

# Reduktion von Kohlenwasserstoffen und anderen organischen Spurenstoffen durch ein dezentrales Behandlungssystem für Verkehrsflächenabflüsse

## PROJEKTPHASE I

A. Pahl, E. C. Heinz, H. Grüning, B. Helmreich und M. Wichern

Landesamt für Natur,  
Umwelt und Verbraucherschutz  
Nordrhein-Westfalen



Ministerium für Klimaschutz, Umwelt,  
Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz  
des Landes Nordrhein-Westfalen



## Projektpartner

Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft  
und Umwelttechnik

Dr. Pecher AG

Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft

RUHR  
UNIVERSITÄT  
BOCHUM **RUB**

**pecher**

**TUM**  
Technische Universität München

## Projektförderung

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt,  
Landwirtschaft, Natur- und  
Verbraucherschutz des Landes  
Nordrhein-Westfalen

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt,  
Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz  
des Landes Nordrhein-Westfalen



## Wissenschaftliche Begleitung

Landesamt für Natur, Umwelt und  
Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

Landesamt für Natur,  
Umwelt und Verbraucherschutz  
Nordrhein-Westfalen



# Überblick

---

## Gliederung

1. Einleitung
2. Ziele & Konzept des Forschungsprojekts
3. Großversuche Filterschachtsystem FiltaPex<sup>®</sup>
4. Adsorptionsversuche im Labor
5. Untersuchung von Straßensedimenten
6. Fazit und Ausblick

# Verkehrsflächenabflüsse

## Problemstellung

- Niederschlagsabflüsse von Verkehrsflächen sind mit Schwermetallen und organischen Stoffen verunreinigt
- Niederschlagsabflüsse gelangen im Trennsystem direkt oder nach Vorbehandlung in Oberflächengewässer
- geschätzte 100.000 NW-Einleitungen ohne vorherige Behandlung in NRW
- NRW: ca. 1/3 der versiegelten Flächen sind Verkehrsflächen
- Schweiz: 50 – 60 % der befestigten Flächen sind Straßen

Hohes Potential an Einträgen von Kohlenwasserstoffen und organischen Spurenstoffen



# Verkehrsflächenabflüsse

## Organische Schadstoffe

- **MKW - Mineralölkohlenwasserstoffe**  
Tropfverluste, Leckagen (ruhender Verkehr)  
überwiegend an Feinpartikel gebunden  
mutagen, kanzerogen, im Boden persistent
- **PAK - Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe**  
Rückstände aus unvollständige Verbrennung, Asphaltabrieb  
überwiegend an Feinpartikel gebunden  
Prioritäre gefährliche Stoffklasse laut WWRL,  
gentoxisch, kanzerogen, persistent
- **MTBE - Methyl-*tert*-butylether**  
Additive in Ottokraftstoff zur Erhöhung der Oktanzahl  
sehr mobil und schwer biologisch abbaubar  
Anhaltspunkte für ein krebserzeugende Wirkung



# Niederschlagswasserbehandlung

## Wirkmechanismen zur NW-Behandlung

partikuläre Stoffe		gelöste Stoffe		Leichtflüssigkeiten	
Feststoffe (AFS) partikulär gebundene Stoffe ( <b>PAK</b> , <b>MKW</b> , Schwermetalle)	Filtration Sedimentation biologischer Abbau	<b>PAK</b> (gelöst) <b>MTBE</b> Schwer- metalle	<b>Adsorption</b> Ionenaustausch Komplexbildung Fällung biologischer Abbau	<b>MKW</b>	Auftrieb <b>Adsorption</b> biologischer Abbau

- Leistungsfähige Behandlungssysteme erforderlich, die sowohl Partikel als auch gelöste organische und anorganische Stoffe nachhaltig zurückhalten.

## Ziel des Projektes (Phase I & II)

### Entwicklung und Optimierung eines dezentralen Regenwasserbehandlungssystems für den Rückhalt von Kohlenwasserstoffen und organischer Spurenstoffe aus Verkehrsflächenabflüssen

- Analyse der Leistungsfähigkeit bestehender dezentraler Systeme (Literatur & Großversuch)
- Untersuchung der Schadstoffverteilung gelöster & partikulärer gebundener Schadstoffe (MKW, PAK)
- **Ermittlung optimaler Sorptionsmaterialien**

#### Grundlagen ermitteln zur Verbesserung des Rückhaltes von organischen Schadstoffen (Phase I)

geplant für Projektphase II:

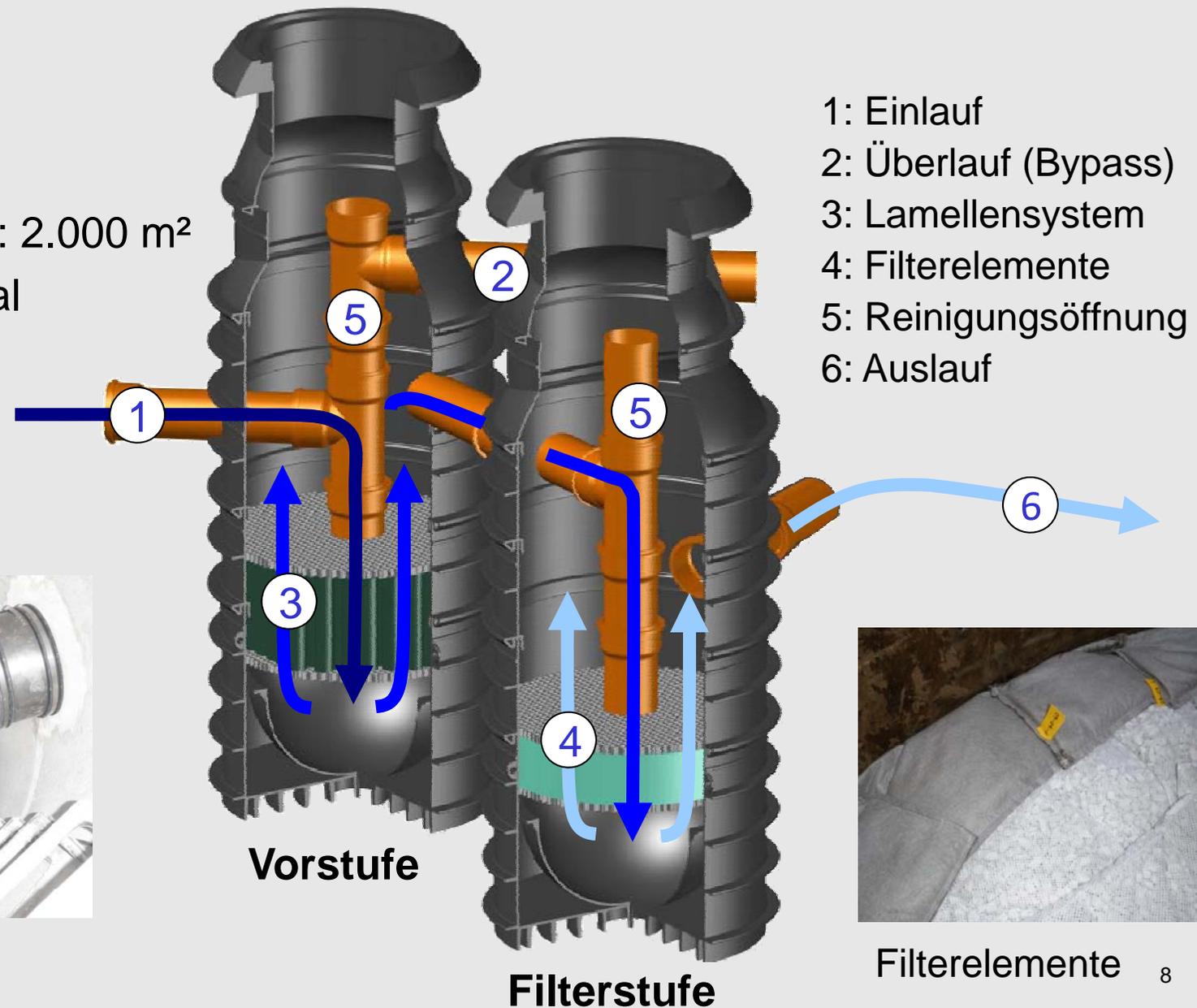
- Entwicklung eines Filtermoduls für organische Spurenstoffe und Schwermetalle
- Untersuchungen zum Langzeitverhalten der Behandlungsanlagen - Betriebsstabilität, Wartungsintervalle, Schadstoffrückhalt- und remobilisierung



# Großversuch - FiltaPex<sup>®</sup>

## Systemaufbau

- DN 1.000
- Anschlussfläche: 2.000 m<sup>2</sup>
- Sorptionsmaterial optimiert auf Schwermetallrückhalt



Lamellensystem  
(© Dr. Pecher AG)

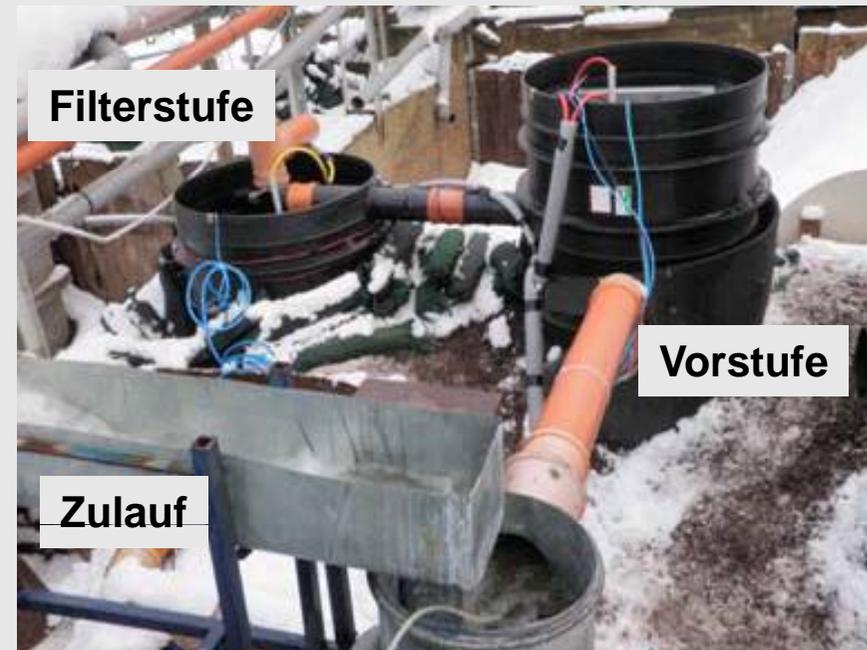
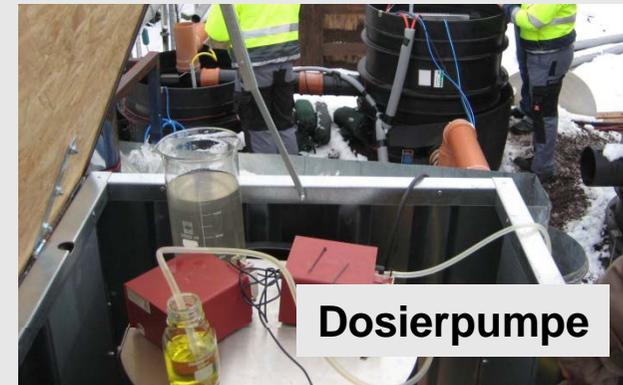


Filterelemente 8

# Großversuch - FiltaPex<sup>®</sup>

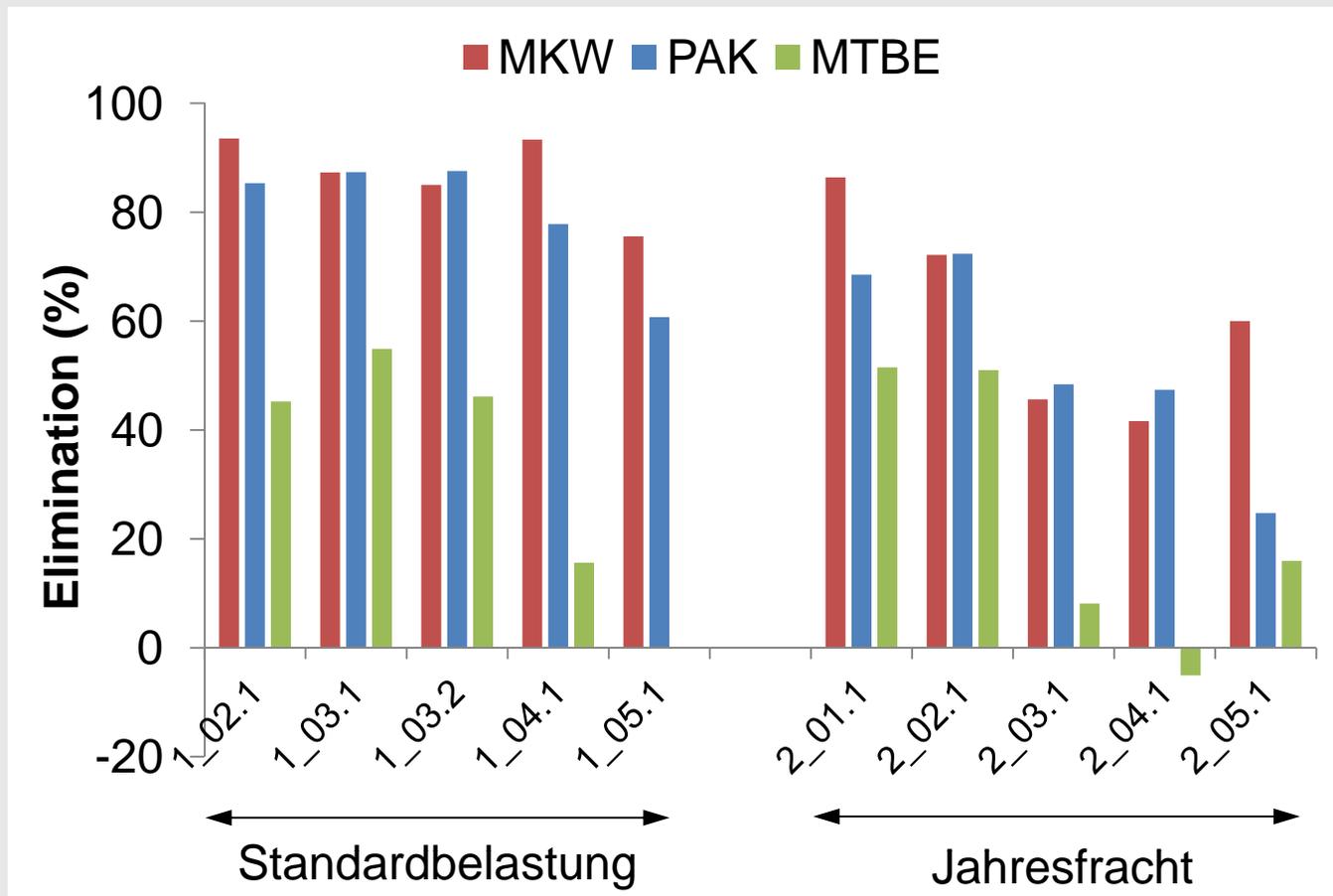
## Versuchsaufbau

- Modellschadstoffe: Super Benzin & Diesel
- Ø Schadstoffkonzentration: 9,4 mg<sub>MKW</sub>/l,  
14,5 µg<sub>PAK</sub>/l, 300 µg<sub>MTBE</sub>/l
- Jahresfracht: 9.400 g<sub>MKW</sub>, 14,5 g<sub>PAK</sub>, 300 g<sub>MTBE</sub>
- Durchfluss: 7 l/s (Regenspende 35 l/(s·ha))
- Keine Zugabe von Feststoffen



# Großversuch - FiltaPex<sup>®</sup>

## Elimination der organischen Spurenstoffe durch das bestehende FiltaPex<sup>®</sup>-System

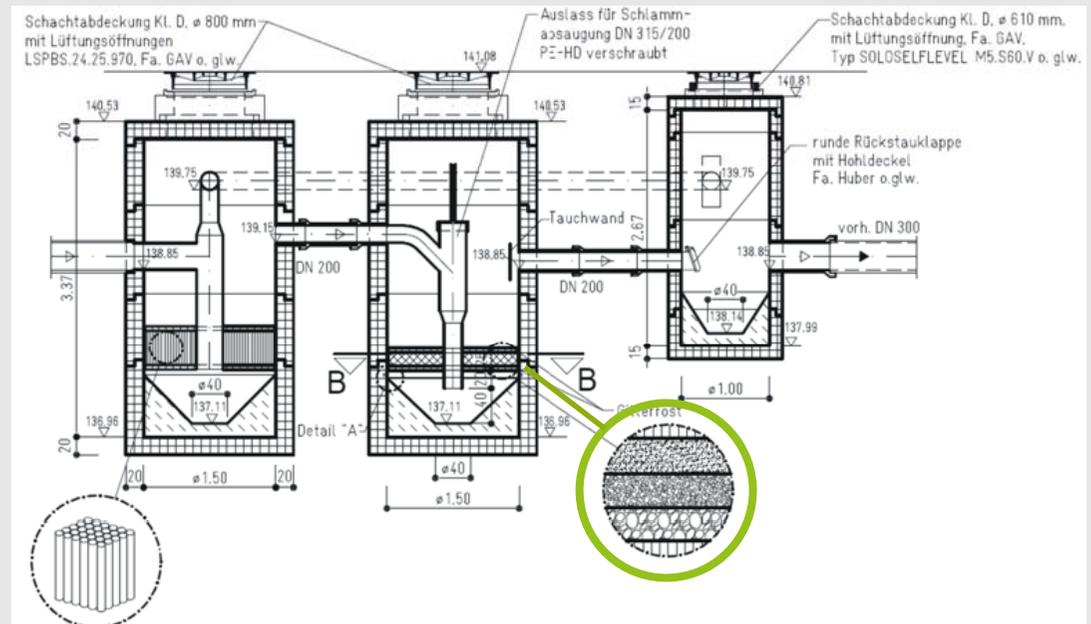


- Ø Belastung:  
Elimination von 87 % (MKW) und 80 % (PAK)
- Jahresfracht:  
Rückhalt von 48 % (MKW) und 21 % (PAK)
- MTEB-Reduktion im Mittel bei 30 %
- **Fazit:** anfangs guter Rückhalt – deutlicher Rückgang nach simulierten Standzeit

# Filtermaterialien

## Anforderungen

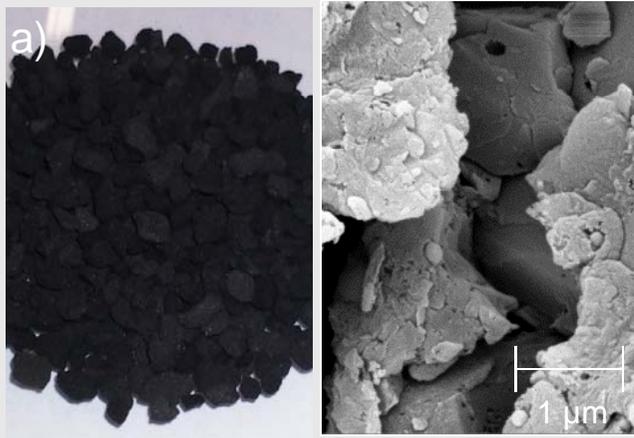
- Hohes Sorptionspotential (Sorptionskapazität und -geschwindigkeit)
- Korngröße des Adsorptionsmaterials zwischen 1 bis 2,5 mm
- Stabiles Korn für mind. 1 Jahr
- Neutrales Eluatverhalten
- Keine Freisetzung bereits adsorbierter Schadstoffe z.B. infolge schwankender Zulaufkonzentrationen oder infolge **Streusalzeinwirkung**



Filtapex®-System (Dr. Pecher AG, Erkrath)

# Adsorptionsversuche im Labor

## Filtermaterialien



**Aktivkohle**

(Chemviron Carbon GmbH, Deutschland)



**Braunkohlekoks**

(REW Power AG, Deutschland)



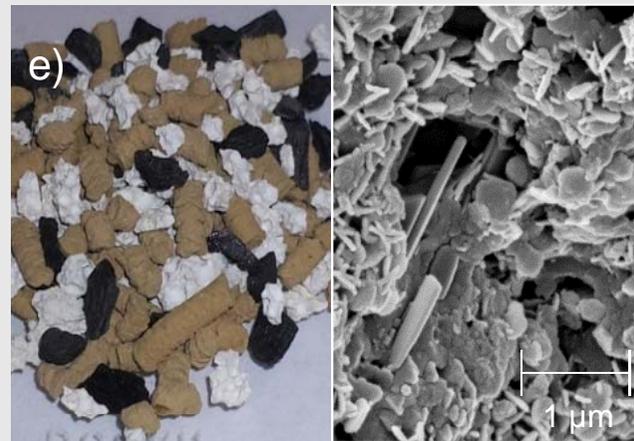
**Graphit**

(Graphit Kropfmühl AG)



**Eisenschwamm**

(Gongyi Fengtai Refractories Abrasive & Trade Co., China)



**Sorp1**

(Dr. Pecher AG)



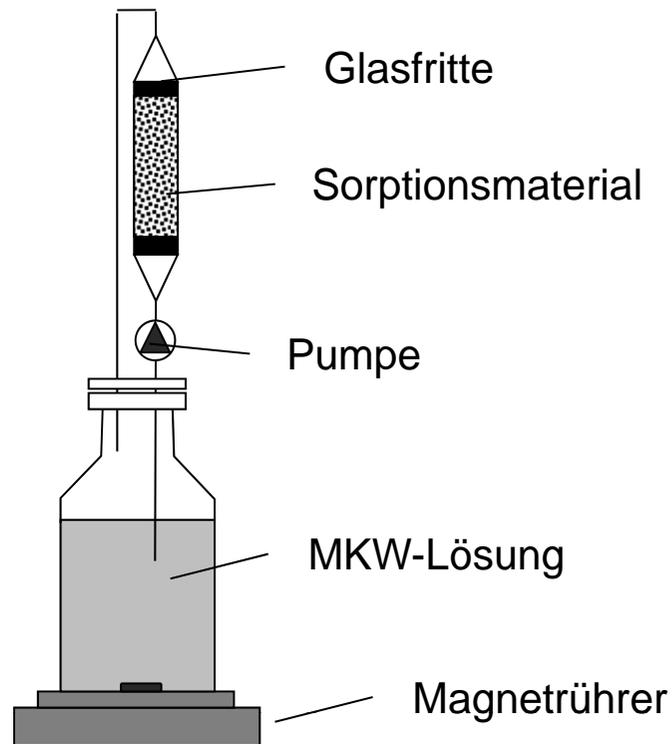
**Sorp2**

(Dr. Pecher AG)

# Adsorptionsversuche im Labor

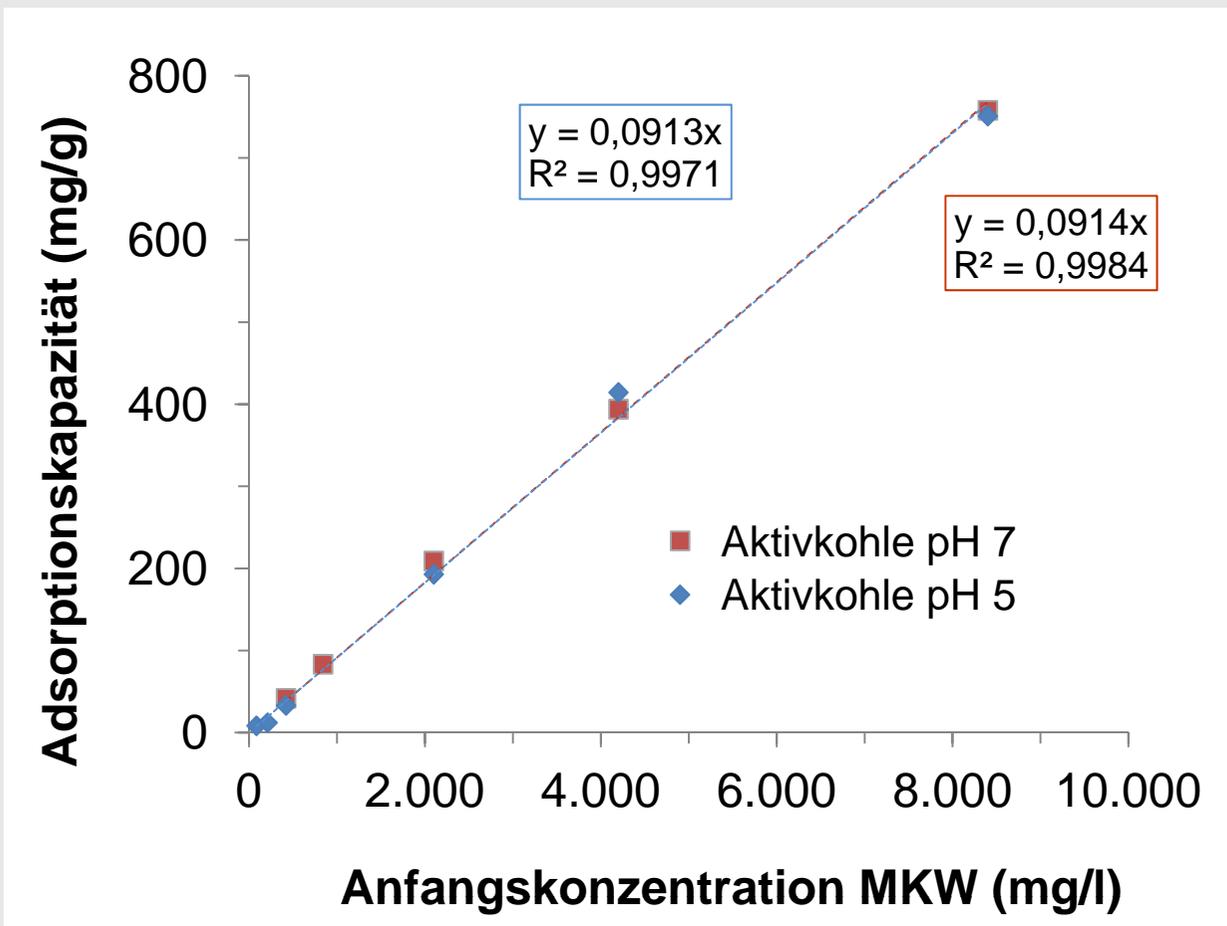
## Material und Methoden

- Säulenversuche mit verschiedenen Materialien bei MKW-Konzentrationen (100 bis 42.000 mg/l) sowie Kontaktzeiten (5 min bis 24 Std.)



# Adsorption - MKW

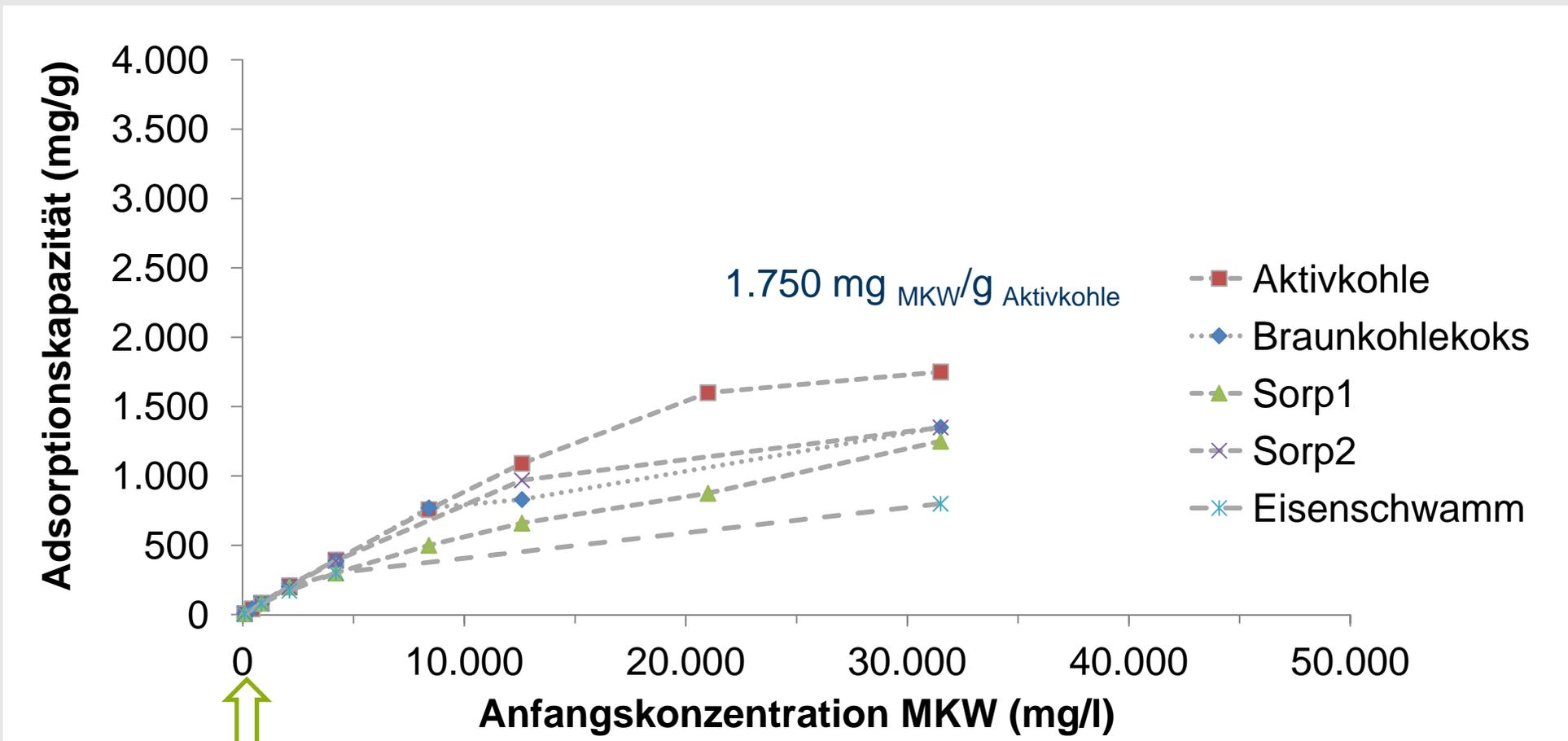
## Einfluss pH-Wert



- Neutraler pH (6,5 - 8) in Verkehrsflächenabflüssen
- pH wichtig für Schwermetall-Rückhalt
- Kein Einfluss des pH-Wertes auf MKW-Adsorption, daher alle Versuche in Pufferlösung pH 7,0

# Adsorption - MKW

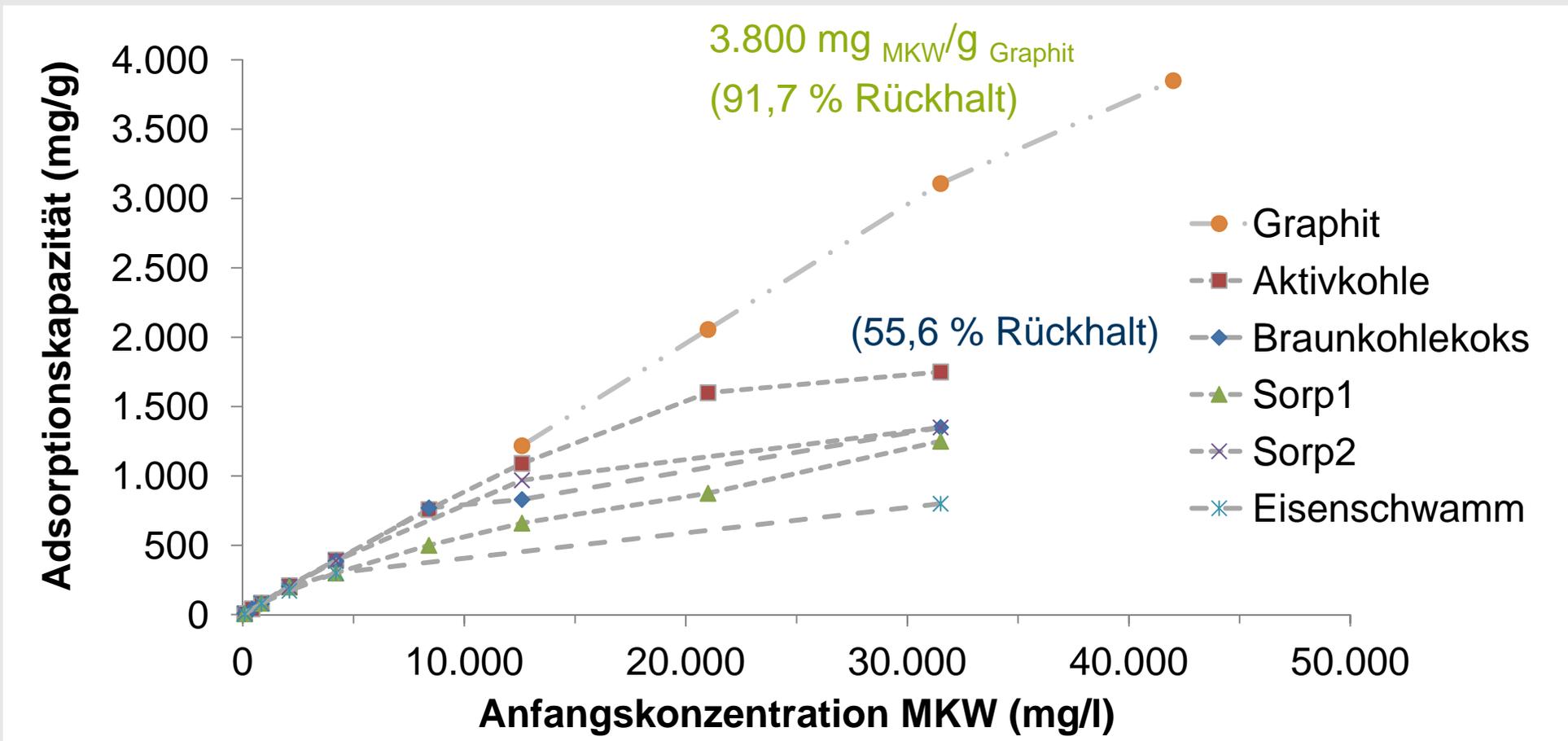
## Adsorptionskapazitäten - MKW



Reale Verkehrsflächenabflüsse

# Adsorption - MKW

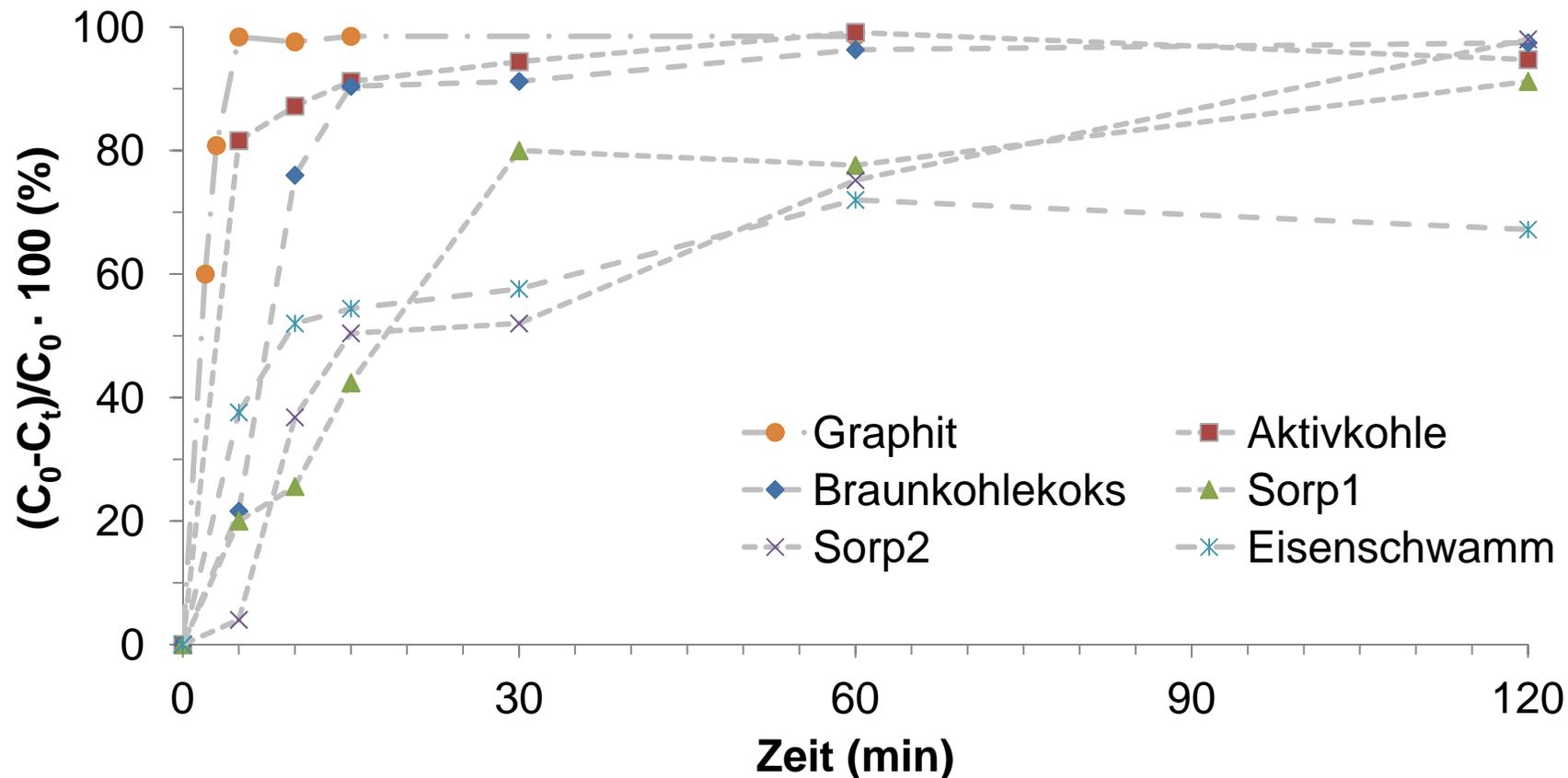
## Adsorptionskapazitäten - MKW



# Adsorption - MKW

## Adsorptionskinetik

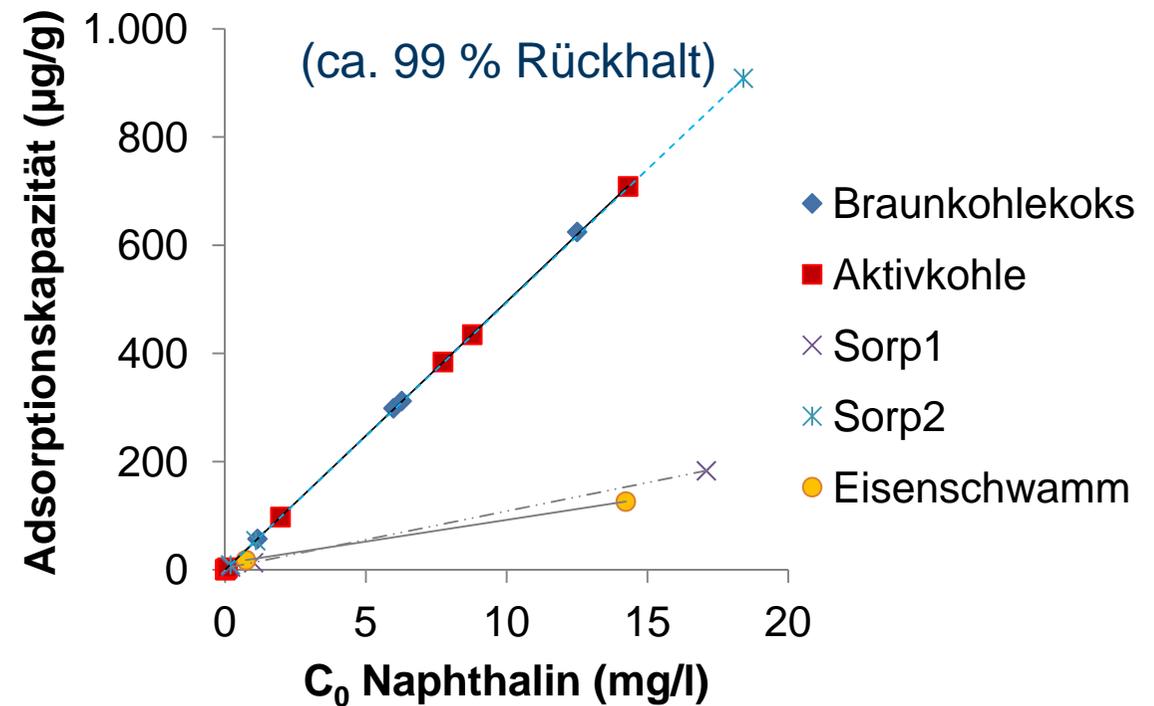
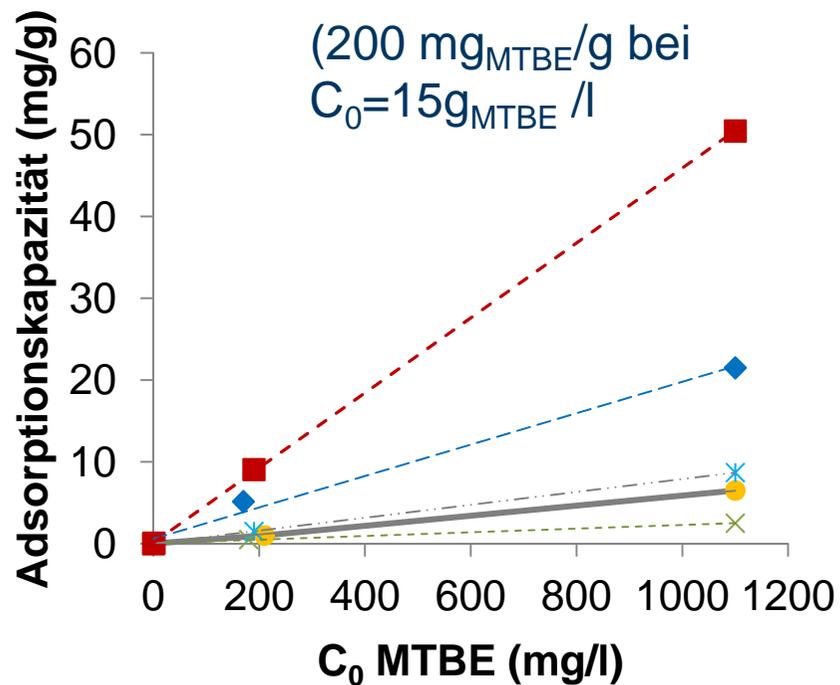
- Aufenthaltszeit in dezentralen Systemen ist verhältnismäßig kurz  
(FiltaPex® DN 2200,  $t_{\text{Kontakt}}$  ca. 1 min bei  $Q_{\text{krit}} = 6 \text{ l/s}$  bei  $15 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)}$ )



# Adsorption – PAK, MTBE

## Adsorptionskapazität

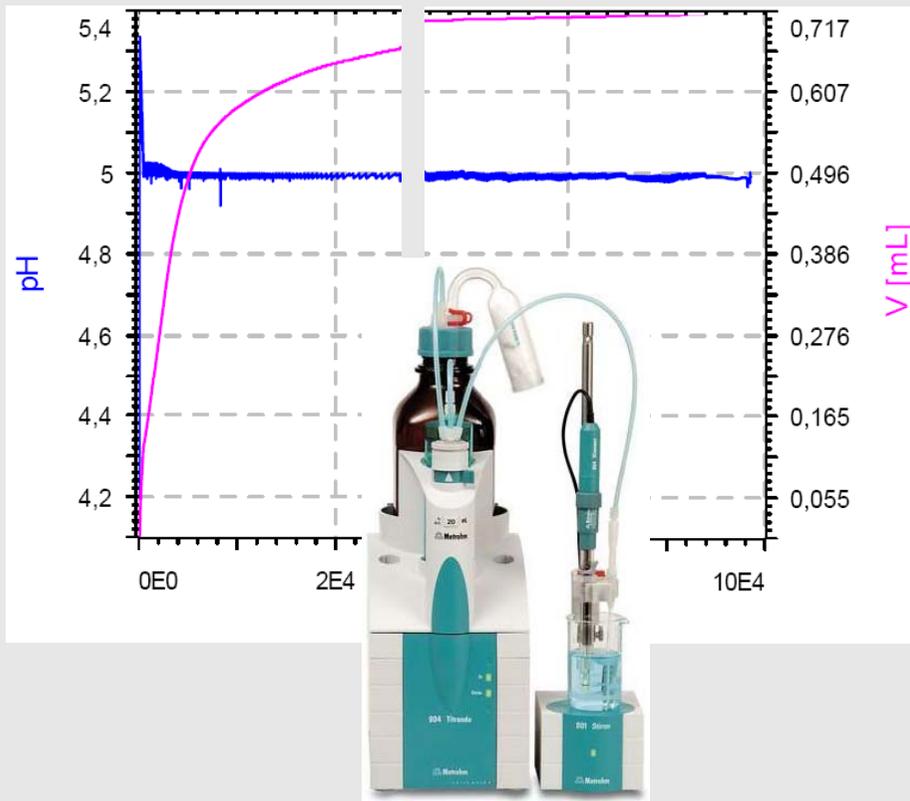
- Batchversuche der TU München (PD Dr. habil B. Helmreich)
- MTBE: im Wasser sehr mobil, Löslichkeit 42 g/l
- PAK: Naphthalin als Modeinzelverbindung, limitiert durch die geringe Löslichkeit von 32 mg/l



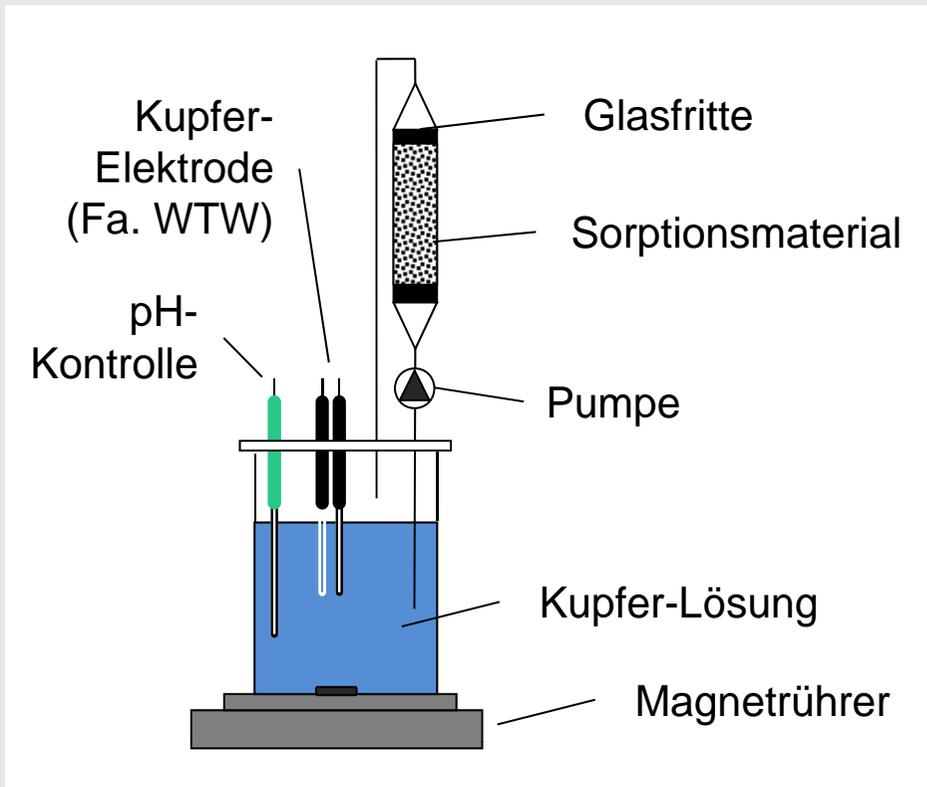
# Adsorption von Kupfer

## Material und Methoden

- Säulenversuche mit verschiedenen Materialien bei Kupfer-Konzentrationen (100 bis 500 mg/l) sowie Kontaktzeiten (5 min bis 24 Std.)

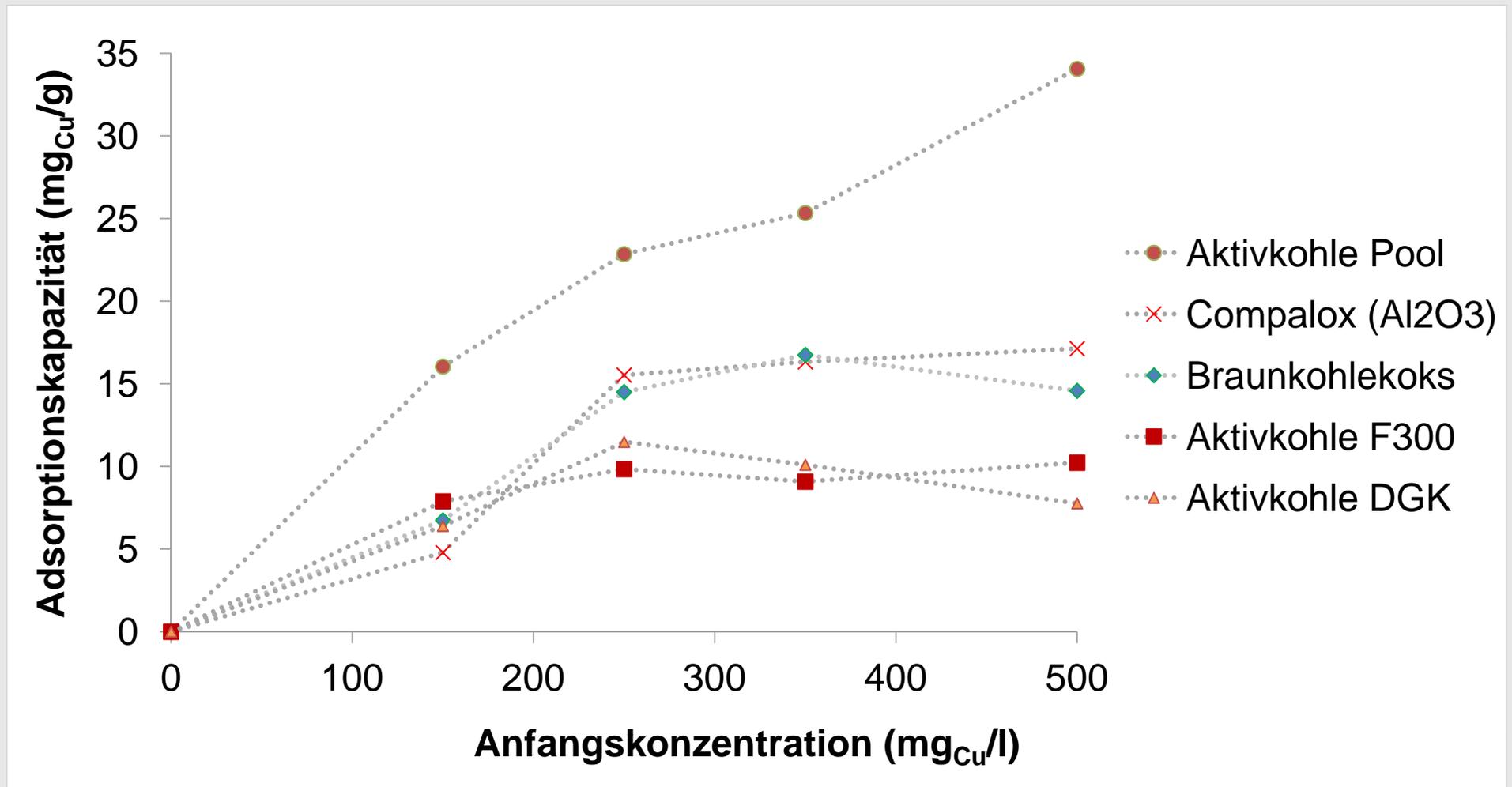


Titrationseinheit (Fa. Metrohm GmbH)



# Adsorption von Kupfer

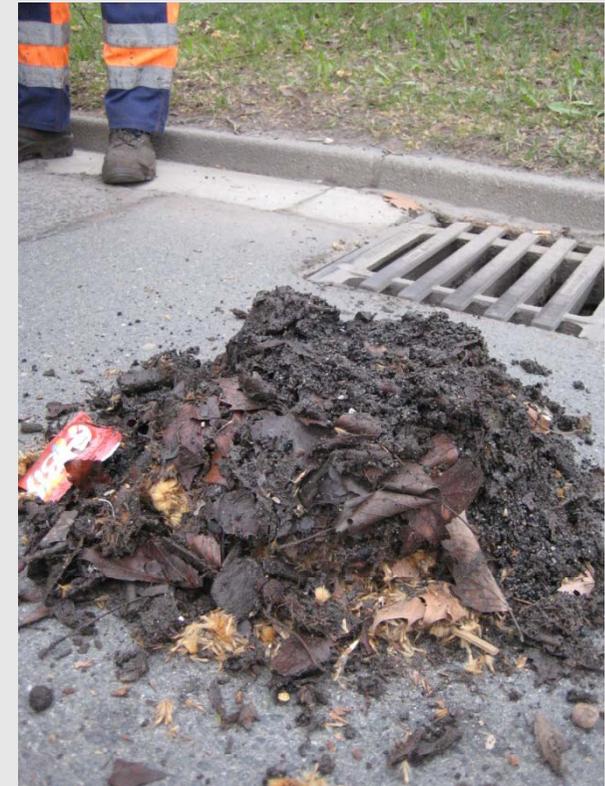
## Adsorptionskapazitäten (pH 5)



# Untersuchung von Straßensedimenten

## Material und Methoden

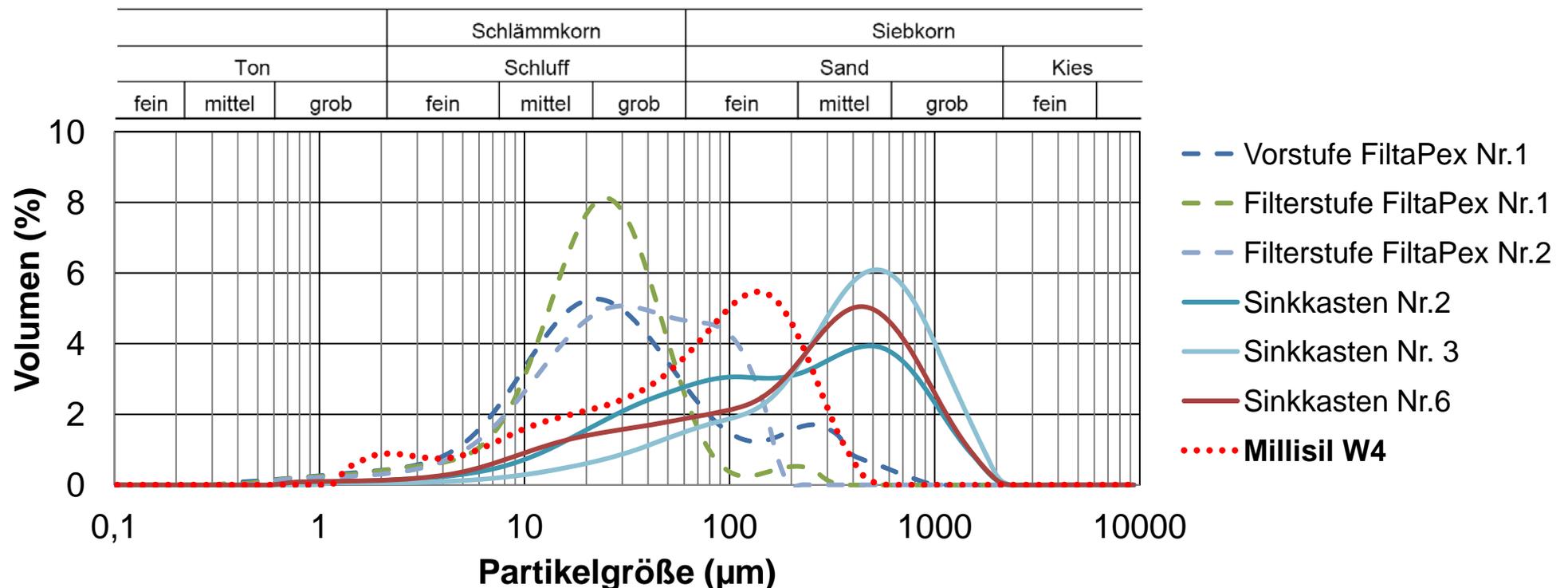
- Feststoffproben aus der Sedimentkammer von FiltaPex®-Systemen sowie aus Straßeneinläufen (Innenstadtring Bochum, ca. 25.000 Kfz/d) entnommen
- Analyse der Parameter:  
Partikelgrößenverteilung, organischer Anteil in Form von Glühverlust, Gehalt an organischen Schadstoffen (PAK, MKW), **Sinkgeschwindigkeit**
- Sorptionsversuche mit Quarzsand unterschiedlicher Korngröße



# Untersuchung von Straßensedimenten

## Partikelgrößenverteilung

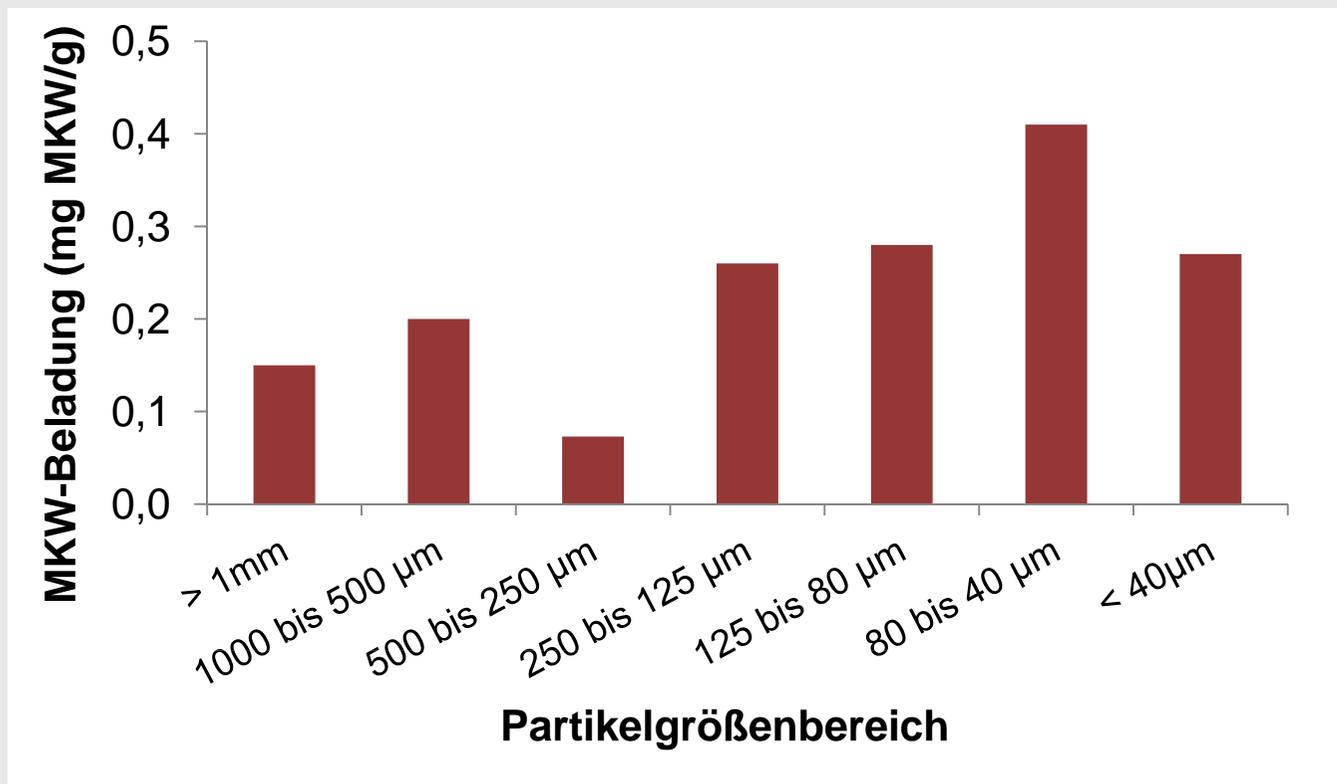
- Sinkkastenrückständen mit  $d_{50}$  von 160 bis 375  $\mu\text{m}$  (Fein- bis Mittelsandbereich)
- $d_{50}$  der FiltaPex<sup>®</sup>-Sedimente von 20 bis 55  $\mu\text{m}$  (Grobschluffbereich)
- Millisil W4 stellvertretend zur Prüfung des Partikelrückhalts (DIBt-Zulassung)



# Untersuchung von Straßensedimenten

## Partikulär gebundene organische Schadstoffe

- bevorzugte Bindung an Feinsedimente ( $< 125 \mu\text{m}$ )
  - aufgrund der größeren spezifischen Oberfläche (Sorptionsversuche Millisil W4)
  - infolge des höheren Organikanteils in der Feinfraktion



→ Rückhalt der Feinsedimente wichtig, da stark belastet sowie quantitativ bedeutsam

## Fazit und Ausblick

- geeignete Adsorptionsmaterial zum Rückhalt von organischen Spurenstoffen (MTBE, PAK sowie MKW) wurden identifiziert

➡ Entwicklung eines mehrschichtigen Filters für den Rückhalt von organischen Stoffen sowie Schwermetallen (Schadstoffremobilisierung)  
Untersuchung der Wechselwirkung mit anderen Stoffen (z.B. DOC, AFS)

- Partikulär gebundene Schadstoffe reichern sich in der Feinkornfraktion kleiner 125 µm an

➡ Rückhalt von Feinsedimenten wichtig – nach Möglichkeit in der Sedimentationsstufe oder durch Filtration

**Ziel für Projektphase II:** Umsetzung der Ergebnisse zum Partikelrückhalt und zum entwickelten modularen Filter im halbtechnischen Maßstab und in FiltaPex<sup>®</sup>-Großanlagen

# Vielen Dank für die Projektbegleitung

**Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz  
Nordrhein-Westfalen**

Landesamt für Natur,  
Umwelt und Verbraucherschutz  
Nordrhein-Westfalen

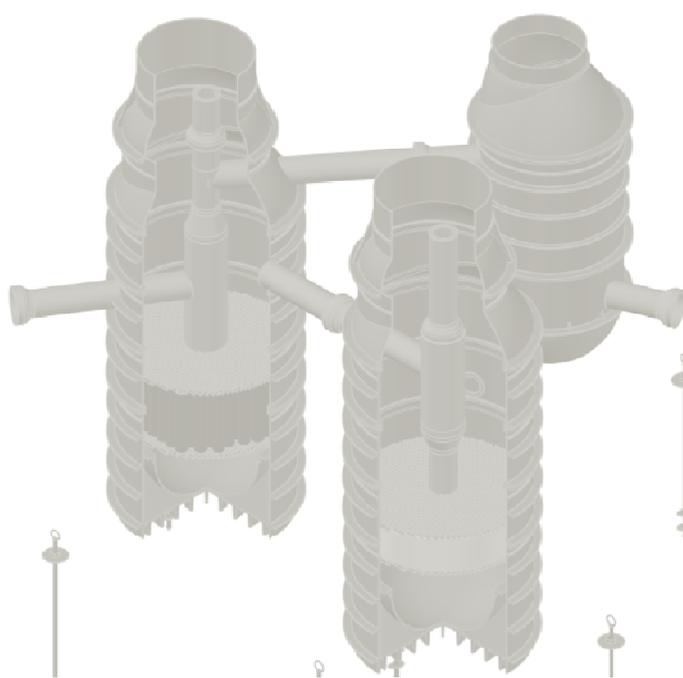


# Projektförderung

**Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft,  
Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-  
Westfalen**

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt,  
Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz  
des Landes Nordrhein-Westfalen





RUB

pecher

TUM

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

**Andreas.Pahl @rub.de**

Landesamt für Natur,  
Umwelt und Verbraucherschutz  
Nordrhein-Westfalen



Ministerium für Klimaschutz, Umwelt,  
Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz  
des Landes Nordrhein-Westfalen

