

# „Entwicklung eines innovativen Pflanzenfilters zur Eliminierung von Arzneimittelrückständen im Ablauf kleiner Kläranlagen und dezentraler Kleinkläranlagen“

**DBU- Vorhaben AZ 28722/02**

**Phase 1: 01.01.2012 – 31.12.2012**

**Phase 2: 01.07.2013 – 31.12.2014**



Workshop zur Aktualisierung des DWA A-262

„Bepflanzte Bodenfilter“

24.01.2014

Fachhochschule Potsdam



# Arzneimittelrückstände in Klärwerksabläufen als grundsätzliches Problem



priv. Haushalte, Altenpflegeheime u. Krankenhäuser als Emissionsquellen



Nachweise von Arzneimittelrückständen in Oberflächengewässern und inzwischen auch im Grundwasser



Eine Vielzahl von Einflüssen auf Wasserorganismen sind die Folge; ggf. toxische Wirkungen, Multiresistenzen, Einfluss auf das endokrine System

# Zukünftige Techniken (?) zur Entfernung von Arzneimittelrückständen aus Abwässern als nachgeschaltete Verfahren

Membran-Bioreaktoren

Ozonung



Konventionelle Kläranlage mit biologischer Reinigung

Photooxidation

Aktivkohlefilter

Pulveraktivkohle

# Anwendungsgebiete für bepflanzte Bodenfilter

Das Verfahren ist als Anwendung in Nachschaltung einer biologischen Reinigung vorgesehen!

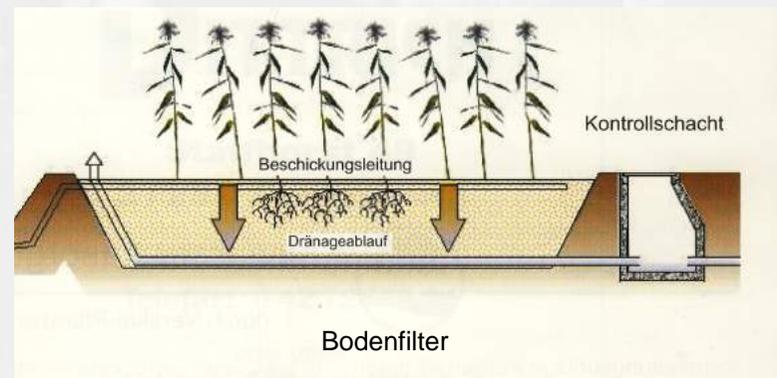
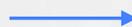
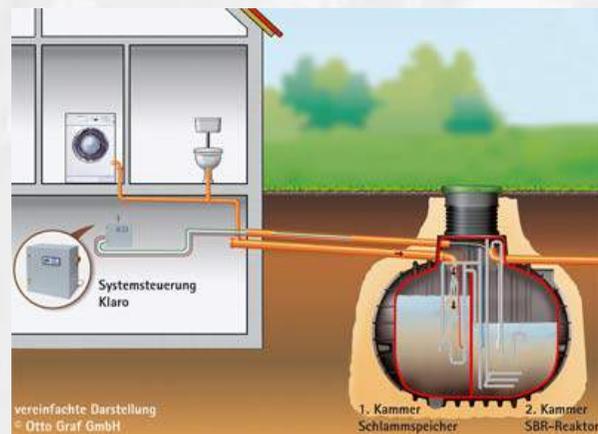
dezentrale Kleinkläranlagen

ca. 1,7 Millionen Anlagen in Deutschland  
(Kapazität bis 50 EW)

ca. 5% der Bevölkerung



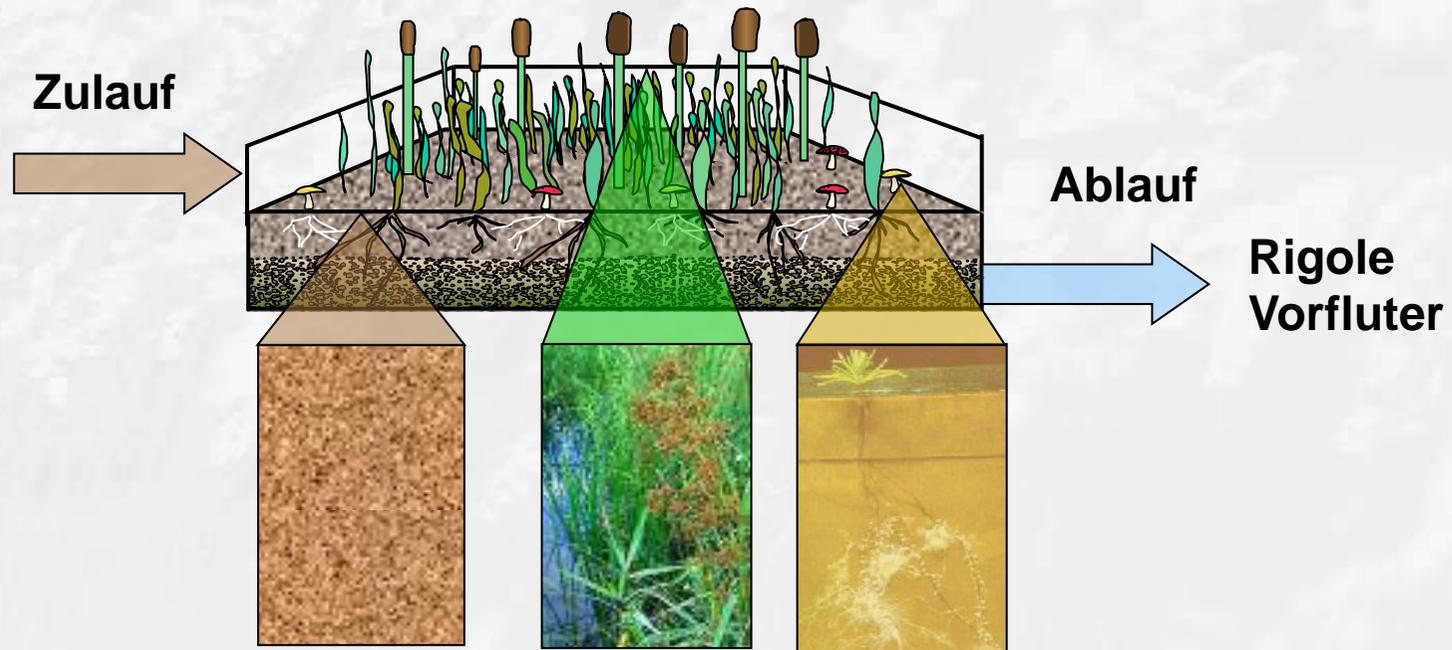
kleinere kommunale Kläranlagen (GK 1 und 2)



Vorfluter

# Pflanzenfilter zur Versickerung von Regenwasser

## Bodenfilter mit Helophyten, Mykorrhizapilzen



# Substratauswahl für die Lysimeterstudien



- **Sand** (< 2 mm, scharf gewaschen) (Hydraulik, Strukturstabil, niedrige Kosten)



- **Silikatkolloid** (Insbesondere Wachsförderung)



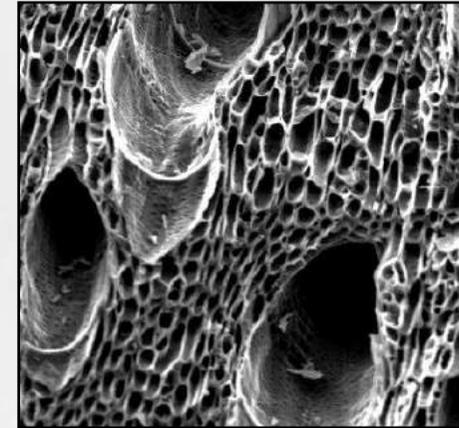
- **Struktur-Kompost** (Strukturstabil, Bodenbiologie)



- **Pflanzenkohle** (Wasserspeicherung, Sorption von Substanzen, Wachsförderung)

# Optimierung des Substrates durch Beigabe von Pflanzenkohle

Hergestellt durch Pyrolyse von Holzschredder besitzt die Holzkohle eine **dauerhafte Strukturstabilität.**



Die **hochporöse** Pflanzenkohle kann viel Wasser speichern und bietet Bakterien und Pilzen Siedlungsraum



Wurzeln und Wurzelhaare überwachsen die Oberfläche von Pflanzenkohle, es bilden sich **Kontaktzonen**

## **Die wesentlichen Vorteile!**

- Verbesserung des Wasserspeichervermögens
- Förderung der Ausbildung von Mykorrhiza
- Adsorption zahlreicher Schadstoffe, spezifische Oberfläche je Gramm PK beträgt bis zu 400 qm
- Förderung der Mikroflora
- Erhöhung der Bodendurchlüftung

# Bepflanzung des Filters



*P. arundinacea*



*I. pseudacorus*



*L. salicaria*



*E. hirsutum*



Mykorrhiza-Inokulum

## Handelsübliches Mykorrhizainokulum

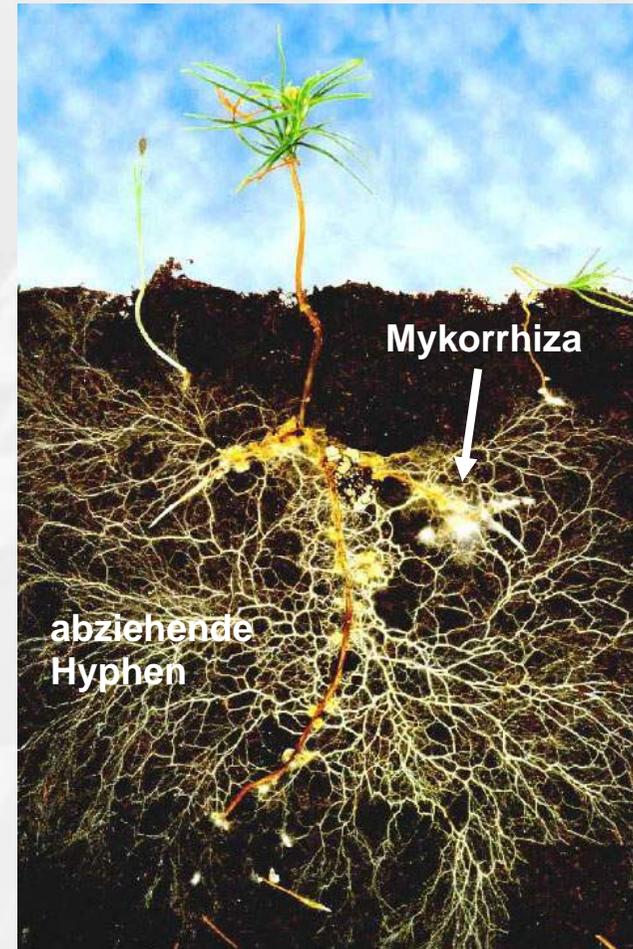
Pilzsporen in Einheitserde

Zugabe von 20 ml in jedes Pflanzloch

# Mykorrhiza



REM-Aufnahme einer mykorrhizierten  
Seitenwurzel



Smith and Read 1997

# Eliminierung von Arzneimittelrückständen aus Klärwerksabläufen; Verfahrensprinzip

## Filterpflanzen



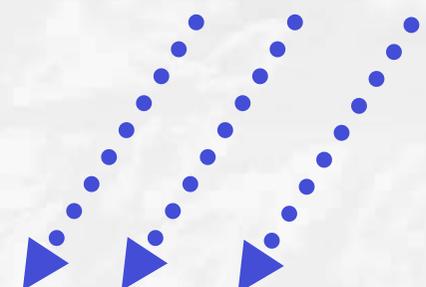
## Mykorrhiza

Nährstoffe, Wasser,  
Schutz



Kohlenhydrate

Arzneirückstände



Filtration

Retention (Verweildauer!)

Schadstoff

Rückhalt / Sorption

Abbau

Mikroorganismen

Sandfilter mit Pflanzenkohle

# Arzneiwirkstoffspektrum

## **Carbamazepin**

Einsatzbereich: Antiepileptika und Stimmungsaufhellung

ubiquitär in der Umwelt, gute Mobilität, persistent und biologisch schwer abbaubar, angreifbar durch extrazelluläre Enzyme von Pilzen (relevante Metaboliten, Carbamazepin-10,11-epoxid, trans-10,11-Dihydroxy-10,11-dihydrocarbamazepin), UQN in Vorbereitung

## **Diclofenac**

Einsatzbereich: Schmerzmittel bei rheumatischen Erkrankungen

persistent aber angreifbar durch extrazelluläre Enzyme von Pilzen (relevante Metaboliten sorbiert leicht an Sediment, also auch für Bindung an Filtersubstraten interessant (Metabolit z. B. Hydroxydiclofenac), UQN in Vorbereitung

## **Sulfamethoxazol**

Antibiotika aus der Gruppe der Sulfonamide

ubiquitär in der Umwelt

(Metabolit, z. B. N-4-Acetyl-Sulfamethoxazol), UQN in Vorbereitung

## **Ciprofloxacin**

Antibiotika aus der Gruppe der Fluorchinolone mit breitem Anwendungsspektrum

bisher wenig untersucht, soll eine schlechte Abbaubarkeit besitzen

## **17- $\alpha$ -Ethinylestradiol**

Einsatzbereich: Empfängnisverhütung, zur Therapie bei Wechseljahresbeschwerden wird oft nachgewiesen (auch in Grund- und Trinkwasser)

im Wasser in sehr niedrigen Konzentrationen hormonell wirksam (unter 1 ng/l)

die Endokrine Wirkung mehrerer Stoffe kann sich summieren, UQN in Vorbereitung

# Der Standort der Filterversuchsanlage befindet sich auf dem Gelände der Kläranlage in Sulingen



[www.bahnradrouten.de](http://www.bahnradrouten.de)

Im Landkreis Diepholz  
Einwohnerzahl ca. 13.000  
Kreiskrankenhaus  
Industriestandort für  
Galvanisierung, Lloyd



[www.wv-sl.de](http://www.wv-sl.de)

**Standort der Versuchsanlage auf  
der Landzunge im Schönungsteich**

**Beschickung mit Wasser aus dem  
Ablaufschacht des Nachklärbeckens**

# IBC-Tanks wurden zu Testlysimetern umgebaut

**Standort** der Anlage: in der Nähe Ablauf Nachklärbecken, Beschickung erfolgt über Pumpe im Ablaufschacht

**IBC-Tank** Container aus PE-HD auf Palette in Gitterbox (Alu oder Stahlrohr)  
Tankdeckel wurde entfernt, anschließend Befüllung und Bepflanzung

**Bewässerungsbetrieb** erfolgte von Mai bis November 2012  
Hydraulische Befrachtung: Regelbetrieb 70-80 Liter pro Tag

Das **Untersuchungsspektrum** umfasste Wasser- und Substratproben



# Parallel routinemäßige Erfassung gewässertypischer Standardparameter

## Allgemeine Summenparameter

Sauerstoffgehalt, Elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, AfS (ungelöste Sink-, Schweb- und Schwimmstoffe)

## Zehr- und Nährstoffe

BSB<sub>5</sub>, CSB, TOC, Ammonium/Nitrat, Gesamtstickstoff, Gesamtphosphat

Gesamtkeimzahl (KbE)

Durchlässigkeitsbeiwert ( $k_f$ -Wert)

## Physiko-chemische- Standardparameter

Parameter	Einheit	Zulauf	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5
Temp.	°C	17,13 (3,62)	14,37 (4,15)	14,33 (4,05)	14,66 (3,83)	14,54 (4,04)	14,80 (4,18)
O <sub>2</sub> -Gehalt	mg x l <sup>-1</sup>	3,17 (0,36)	6,93 (0,96)	6,95 (0,74)	6,66 (0,85)	6,63 (0,78)	6,70 (0,91)
pH-Wert	-	6,92 (0,07)	7,42 (0,33)	7,42 (0,24)	7,41 (0,27)	7,43 (0,34)	7,57 (0,27)
AFS	mg x l <sup>-1</sup>	7,45 (2,04)	2,96 (2,71)	2,80 (2,93)	2,42 (1,56)	1,95 (1,10)	3,02 (1,07)
Leitfähigk.	µS x cm <sup>-1</sup>	1122 (121)	1124 (133)	1134 (145)	1150 (138)	1178 (145)	1123 (99)
Cl <sup>-</sup>	mg x l <sup>-1</sup>	177 (34)	166 (38)	174 (41)	167 (42)	169 (46)	164 (40)

## Üppig entwickelte Vegetation und Mykorrhiza



Lysimeteranlage im Juli 2012

Spezies	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
<i>P. arundinacea</i>	-	4759/1712 (64)	5806/2088 (64)	6688/2406 (64)
<i>L. salicaria</i>	-	1602/777 (52)	1921/932 (51)	989/480 (51)
<i>P. australis</i>	1863/779 (58)	-	-	-

## Untersuchung typischer Gewässerparameter, Zulauf und Filterabläufe (in mg x l<sup>-1</sup> bzw. O<sub>2</sub> mg x l<sup>-1</sup>)

		TOC	BSB <sub>5</sub>	CSB	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	N-ges	P-ges
<b>Mai</b>	Z	10,4	2,91	28,60	0,613	2,72	5,37	0,28
	1	6,71	< 0,5	23,00	< 0,015	4,97	6,14	0,499
	2	7,27	0,50	23,00	< 0,015	4,70	6,20	0,399
	3	< 3	< 0,5	6,32*	< 0,015	2,24	2,98	0,469
	4	< 3	< 0,5	2,18*	< 0,015	1,26	1,80	0,709
	5	< 3	0,73	11,9*	< 0,015	1,55	1,90	0,554
<b>Juli</b>	Z	14,00	5,47	33,70	0,671	5,66	8,70	0,552
	1	4,79	1,64	11,30*	< 0,015	2,64	4,13	0,135
	2	5,36	1,03	12,40*	< 0,015	0,39	1,65	0,122
	3	< 3	0,51	6,58*	< 0,015	< 0,23	1,06	0,094
	4	< 3	0,64	4,16*	< 0,015	< 0,23	1,09	0,153
	5	< 3	1,00	3,85*	< 0,015	4,13	5,46	0,397
<b>Sept.</b>	Z	10,50	5,16	31,60	0,491	2,23	4,65	-
	1	6,64	2,04	15,30	0,031	1,37	2,64	0,178
	2	6,19	1,00	16,00	0,028	0,332	1,33	0,302
	3	3,50	0,66	9,78*	0,020	< 0,23	< 1	-
	4	< 3	< 0,5	6,48*	0,018	< 0,23	< 1	0,105
	5	< 3	0,70	7,21*	0,018	4,48	5,83	0,450
<b>Nov.</b>	Z	11,4	2,45	33,9	0,650	3,92	6,58	0,481
	1	6,06	1,36	17,1	0,026	5,11	6,55	0,115
	2	6,15	0,58	15,4	0,024	3,12	4,40	0,066
	3	3,86	0,79	8,35*	0,018	2,33	3,85	0,065
	4	< 3	0,65	4,88*	< 0,015	1,26	2,13	0,091
	5	< 3	< 0,5	4,74*	< 0,015	4,93	6,13	0,423

# Lysimeterversuch: Ermittelte Konzentrationen von Carbamazepin im Wasser

Variante	Probenahme									
	Mai		Juni	Juli	Aug.		Sept.	Ok.t	Nov.	
Z	0,32	1,50	1,15	3,20	7,50	1,30	2,00	0,87	1,82	1,20
1	4,54	1,40	0,75	3,70	1,95	1,50	1,40	0,43	3,21	1,20
2	1,66	1,60	0,06 (96)	4,54	2,70	1,50	0,10	0,45	0,68	1,40
3	0,11	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,80	< 0,05	< 0,05	0,12	< 0,05	< 0,05
4	0,19	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,60	< 0,05	< 0,05	0,37	0,56	< 0,05
5	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,20	< 0,05	< 0,05	1,75	0,82	< 0,05

Konz. in µg/l, Z = Zulauf, (vorgeschlagener UQN 0,5 µg/l)

# Lysimeterversuch: Ermittelte Konzentrationen von Carbamazepin-10,11- epoxid im Wasser

Variante	Probennahme									
	Mai		Juni	Juli	Aug.		Sept.	Okt.	Nov.	
Z	0,42	0,07	< 0,05	0,42	1,00	0,02	2,00	0,20	0,45	0,22
1	0,45	0,09	< 0,05	< 0,05	1,85	0,30	0,90	0,24	0,46	0,26
2	0,39	0,08	< 0,05	< 0,05	0,58	0,36	< 0,05	0,27	0,46	0,27
3	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,13	0,08	< 0,05
4	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
5	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,35	< 0,05

Z = Zulauf, Konz. in µg/l

# Lysimeterversuch: Ermittelte Konzentrationen von Diclofenac im Wasser

Variante	Probennahme									
	Mai		Juni	Juli	Aug.		Sept.	Okt.	Nov.	
Z	3,20	6,80	1,62	3,30	9,05	4,60	1,00	5,80	2,90	5,00
1	2,50	6,00	0,158	1,50	1,80	1,10	0,52	3,65	0,56	3,10
2	2,0	3,70	< 0,05	1,50	2,65	0,86	< 0,05	0,13	0,23	1,90
3	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	1,35	< 0,05	< 0,05	0,49	0,29	< 0,05
4	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	1,25	< 0,05	< 0,05	0,12	< 0,05	< 0,05
5	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	1,60	0,22	< 0,05

Z = Zulauf, Konz. in µg/l; (vorgeschlagener UQN 0,1 µg/l)

# Lysimeterversuch: Ermittelte Konzentrationen von Sulfamethoxazol im Wasser

Variante	Probennahme									
	Mai		Juni	Juli	Aug.		Sept.	Okt.	Nov.	
Z	0,57	0,49	2,09	3,30	1,10	0,58	1,80	0,15	5,15	0,55
1	0,53	0,66	0,41	2,10	0,90	0,91	0,12	0,15	1,05	0,62
2	0,43	1,15	0,61	1,30	0,54	0,90	0,09	0,17	0,25	0,49
3	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,40	< 0,05
4	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,35	< 0,05
5	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,56	< 0,05

Z = Zulauf, Konz. in µg/l; (vorgeschlagener UQN 0,15 µg/l)

## Experiment Freilandlysimeter: gewonnene Erkenntnisse

Konzentrationen von Arzneiwirkstoffen in den Filtervarianten 1 und 2 (ohne P. K.) oft deutlich nachzuweisen, z. T. mit nur geringer Reduktion gegenüber Zulaufbelastungen

Konzentrationen von Arzneiwirkstoffen in den Abläufen der Filtervarianten 3 - 5 (mit Pflanzenkohle) liegen oft unter der Bestimmungsgrenze von 0,05 µg/l und blieben damit meistens unterhalb der Grenze potentieller UQN

Hinsichtlich der Höhe der Pflanzenkohlebeigabe ist bisher noch kein eindeutiger Unterschied bei der Reinigungsleistung zu beobachten (Varianten 3 und 4)

Möglicherweise ist ein positiver Einfluss der Pflanzen auf die Reinigungsleistung zu erkennen (bisher noch nicht eindeutig bei AWS aber schon bei Nährstoffen!)

Ein tendenziell zunehmendes Durchbruchverhalten mit anhaltender Versuchsdauer ist allgemein nicht zu erkennen

Hormonkonzentrationen (EE) sind bisher schwer zu bestimmen bzw. zu quantifizieren (1 ng/l bzw. 0,2 ng/l Bestimmungsgrenzen), möglicherweise waren im Zulauf vereinzelt Spuren zu erkennen.

# Bau der Filterversuchsanlage im August 2013



# Kooperationspartner

Wasserversorgung SULINGER LAND, Betreiber der Kläranlage in Sulingen

Meyer Umweltservice GmbH, vormals Abwassertechnik Dittrich, Bau und Betreuung bzw. Wartung von Abwasserbehandlungsanlagen

Institut Dr. Nowak, Analytik von Wasser- und Bodenproben

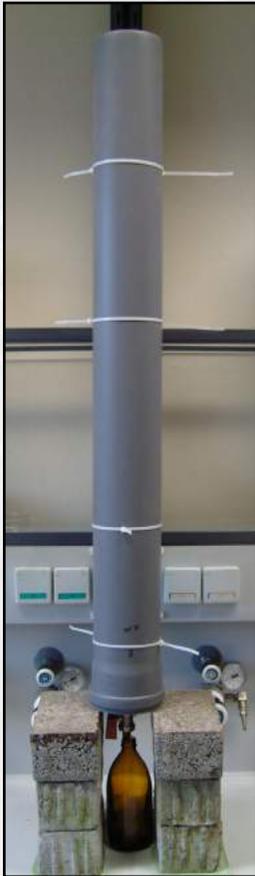
ukon Umweltkonzepte, Entsorgungsmanagement, Konzeptionierung

# **Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

**Ingo Dobner, e-mail: [dobner@uni-bremen.de](mailto:dobner@uni-bremen.de),  
Tel: 0421-218-63357**

# Dotierung und Durchführung

5wöchige **Einfahrphase** mit einer Beaufschlagung von ca. 45 l Wasser je Säule



KG-Rohr aus PP

## Dotierung mit Arzneiwirkstoffen

Je Säule wurde eine rechnerisch ermittelte 10-Jahresfracht dotiert: in 3 Chargen innerhalb von einer Woche

Diclofenac	23 mg
CBZ	8 mg
SMX	4 mg
Cip	2 mg
Hormon	4 µg

Anschließend kurze Übergangsphase mit täglicher Wasserspende von etwa 300 ml Wasser (12 Tage)

30 Tage **Beaufschlagung mit Wasser** entsprechend einer Größenordnung von 80 Liter/m<sup>2</sup> und Tag

## Beprobung:

Eluate von allen Betriebsphasen

Substrate nach Versuchsende, entnahme schichtbezogen

## Welche Erkenntnisse wurden aus den Säulenversuchen bisher gewonnen?

Die Extraktion von Arzneiwirkstoffen aus Bodensubstraten ist schwierig, mit den angewendeten Methoden konnten die Stoffe nur zum Teil nachgewiesen bzw. nur wenige Stoffe quantifiziert werden

Extraktion von Arzneiwirkstoffen aus Bodensubstraten muss daher weiter verbessert bzw. validiert werden. Säulenversuche sind daher in Projektphase II zu wiederholen

Substrat ohne Pflanzenkohle neigt vermutlich nur zu einer geringen Adsorption von Arzneiwirkstoffen, dafür sprechen die Ergebnisse der Lysimeter- und der Säulenversuche (kaum Nachweis im Sand, z. T. hohes Durchbrechen innerhalb eines geringen Zeitraumes)

Varianten mit Pflanzenkohle zeigen einen wesentlich besseren Rückhalt, jedoch lassen sich z. T. Wirkstoffe  $> 0,05 \mu\text{g/l}$  (Bestimmungsgrenze) in den Eluaten finden. Dieser geringe „Durchbruch“ minimiert sich mit fortlaufender Versuchszeit.

**Hoher Rückhalt in den Varianten mit Pflanzenkohle obwohl eine 10Jahresfracht dotiert wurde.**

# Weiterer Fortgang der Projektphase 2

**Laufzeit:** 01.07.2013 – 31.12.2014

**Betrieb einer 10 - 15 qm großen Filteranlage** (Variante 3) über einen Zeitraum von 12 Monaten (jahreszeitliche Einflüsse?)

**Weiterbetrieb der Lysimetervarianten** (allerdings mit weniger Beprobungsereignissen, 3 – 4 Probennahmen)

## **Fortgang der Säulenexperimente (Laborversuche)**

1. Dotierung einer hypothetisch errechneten 20jahres-Fracht
2. Beaufschlagung mit originären Abläufen einer Kleinkläranlage

# Experiment Filterversuchsanlage

**Wasseruntersuchungen** mindestens 1 x monatl., dazu Untersuchungen unter Hochlastbedingungen (Arzneimittelrückstände und Standardparameter)

**Substrate:** Untersuchungen ab 2014

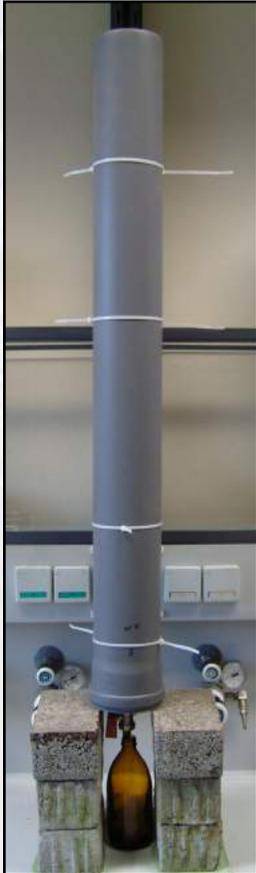
## **Sonstige Untersuchungen:**

Bestimmung der Mykorrhizierungsgrade

Bestimmung der Biomasse

Untersuchungen zum Wurzelwachstum

# Kleinskalige Säulenversuche im Labor



KG-Rohr aus PP

Dotierungsversuche mit Arzneimittelwirkstoffen simulieren den Filterbetrieb im Zeitraffer

Erkenntnisgewinn zum Adsorptionsvermögen und zur Lebensdauer der Filter (Dotierung einer 20jahres Fracht)

Beaufschlagung mit originärem Ablauf, Eintrag höherer organischer Fracht? Auswirkungen auf Reinigungsleistung?

Hinweise über Abbauprozesse/Abbauwege/ Metaboliten

# Lysimeterversuch: Ermittelte Konzentrationen von 4'-Hydroxy-Diclofenac im Wasser

(mit 40% Hauptmetabolit)

Variante	Probennahme									
	Mai		Juni	Juli	Aug.		Sept.	Okt.	Nov.	
Z	1,30	1,4	0,23	6,70	4,85	1,00	0,95	3,97	4,80	2,60
1	1,57	0,89 (36)	0,16 (30)	1,20 (82)	3,00 (38)	0,17 (83)	0,35 (63)	0,79 (80)	0,13 (97)	1,10 (58)
2	1,61	0,79 (44)	0,06 (74)	1,80 (73)	2,60 (46)	0,11 (89)	0,30 (68)	1,28 (68)	< 0,05	0,47 (82)
3	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,13 (98)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
4	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
5	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05

Reduktion: Wert in Klammern, Z = Zulauf, Konz. in µg/l

# Lysimeterversuch: Ermittelte Konzentrationen von 5'-Hydroxy-Diclofenac im Wasser

(entsteht zu etwa 5%)

Variante	Probennahme									
	Mai		Juni	Juli	Aug.		Sept.	Okt.	Nov.	
Z	0,39	0,31	0,32	8,90	3,70	n.b.	0,15	0,81	3,84	n.b.
1	0,23 (41)	0,15 (52)	0,21 (34)	1,85 (79)	< 0,05	n.b.	< 0,05	0,58 (28)	0,31 (92)	n.b.
2	0,45	0,13 (58)	0,05 (74)	< 0,05	< 0,05	n.b.	< 0,05	1,46	1,68 (56)	n.b.
3	0,12 (69)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	n.b.	< 0,05	1,15	0,29 (92)	n.b.
4	0,26 (33)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	n.b.	< 0,05	0,49 (40)	0,19 (95)	n.b.
5	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	n.b.	< 0,05	< 0,05	0,16 (96)	n.b.

Reduktion: Wert in Klammern, Z = Zulauf, Konz. in µg/l

# Lysimeterversuch: Ermittelte Konzentrationen von N4–Acetyl-Sulfamethoxazol im Wasser

(antibakteriell nicht wirksam aber toxischer als unveränderte Sulfonamide)

Variante	Probennahme									
	Mai		Juni	Juli	Aug.		Sept.	Okt.	Nov.	
Z	< 0,05	< 0,05	0,67	0,76	< 0,05	< 0,05	1,70	0,17	3,47	< 0,05
1	< 0,05	< 0,05	0,85	0,73 (4)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,09 (47)	4,03	< 0,05
2	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,24 ( )	3,16 (9)	< 0,05
3	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,07 (59)	0,50 (86)	< 0,05
4	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
5	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,15 (96)	< 0,05

Reduktion: Wert in Klammern, Z = Zulauf, Konz. in µg/l

# Lysimeterversuch: Ermittelte Konzentrationen von Ciprofloxacin im Wasser

Variante	Probennahme									
	Mai		Juni	Juli	Aug.		Sept.	Okt.	Nov.	
Z	0,96	0,05	1,26	0,05	1,37	0,078	0,18	2,82	5,90	n.b.
1	0,42 (46)	< 0,05	0,58 (54)	< 0,05	1,70	< 0,05	< 0,05	0,82 (71)	1,06 (82)	n.b.
2	0,21 (78)	< 0,05	0,70 (44)	< 0,05	1,25 (9)	< 0,05	< 0,05	0,68 (76)	2,24 (62)	n.b.
3	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,53 (91)	< 0,05	n.b.
4	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	n.b.
5	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	n.b.

Reduktion: Wert in Klammern, Z = Zulauf, Konz. in µg/l

# Gefährdungspotenzial von Arzneimittelrückständen

Durch chronische Belastung in Gewässern sind oft bereits geringe Konzentrationen toxisch für Wasserorganismen

Die Kombination verschiedener Arzneiwirkstoffe bei gleichzeitiger Präsenz verstärkt das Wirkungspotenzial

Bildung multiresistenter Keime durch Antibiotika

Hormonelle Substanzen wirken auf das endokrine System von Organismen (Verweiblichung, Fruchtbarkeit, embryonale Entwicklung), Gefahr der Aufsummierung des Wirkungspotenzials bei gleichzeitiger Präsenz verschiedener endokrin wirksamer Substanzen (Industrieschadstoffe, z. B. Bisphenol A, Nonylphenole, Weichmacher, z. B. Phthalate)