

5. VDI-Tagung „Optimierung industrieller Kläranlagen“ 2020

Mikroschadstoffe aktuelle Planungsbeispiele aus der Praxis (Konzeption, Bemessung und Betrieb)

26. Februar 2020

Dipl.-Ing. Klaus Alt / Dipl.-Ing. Inge Barnscheidt



Vorstellung Hydro-Ingenieure GmbH

Wasser ist Leben.

INNOVATION **KOMPETENZ** **NACHHALTIGKEIT**

DÜSSELDORF
EST
01.10.1982

10

STOCKKAMPSTRASSE

KLAUS ALT, INGE BARNSCHEIDT,
MARTIN SAURBIER, RALF BOSBACH

50

35 **10** **5**
INGENIEURE KONSTRUKTEURE
ZEICHNER SEKRETARIAT
BUCHHALTUNG

” RISIKO-
UND PROJEKT-
MANAGEMENT

**DIN EN ISO
9001:2015**

15

**KAISERSLAUTERN
KARLSRUHE**
HYDRO-INGENIEURE ENERGIE
& WASSER GMBH

STEFAN KRIEGER

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



- Konzeptentwicklung „heute“
- Verknüpfung von Forschung und Praxis
- Projekte der 4. Reinigungsstufe / Mikroschadstoffe
 - Kläranlage Mannheim
 - Kläranlage Harsewinkel
 - Klärwerk Obere Lutter
 - Stuttgart Mühlhausen
 - Technologie mit Direktdosierung der PAK in Filtration / Pilotversuche
 - Kurzvorstellung, Planungsaspekte, Wirtschaftlichkeit
- Zusammenfassung

Projektentwicklung heute – 4. Reinigungsstufe

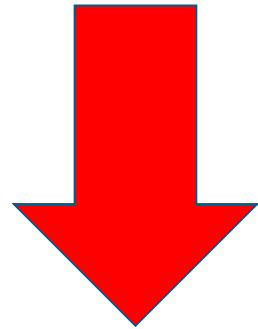
- Zukunftsfähige Gesamtkonzepte
(Energie, Ressourcen, Spurenstoffe, Phosphor, Hygiene)
- Zukünftige Anforderungen an Phosphor
- Gesamtkonzept mit Optimierung der Nachklärung sinnvoll
- Neue Verfahrenstechniken - Offenheit bei AG, Behörden und Planer wünschenswert
- Erfahrungsaustausch Europa / Netzwerke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



4. Reinigungsstufe - Bewährte Verfahren, Chronologie

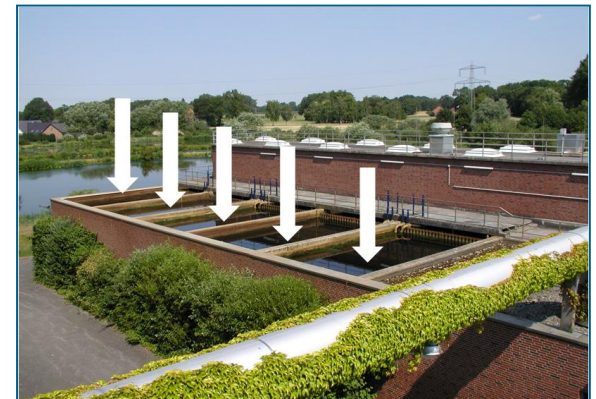
- 1. Ozonanlage Deutschlands in Bad Sassendorf (seit 2009)
- 1. PAC – Adsorption Deutschlands in Mannheim (seit 2010)
- 1. GAK Deutschlands in Gütersloh Obere Lutter (seit 2011)

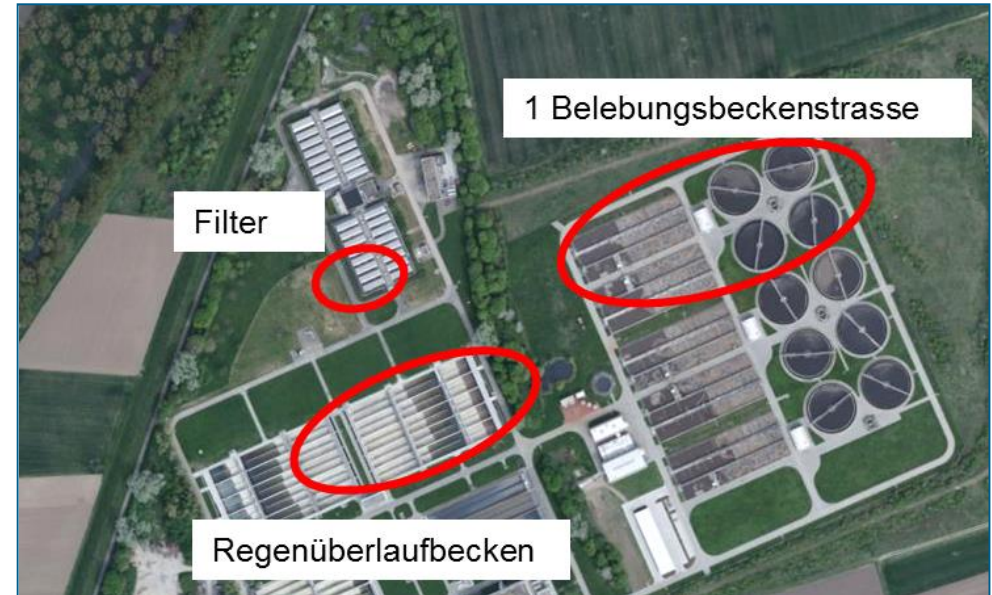
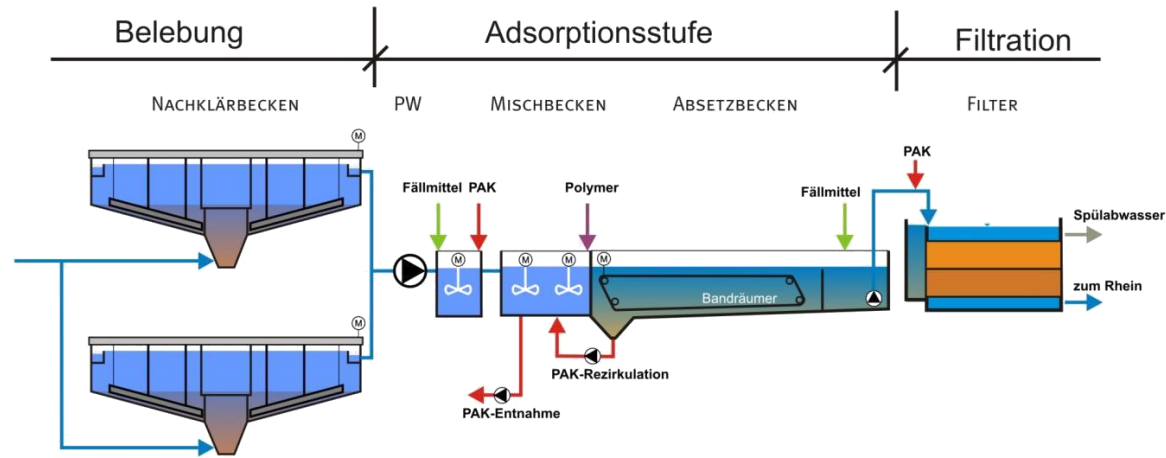
10 Jahre

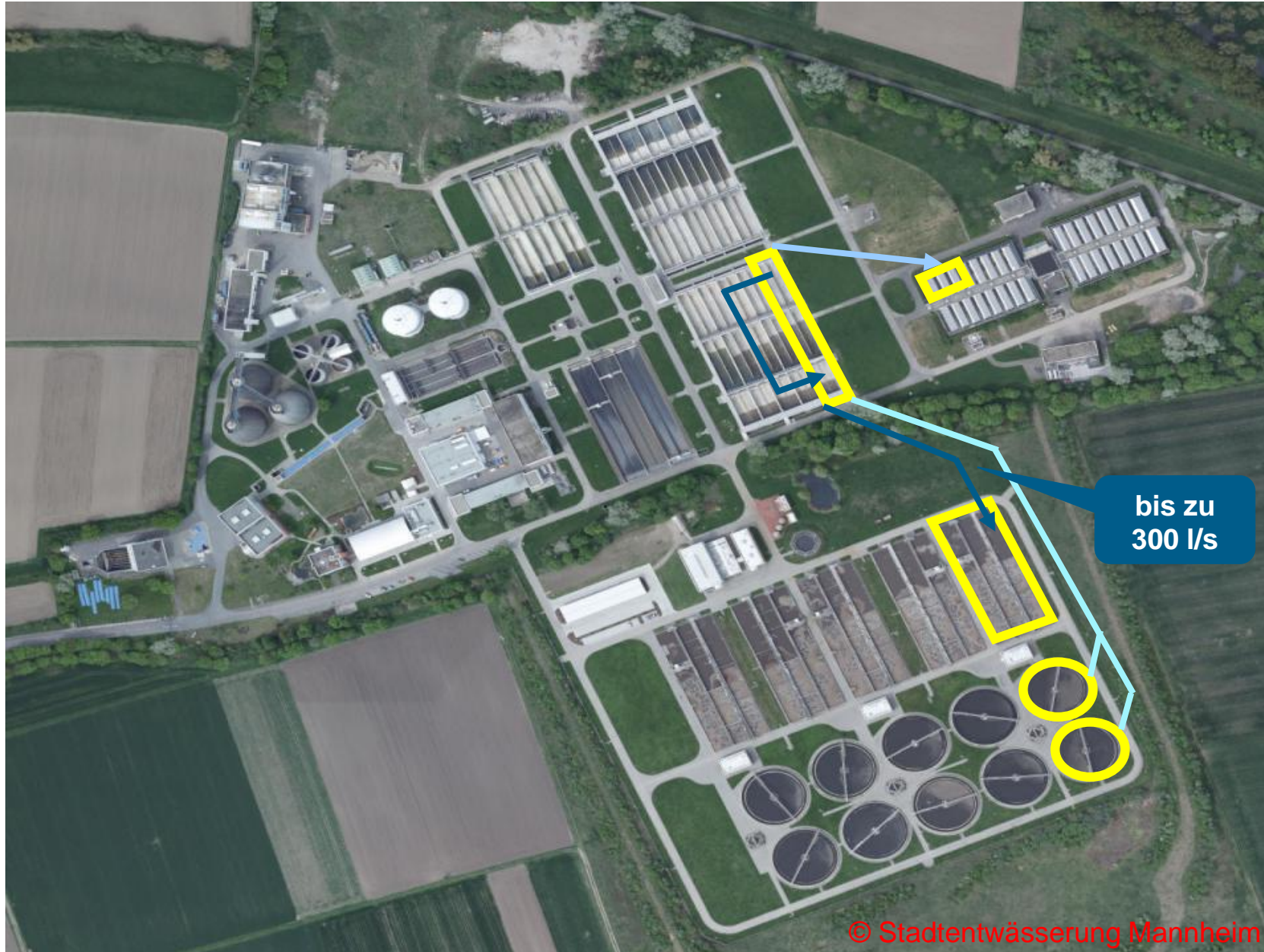


Erfahrungen

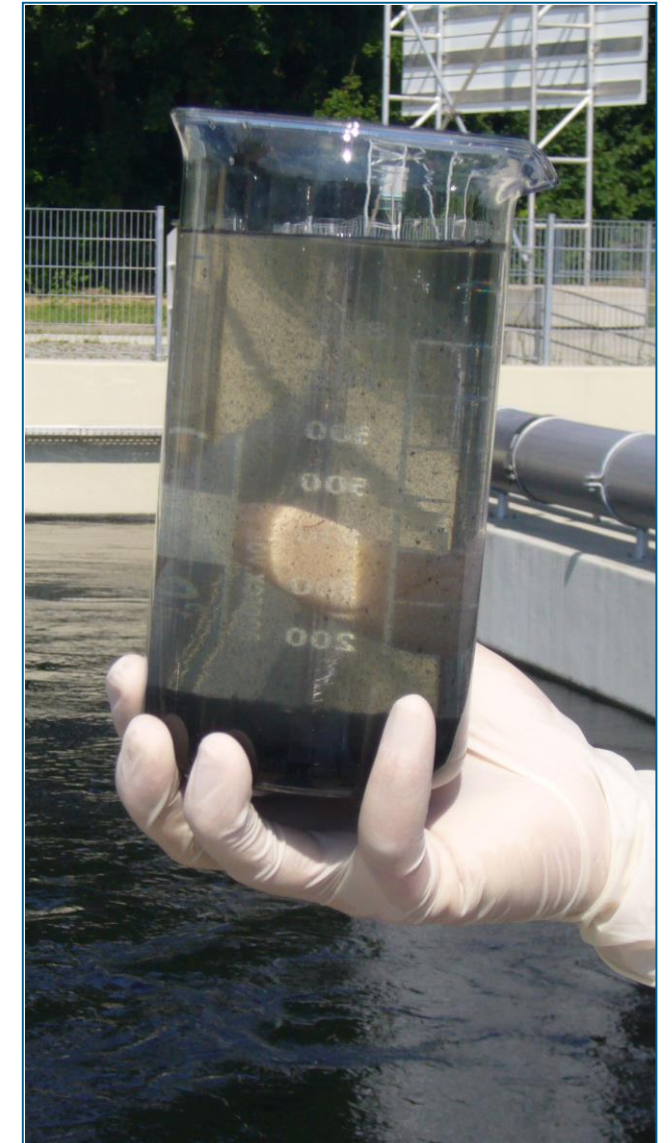
- 50 Projekte der 4. RS in Planung, 15 davon mit allen Verfahrenstechnologien (Ozon, PAK oder GAK) in Betrieb







- Bildung der schwarzen PAK-Schlammflocke
- Absetzeigenschaften im Becherglas



13 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 Nährstedt (Mülheim an der Ruhr), Hubert Burbaum (Gütersloh), Christian Mauer, Klaus Alt (Düsseldorf), Thomas Stürder (Detmold) und Jürgen Fritzsche (Frankfurt am Main)

Zusammenfassung	Abstract
<p>In einem von Land Nordrhein-Westfalen über die Bezirksregierung Detmold geförderten Forschungs- und Entwicklungsprojekten 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 Adsorbent mit granulierter Aktivkohle beim Verbandsklärwerk „Obere Lutter“ in beiden Projektabschnitten hat gezeigt, dass derartige Adsorbent ein stabiles und praxistaugliches Betriebsverhalten aufweisen. Es wurde eine CSB- und TOC-Elimination realisiert, die im Mittel eines Adsorbentlaufs 45 % bei geringerer Laufzeit durch wesentliche mehr beträgt. Organische Spurenstoffe konnten je nach ihren spezifischen Eigenschaften mit einer mittleren Eliminationsleistung für einen Adsorbentlauf von bis zu 95 % entfernt werden. Dabei ist mit Betriebskosten von etwa 0,09 €/m³ zu</p>	<p>Employment of Granulated Active Carbon in the "Obere Lutter" Association Wastewater Treatment Works</p> <p>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 adsorbent using granulated active carbon with the "Obere Lutter" association wastewater treatment works has shown that such adsorbent demonstrate stable and practicable operating behaviour. A COD and TOC removal was realised which, on average within an adsorbent run, was 45 %, with a shorter running time was even</p>



Plattform
„Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen“



Eawag:
Das Wasserforschungs-Institut des ETH - Bereichs

Workshop zur GAK-Filtration

Ziel: Konsenspapier zur Dimensionierung der statischen GAK-Raumfiltration für Schweizer Einleitbedingungen erarbeiten

Datum: 9. Dezember 2019

Ort: Eawag, Forum Chriesbach FC D24, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf

Fragestellungen zur GAK-Filtration:

- Wie baut man GAK-Filtrationen, um die beste und ökonomischste MV Elimination zu erreichen?
- Was sind die kritischen Grössen?
- Welche Risiken bestehen?
- Welche Informationen fehlen?

Sprache: Deutsch

Aufbau Workshop

Zeit	Was?	Wer?
08:00 – 08:10	Einführung: Ziel, Fragestellungen	C. Abegglen / A. Meier
08:10 – 09:10	Inputvorträge Pilotprojekte und grosstechnische Umsetzungen GAK Schweiz	C. McArdell, M. Böhler, A. Joss, A. Hernandez, J. Löwenberg
09:10 – 09:25	Verständnisfragen	
09:25 – 10:10	Inputvorträge GAK-Projekte Deutschland	A. Nahrstedt, F. Benstöm, T. Fundneider
10:10 – 10:30	Verständnisfragen	
10:30 – 11:00	Pause	
11:00 – 12:00	Was bringt uns ein Modell? Wirtschaftlichkeit Diskussion	A. Joss M. Baggenstos / K. Alt
12:00 – 13:30	Mittagessen an der Eawag	
13:30 – 17:00	Konsenspapiers mit gemeinsamen Schlussfolgerungen erarbeiten anhand der versendeten Diskussionsgrundlage → Beantwortung der Fragestellungen	Moderation C. Abegglen

Workshop zur GAK - Filtration



EINSATZ VON GRANULIERTER AKTIVKOHLE ZUR ELIMINATION VON SPURENSTOFFEN

- HEUTIGE PROJEKTKOSTEN UND AKTUELLE ENTWICKLUNGEN

10. Dezember 2019

Dipl.-Ing. Klaus Alt / Dr. Sarah Zydorczyk



10.12.2019 | Seite 1

Aktuelle Kosten von Anlagen zum Einsatz von Granulierter Aktivkohle

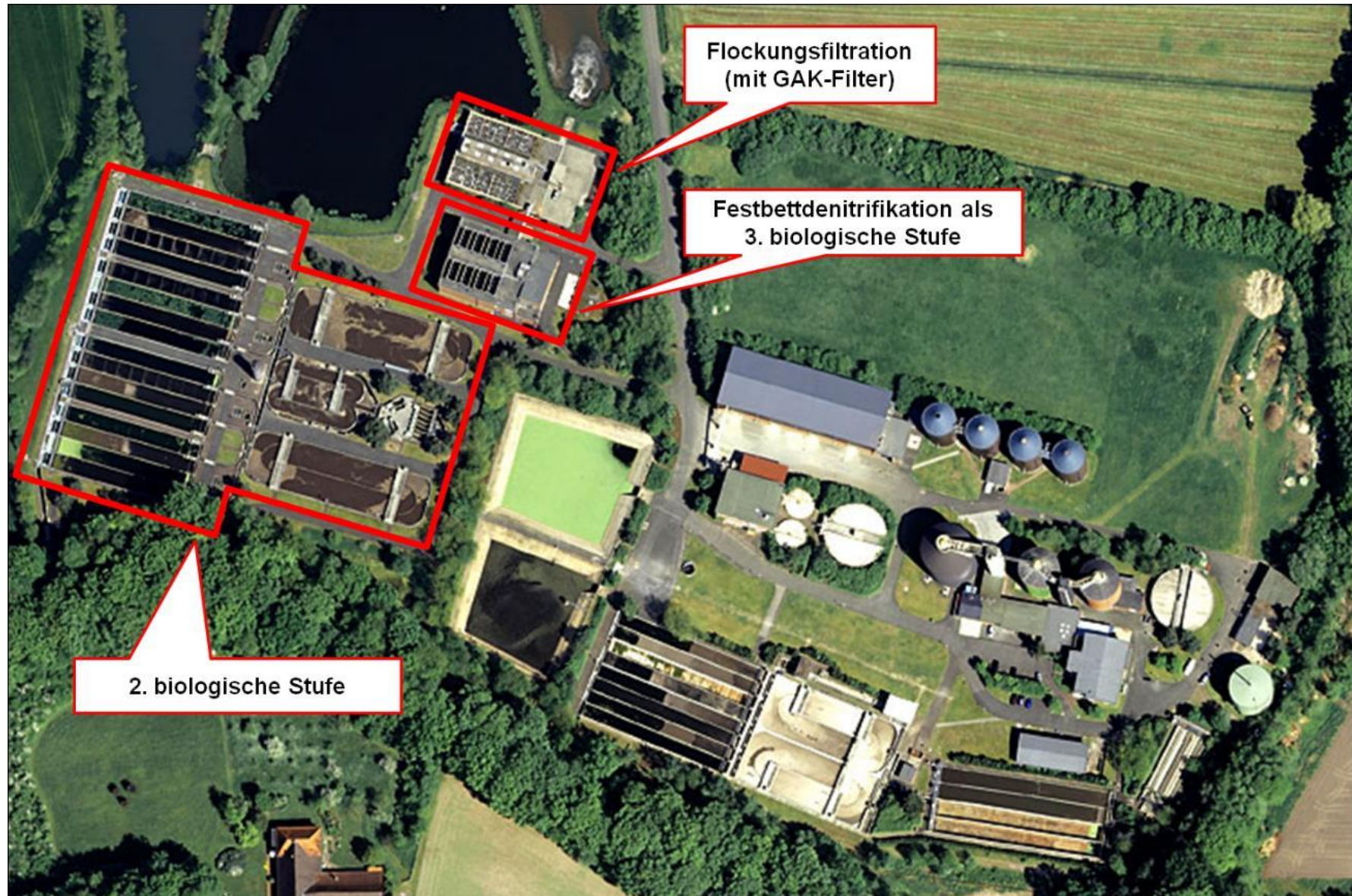


Kurzvorstellung der GAK-Kläranlage Gütersloh „Obere Lutter“

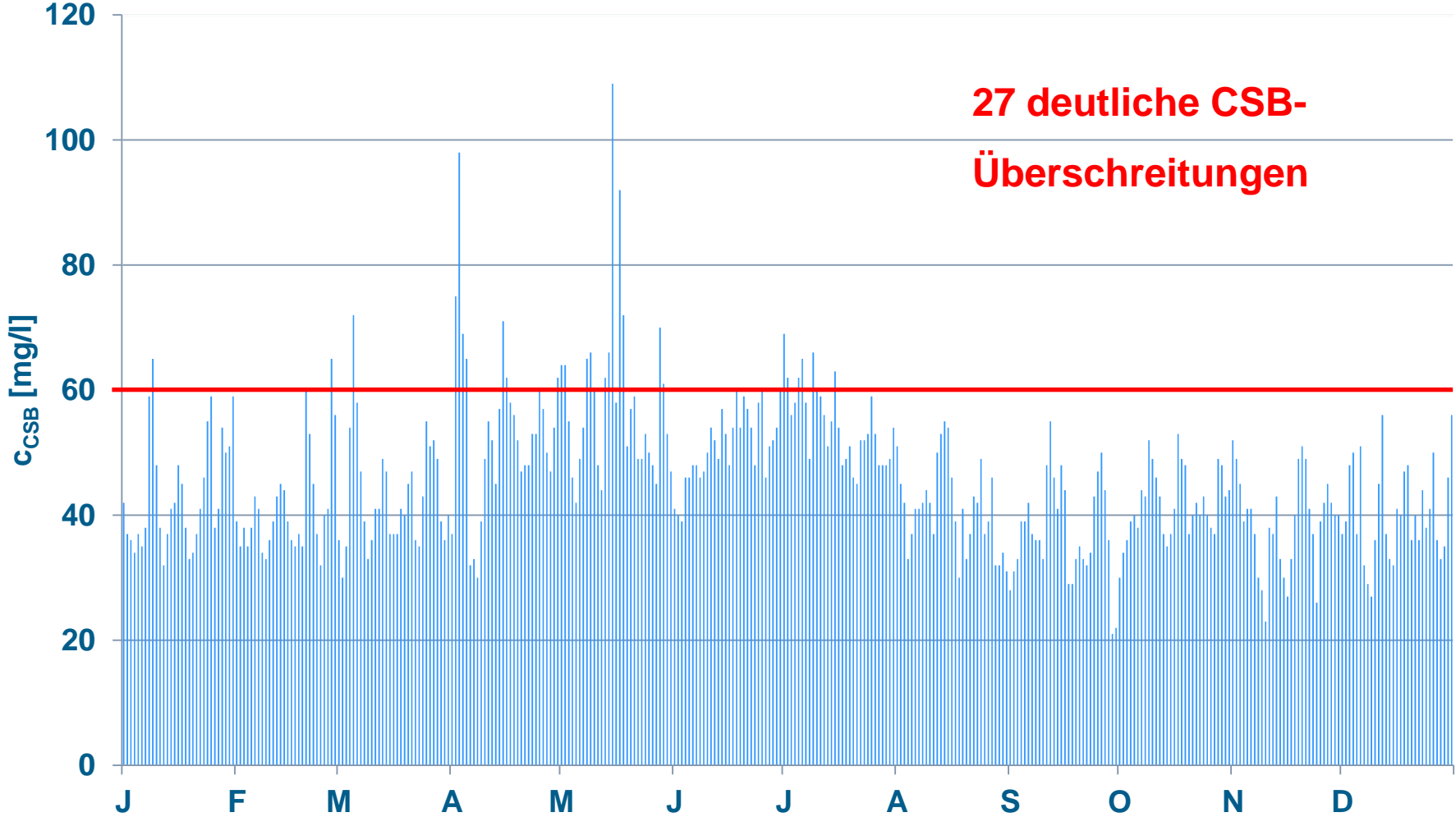
- Öffentlich-rechtliche Körperschaft
- Mitgliedsgemeinden:
 - Stadt Bielefeld 86 %
 - Stadt Gütersloh 14 %
- Verbandsgründung: 1965
- KW-Inbetriebnahme: 1967 52 Jahre
- Beschäftigte: 20
- Einzugsgebiet: 21,5 km²
- Hauptsammler: 17,4 km
- Ausbaugröße: EW 380.000 E
- Belastung zur Zeit: EW 200.000
- Gewässer:
 - Ems-Lutter
 - Ems
 - Nordsee



Kurzvorstellung der GAK-Kläranlage Gütersloh „Obere Lutter“



CSB-Ablaufwerte 2010 (nach SüwV-kom)



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%



Weitergehende CSB-Elimination durch Aktivkohlefiltration - Sondereinleiter / spez. Abwasserzusammensetzung

- Leitfähigkeitsganglinie



Weitergehende CSB-Elimination durch Aktivkohlefiltration - Sondereinleiter / spez. Abwasserzusammensetzung

- Hohe Salzfrachten: Leitfähigkeit von 30 - 80 mS/cm
- Spezifische CSB-Frachten (bis 50 % der täglichen Zulaufbelastung) mit einem schwer bis nicht abbaubarem BSB₅-Anteil
- Teils erhöhte PFT-, Schwermetall und Tensid-Einleitungen
- Teils toxische Abwasserinhaltsstoffe mit hemmender Wirkung auf die Mikroorganismen in den biologischen Stufen
- Nachts ungünstiges Verdünnungsverhältnis mit kommunalem/häuslichem Abwasser (1:10)

Weitergehende CSB-Elimination durch Aktivkohlefiltration - Sondereinleiter / spez. Abwasserzusammensetzung

- Bildung von Schwimmschlamm in Absetzbecken



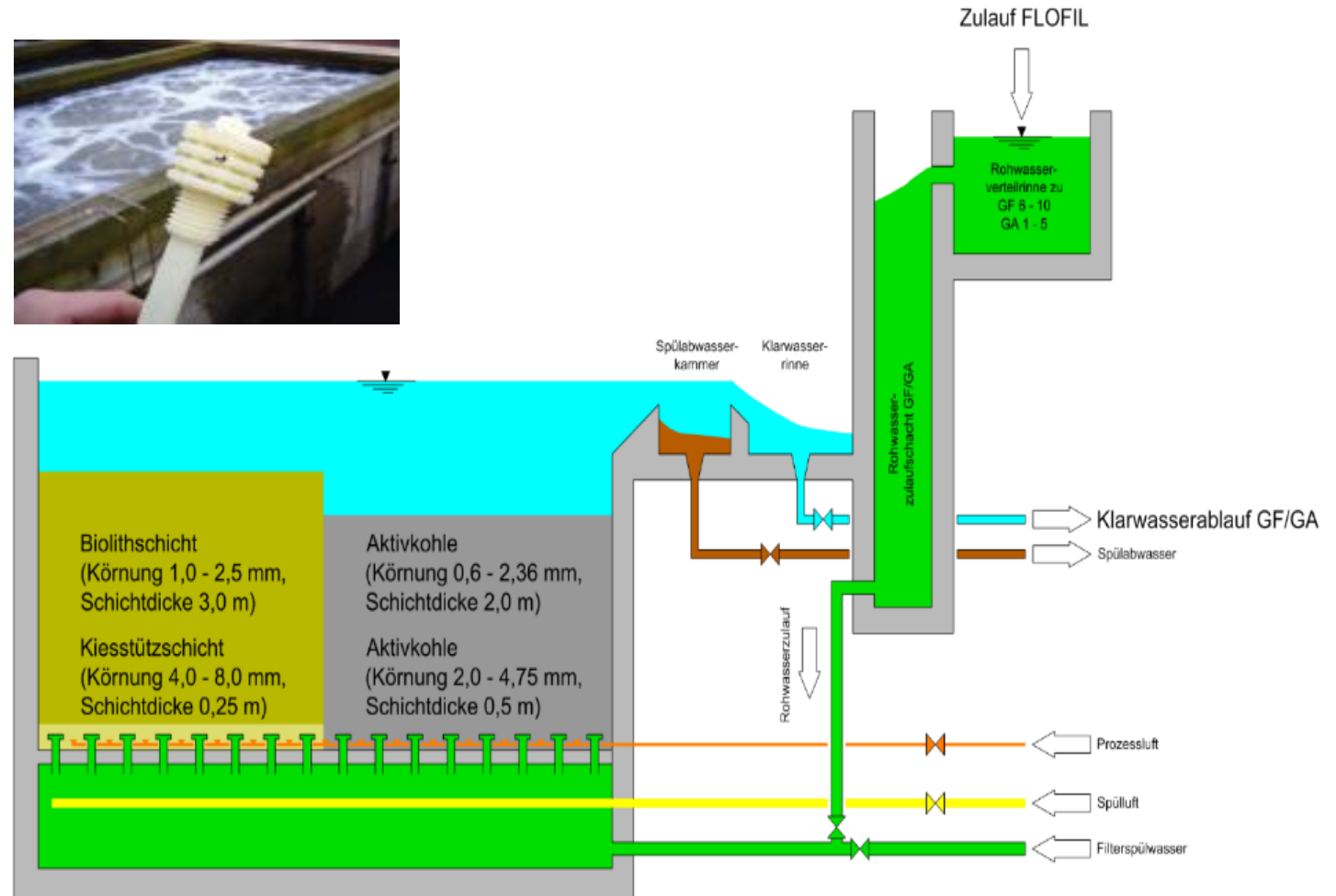
Weitergehende CSB-Elimination durch Aktivkohlefiltration - Sondereinleiter / spez. Abwasserzusammensetzung

- Störungen in den Belebungsbecken



GAK-Kläranlage Gütersloh „Obere Lutter“

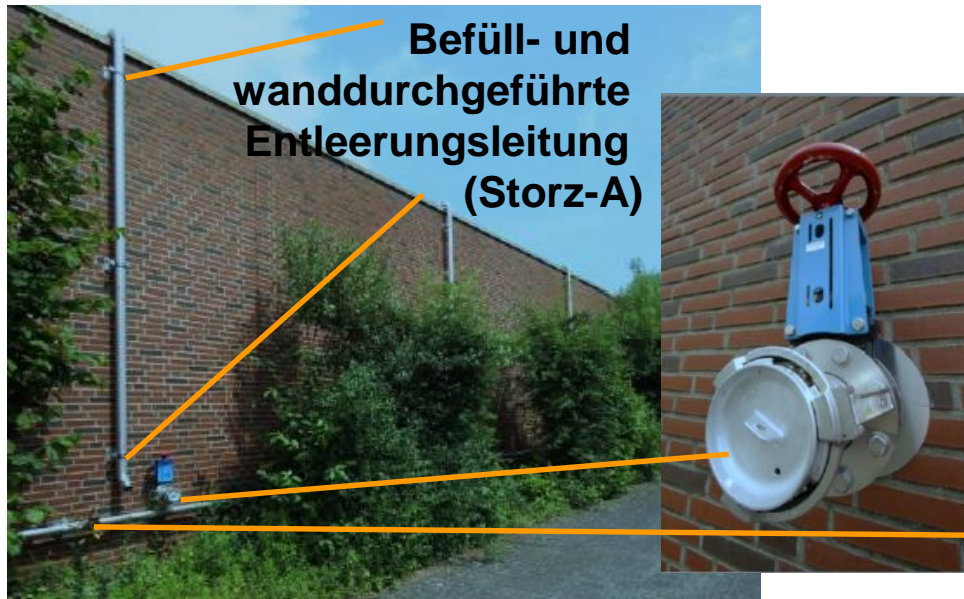
- GAK-Stützschrift ($d_k = 2 - 4,75 \text{ mm}$) für Düsenschlitzweite 2 mm





Ausbau alte Schüttung aus Biofor (Biolit)

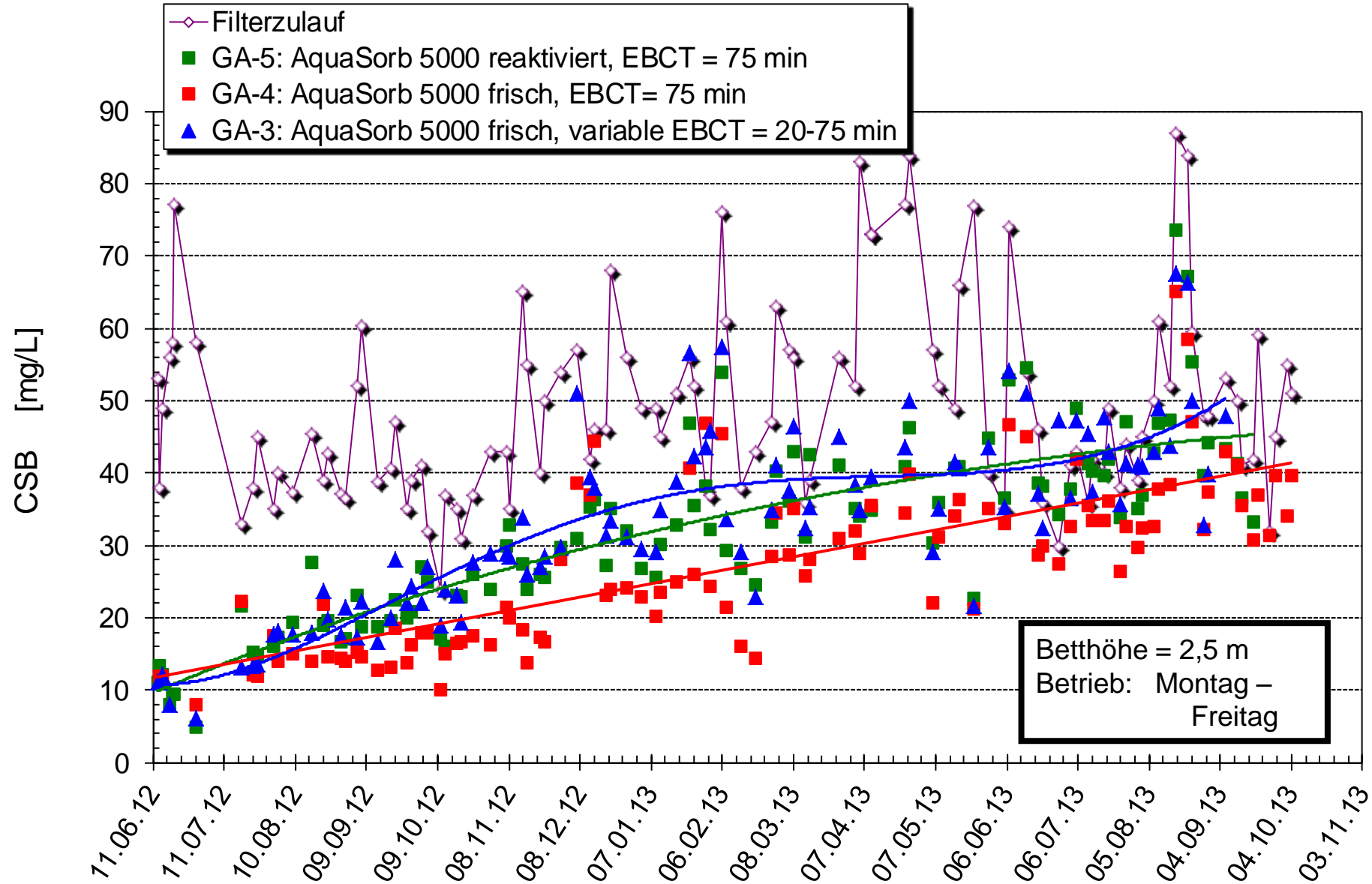
Hydraulische Befüllung aus Silotransporter

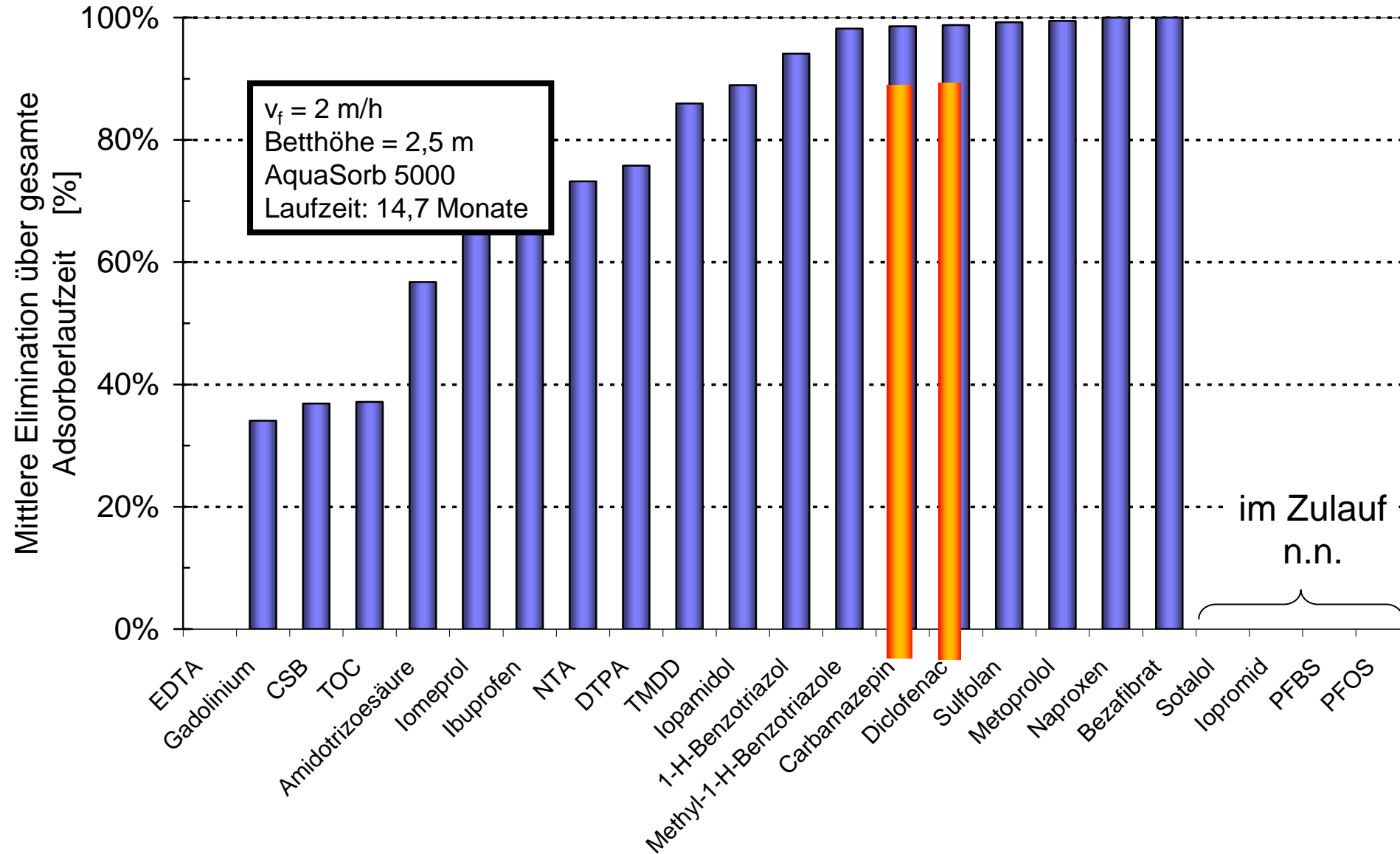


Befüll- und wanddurchgeführte Entleerungsleitung (Storz-A)



Treibwasserentnahme (Storz C)





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

- „Frische“ GAK / variabel $V_f = 2 - 8 \text{ m/h}$
➔ 13.000 BVT

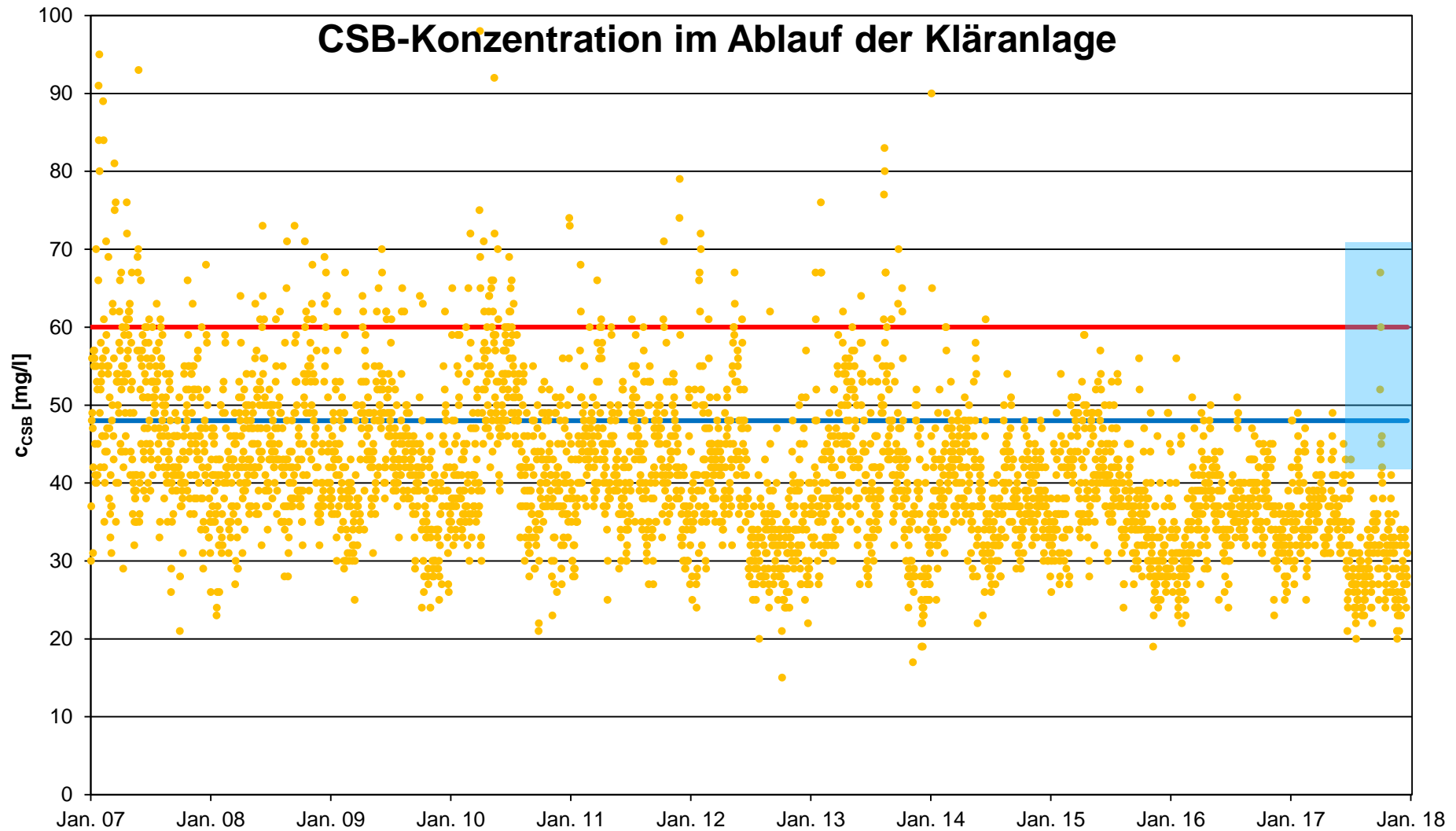
- „Frische“ GAK / konstant $V_f = 2 \text{ m/h}$
➔ 14.000 – 16.000 BVT

- Reaktivierte GAK / konstant $V_f = 2 \text{ m/h}$
➔ 8.000 – 12.000 BVT

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



Weitergehende CSB-Elimination durch Aktivkohlefiltration - CSB-Elimination der letzten Jahre



PAK Zugabe in den Überstand Raumfiltration - Chronologie

- Empfehlung Metcalf Eddy 1996, V. Mayer 1991
- Erste erfolgreiche Versuche eawag M. Böhler, H. Siegriest, Kloten Optikon 2009
- Wuppertal Buchenhofen, Pilotversuch in 60 m² Filterzelle, positive Ergebnisse (Dr. Erbe – Essener Tagung 2010)

eawag
Überlandstrasse 133
Postfach 611
8600 Dübendorf
Schweiz
www.eawag.ch

eawag
aquatic research

Zwischenbericht



„Aktivkohledosierung in den Zulauf zur Sandfiltration Kläranlage Kloten/Opfikon“

(ergänzende Untersuchungen zum MicroPoll)



AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft



Bundeanstalt für Gewässerkunde



Kläranlage Kloten/Opfikon



Stadt Zürich
Entsorgung + Recycling

Dübendorf, April 2009

Abwasserbehandlung

Abwasserreinigung – Quo vadis?

Hermann Meyer

Abwasserbehandlung, weitere Abwasserreinigung, Adsorption, Oxidation, Membranverfahren, Kosten

Der Begriff „Abwasserreinigung“ steht heute nicht mehr für die Stickstoff- und Phosphorelimination sondern im Sinne einer nachfolgenden Wasserwirtschaft für die Eliminierung von Spurenstoffen aus dem Wasser- und Stoffkreislauf (vergl. auch EU WRRL, Anhang XI). Diese umfänglichen Stoffe / prioritär gefährlichen Substanzen sind die Stoffgruppen Industriechemikalien, Pharmaka, Personal Care-Produkte, Nahrungsergänzungsmittel, Pflanzenschutzmittel, Gifte, Glycerine, Desinfektionsmittel, Schwermetalle ... zuzurechnen. Der Eintragspfad dieser Substanzen in die aquatische Umwelt und in die Trinkwassererzeugung geht in der Regel über die Abwasserabklärung und die Abwasserreinigung. Eine wirksame Umkehrung dieser Eintragspfade gelingt – abgesehen von der Elimination an der Quelle – quasi nur über die Nachrüstung von biologischen Kläranlagen mit Adsorption- und/oder Oxidationsteufen. Die Jahreskosten für diese sehr weit gefasste Abwasserreinigung können 100 x höher liegen als bei der konventionellen Abwasserreinigung. Die weitestgehende Abwasserreinigung sollte als flankierende Maßnahme zur umgangspraktischen Vermeidungsstrategie praktiziert werden.

In the past "advanced wastewater treatment" stood for nitrogen and phosphorus removal. Today this term describes the elimination of priority substances coming from the water- and material cycle (according to the EU/WFD, Annex XI). These priority hazardous substances come from e.g. industrial and pharmaceutical products, personal-care products, crop-protectants, pesticides, endocrine-disruptors, heavy metals. Usually the emission of these substances into the aquatic environment and into the drinking water is controlled by the wastewater disposal and wastewater treatment. An effective 4 reduction of this pollution path is necessary. Apart from emission at the source the problem can be solved by the extension of existing wastewater treatment plants with adsorption and/or oxidation. The costs of this additional treatment process are socially acceptable. To reach the aims of the EU WFD concerning priority hazardous substances the advanced wastewater treatment is an essential module.

1. Spurenstoffe im Abwasser/Trinkwasser

In zahlreichen Publikationen wurde in jüngerer Zeit dokumentiert, dass die o.g. Spurenelemente in der gesamten aquatischen Umwelt zu finden sind, mit jeweils abnehmender Tendenz von der Kläranlage über Oberflächenwasser/Grundwasser bis in die Trinkwasserversorgung (1, 2). In (1) wurde die Versuchsanordnung, die vielfältigen Eintrags- und Eintragspfade für Spurenstoffe systematisch zu erfassen.

Einige Pfade – z. B. Sickerwasser aus (tiefen) Mülldeponien über den Boden in das Grundwasser – sind trotz Verbotes noch existent, dies trifft in besonderem Maße für alte Anlagen auch heute noch zu; andere Pfade – z. B. Entsorgung von Pharmaka über Rinnmuld oder Toiletten – können langfristig durch Schärfung des Umweltbewusstseins jedes einzelnen Bürgers und Öffnung von Entsorgungspfaden über Apotheken eingeschränkt werden.

Dr. Ing. Hermann Meyer, Tizuki & Meyer Ingenieurgesellschaft für Wasser-, Abwasser- und Abfallwirtschaft, Überlandstrasse 14, D-86039 Rothenburg, E-Mail: kuno@tizuki.de

Des Weiteren sind Industrie und Landwirtschaft aufzufordern, viele dieser Spurenstoffe zu substituieren oder eine gezielte Vorbehandlung zu betreiben.

Trotz dieser Maßnahmen werden die Kläranlagen auch langfristig die Hauptemittenten für Mikroverunreinigungen in die aquatische Umwelt bleiben.

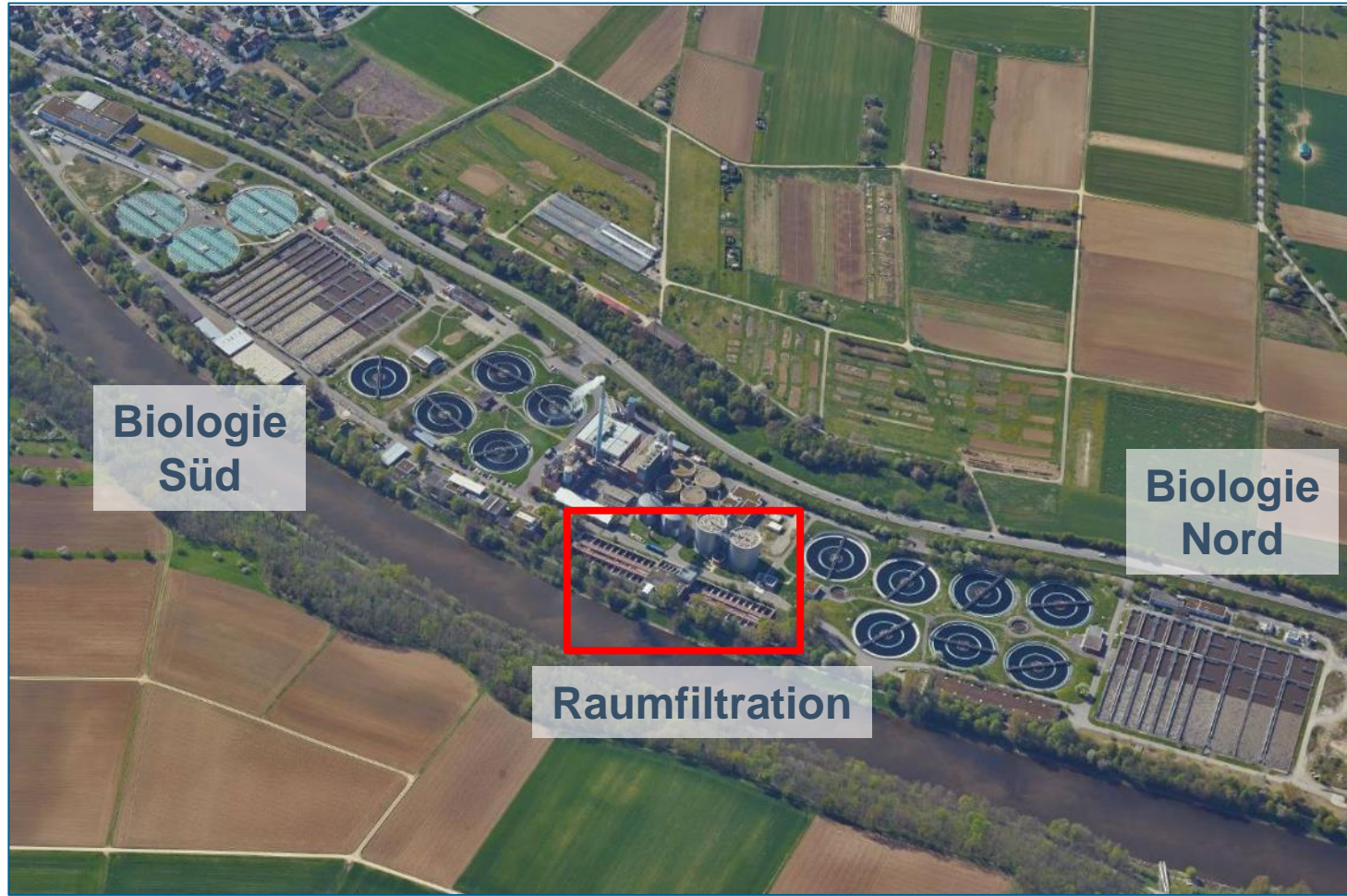
Klänschlamm ist seit Jahren als Schadstoffsenke für viele der Spurenstoffe identifiziert; eine landwirtschaftliche Klärschlammverwertung sollte deshalb überall dort unterzogen werden, wo eine langfristige Konsolidierung von Trinkwasser nicht auszuschließen ist.

2. Verfahren zur weitergehenden Abwasserreinigung

Ziel der EU WRRL ist die Erreichung eines guten chemischen und guten ökologischen Zustands der Oberflächengewässer. Hauptgruppen sind die im Anhang X aufgeführten Substanzen, die definitionsgemäß resistente, bioakkumulierbar oder toxisch sind.

Die EU WRRL schreibt unmissverständlich vor, dass für diese gewässerrelevanten Stoffe Minderungsstrategien zur

349



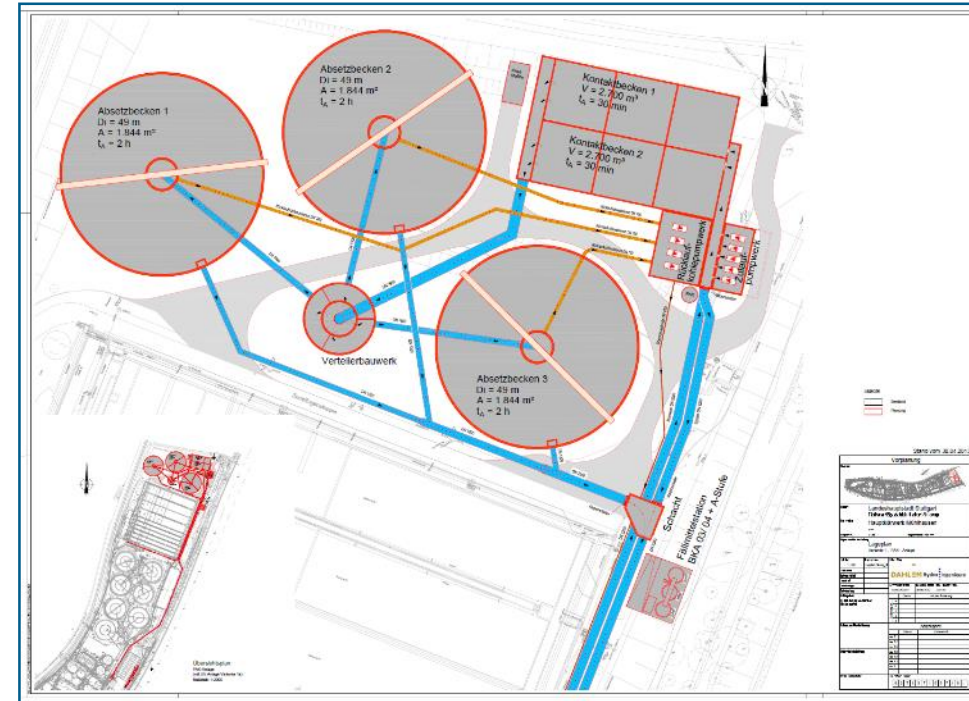
Projektdaten

- 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 Absatzbecken 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	Maschinenteknik	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%

- 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

Filter AK+

Technische Erprobung des Aktivkohleeinsatzes zur Elimination
von Spurenstoffen in Verbindung mit vorhandenen
Filteranlagen





**Betriebsbesichtigung und
Projektvorstellung am 22.10.2015**



WiW
Wupperverbandsgesellschaft für
integrale Wasserwirtschaft mbH



HydroIngenieure

für Wasser, Mensch und Umwelt

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	Maschinentchnik	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%

- 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
größtechnische Realisierung





HAUPTKLÄRWERK MÜHLHAUSEN

ses
Stadtentwässerung Stuttgart

HKW MÜHLHAUSEN
NEUBAU SPURENSTOFFELIMINATION

- Neubau Direkteinmischung mit Pulveraktivkohle
- Neue Verfahrenstechnik zur Feststoffabtrennung
- Energetische und wirtschaftliche Optimierung der Sandfilteranlage zur verbesserten Phosphorentnahme
- Erneuerung der Elektro- und Maschinentechnik
- Bautechnische Sanierung und Erneuerung der Rohrleitungen
- Verbesserung Hochwasserschutz

FILTRATION	
2 Filterflügel mit jeweils 24 Filterkammern	
gesamte Filterfläche	1.920 m ²
Bemessungswassermenge	7,5 m ³ /s

SPURENSTOFFELIMINATION	
Reaktionszeit der Aktivkohle	30 min
erforderliche Pulveraktivkohlemenge	10 - 15 mg/l
Volumen der Pulveraktivkohlesilos	150 m ³

BAUABSCHNITTE

1. BA: Direktdosierung Biologie und Energiezentrale
2. BA: Umbau Filterflügel Nord
3. BA: Umbau Filterflügel Süd

BAUZEIT	
Baubeginn	3. Quartal 2019
Inbetriebnahme 1. Filterflügel	2025
Inbetriebnahme 2. Filterflügel	2028

Gesamtkosten	85 Mio. EUR
--------------	-------------

DIE VIERTE REINIGUNGSSTUFE ZUR SPURENSTOFFELIMINATION WIRD GEBAUT

STUÏGART |  **ses**
Stadtentwässerung Stuttgart

LANDESHAUPTSTADT STUÏGART · TIEFBAUAMT
EIGENBETRIEB STADTENTWÄSSERUNG STUÏGART (SES)

© STADTENTWÄSSERUNG STUÏGART SES · ALLE RECHTE VORBEHALTEN



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

**Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit!**