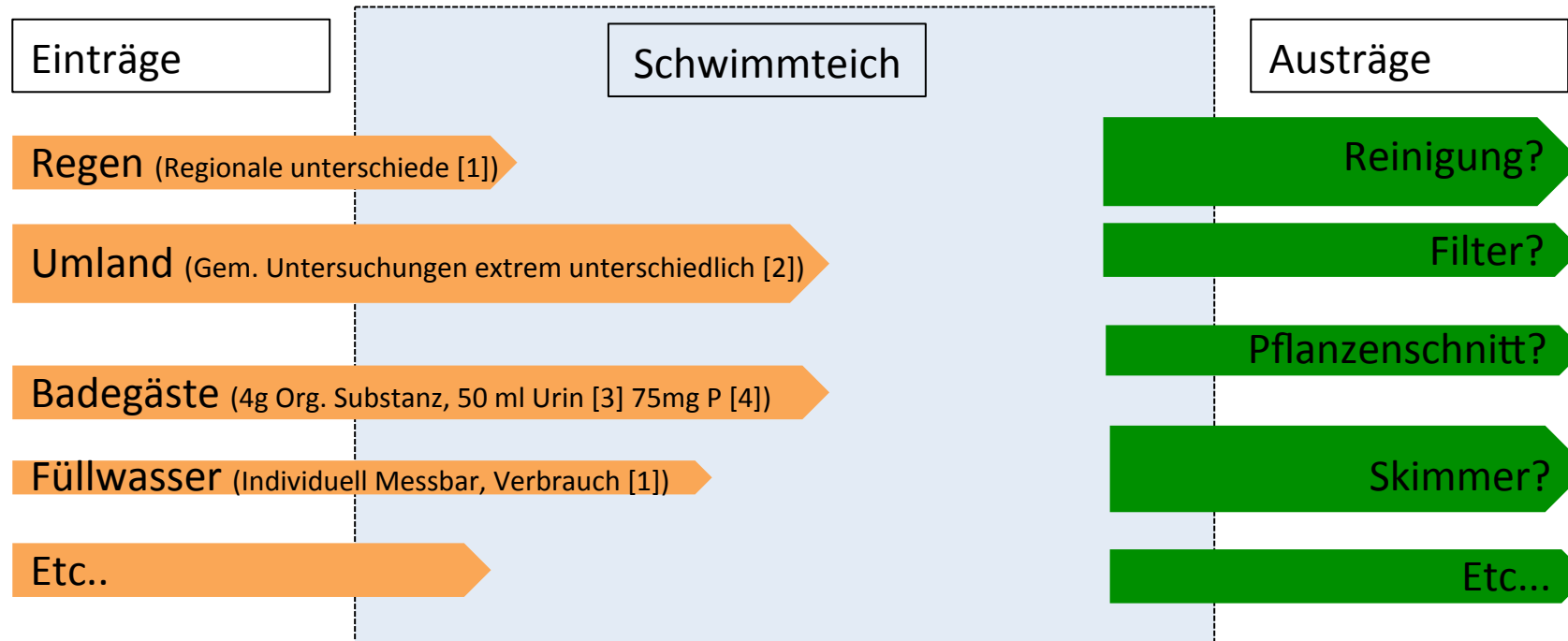
# Wirtschaftliche Bedeutung

**Tabelle:** Anteil der Schwimmteich-Kategorien die in der Schweiz zwischen 2010 und 2014 und Gesamtanzahl Anlagen die durch SVBP Firmenmitglieder erstellt wurden.

Jahr	Anteil Kategorie 1	Anteil Kategorie 2	Anteil Kategorie 3	Anteil Kategorie 4	Anteil Kategorie 5	Anzahl Anlagen
2014	9 %	13 %	4 %	68 %	6 %	75
2013	3 %	15 %	0 %	69 %	13 %	62
2012	0 %	12 %	5 %	80 %	3 %	62
2011	0 %	10 %	18 %	64 %	8 %	63
2010	0 %	5 %	21 %	69 %	5 %	60

Quelle: ZHAW (2015) Umfrage im SVBP: Wirtschaftliche Bedeutung und Potenzial von Bäder mit biologischer Wasseraufbereitung in der Schweiz

# Nährstoffbilanz



$$\text{Soll: Eintrag} - \text{Austrag} = 0$$

## Quellen:

[1] Zobrist, (1998): NADUF - thematische Auswertung der Messresultate 1974 bis 1998

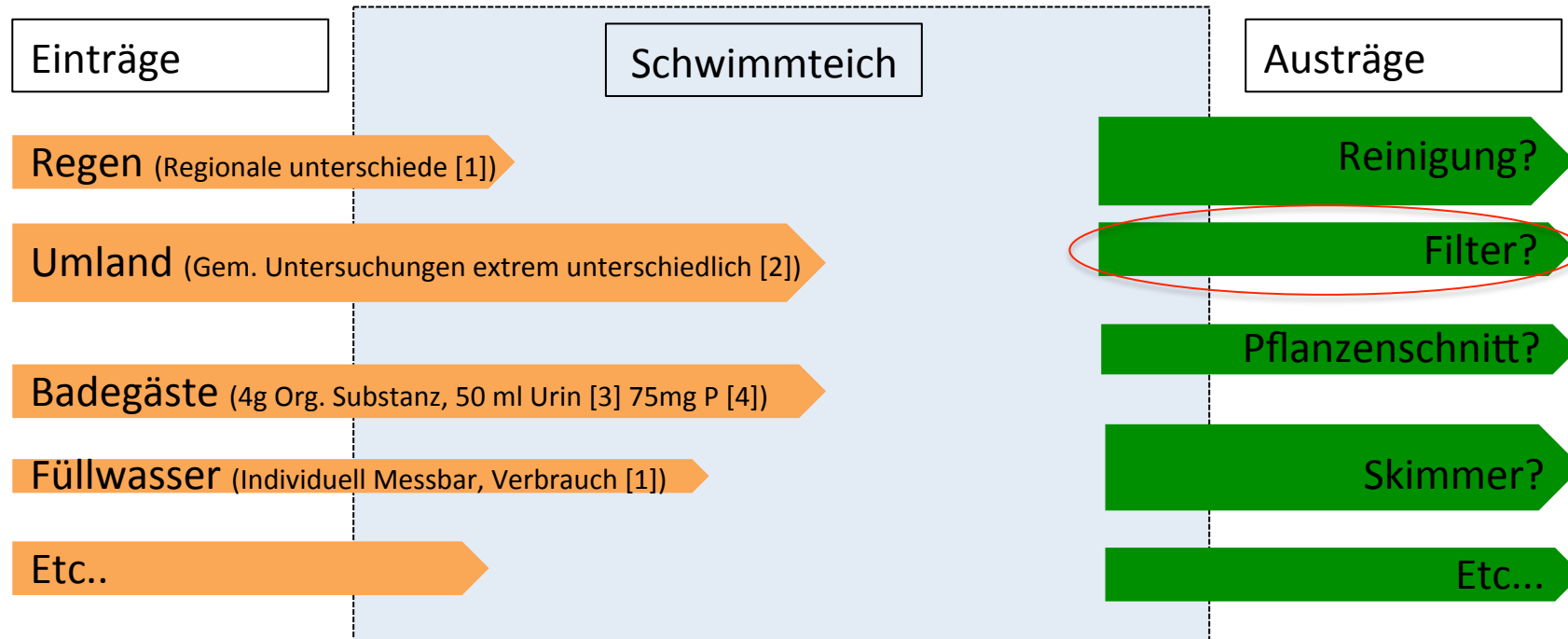
[2] Buehrle, Ch (2015, unveröffentlicht): Systematische Untersuchung und Bewertung von biologisch aufbereiteten Badegewässern

[3] FLL (2011): „Richtlinien für Planung, Bau, Instandhaltung und Betrieb von Freibädern mit biologischer Wasseraufbereitung (Schwimm- und Badeteiche)“.

[2] Saunus, C. (1989): Planung von Schwimmbädern: Bau und Betrieb von privaten und öffentlichen Hallen- sowie Freibädern einschliesslich Whirlpools und medizinischer Bäder. 5. Auflage Kramerverlag.



# Nährstoffbilanz



$$\text{Soll: Eintrag} - \text{Austrag} = 0$$

## Quellen:

[1] Zobrist, (1998): NADUF - thematische Auswertung der Messresultate 1974 bis 1998

[2] Buehrle, Ch (2015, unveröffentlicht): Systematische Untersuchung und Bewertung von biologisch aufbereiteten Badegewässern

[3] FLL (2011): „Richtlinien für Planung, Bau, Instandhaltung und Betrieb von Freibädern mit biologischer Wasseraufbereitung (Schwimm- und Badeteiche)“.

[2] Saunus, C. (1989): Planung von Schwimmbädern: Bau und Betrieb von privaten und öffentlichen Hallen- sowie Freibädern einschliesslich Whirlpools und medizinischer Bäder. 5. Auflage Kramerverlag.

# Grundsätzliche Hauptziele der biologischen Wasseraufbereitung

- die **sichere Kontrolle der Nährstoffe** im Wasser, um Algenblüten zu vermeiden. Im Zentrum steht die Stabilisierung des Phosphorgehalts auf möglichst tiefem Niveau
- die **sichere Hygienisierung des Badewassers** auch bei starkem Badebetrieb (nicht im Zentrum des Projekts)

# Wasseraufbereitung / Filtertypen

Ähnliches aussehen, andere Funktion....



# Mögliche Prozesse

- Oberflächen reinigen (Wasseroberfläche, Wände, Böden,..)
- Entfernung von Partikeln/organischem Material
- Organisches Material abbauen (mineralisieren)
- Gelöste Stoffe im „Freiwasser“ in organischem Material fixieren (Bakterioplankton, Zooplankton, Phytoplankton)
- Gelöste Substanzen in organischem Material an gezielten Orten fixieren (Pflanzen, Algen, Mikroorganismen, Biofilm)



# Vorgaben heute

- Die ÖNORM L 1128 [1] und die Fachempfehlung des SVBP [2] umschreiben die Dimensionierung sehr knapp und lassen den Erbauern bei diesem elementaren Kernstück der Anlage viel Spielraum.
- Die FLL [3] beschreibt hingegen klare Zahlen zur Filtergestaltung sowie deren Betrieb.

- [1] ÖNORM L 1128 (2013) Schwimmteiche und Naturpools - Anforderungen an Angebotslegung, Planung, Bau, Betrieb und Sanierung
- [2] SVBP (2012): Fachempfehlung für den Bau von öffentlichen, künstlich angelegten Badeteichen, Anforderungen an Projektierung und Bau, Kloten.
- [3] FLL (2011) „Richtlinien für Planung, Bau, Instandhaltung und Betrieb von Freibädern mit biologischer Wasseraufbereitung (Schwimm- und Badeteiche)“.

# Problematik, Lücken in der Forschung

- Konzeption basiert auf Faustregeln und Erfahrungswerten
  - Relativ anfällig auf unvorhergesehene Belastungsspitzen
  - Unklare Differenzierung zwischen den Filtertypen
  - Deckungsgrad Normierung und was wirklich gebaut wird....
  - Forschung wird Betrieben, die Nährstoffkonzentrationen und -gradienten stimmen jedoch meistens nicht überein.
- 
- Viele ungeklärte Fragen:
    - Optimalen Konstruktion (Filtermaterial, Form, Hydraulik, Rückspülmechanismen)
    - Betriebsbedingungen (Beschickungsrate, Nährstoffmanagement, Betriebsphasen, Handling)

# Definition Filtertypen (Zusammenzug Frei 2015)

Filterart	Mechanische Filtration		Biologische Filtration (gesättigt/ungesättigt)		
Typ	Vorfilter [3]	Schnellfilter [1]	Langsamfilter [1,2]	Schnellfilter [3]	
Einsatz CH-Kat.	2-5	4-5	3	4-5	4-5
Aufbau	Siebe, Netze, Vlies	Einschicht	Ein-/Mehrschicht	Mehrschicht	Einschicht
Hauptaufgabe	Abscheiden von Grobstoffen	Partikelreduktion von rund 80 - 90% > 1 µm.	Mineralisation von org. Material	Binden gelöster Verunreinigungen	Binden gelöster Verunreinigungen
Prozesse	Mechanische Abscheidung von Grobpartikeln	Mechanische Abscheidung von Feinpartikeln	Siebung, Sorption partikulärer Stoffe, Mineralisierung	Siebung, Sorption partikulärer und gelöster Verunreinigungen	Siebung, Sorption partikulärer und gelöster Verunreinigungen
Körnung	-	0,5 bis 5mm	1 bis 16 mm	5-32 mm	5-32 mm
Material	Sieb, Vlies, etc	Quarzsand, Blähschiefer, Blähton, Kalk	Quarzsand, Blähton, Zeolith Kalk, Dolomit	Blähton, Zeolith Kalk, Dolomit	Blähton, Zeolith Kalk, Dolomit
Mächtigkeit	-	-	0.7-1.2 m	0.7-1.2 m	0.7-10 m
Beschickung	-	6 bis 20 m/h	0,05 bis 0,3 m/h	> 0,5 m/h	> 0,5 m/h
Aufenthaltszeit	-	-	5-10 h	< 0.5 h	< 0.5 h
Regeneration	Waschen, Leeren, Wechseln	Rückspülung	Abtragen der obersten Filterschicht	Ausfaulen, Rückspülung	Ausfaulen, Rückspülen
Standzeit	1-7 Tage	1-7 Tage	6-12 Monate	3-12 Monate	3-12 Monate
Bepflanzung	Nein	Nein	Ja / Kombination	Möglich	Möglich

[1] BAG (2010) Anerkannte Aufbereitungsverfahren für Trinkwasser, Abgerufen von <http://www.blv.admin.ch/themen/04678/04817/04843/04844/index.html?lang=de> (22.05.2015)

[2] FLL (2011) „Richtlinien für Planung, Bau, Instandhaltung und Betrieb von Freibädern mit biologischer Wasseraufbereitung (Schwimm- und Badeteiche)“.

[3] SVBP (2012): Fachempfehlung für den Bau von öffentlichen, künstlich angelegten Badeteichen, Anforderungen an Projektierung und Bau, Kloten. (Abgeändert Frei)

# Definition Filtertypen

Filterart	Biologische Filtration		
Typ	Hydrobotanische Anlage submers [1]	Hydrobotanische Anlage emers [1]	Hydrokultur [2]
Einsatz CH-Kat.	1-3	1-3	4-5
Aufbau	Substrat	Substrat	Substrat, Gitter
Hauptaufgabe	Binden gelöster Verunreinigungen	Binden gelöster Verunreinigungen	Binden gelöster Verunreinigungen
Prozesse	Pflanzenwachstum, Habitat für Zooplankton, Biofilm	Pflanzenwachstum, Habitat für Zooplankton, Biofilm	Pflanzenwachstum, Habitat für Biofilm
Körnung	< 8mm	< 8mm	< 16mm
Material	Lehm, Sand, Kies	Lehm, Sand, Kies	Kalk, Dolomit
Mächtigkeit	10-20 cm	10-20 cm	<10 cm
Beschickung	0-0.2 m/h	0-0.2 m/h	0.2-10 m/h
Aufenthaltszeit	-	-	-
Regeneration	Pflanzenernte, Sedimentabsaugung	Pflanzenernte, Sedimentabsaugung	Pflanzenernte, Sedimentabsaugung
Zooplankton zu erwarten	Ja	Ja	Nein

[1] FLL (2011) „Richtlinien für Planung, Bau, Instandhaltung und Betrieb von Freibädern mit biologischer Wasseraufbereitung (Schwimm- und Badeteiche)“. .(Abgeändert Frei)

[2] SVBP (2012): Fachempfehlung für den Bau von öffentlichen, künstlich angelegten Badeteichen, Anforderungen an Projektierung und Bau, Kloten. (Abgeändert Frei)



# Definition Filtertypen

<b>Filterart</b>	<b>Chemisch</b>
<b>Typ</b>	z.B Eisenfilter
<b>Einsatz CH-Kat.</b>	5 (?)
<b>Aufbau</b>	Einschicht
<b>Hauptaufgabe</b>	Binden von Phosphat
<b>Prozesse</b>	Chemische Bindung von Phosphat
<b>Körnung</b>	2-4 mm
<b>Material</b>	Eisen (III)-hydroxid
<b>Mächtigkeit</b>	-
<b>Beschickung</b>	-
<b>Aufenthaltszeit</b>	-
<b>Regeneration</b>	Tauschen, Ausfaulen, Rückspülen,
<b>Standzeit</b>	3-12 Monate
<b>Bepflanzung</b>	Möglich
<b>Rezirkulaton</b>	Möglich

## Wo hört Bio auf?

- Desinfektionsmittel (Chlor, Chlordioxid, Peroxoverbindungen, Ozon, Biguanide, usw).
- Fungizide
- Algizide
- UV-Desinfektion
- Ultraschallbehandlung
- Schwermetallhaltige Produkte und technische Verfahren auf der Basis von Silber und Kupfer
- Chemische Bindung
- Fällung

# Was schauen wir vorläufig an im Projekt?

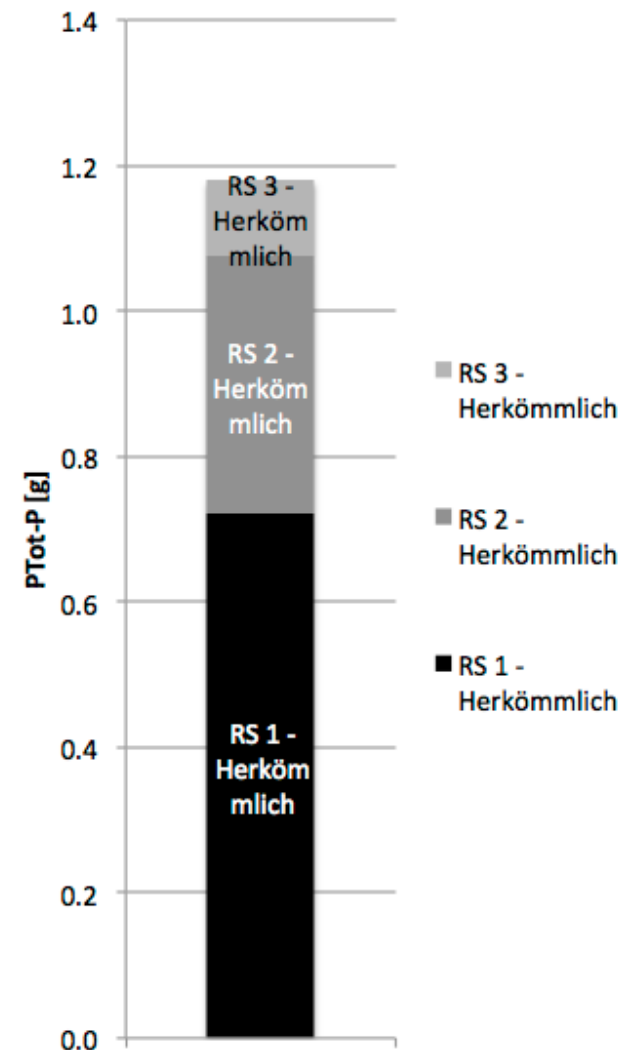
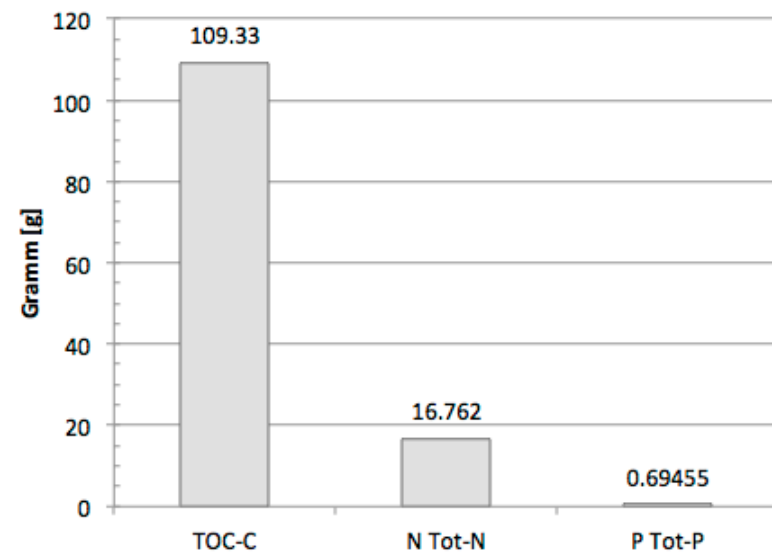
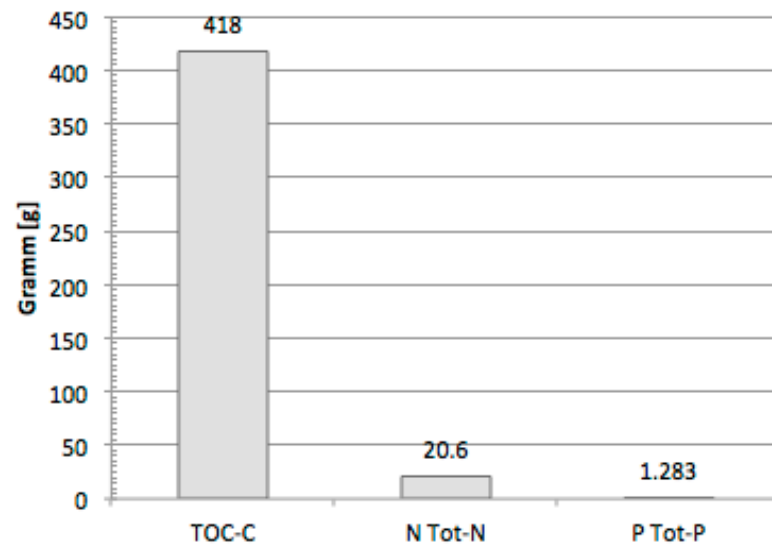
Filterart	Mechanische Filtration		Biologische Filtration (gesättigt/ungesättigt)			Chemisch
Typ	Grober Vorfilter	Schnellfilter	Langsamfilter	Schnellfilter		z.B Eisenfilter
Einsatz CH-Kat.	2-5	4-5	3	4-5	4-5	5 (?)
Aufbau	Siebe, Netze, Vlies	Einschicht	Ein-/Mehrschicht	Mehrschicht	Einschicht	Einschicht
Hauptaufgabe	Abscheiden von Grobstoffen	Partikelreduktion von rund 80 - 90% > 1 µm.	Mineralisation von org. Material	Binden gelöster Verunreinigungen	Binden gelöster Verunreinigungen	Binden von Phosphat
Prozesse	Mechanische Abscheidung von Grobpartikeln	Mechanische Abscheidung von Feinpartikeln	Siebung, Sorption partikulärer Stoffe, Mineralisierung	Siebung, Sorption partikulärer und gelöster Verunreinigungen	Siebung, Sorption partikulärer und gelöster Verunreinigungen	Chemische Bindung von Phosphat
Körnung	-	0,5 bis 5mm	0,1 bis 1 mm	5-32 mm	5-32 mm	2-4 mm
Material	Sieb, Vlies, etc	Quarzsand, Blähschiefer, Blähton, Kalk	Quarzsand	Blähton, Zeolith Kalk, Dolomit	Blähton, Zeolith Kalk, Dolomit	Eisen (III)-hydroxid
Mächtigkeit	-	-	0.7-1.2 m	0.7-1.2 m	0.7-10 m	-
Beschickung	-	6 bis 20 m/h	0,05 bis 0,3 m/h	> 0,5 m/h	> 0,5 m/h	-
Aufenthaltszeit	-	-	5-10 h	< 0.5 h	< 0.5 h	-
Regeneration	Waschen, Leeren, Wechseln	Rückspülung	Abtragen der obersten Filterschicht	Ausfaulen, Rückspülung	Ausfaulen, Rückspülen, Verwirbelung	Tauschen, Ausfaulen, Rückspülen,
Standzeit	1-7 Tage	1-7 Tage	6-12 Monate	3-12 Monate	3-12 Monate	3-12 Monate
Bepflanzung	Nein	Nein	Ja / Kombination	Möglich	Möglich	Möglich
Rezirkulation	-	-	Möglich	Möglich	Möglich / Üblich	Möglich

# Hauptfragen (Nährstoffe)

- Wie schnell nehmen Biofilter gelöstes Phosphor auf?
- Wie effizient kann Phosphor aus dem System entfernt werden?

<b>Biologische Filtration (gesättigt/ungesättigt)</b>
Schnellfilter
4-5
Einschicht
Binden gelöster Verunreinigungen
Siebung, Sorption partikulärer und gelöster Verunreinigungen
5-32 mm
Blähton, Zeolith Kalk, Dolomit
0.7-10 m
> 0,5 m/h
< 0.5 h
Ausfaulen, Rückspülen, Verwirbelung
3-12 Monate
Möglich
Möglich / Üblich

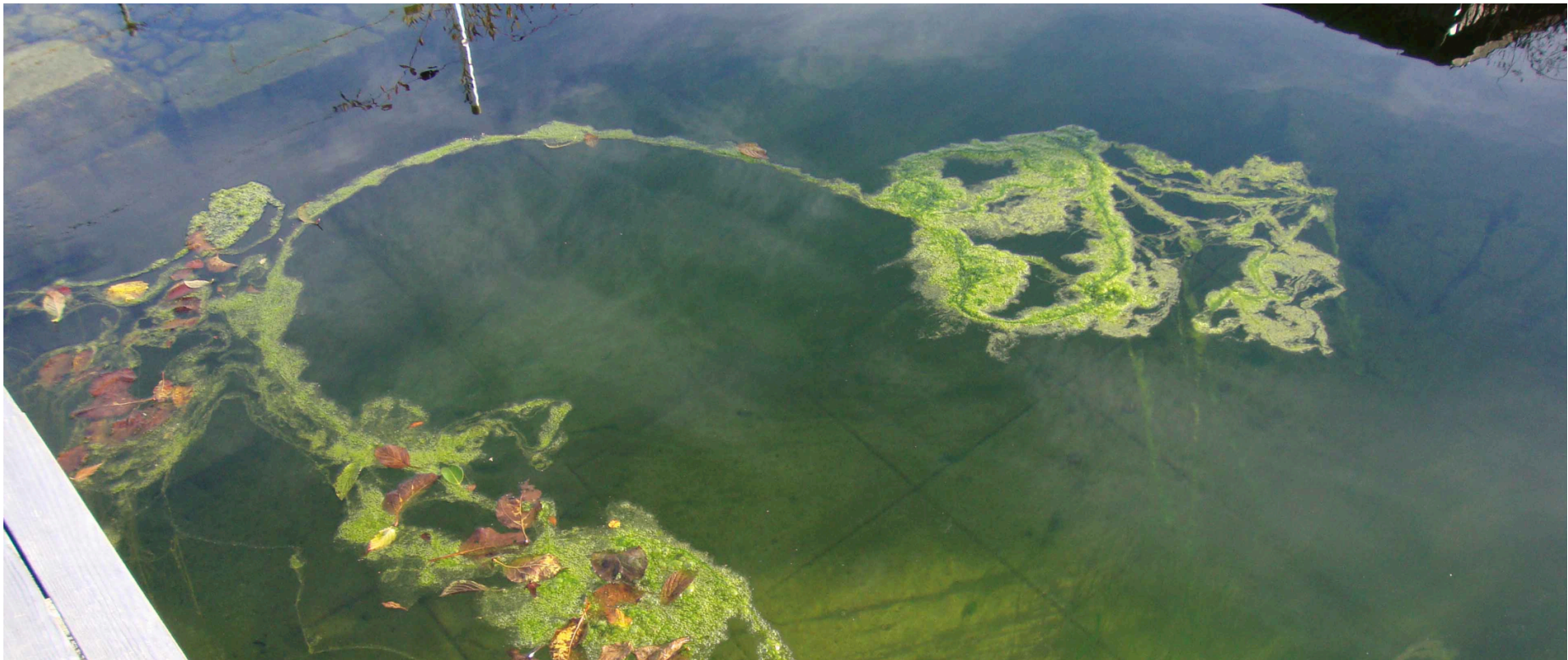
# Austrag (in situ) Rückspülungen Biofilter ohne mechanische Einwirkung





# Entstehende Fragen

- Sind die Anlagen so wenig belastet das gar nicht mehr ausgetragen werden muss?
- Sind die herkömmlichen Rückspülungen ineffizient?



# Entstehende Fragen

- Sind die Anlagen so wenig belastet das gar nicht mehr ausgetragen werden muss?
- Sind die herkömmlichen Rückspülungen ineffizient?

Voraussetzungen für eine Antwort:

→ Um dies beantworten zu können müssen die Einträge bekannt sein!!

# Entstehende Fragen

- Sind die Anlagen so wenig belastet das gar nicht mehr ausgetragen werden muss?
- Sind die herkömmlichen Rückspülungen ineffizient?

Voraussetzungen für eine Antwort:

- Um dies beantworten zu können müssen die Einträge bekannt sein!!
- Dies kann nur im geschützten Umfeld (Labor) gewährleistet werden

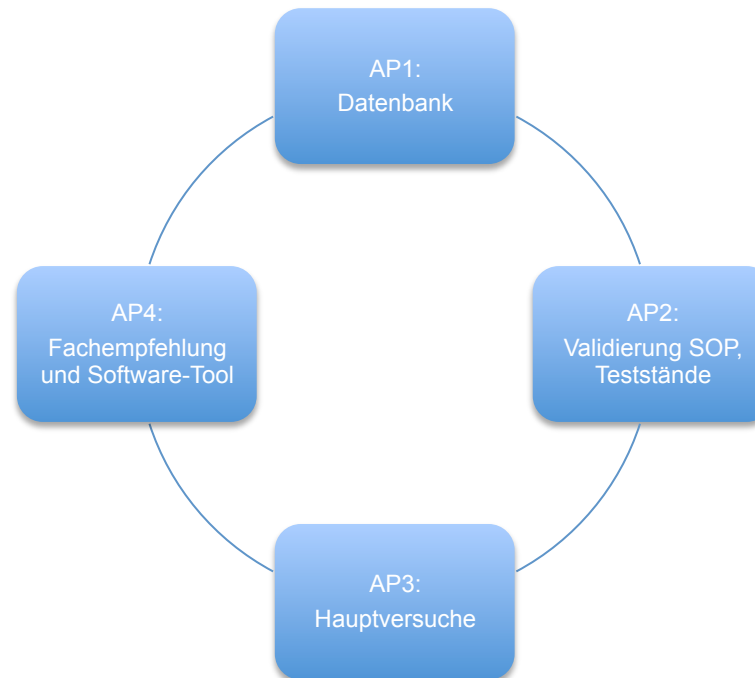
# Entstehende Fragen

- Sind die Anlagen so wenig belastet das gar nicht mehr ausgetragen werden muss?
- Sind die herkömmlichen Rückspülungen ineffizient?

Voraussetzungen für eine Antwort:

- Um dies beantworten zu können müssen die Einträge bekannt sein!!
- Dies kann nur im geschützten Umfeld (Labor) gewährleistet werden
- Es muss ein Test-Verfahren angewendet werden, welches die Reproduzierbarkeit der Daten gewährleistet (Triplikate)

# Vorgehen Projekt Biofilter



1. Ermittlung von systemunabhängigen Kenndaten für die Planung und Qualitätskontrolle von Biofiltern und Aufbau einer Datenbank mit Grundlagedaten von bestehenden Biofiltern (Evaluation Stand der Technik)
2. Validierung des Prüfverfahren und Bau von weiteren Testständen für die normierte Prüfung und Zertifizierung von Biofiltern
3. Betrieb des Teststands mit mehreren Versuchsdurchgängen
4. Herausgabe einer Fachempfehlung des SVBP mit Definitionen für Biofilter und Definition einer Trägerschaft für die Durchführung der weiteren Zertifizierung

# Vorversuch I

- Zu schnelle Abbauraten
- Schwierigkeiten mit dem Nährstoffmanagement (ungewollte Limitierungen)
- Probleme mit Verstopfung

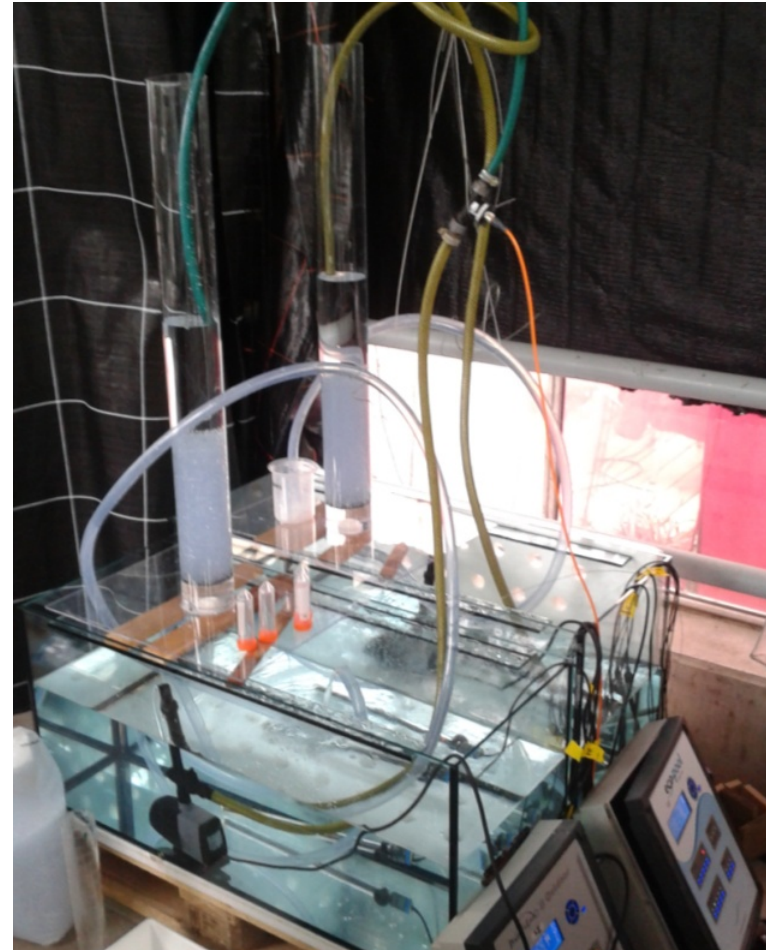




# Vorversuch II

## Methodentest

- Technische Fehler behoben
- Teststand eignet sich für die Aufzeichnung der Abbauraten





# Hauptversuch I

## Überprüfung Teststand

- Techn. Versuchsaufbau
- Methoden
- Dimensionierungen
- Versuchsablauf
- Reproduzierbarkeit Austrag im Total ok
- Reproduzierbarkeit Abbauleistung ok



# Hauptversuch II

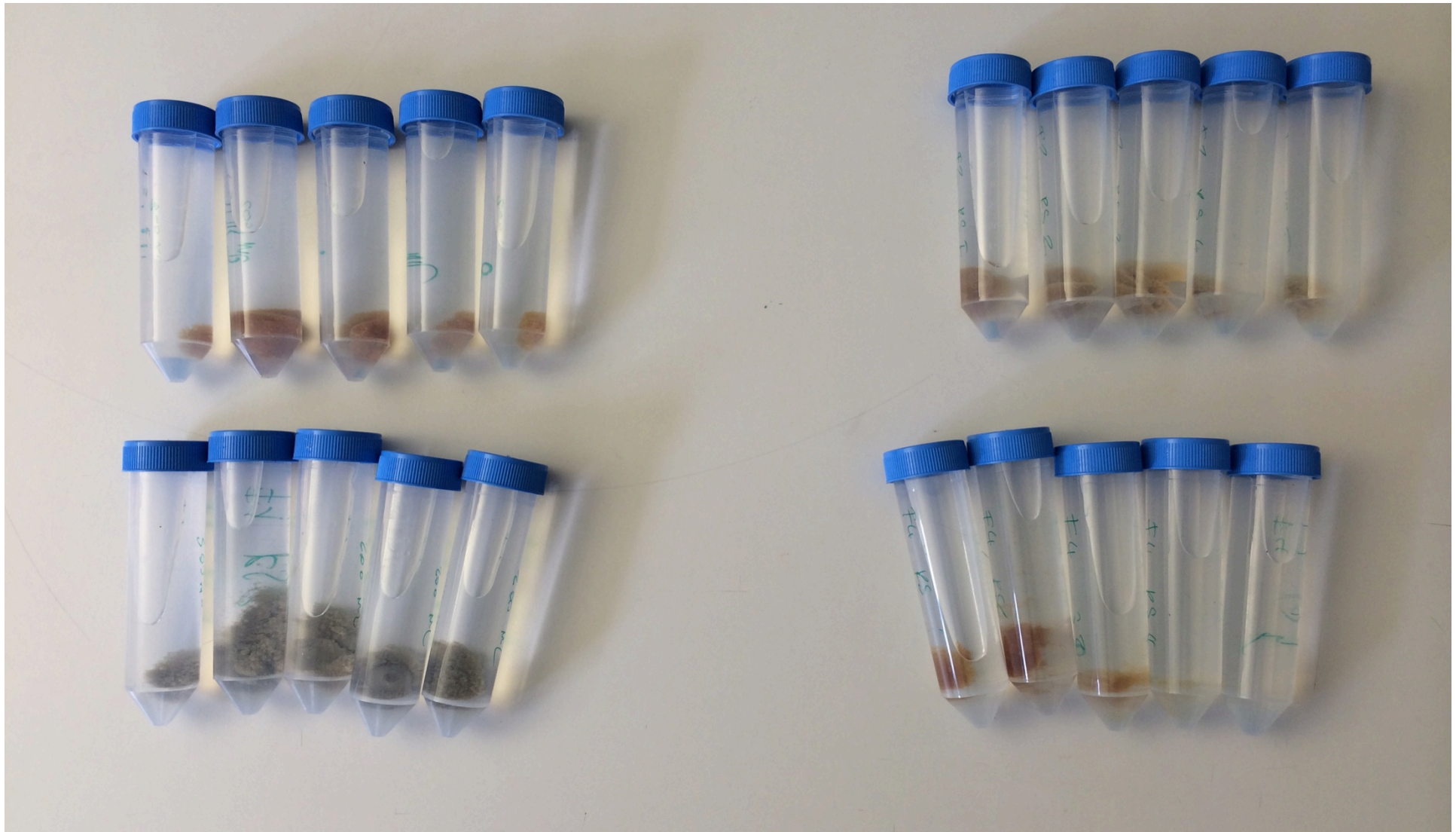
## 4 verschiedene Materialien (vorerst ohne Replikate)

- Erstaunlich geringe Unterschiede bei der Phosphorabbauleistung
- Grössere Unterschiede in der Rückspülung (Austragseffizienz)



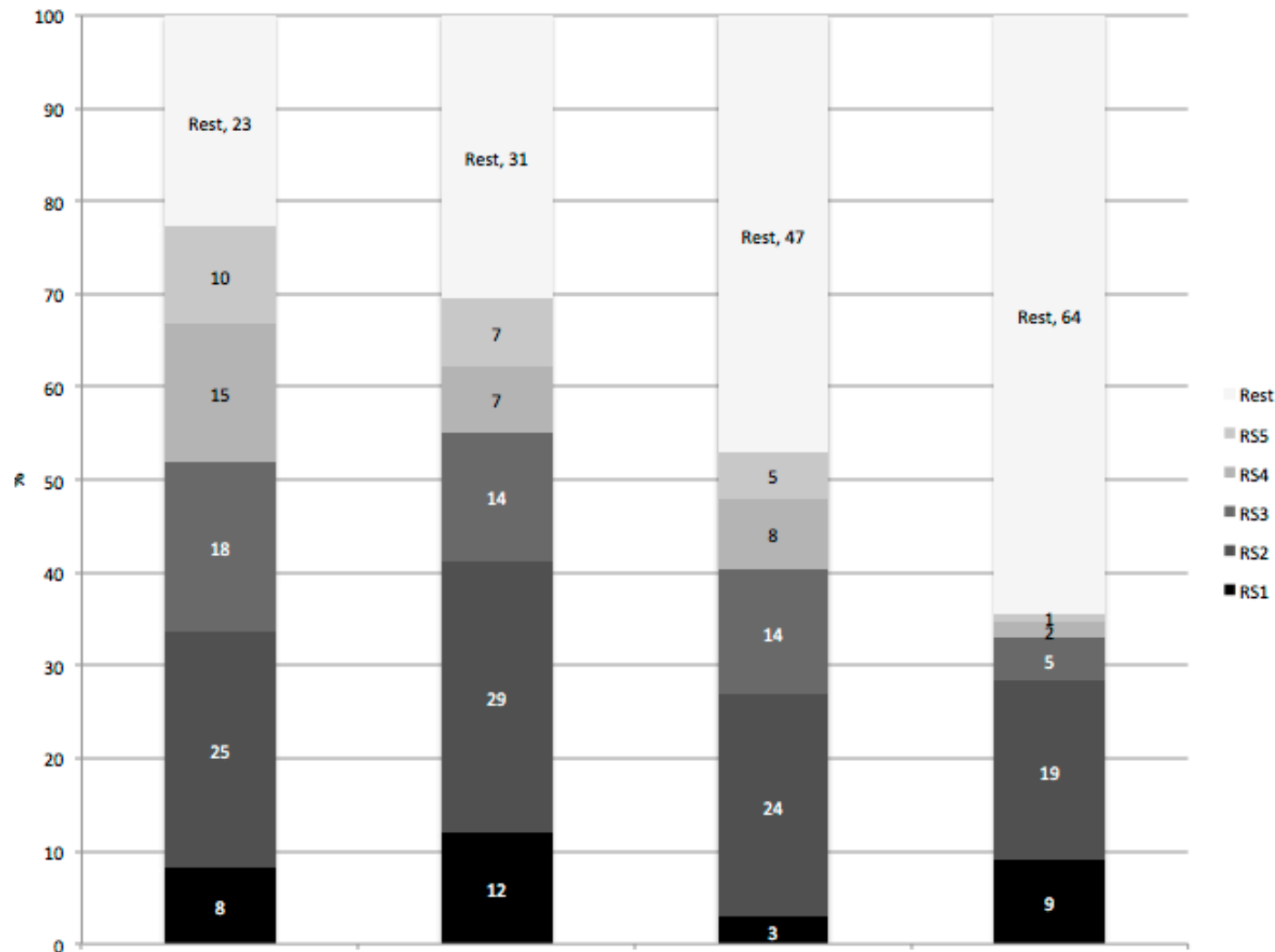


# Rückspülungen visuell

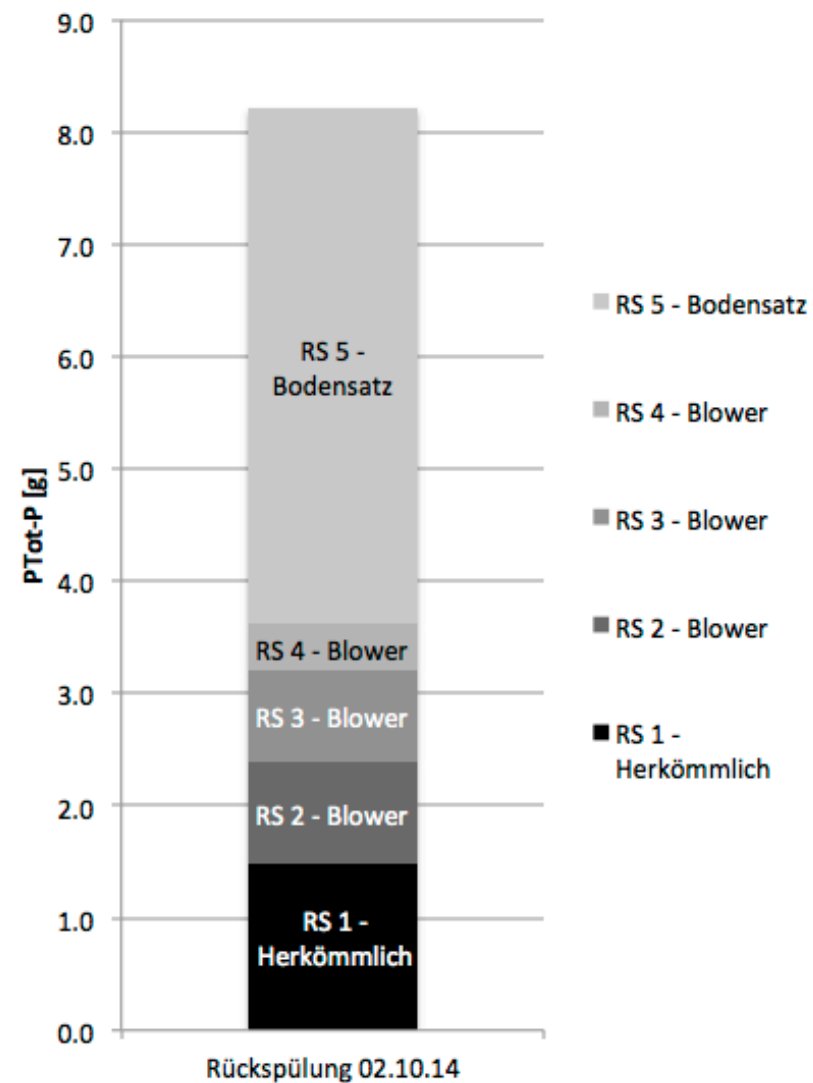
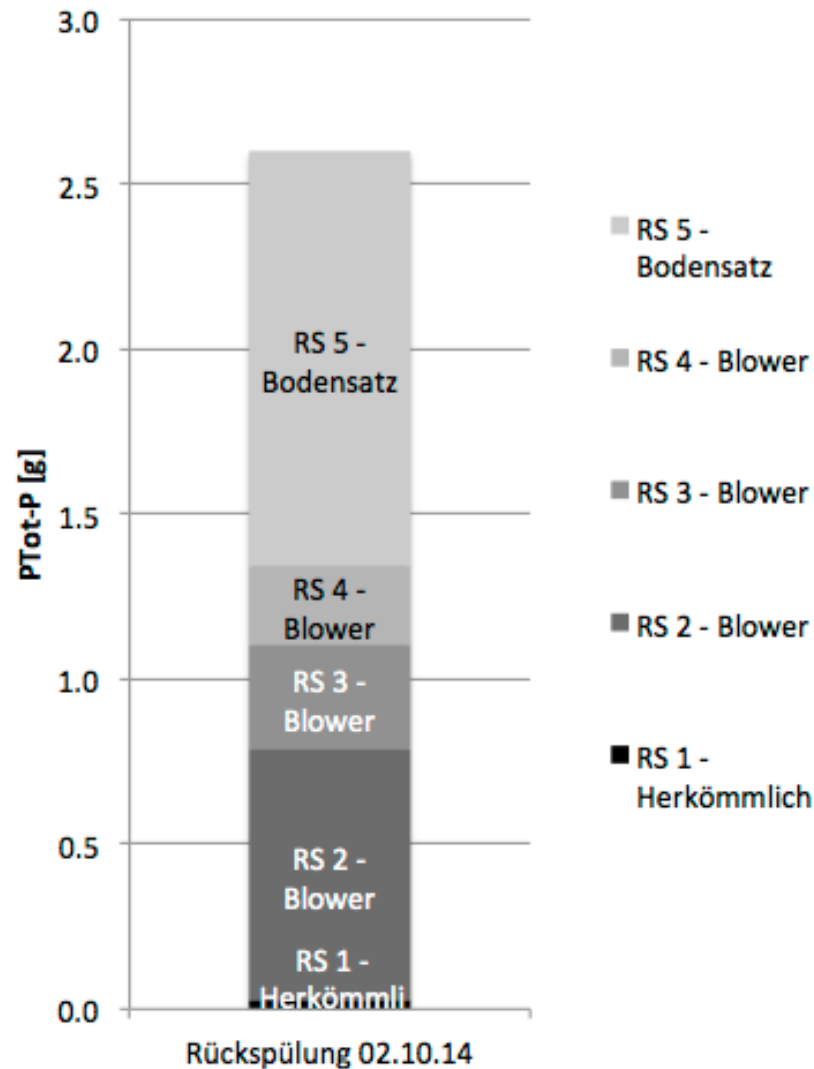


# Biofilter - Rückspülung

Phosphoraustrag  
über die fünf  
Rückspülungen in  
prozentualen  
Anteil des total  
eingetragenen  
Phosphor in das  
System.



# Rückspülungen mit mechanischer Einwirkung (insitu)



# Zwischensequenz

## Bauliche Tipps

- Bereich unter dem Filter sollte immer für die Reinigung zugänglich sein
- Ein Leerraum unter der Filterschüttung hat sich bewährt
- Absaugrohr in der Filterschüttung in den Hohlraum oder ein Bodenablauf
- Optimal sind Schrägböden und ein Einschwemmrohr
- Luftleitung für das „verwirbeln“ bei Einkornfiltern
- Filter komplett getrennt vom übrigen Becken

Es geht auch gut ohne all das, jedoch nur bis einmal eine Überlastung stattgefunden hat....



Bodensatz



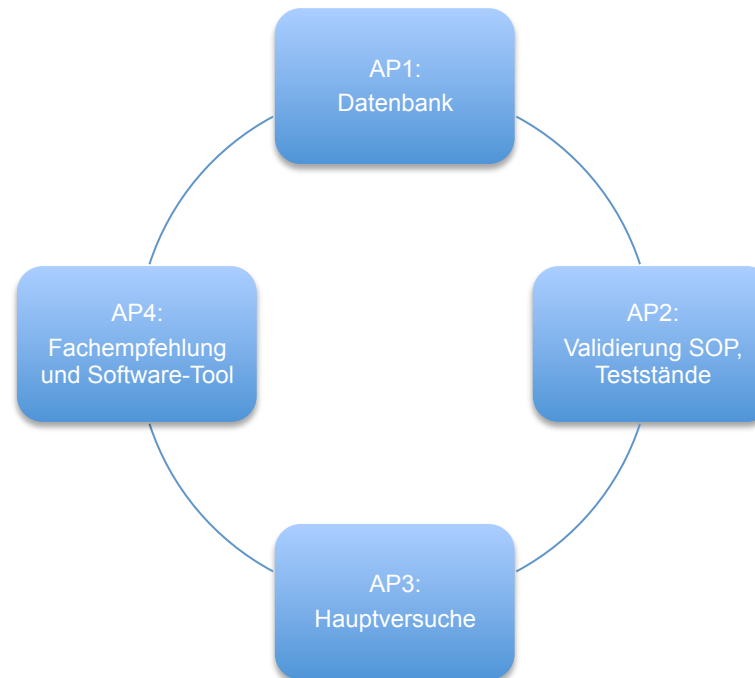
# Zwischensequenz Rückspül-Tipps

- Abschalten
- Filter leeren
- Filter von oben mit viel Wasservolumen durchwaschen
- Bodensatz Absaugen
- Bodenfreiraum spülbar





# Projekthinhalte Biofilter 2



1. Ermittlung von systemunabhängigen Kenndaten für die Planung und Qualitätskontrolle von Biofiltern und Aufbau einer Datenbank mit Grundlagedaten von bestehenden Biofiltern (Evaluation Stand der Technik)
2. Validierung des Prüfverfahren und Bau von weiteren Testständen für die normierte Prüfung und Zertifizierung von Biofiltern
3. Betrieb des Teststands mit mehreren Versuchsdurchgängen
4. Herausgabe einer Fachempfehlung des SVBP mit Definitionen für Biofilter und Definition einer Trägerschaft für die Durchführung der weiteren Zertifizierung

# Projektplan

[illegible]

Abkürzungen:

SVBP SE	SVBP Sekretariat
SVBP NK	SVBP Normkommission
SVBP GV	SVBP Generalversammlung
SVBP Eco	



SVBP Schweiz. Verband für naturnahe  
Badegewässer und Pflanzenkläranlagen

# Danke!



„Eine gesundheitsschonende Wasseraufbereitung auf biologischer Basis ist heute noch die Ausnahme, in Zukunft ist diese der Standard für alle Badegewässer“