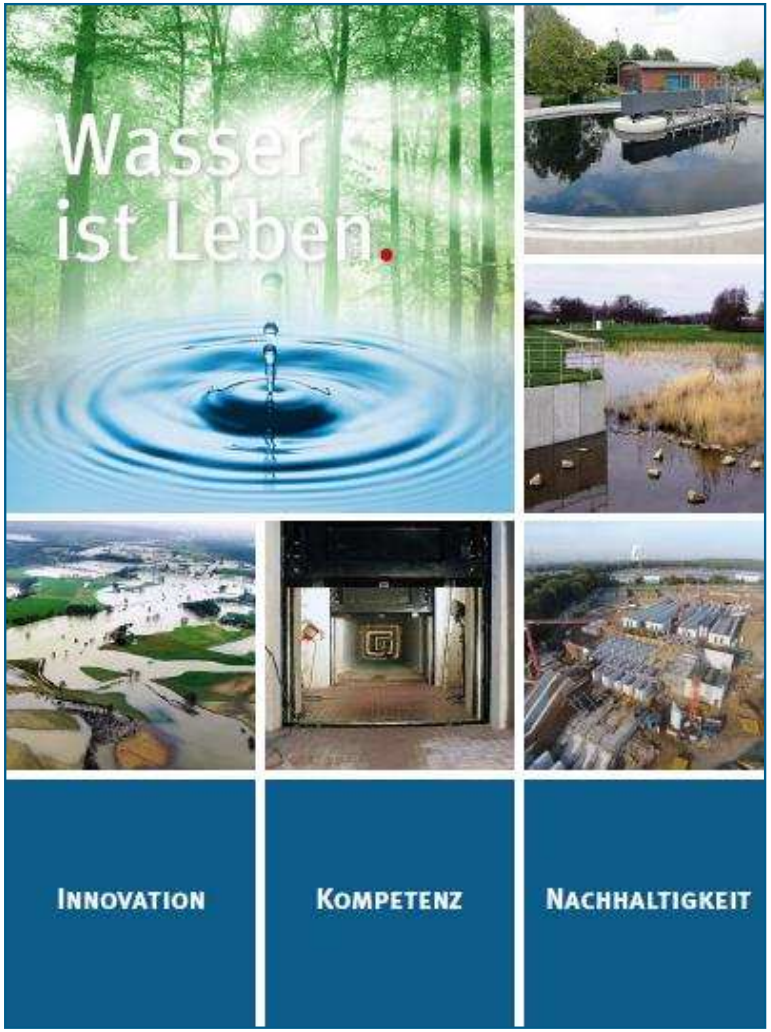
Institut für Siedlungswasserwirtschaft | RWTH AACHEN UNIVERSITY

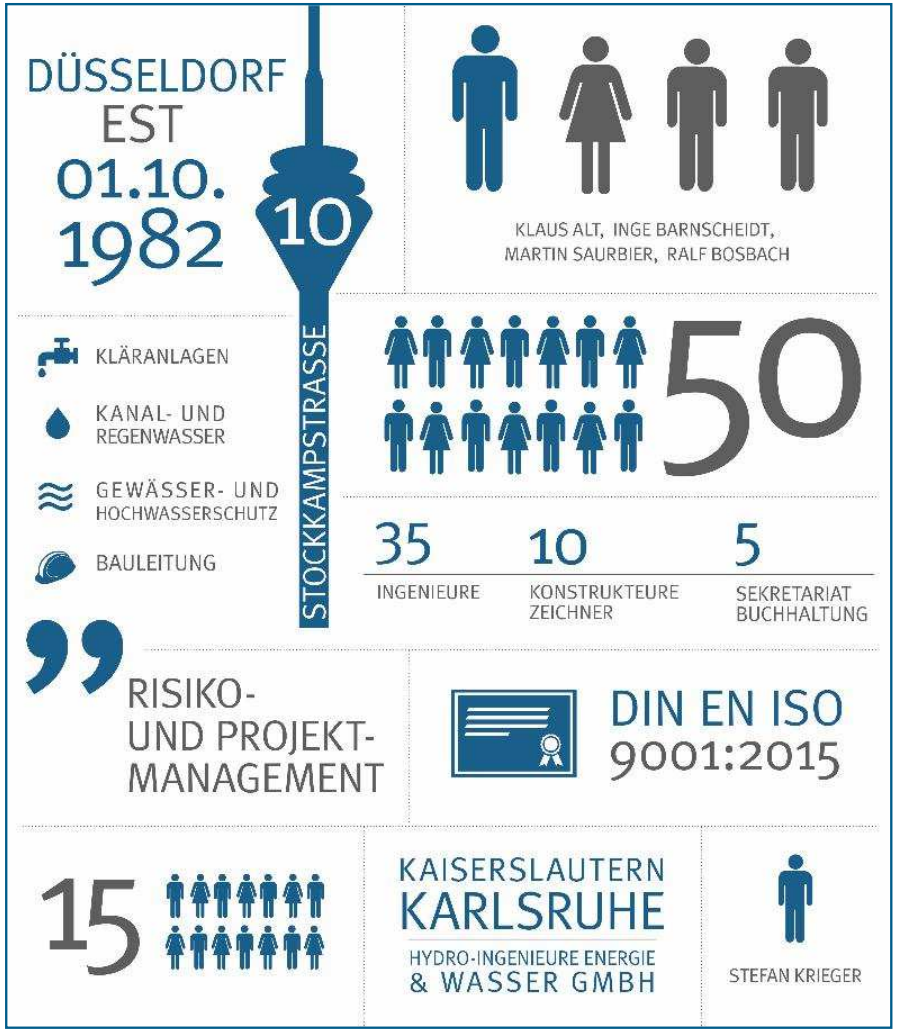
Spurenstoffelimination
(Konzeption, Bemessung und Betrieb)

28. Juni 2021

Dipl.-Ing. Klaus Alt / Dipl.-Ing. Björn Wunderlich

Kurzvorstellung Hydro-Ingenieure GmbH





Kurzvorstellung

Dipl.-Ing. Klaus Alt

Geschäftsführer Hydro-Ingenieure GmbH

- 30 Jahre Berufserfahrung
- 50 Fachveröffentlichungen
  - Spurenstoffe
  - dez. Niederschlagswasserbehandlung
  - Energieoptimierung, innovative Technologien
- Mitarbeit in der
  - Arbeitsgruppe DWA KA 7.2 Membrananlagen,
  - LUA Arbeitsgruppe NRW „Bemessung von Belebungsanlagen“
  - DWA FA 6 – Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen
  - DWA KA 6.9 Mischwassermitbehandlung
  - DWA AK AG – Schlammbehandlung auf kleinen Kläranlagen
  - DWA AG 8.6 Aktivkohle
  - DWA AG Ozon
  - BIZ 7 – Fort- und Weiterbildung von Führungskräften

Kurzvorstellung

Dipl.-Ing. Björn Wunderlich

Fachbereichsleiter und Mitglied der Geschäftsleitung Hydro-Ingenieure GmbH

- 30 Jahre Berufserfahrung
- Fachvorträge
  - Gastvorlesung TU Dresden „Planung von Neubau- und Erweiterungsmaßnahmen von Großkläranlagen“
  - Gastvorlesung EAWAG Zürich „GAK Projekte – aktuelle Kosten“
  - Gastvorlesung TU Dresden „Planung von Bau von Abwasserkanälen“
- Mitarbeit in der DWA
  - DWA Buchstabenkurs „Mechanische Abwasserreinigung – bewährte und neue Ansätze (Konzeption, Bemessung und Betrieb) Dezember 2021
  - DWA Arbeitsgruppe WI 2.1 „Kostenstrukturen in der Abwassertechnik“

Gliederung

- Einführung in die Thematik „Spurenstoffe“
- Rechtlicher Rahmen und politische Diskussion
- Projektabwicklung „heute“ - Verknüpfung von Forschung und Praxis
- Verfahrensmöglichkeiten der 4. Reinigungsstufe
  - Überblick
  - Anlagenbeispiele Kläranlagen Mannheim, Harsewinkel, Obere Lutter, Lemgo, Dortmund, Luxemburg Bleesbrück und Beggen
  - Stuttgart Mühlhausen
    - Technologie mit Direktdosierung der PAK in Filtration / Pilotversuche
    - Kurzvorstellung, Planungsaspekte, Wirtschaftlichkeit
- Zusammenfassung

Einleitung – Definition Spurenstoffe

- Human- und Veterinärpharmaka (z.B.: Carbamazepin, Diclofenac, Sulfameth.)
- Pflanzenschutzmittel (Herbizide, Insektizide, Fungizide, Rodentizide, …)
- Röntgenkontrastmittel (Amidotrizoesäure)
- Personal Care produkte (Duftstoffe aus Shampoo, Duschgel, Creme etc.)
- Industriechemikalien (Flammschutzmittel, Komplexbildner, Weichmacher)

Wann sind mögliche Auswirkungen von Spurenstoffen besonders groß? – Beispiel Kläranlage Aachen-Soers

Bei Trockenwetter führt die Wurm bis zu 80 % behandeltes Abwasser (ab KA-Einleitung)

→ Große Auswirkungen von Spurenstoffen besonders bei stark abwassergeprägten Gewässern

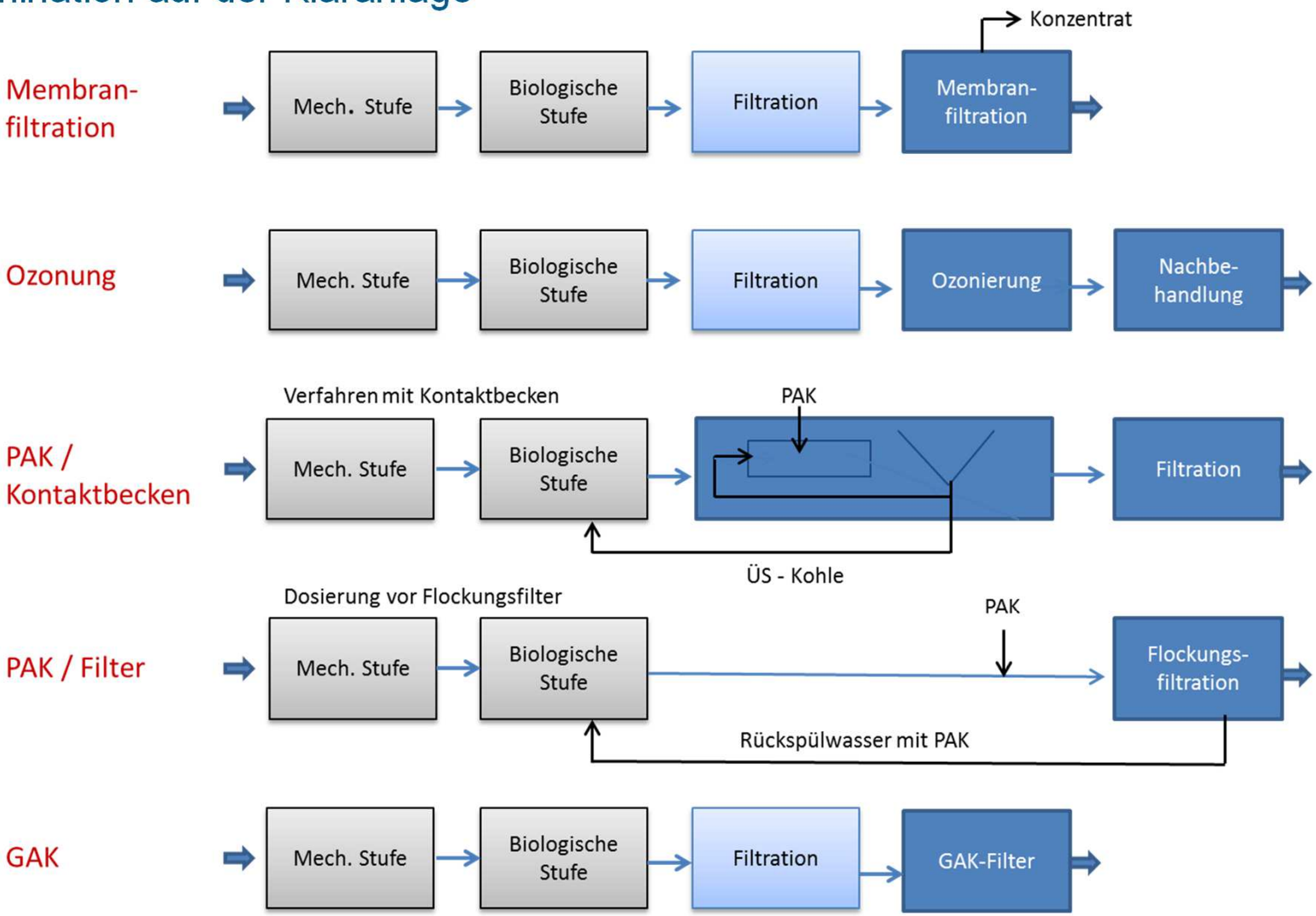
Projektabwicklung „heute“ – 4. Reinigungsstufe / Verknüpfung von Forschung und Praxis

- Zukunftsfähige Gesamtkonzepte
  (Energie, Ressourcen, Spurenstoffe, Phosphor, Hygiene)
- Zukünftige Anforderungen an Phosphor
- Gesamtkonzept mit Optimierung der Nachklärung sinnvoll
- Neue Verfahrenstechniken - Offenheit bei AG, Behörden und Planer wünschenswert
- Erfahrungsaustausch Europa / Netzwerke
- Anforderungen steigen kontinuierlich, sehr hohe Planungsqualität

Gesamtkonzept mit Optimierung der Nachklärung sinnvoll (?)

- Problematik der abfiltrierbaren Feststoffe AFS ist allseits bekannt und trotzdem teils unterschätzt
- Ablaufqualität ist bei max. Belastung und bei Trockenwetter zu optimieren
- Erfahrungen des Betriebs sind einzubinden
- Variantenuntersuchung mit CFD-Simulation mittlerweile selbstverständlich (ist es aber scheinbar nicht)
- Alternative zu Leistungssteigerung – höhenverstellbare Einlaufbauwerke z.B. von hydrograv
- Kosten / Nutzen – Verhältnis aus Erfahrung nahe am Ideal

Spurenstoffelimination auf der Kläranlage



4. Reinigungsstufe - Bewährte Verfahren, Chronologie

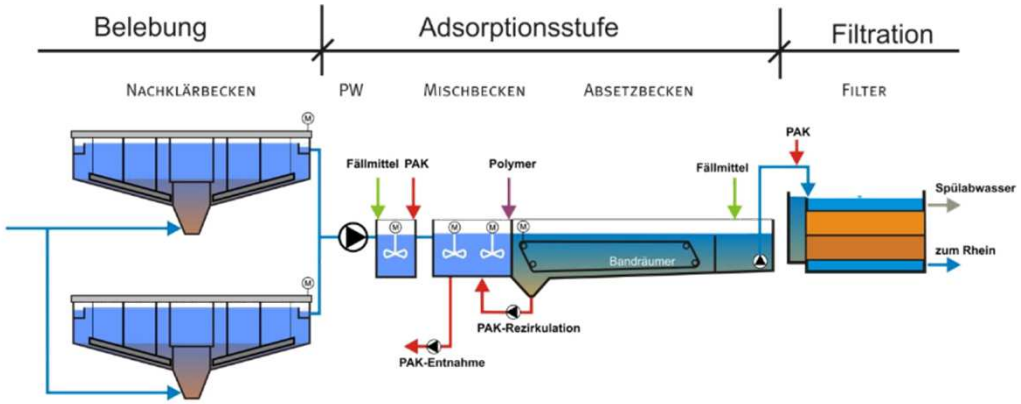
- 1. Ozonanlage Deutschlands in Bad Sassendorf (seit 2009)
- 1. PAC – Adsorption Deutschlands in Mannheim (seit 2010)
- 1. GAK Deutschlands in Gütersloh Obere Lutter (seit 2011)

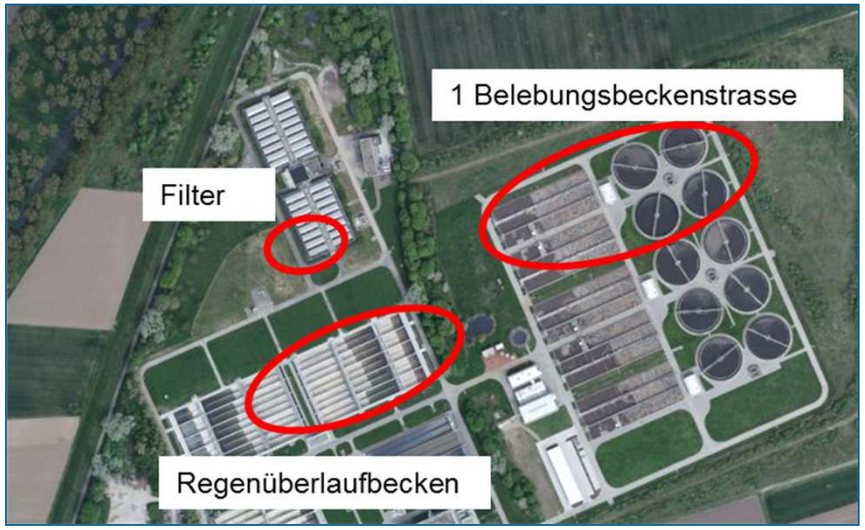
10 Jahre **Erfahrungen**

- 50 Projekte der 4. RS in Planung, 15 davon mit allen Verfahrenstechnologien (Ozon, PAK oder GAK) in Betrieb

Klärwerk Mannheim – Erstes Ulmer Verfahren in D

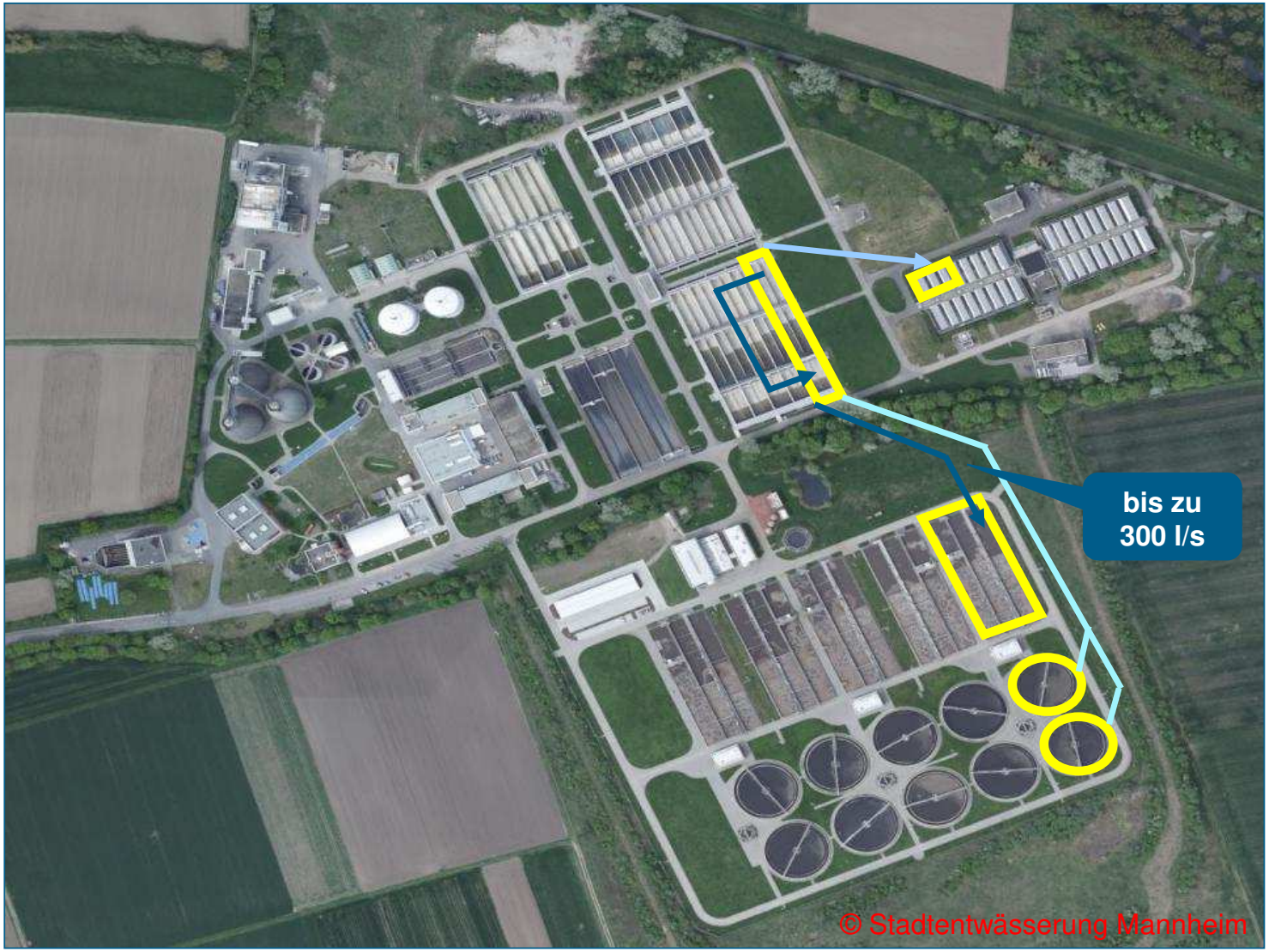
STADTENTWÄSSERUNG MANNHEIM²





Klärwerk Mannheim – Erstes Ulmer Verfahren in D

STADTENTWÄSSERUNG MANNHEIM²

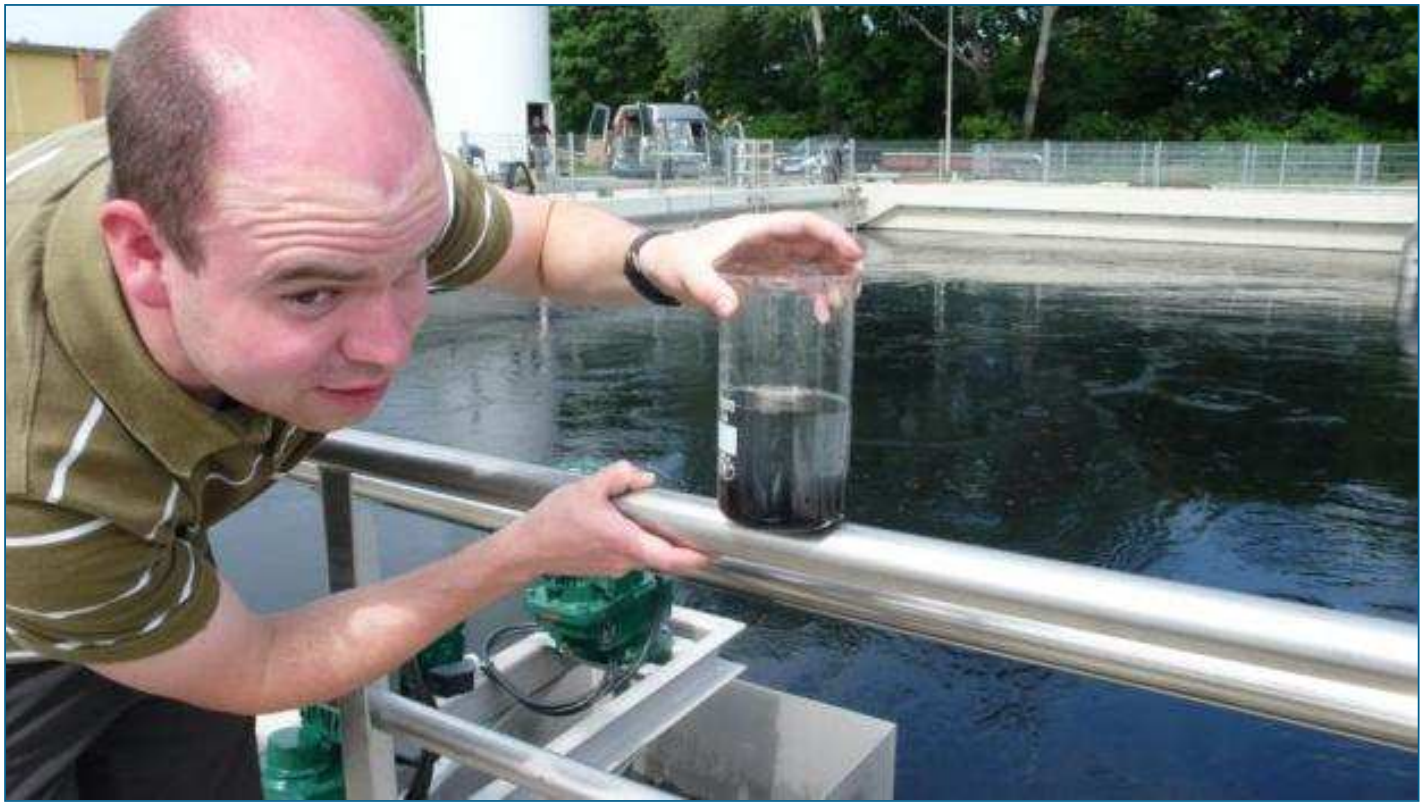


Hydro Ingenieure

Klärwerk Mannheim - Inbetriebnahme Mai 2010 - Kontakt- und Mischbecken

STADTENTWÄSSERUNG MANNHEIM²

- Bildung der schwarzen PAK-Schlammflocke
- Absetzeigenschaften im Becherglas



Verfahren Granulierte Aktivkohle - Planung Hydro-Ingenieure GmbH

12 GAK-Anlagen großtechnisch in Betrieb / Planung (P)

- Technikum KLEM 1.000 EW
- KA Gütersloh „Obere Lutter“ 250.000 EW
- KA Buchenhofen 600.000 EW (2 Zellen)
- KA Gütersloh-Putzhagen 200.000 EW (P)
- KA Bad Oeynhausen 100.000 EW (Inbetriebn.)
- KA Harsewinkel 50.000 EW (Inbetriebn.)
- KA Köln-Rodenkirchen 80.000 EW (1.6 Mio. EW ?)
- Lux KA Bleesbrück 160.000 EW (P Ozon/GAK)
- Lux KA Schifflingen 160.000 EW (P)
- Lux KA Beggen 450.000 EW (P, Ozon/GAK)
- Aktuell weitere Grossanlagen > 1 Mio. EW

408 Fachbeiträge Kommunale Abwasserbehandlung

Einsatz granulierter Aktivkohle auf dem Verbandsklärwerk „Obere Lutter“

Andreas Nahrstedt (Mülheim an der Ruhr), Hubert Barbaum (Gütersloh), Christian Mauer, Klaus Alt (Düsseldorf), Thomas Sürder (Detmold) und Jürgen Fritzsche (Frankfurt am Main)

Zusammenfassung

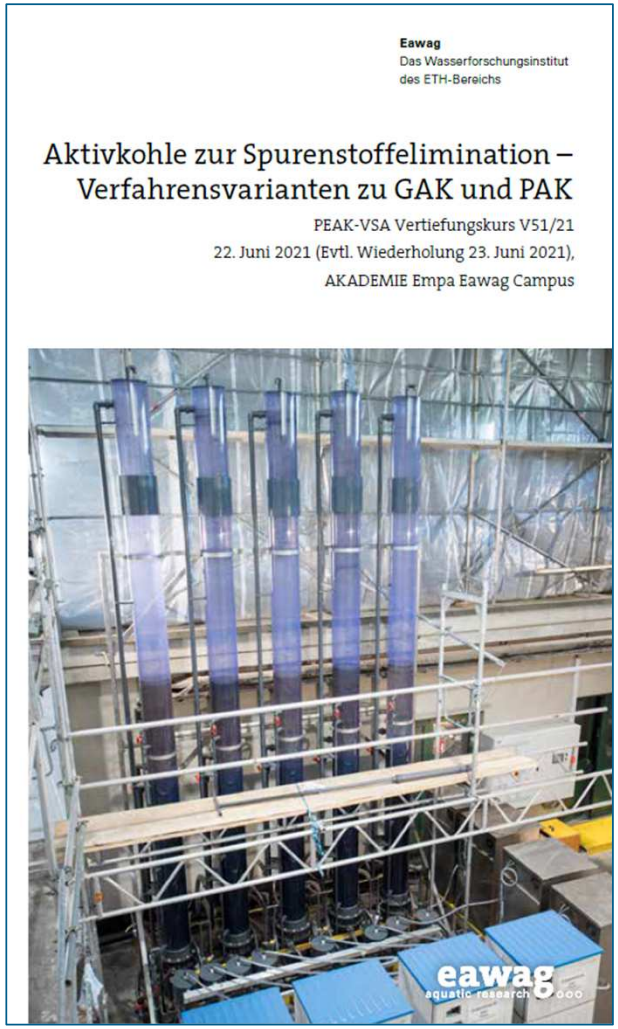
In einem vom Land Nordrhein-Westfalen über die Bezirksregierung Detmold geförderten Forschungs- und Entwicklungsvorhaben wurde der Einsatz von granulierter Aktivkohle in Festbettverfahren zur CSB- und Spurenstoffelimination bei der weitergehenden Abwasserreinigung des Abwasserverbands „Obere Lutter“ im großtechnischen Pilotversuch untersucht. Der Versuchsbetrieb beider Projektabschnitte von Adsorbern mit granulierter Aktivkohle beim Verbandsklärwerk „Obere Lutter“ in beiden Projektabschnitten hat gezeigt, dass derartige Adsorber ein stabiles und praxistaugliches Betriebsverhalten aufweisen. Es wurde eine CSB- und TOC-Elimination realisiert, die im Mittel eines Adsorberlaufs 45 %, bei geringerer Laufzeit auch wesentlich mehr beträgt. Organische Spurenstoffe konnten – je nach ihren spezifischen Eigenschaften – mit einer mittleren Eliminationsleistung für einen Adsorberlauf von bis zu 95 % entfernt werden. Dabei ist mit Betriebskosten von etwa 0,09 €/m³ zu

Abstract

Employment of Granulated Active Carbon in the "Obere Lutter" Association Wastewater Treatment Works

In a research and development project sponsored by the federal state of North Rhine Westphalia via the Detmold district authority, the employment of granulated active carbon has been investigated in fixed bed reactor processes for the removal of COD and trace elements with the advanced wastewater treatment of the "Obere Lutter" Wastewater Association in a large-scale pilot trial. The trials operation of both project models of adsorbers using granulated active carbon with the "Obere Lutter" association wastewater treatment works has shown that such adsorbers demonstrate stable and practicable operating behaviour. A COD and TOC removal was realised which, as average within an adsorber run, was 45 %, with a shorter running time was even

Vortrag EAWAG 2020 und heute - GAK in der Schweiz



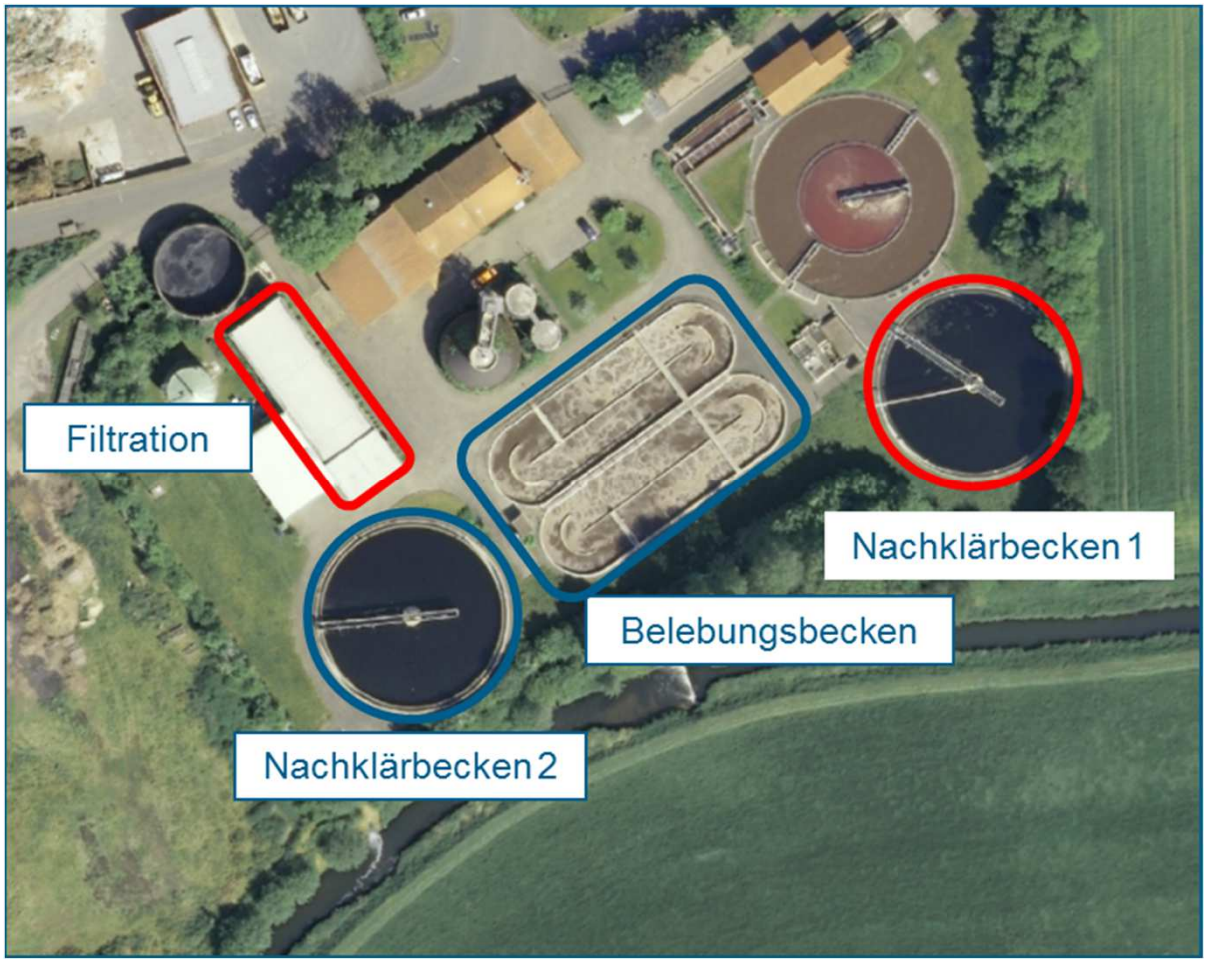
Kurzbeschreibung Kläranlage Harsewinkel

Harsewinkel
DIE MÄHDRESCHERSTADT

- Ausbaugröße 57.000 EW
- Trockenwetter 189 l/s
- Mischwasser 389 l/s

- 2-straßige Belebungsanlage mit 2 Nachklärbecken
- Flockungsfiltration als abwärts durchströmte Filtration Baujahr 1992

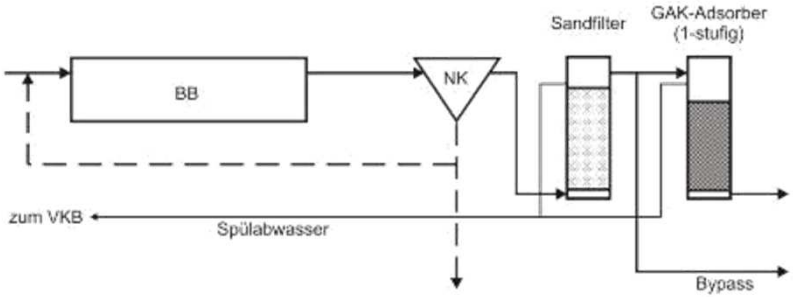
- Teilstrombehandlung 81 l/s (erweiterungsfähig auf 110 l/s)



Harsewinkel – Planungsdaten GAK-Filtration

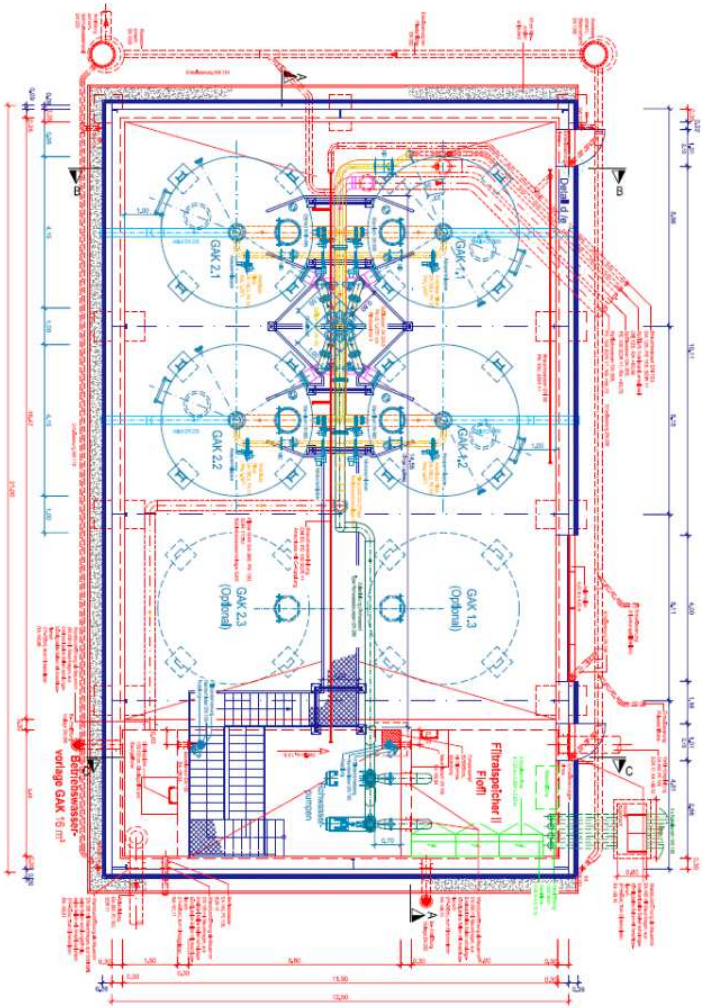
Harsewinkel
DIE MÄHDRESCHERSTADT

- 4+2 Reaktoren
- Durchmesser 4,2 m
- Festbetthöhe 3,50 m
- Aufenthaltszeit min. 27 Min

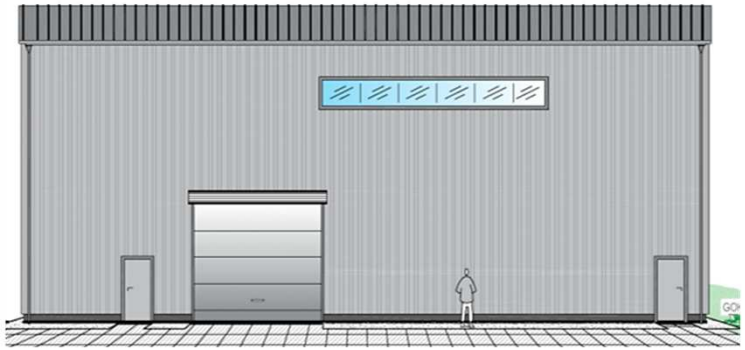


Planung des Neubaus - GAK-Filtration

Harsewinkel
DIE MÄHDRESCHERSTADT



- Bedarfsplanung 2014
- Pilotierung 2015 / 2016
- Entwurfs- und Genehmigungsplanung wurde Mitte 2017 termingerecht abgegeben
- Baubeginn November 2018
- Inbetriebnahme Dezember 2019



Kostenentwicklung GAK-Filtration – Invest brutto

Harsewinkel
DIE MÄHDRESCHERSTADT

- Ergebnis der Kostenberechnung 1,89 Mio. €
- Kostenfeststellung (Prognose) 1,76 Mio. €

- Kostenaufteilung auf die Hauptgewerke

– Los 1 – Bautechnik	0,41 Mio. €	23%
– Los 2 – Hallen-/Stahlbau	0,39 Mio. €	22%
– Los 3 – Maschinen	0,56 Mio. €	32%
– Los 4 – EMSR	0,30 Mio. €	17%
– Los 5 – Aktivkohle	0,10 Mio. €	6%
– SUMME	1,76 Mio. €	100%

Planung des Neubaus - GAK-Filtration

Harsewinkel
DIE MÄHDRESCHERSTADT

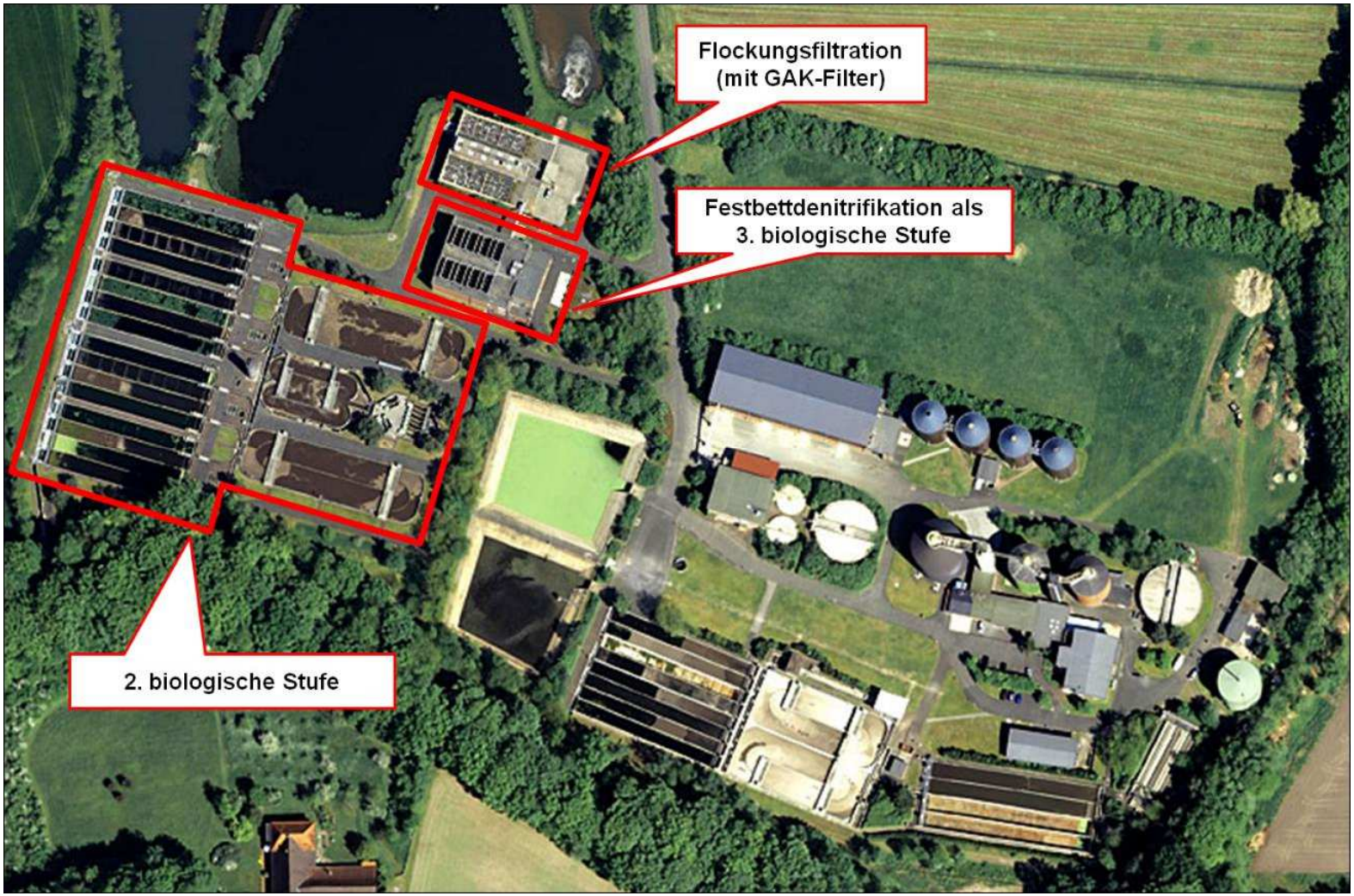
Kurzvorstellung der GAK-Kläranlage Gütersloh „Obere Lutter“

- Öffentlich-rechtliche Körperschaft
- Mitgliedsgemeinden:

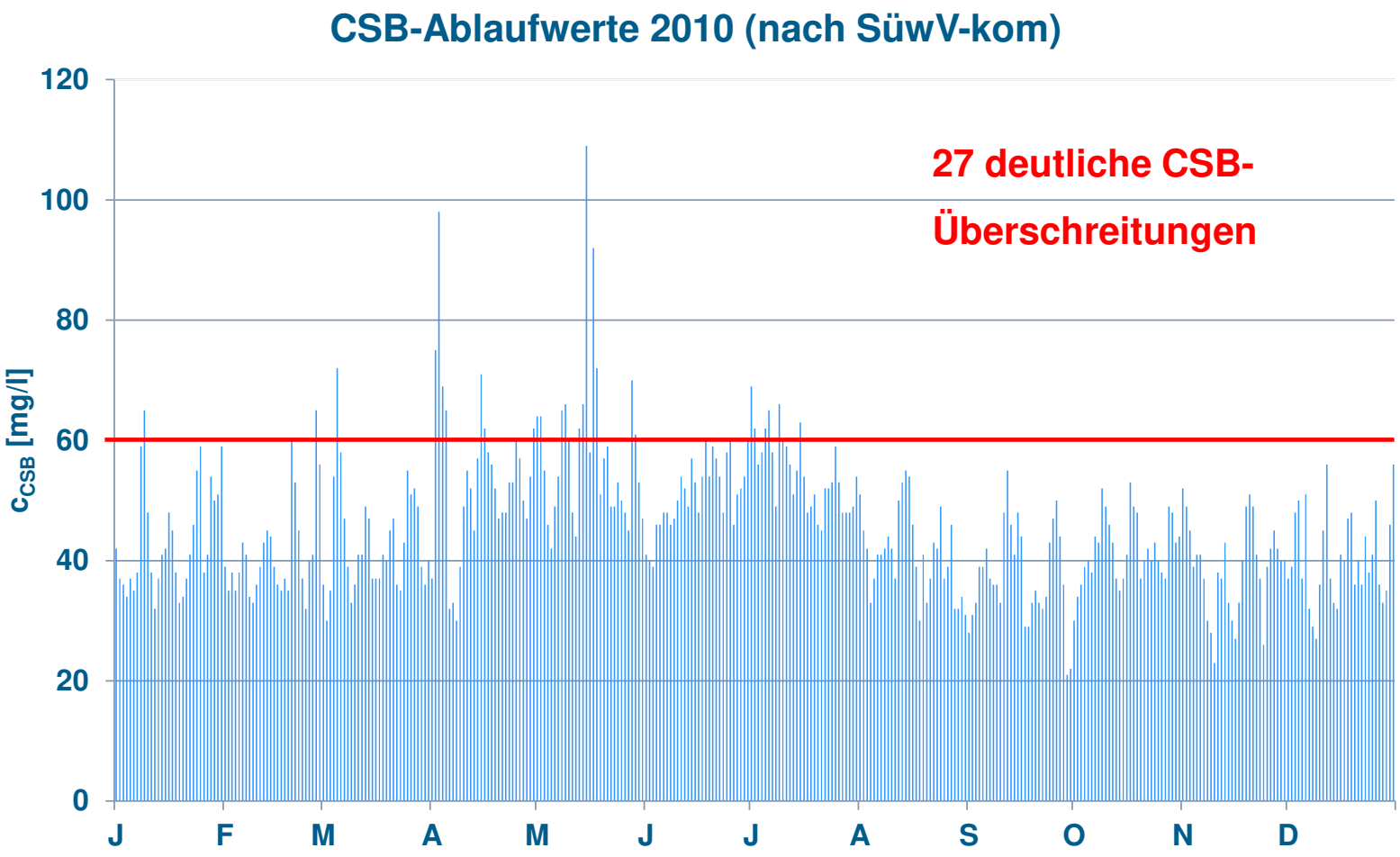
Stadt Bielefeld	86 %
Stadt Gütersloh	14 %

- Verbandsgründung: 1965
- KW-Inbetriebnahme: 1967 *52 Jahre*
- Beschäftigte: 20
- Einzugsgebiet: 21,5 km²
- Hauptsammler: 17,4 km
- Ausbaugröße: EW 380.000 E
- Belastung zur Zeit: EW 200.000
- Gewässer: → Ems-Lutter
  → Ems
  → Nordsee

Kurzvorstellung der GAK-Kläranlage Gütersloh „Obere Lutter“



Betriebserfahrungen CSB



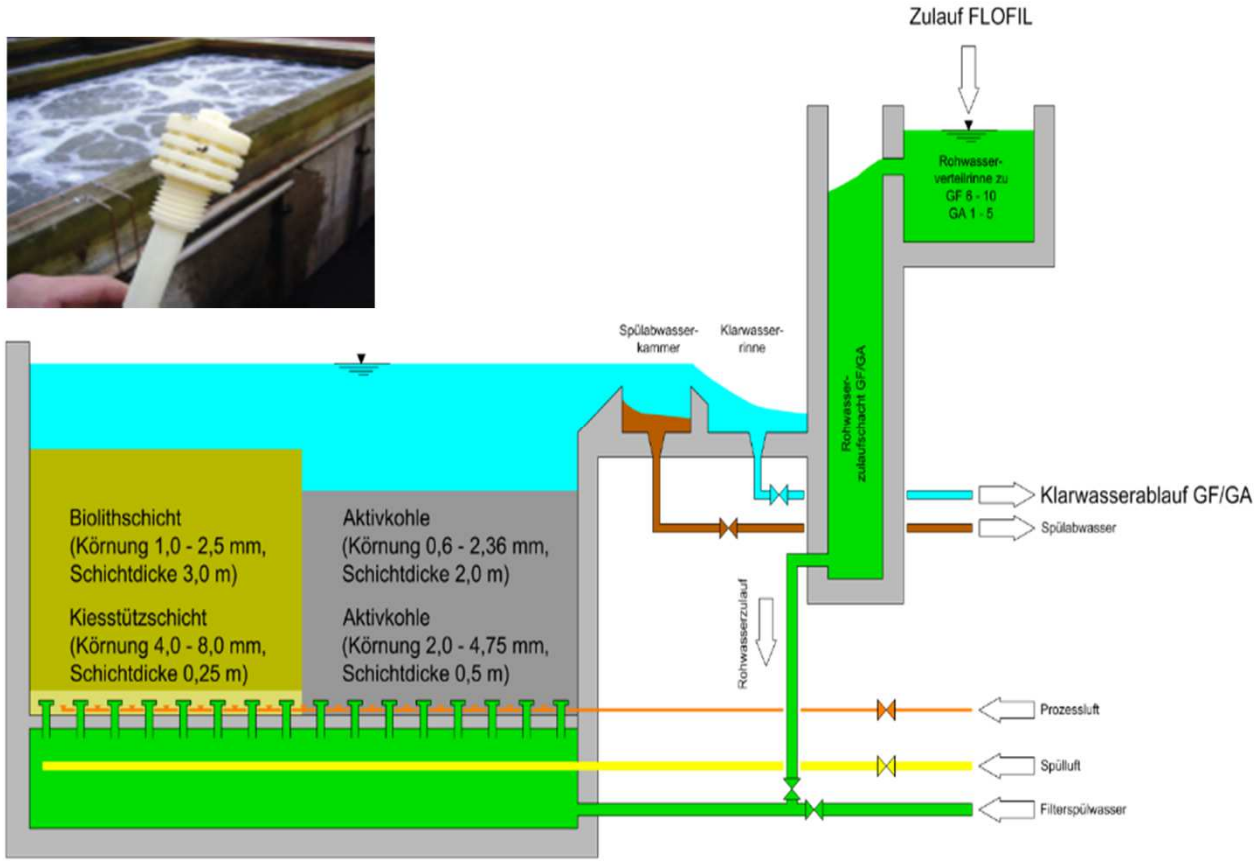
GAK-Kläranlage Gütersloh „Obere Lutter“

Ausbaugröße 250.000 EW

- Inbetriebnahme 01.11.2010, also über 9 Jahre Betriebserfahrung
- Älteste GAK-Anlage in D
- 5 Filterzellen à 40 m²
- Betriebskosten 250.000 €/a
- CSB-Reduktion um 40 %, Phosphor-Reduktion um ca. 25%

GAK-Kläranlage Gütersloh „Obere Lutter“

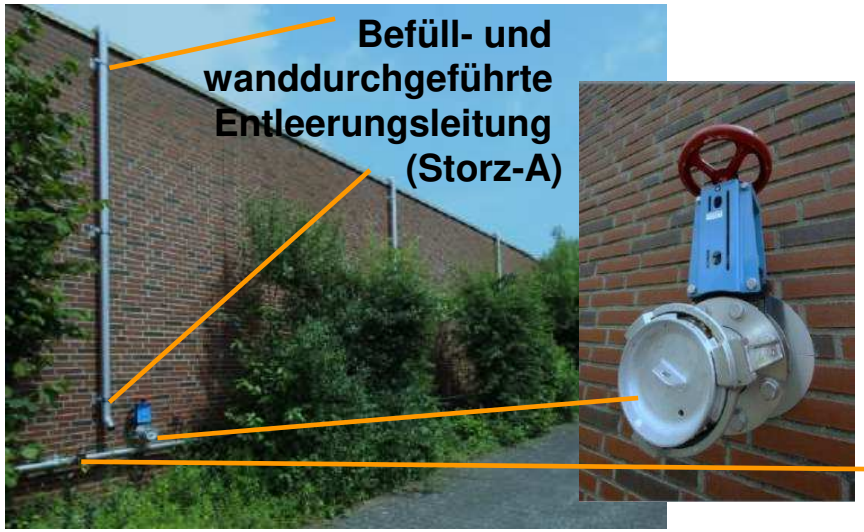
- GAK-Stützschicht (d_k = 2 – 4,75 mm)
  für Düsenschlitzweite 2 mm



GAK-Kläranlage Gütersloh „Obere Lutter“

Ausbau alte Schüttung aus Biofor (Biolit)

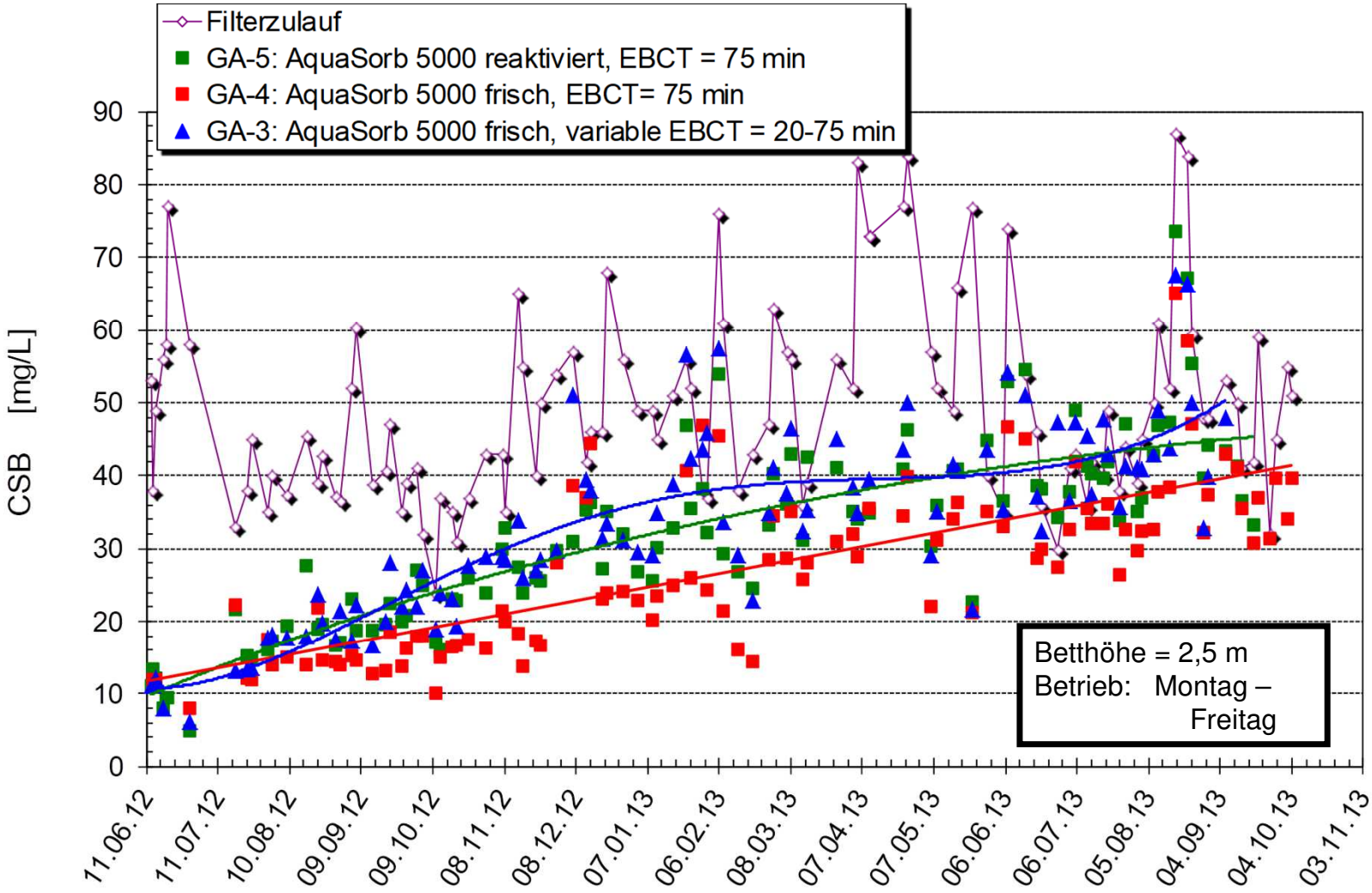
Hydraulische Befüllung aus Silotransporter



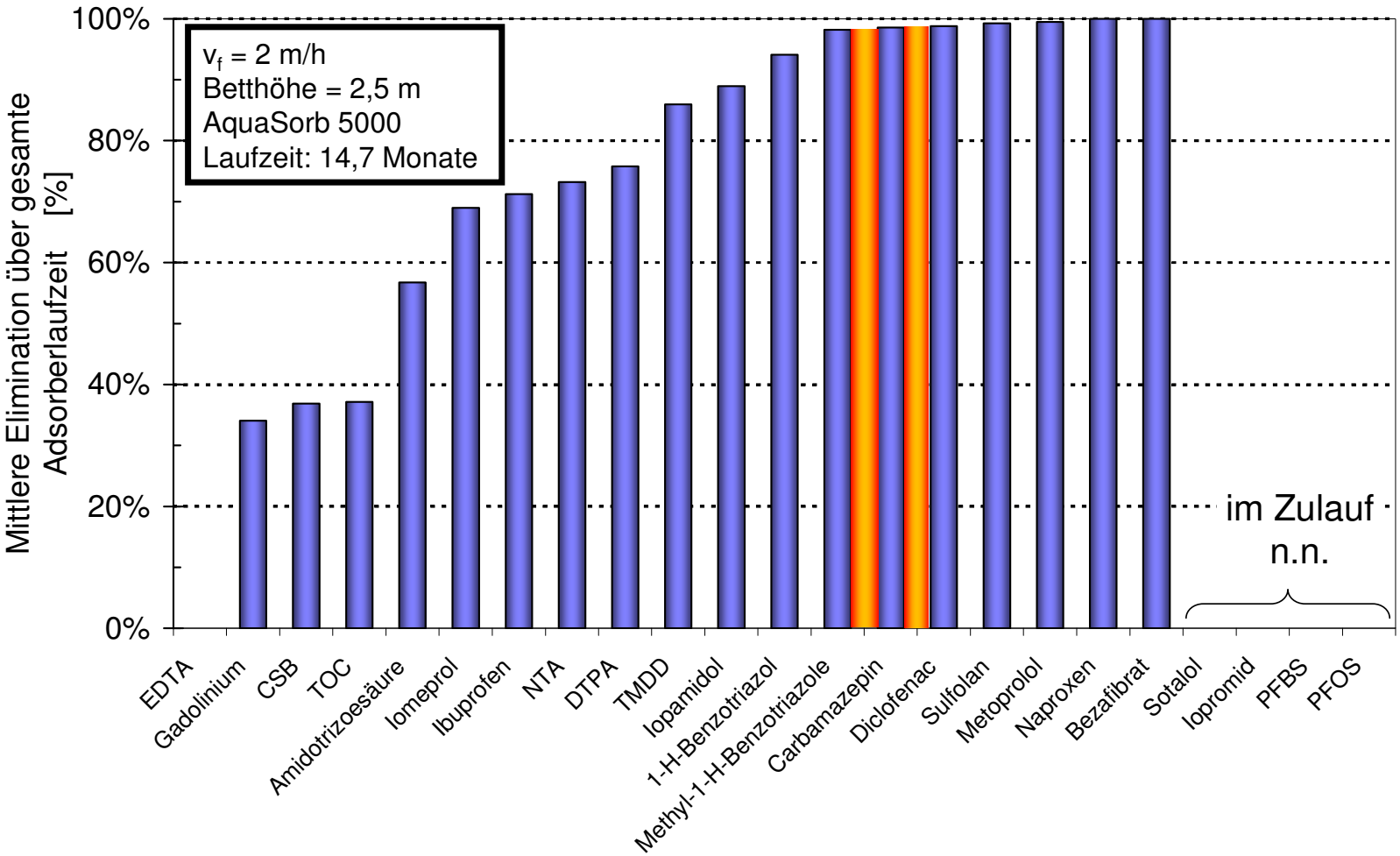
Treibwasserentnahme (Storz C)

Infos / Videos auf „neuer“ Homepage …

GAK-Kläranlage Gütersloh „Obere Lutter“



GAK-Kläranlage Gütersloh „Obere Lutter“



Ergebnisse der F+E-Vorhaben

- Bettvolumina (BVT)
  (Standardparameter Diclofenac und Carbamazepin, 85 % Eliminationsrate, Durchbruch < 15 %)

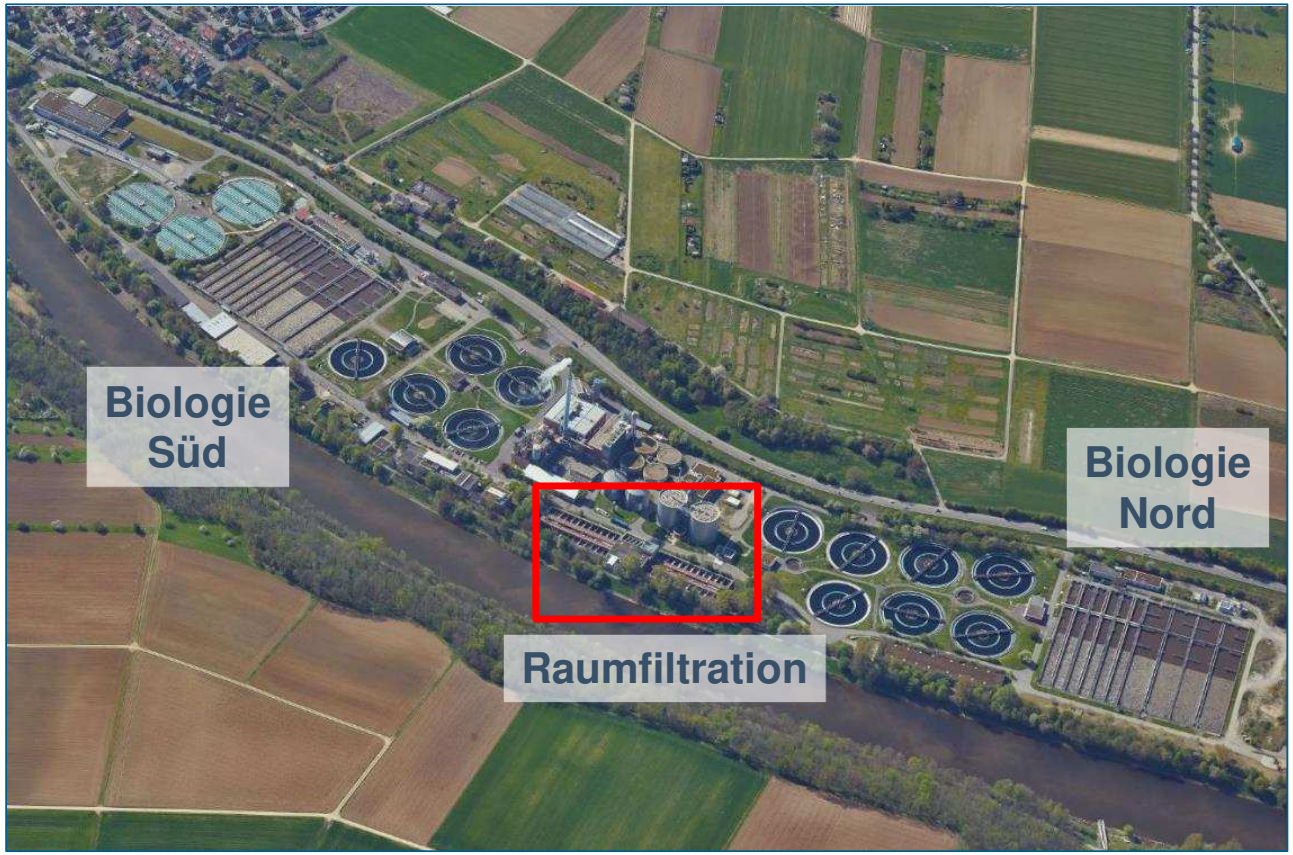
  - „Frische“ GAK / variabel V_f = 2 - 8 m/h
    → 13.000 BVT

  - „Frische“ GAK / konstant V_f = 2 m/h
    → 14.000 – 16.000 BVT

  - Reaktivierte GAK / konstant V_f = 2 m/h
    → 8.000 – 12.000 BVT

→ Heute: BV-Werte bei 80% Eliminationsrate von 12.000 bis 15.000 m^3/m^3

HKW Stuttgart Mühlhausen – PAC Zugabe Raumfiltration (Direktdosierung)



Projektdaten

- Ausbaugröße: 1.200.000 EW
- Mischwasserzufluss: 7,5 m³/s
- Teilstrombehandlung: 2,8 m³/s
- Projektlaufzeit: 2014 - 2028

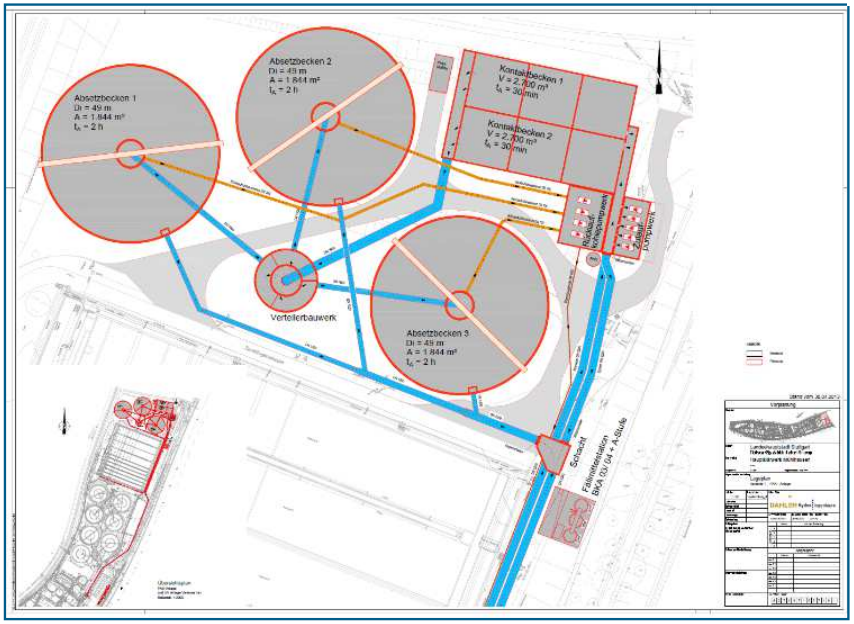
HKW Stuttgart Mühlhausen – PAC Zugabe Raumfiltration (Direktdosierung)

- Ergebnis der Vorplanung (2014):
  PAK Adsorptionsstufe
  mit separater Sedimentation
  (3 NKB mit Ø 49 m)

- Positiver Erfahrungsaustausch
  SES und Wupperverband vom 22.10.2015 und 16.12.2015

- Pilotversuch Kompetenzzentrum Spurenstoffe BW erfolgreich

- Wirtschaftlichkeit und betriebliche Argumente ausschlaggebend



Variante PAC im Überstau - Übersicht Investitionskosten Varianten 1 bis 4

Pos.	Kurztext	Variante 1 PAC mit Kontakt- und Absetzbecken inkl. 2 % Preissteigerung pro Jahr (2012-2016)	Variante 2 GAK inkl. 2 % Preissteigerung pro Jahr (2012-2016)	Variante 3 Ozon inkl. 2 % Preissteigerung pro Jahr (2012-2016)	Variante 4 PAC im Überstau
1	Bau	22.086.482,68 €	15.497.527,61 €	3.920.861,54 €	4.660.880,00 €
2	Maschinentechnik	2.443.108,92 €	3.681.957,94 €	2.839.219,56 €	1.610.200,00 €
3	EMSR-Technik	2.585.618,69 €	3.198.697,44 €	2.507.254,93 €	903.610,00 €
	Investkosten netto	**27.115.210,29 €**	22.378.182,99 €	9.267.336,03 €	7.174.690,00 €
	+ 19 % MwSt.	**5.151.889,95 €**	4.251.854,77 €	1.760.793,85 €	1.363.191,10 €
	Investkosten brutto	**32.267.100,24 €**	26.630.037,76 €	11.028.129,87 €	8.537.881,10 €
	Prozente	**100%**	83%	34%	26%

HKW Stuttgart Mühlhausen – PAC Zugabe Raumfiltration (Direktdosierung)

- Ergebnis der Vorplanung:
  PAK Adsorptionsstufe
  mit separater Sedimentation
  (3 NKB mit Ø 49 m)

- Positiver Erfahrungsaustausch zwischen SES und Wupperverband vom 22.10.2015 und 16.12.2015 auf Vorschlag SES und mit Begleitung von HI

- Pilotversuch Kompetenzzentrum Spurenstoffe BW erfolgreich

- Wirtschaftlichkeit hinsichtlich Investitions- und Betriebskosten betriebliche Argumente ausschlaggebend

Variante PAC im Überstau - Übersicht Investitionskosten Varianten 1 bis 4

Pos.	Kurztext	Variante 1 PAC mit Kontakt- und Absetzbecken inkl. 2 % Preissteigerung pro Jahr (2012-2016)	Variante 2 GAK inkl. 2 % Preissteigerung pro Jahr (2012-2016)	Variante 3 Ozon inkl. 2 % Preissteigerung pro Jahr (2012-2016)	Variante 4 PAC im Überstau
1	Bau	22.086.482,68 €	15.497.527,61 €	3.920.861,54 €	4.660.880,00 €
2	Maschinentechnik	2.443.108,92 €	3.681.957,94 €	2.839.219,56 €	1.610.200,00 €
3	EMSR-Technik	2.585.618,69 €	3.198.697,44 €	2.507.254,93 €	903.610,00 €
	Investkosten netto	**27.115.210,29 €**	**22.378.182,99 €**	**9.267.336,03 €**	**7.174.690,00 €**
	+ 19 % MwSt.	**5.151.889,95 €**	**4.251.854,77 €**	**1.760.793,85 €**	**1.363.191,10 €**
	Investkosten brutto	**32.267.100,24 €**	**26.630.037,76 €**	**11.028.129,87 €**	**8.537.881,10 €**
	Prozente	**100%**	**83%**	**34%**	**26%**

HKW Stuttgart Mühlhausen – PAC Zugabe Raumfiltration (Direktdosierung)

- Ergebnis der Vorplanung:
  PAK Adsorptionsstufe
  mit separater Sedimentation
  (3 NKB mit Ø 49 m)

- Positiver Erfahrungsaustausch
  SES und Wupperverband vom 22.10.2015 und
  16.12.2015

- Pilotversuch Kompetenzzentrum Spurenstoffe BW
  über 2 Jahre erfolgreich

- Wirtschaftlichkeit hinsichtlich Investitions- und
  Betriebskosten ausschlaggebend für die
  großtechnische Realisierung

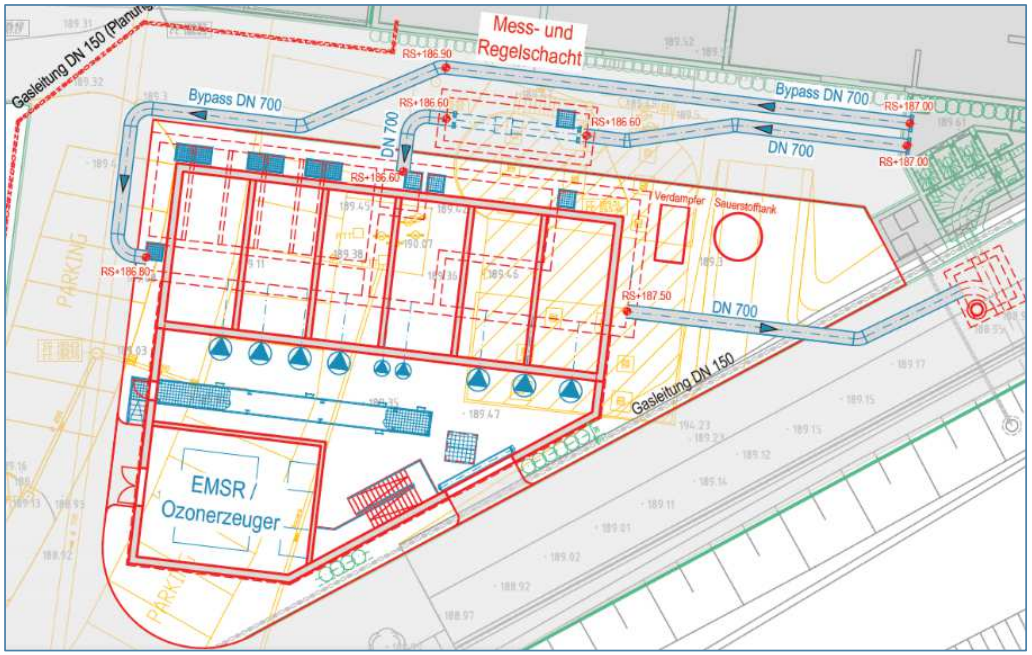
Versuchsanlage des Kompetenzzentrums Spurenstoffe BW

HKW Stuttgart Mühlhausen – PAC Zugabe Raumfiltration (Direktdosierung)

Von links nach rechts: F. Kuhn, M. Schanz, F. Untersteller, B. Diehm

Kläranlage Bleesbrück, Luxemburg (160.000 EW)

- Neubau Mechanik, Neubau 3-straßige Belebung / 4-straßige Nachklärung
- Realisierung komplett unter laufendem Betrieb - Planung 2014 bis 2016, Bauphase 2017 bis 2021
- Gesamtinvest 90 Mio. €, 4. Reinigungsstufe als Ozon / GAK zusätzlich 12 Mio. €



Kläranlage Bleesbrück, Luxemburg

Kläranlage Bleesbrück, Luxemburg

Kläranlage Beggen, Luxemburg (450.000 EW)

- Neubau Vorklärung inkl. Laborfläche, 4.Reinigungsstufe, 9-strassiges SBR-Verfahren und Betriebsgebäude
- Erweiterung der Faultürme und MSVE
- Realisierung komplett unter laufendem Betrieb - Planung 2019 bis 2021, Bauphase 2021 bis 2034
- Gesamtinvest 287 Mio. €, 4. Reinigungsstufe als Ozon / GAK inkl. 19,8 Mio. €

Kläranlage Beggen, Luxemburg

Fazit

- Bedarfsspezifische Lösungen
  (mit Blick über den Tellerrand hinaus)

- In der Planung möglichst von Anfang an die Erfahrungen des Betriebspersonals einbeziehen

- Der nachhaltige Weg in der Zukunft
  - Reinigungsleistung verbessern
  - Energie einsparen
  - Betriebskosten reduzieren
  - Anlagensicherheit erhöhen
  - Arbeitsbedingungen verbessern

Hydro Ingenieure