






EMSCHER  **LIPPE**
GENOSSENSCHAFT EGLV.de VERBAND

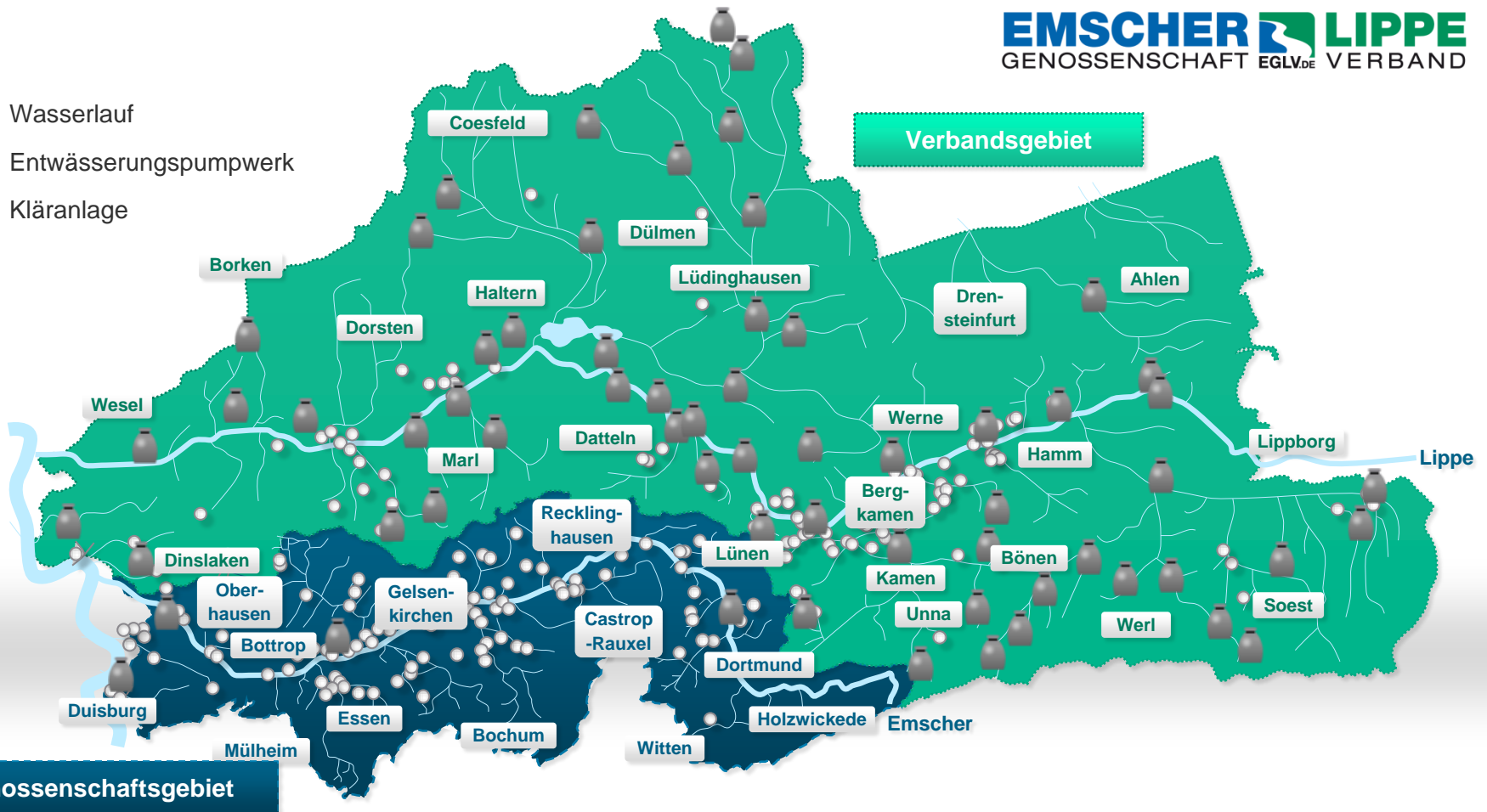
**Aktuelle Ergebnisse aus dem Betrieb von Pilotanlagen bei
Emschergenossenschaft und Lippeverband zur
4. Reinigungsstufe bei der Abwasserbehandlung**

Prof. Dr. -Ing. B. Teichgräber

IWW-Innovationstag 2014



-  Wasserlauf
-  Entwässerungspumpwerk
-  Kläranlage



- || bewirtschaften die natürlichen Flussgebiete von Emscher und Lippe (3,8 Mio. Menschen)
- || betreiben 60 Kläranlagen und reinigen rd. 1 Mrd. m³ Abwasser pro Jahr
- || sind gemeinsam der größte Abwasserentsorger in der BRD und das größte Wasserwirtschaftsunternehmen in NRW
- || sind eine Non-Profit-Genossenschaft auf gesetzlicher Grundlage mit kommunalen und gewerblich-industriellen Mitgliedern

Spurenstoffe: Dauerbrenner in den Medien

15.02.2013

Deutschlandfunk



↳ Fische auf Psychodroge

Pharmakareste in Flüssen verändern das Verhalten von Flussbarschen

Von Lucian Haas

Umwelt. - Antibabypillen hormone, Blutdrucksenker, Schmerzmittel und Psychopharmaka lassen sich heute in Spuren in Wasserproben aus Flüssen und Seen nachweisen. Die Konzentrationen sind gering,

Kläranlagen halten viele Pharmaka nicht zurück. (Bild: AP)

CHEMIKALIEN

Rückstände von Medikamenten belasten Leitungswasser

Deutsche Gesundheits Nachrichten | 6 DEUTSCHE GESUNDHEITS NACHRICHTEN

Medikamente, Pestizide, Desinfektionsmittel – viele Chemikalien landen im Abwasser und lassen sich nicht herausfiltern. Von vornherein soll darauf

DER SPIEGEL Krebsgefahr im Wasser?

Nirgends schlucken so viele Frauen die Antibabypille wie in Deutschland: 53 Prozent aller 15- bis 49-Jährigen verhüten hormonell – und gefährden damit womöglich die Gesundheit der Männer. Forscher der Universität Toronto warnen, dass ein Teil der Östrogene über den Urin ins Trinkwasser gelangt. Finden die Hormone dann den Weg in den männlichen Körper, könnten sie dort das Wachstum von Prostata-tumoren fördern. Im Journal „BMJ Open“ berichten die Wissenschaftler, dass in Gegenden, wo vorwiegend mit der Pille verhütet wird, auch besonders viele Männer Prostatakrebs bekommen. Diese Krebsart zählt zu den häufigsten Tumorarten; in den Industriestaaten erkranken heute doppelt so viele Männer daran wie noch vor 30 Jahren. Besonders betroffen ist Westeuropa – und damit genau jene Weltregion, in der der Pillenkonsum am höchsten ist. Zum Vergleich: In Südostasien nutzt ein Großteil der Paare Kondome, nur sechs Prozent verhüten mit Hormonen. Zugleich ist dort die Prostatakrebsrate weltweit am niedrigsten.

EU untersucht Medikamente im Trinkwasser

Sind die Konzentrationen im Wasser so hoch, dass gesundheitliche Schäden drohen?

Mehr als 130 Wirkstoffe aus Arzneimitteln konnten bislang nachgewiesen werden. Nur zu wenigen der seit 1995 in den Studien zur Schädlichkeit

DIE WELT

Pharma-Boom: Deutsche schlucken immer mehr Schmerzmittel



DER SPIEGEL

Arzneimittel verschmutzen Wasser

RHEINISCHE POST

(bro) Arzneimittel, Körperpflegeprodukte und Pestizide hinterlassen ihre anreichern. "In Düsseldorf wollen wir zusammen mit der Ruhr-Universität Lage, Filteranlagen zu bauen. Allerdings gebe es auf dem Areal ausreichend Flä-

21.11.2011

Einstieg in das Thema bei EG/LV

FACHTAGUNG:

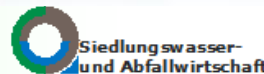


gefährliche Stoffe, neue Parameter

- Einfluss auf die Wasserwirtschaft der Zukunft -

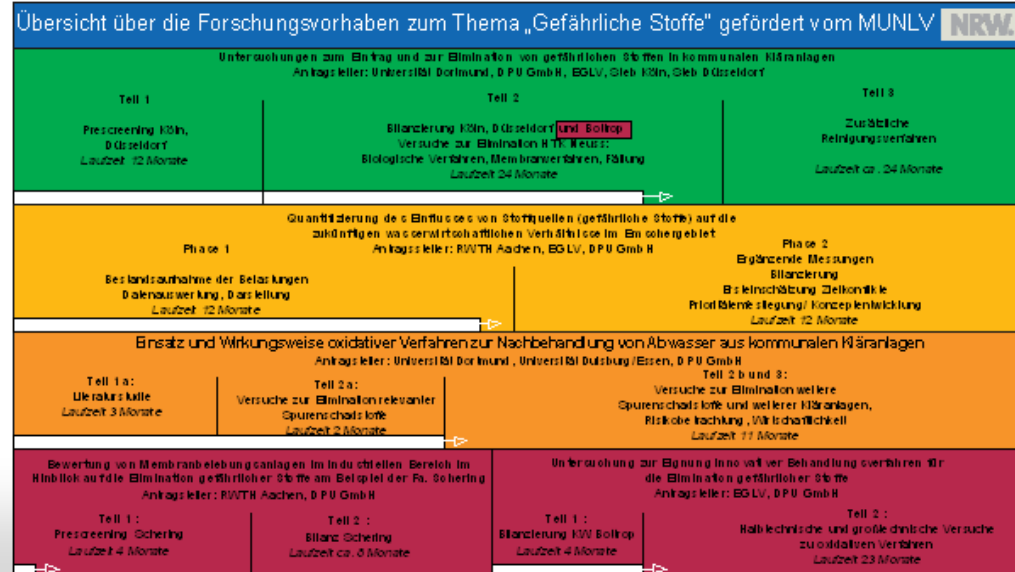
2005

UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN

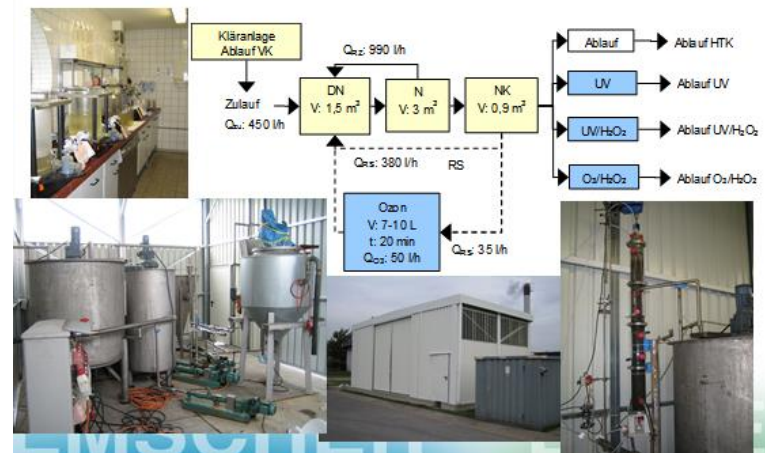


Ökobilanzielle Betrachtung der Behandlung von gefährlichen Stoffen im Abwasser

Vorstellung Endbericht 6.11.06



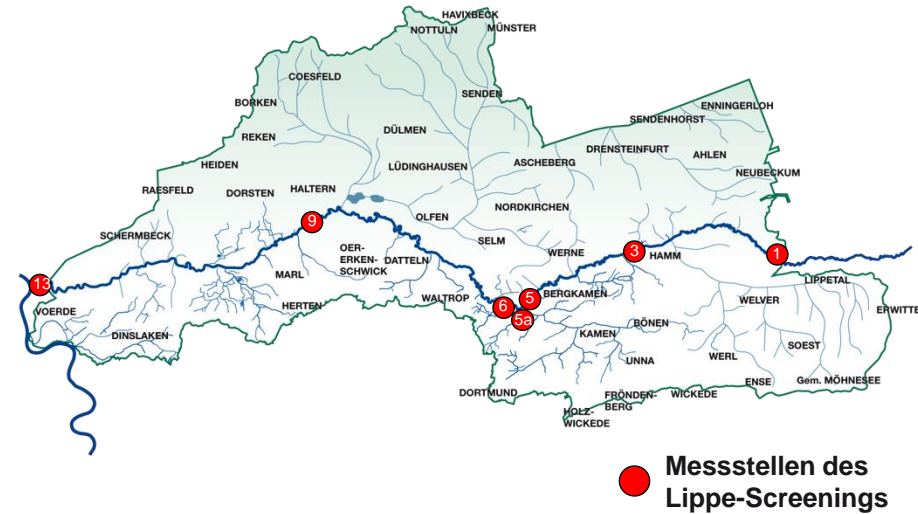
Beispiel 2: Einsatz von innovativen Verfahren zur Elimination von Spurenstoffen – KA Bottrop



Screeningprogramm Spurenstoffe

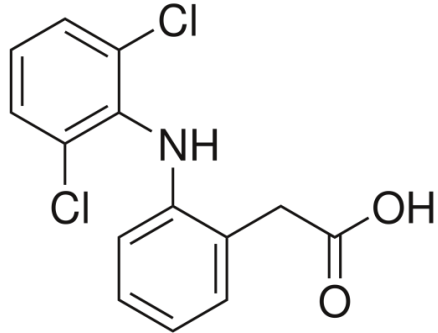
Probenahme und Zeitraum

- Integration in bestehendes **Monitoringprogramm**
- **6 Probenahmekampagnen von 09/2010 bis 02/2011**
- **Stichproben an 7 Probenahmestellen**
- **Durchführung der Analytik**



Screeningprogramm Spurenstoffe

Ergebnisse (in Relation zu Umweltqualitätsnormen (UQN))

nicht nachweisbar		Unterhalb UQN	Einzelmessungen über UQN Jedoch Mittelwert unter UQN	Mittelwert über UQN
<p>Arsen, Azinphos-ethyl, Azinphos-methyl, Chlorbenzol, Chloropren, 3-Chlorpropen, 2-Chlortoluol, 4-Chlortoluol, 1,2-Dibromethan, Dibutylzinn, 1,3-Dichlorbenzol, 1,4-Dichlorbenzol, 1,1-Dichlorethan, 1,1-Dichlorethen, 1,2-Dichlorpropan, cis-1,3-Dichlorpropen, 2,3-Dichlor-1-propen,</p>	<p>Ethylbenzol, Hexachlorethan, Isopropylbenzol, Chloridazon, Chrom, Silber, Benzo(a)pyren, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(ghi)perylen, Benzo(k)fluoranthren, Indeno(1,2,3-cd)pyren, Diuron, Atrazin, Simazin, Tributylzinn, 17a-Ethinylestradiol</p>	<p>MCPA, Mecoprop, Toluol, Tributylphosphat, Vinylchlorid, Metribuzin, Phenanthren, Benzol, 1,2-Dichlorethan, Dichlormethan, Fluoranthren, Naphthalin, Hexachlor-Butadien, Tetrachlorethen, Trichlorethen,</p>	<p>Chloridazon, Bromazil, Chlortoluron, Cyanid, Metazachlor, Methabenzthiazuron, Metolachlor, Prometryn, Terbutylazin, Isoproturon, Blei, Quecksilber, Carbamazepin</p>	<p>Zink, Diflufenican, Cadmium, Diclofenac, Sulfamethoxazol</p>
			 <p>The image shows the chemical structure of 2-(2,4-dichlorophenyl)acetamide. It consists of a benzene ring with chlorine atoms at the 2 and 4 positions, attached to an acetamide group (-NH-CH2-COOH).</p>	


Screeningprogramm Spurenstoffe

Ergebnisse - Industriechemikalien

nicht nachweisbar		Unterhalb UQN	Einzelmessungen über UQN Jedoch Mittelwert unter UQN	Mittelwert über UQN
<p>Arsen, Azinphos-ethyl, Azinphos-methyl, Chlorbenzol, Chloropren, 3-Chlorpropen, 2-Chlortoluol, 4-Chlortoluol, 1,2-Dibromethan, Dibutylzinn, 1,3-Dichlorbenzol, 1,4-Dichlorbenzol, 1,1-Dichlorethan, 1,1-Dichlorethen, 1,2-Dichlorpropan, cis-1,3-Dichlorpropen, 2,3-Dichlor-1-propen,</p>	<p>Ethylbenzol, Hexachlorethan, Isopropylbenzol, Chloridazon, Chrom, Silber, Benzo(a)pyren, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(ghi)perylen, Benzo(k)fluoranthren, Indeno(1,2,3-cd)pyren, Diuron, Atrazin, Simazin, Tributylzinn, 17a-Ethinylestradiol</p>	<p>MCPA, Mecoprop, Toluol, Tributylphosphat, Vinylchlorid, Metribuzin, Phenanthren, Benzol, 1,2-Dichlorethan, Dichlormethan, Fluoranthren, Naphthalin, Hexachlor-Butadien, Tetrachlorethen, Trichlorethen,</p>	<p>Chloridazon, Bromazil, Chlortoluron, Cyanid, Metazachlor, Methabenzthiazuron, Metolachlor, Prometryn, Terbutylazin, Isoproturon, Blei, Quecksilber, Carbamazepin</p>	<p>Zink, Diflufenican, Cadmium, Diclofenac, Sulfamethoxazol</p>
				


Screeningprogramm Spurenstoffe

Ergebnisse - Herbizide

nicht nachweisbar		Unterhalb UQN	Einzelmessungen über UQN Jedoch Mittelwert unter UQN	Mittelwert über UQN
<p>Arsen, Azinphos-ethyl, Azinphos-methyl, Chlorbenzol, Chloropren, 3-Chlorpropen, 2-Chlortoluol, 4-Chlortoluol, 1,2-Dibromethan, Dibutylzinn, 1,3-Dichlorbenzol, 1,4-Dichlorbenzol, 1,1-Dichlorethan, 1,1-Dichlorethen, 1,2-Dichlorpropan, cis-1,3-Dichlorpropen, 2,3-Dichlor-1-propen,</p>	<p>Ethylbenzol, Hexachlorethan, Isopropylbenzol, Chloridazon, Chrom, Silber, Benzo(a)pyren, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(ghi)perylen, Benzo(k)fluoranthren, Indeno(1,2,3-cd)pyren, Diuron, Atrazin, Simazin, Tributylzinn, 17a-Ethinylestradiol</p>	<p>MCPA, Mecoprop, Toluol, Tributylphosphat, Vinylchlorid, Metribuzin, Phenanthren, Benzol, 1,2-Dichlorethan, Dichlormethan, Fluoranthren, Naphthalin, Hexachlor-Butadien, Tetrachlorethen, Trichlorethen,</p>	<p>Chloridazon, Bromazil, Chlortoluron, Cyanid, Metazachlor, Methabenzthiazuron, Metolachlor, Prometryn, Terbutylazin, Isoproturon, Blei, Quecksilber, Carbamazepin</p>	<p>Zink, Diflufenican, Cadmium, Diclofenac, Sulfamethoxazol</p>
				

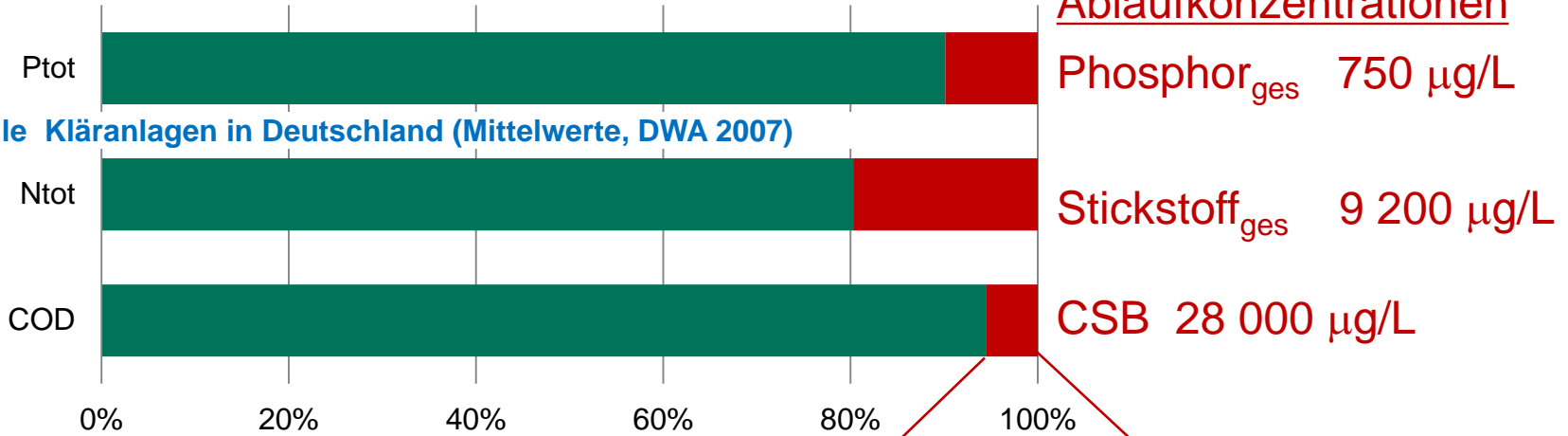
Screeningprogramm Spurenstoffe

Ergebnisse - Medikamente

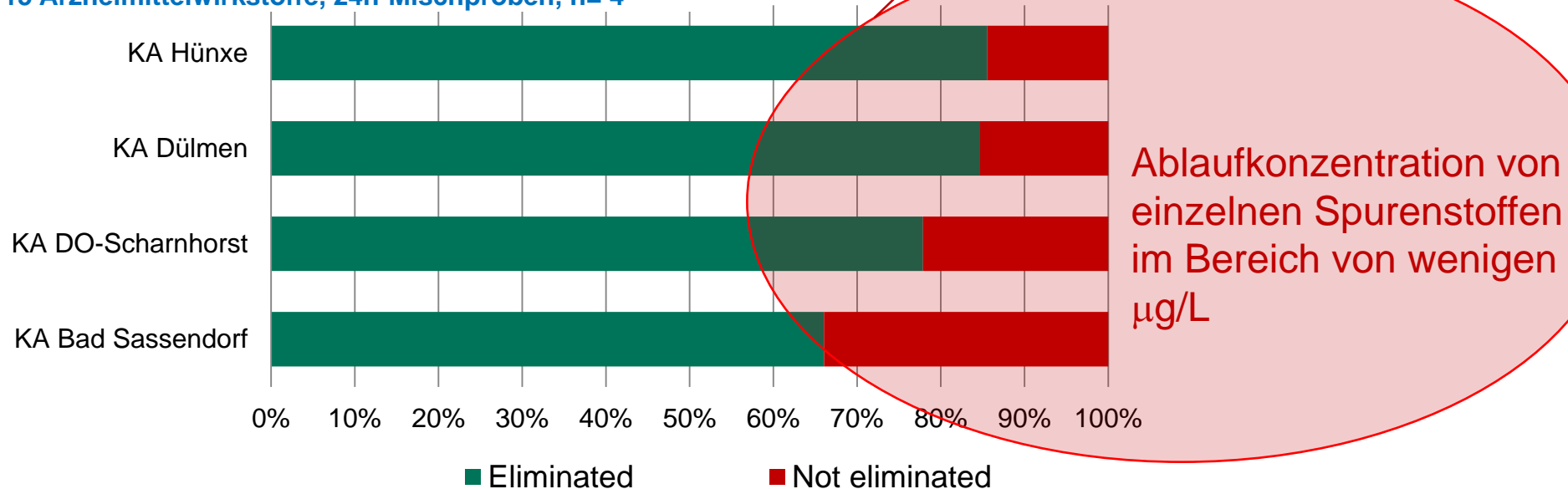
nicht nachweisbar		Unterhalb UQN	Einzelmessungen über UQN Jedoch Mittelwert unter UQN	Mittelwert über UQN
<p>Arsen, Azinphos-ethyl, Azinphos-methyl, Chlorbenzol, Chloropren, 3-Chlorpropen, 2-Chlortoluol, 4-Chlortoluol, 1,2-Dibromethan, Dibutylzinn, 1,3-Dichlorbenzol, 1,4-Dichlorbenzol, 1,1-Dichlorethan, 1,1-Dichlorethen, 1,2-Dichlorpropan, cis-1,3-Dichlorpropen, 2,3-Dichlor-1-propen,</p>	<p>Ethylbenzol, Hexachlorethan, Isopropylbenzol, Chloridazon, Chrom, Silber, Benzo(a)pyren, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(ghi)perylen, Benzo(k)fluoranthren, Indeno(1,2,3-cd)pyren, Diuron, Atrazin, Simazin, Tributylzinn, 17a-Ethinylestradiol</p>	<p>MCPA, Mecoprop, Toluol, Tributylphosphat, Vinylchlorid, Metribuzin, Phenanthren, Benzol, 1,2-Dichlorethan, Dichlormethan, Fluoranthren, Naphthalin, Hexachlor-Butadien, Tetrachlorethen, Trichlorethen,</p>	<p>Chloridazon, Bromazil, Chlortoluron, Cyanid, Metazachlor, Methabenzthiazuron, Metolachlor, Prometryn, Terbutylazin, Isoproturon, Blei, Quecksilber, Carbamazepin</p>	<p>Zink, Diflufenican, Cadmium, Diclofenac, Sulfamethoxazol</p>
				

Elimination von Spurenstoffen in kommunalen Kläranlagen nach Std.d.T.

Ablaufkonzentrationen

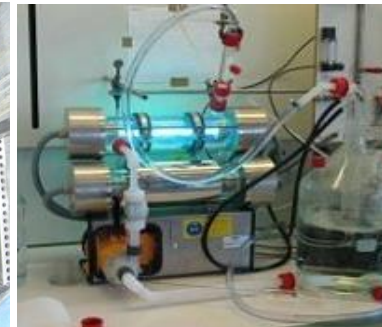


15 Arzneimittelwirkstoffe, 24h-Mischproben, n= 4



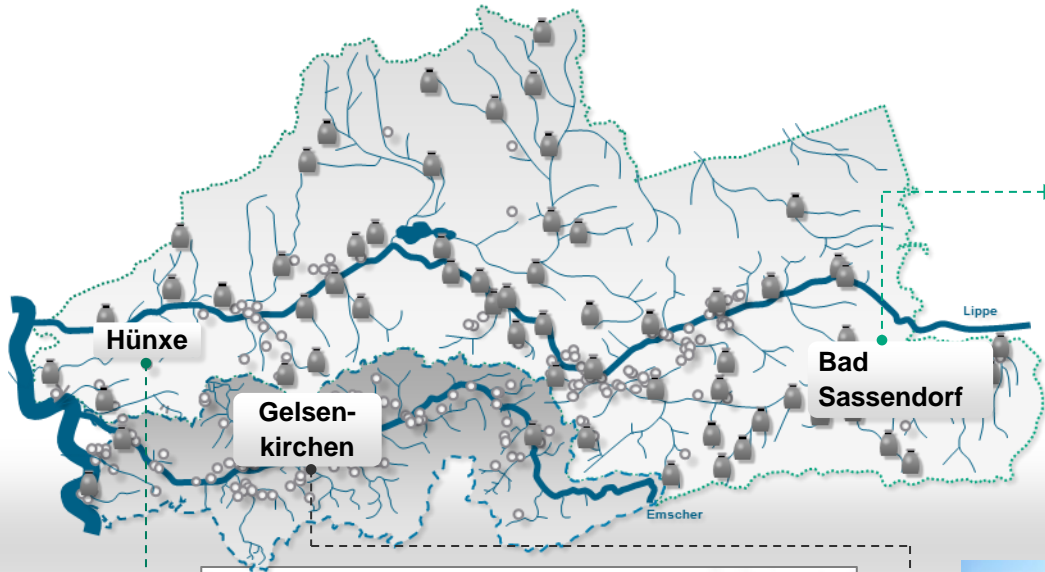
Diskutierte Techniken für die Elimination von Spurenstoffen aus dem Abwasser

Membranfiltration	Oxidation	Adsorption an Aktivkohle
▪ Mikrofiltration	▪ Ozonierung (O₃)	▪ Pulverkohleverfahren
▪ Ultrafiltration	▪ UV-Bestrahlung (UV)	▪ Bettfiltration
▪ Nanofiltration	▪ Wasserstoffperoxid (H ₂ O ₂)	
▪ Umkehrosmose	▪ Kombinationen	



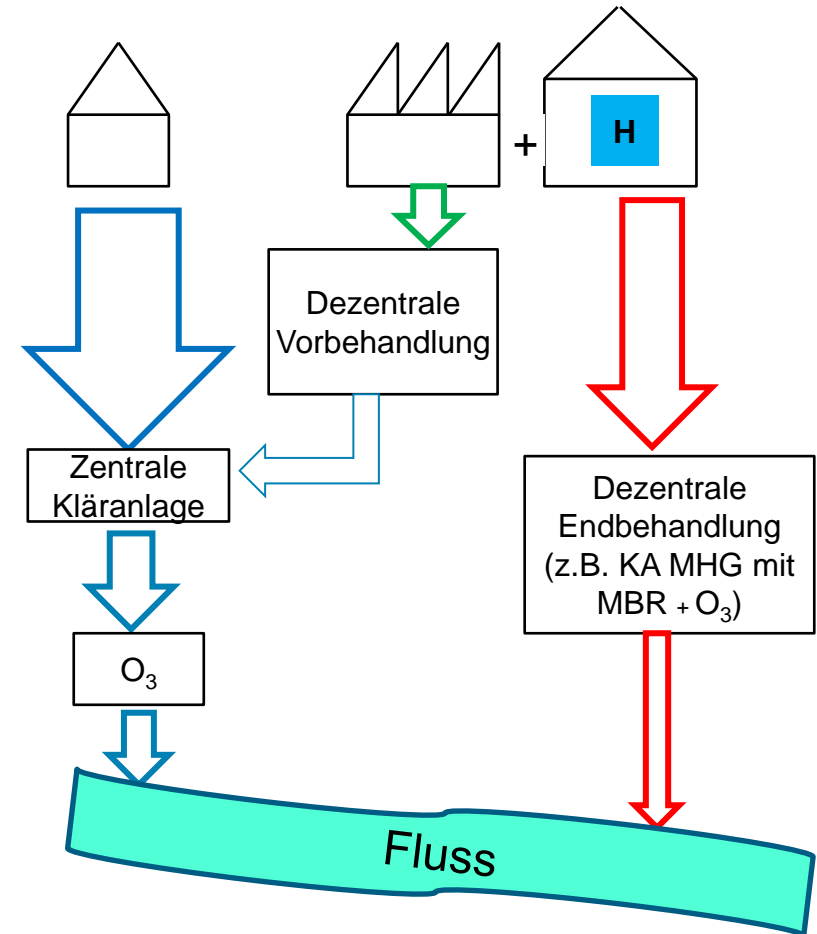
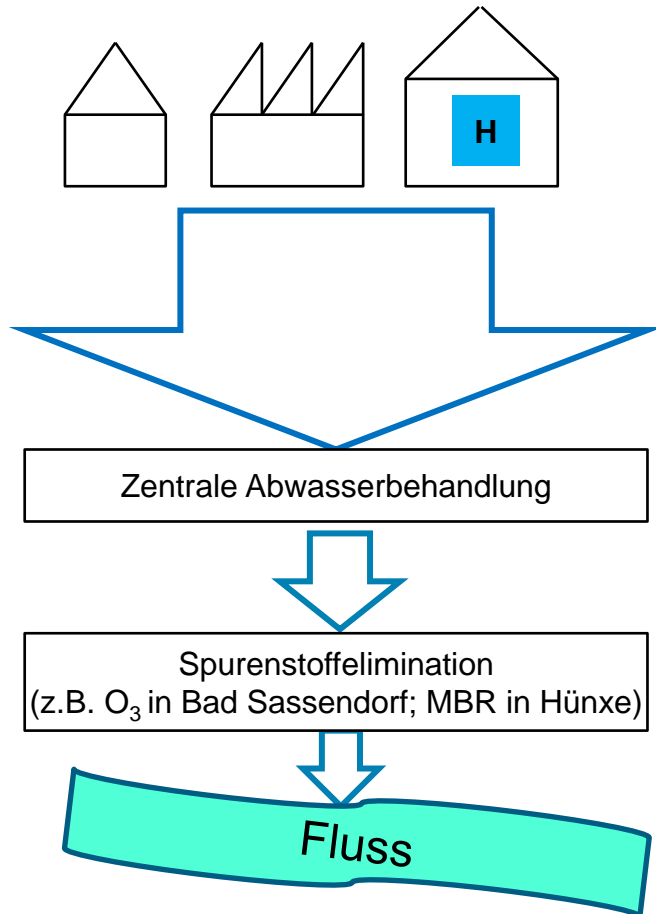
Wir setzen uns aktiv mit technischen Lösungen auseinander!

Kläranlagen zur Spurenstoffelimination im Betrieb



MBR = Membranfiltration, O₃ = Ozonierung, PAC = Aktivkohlebehandlung

Zentrale und dezentrale Abwasserbehandlung

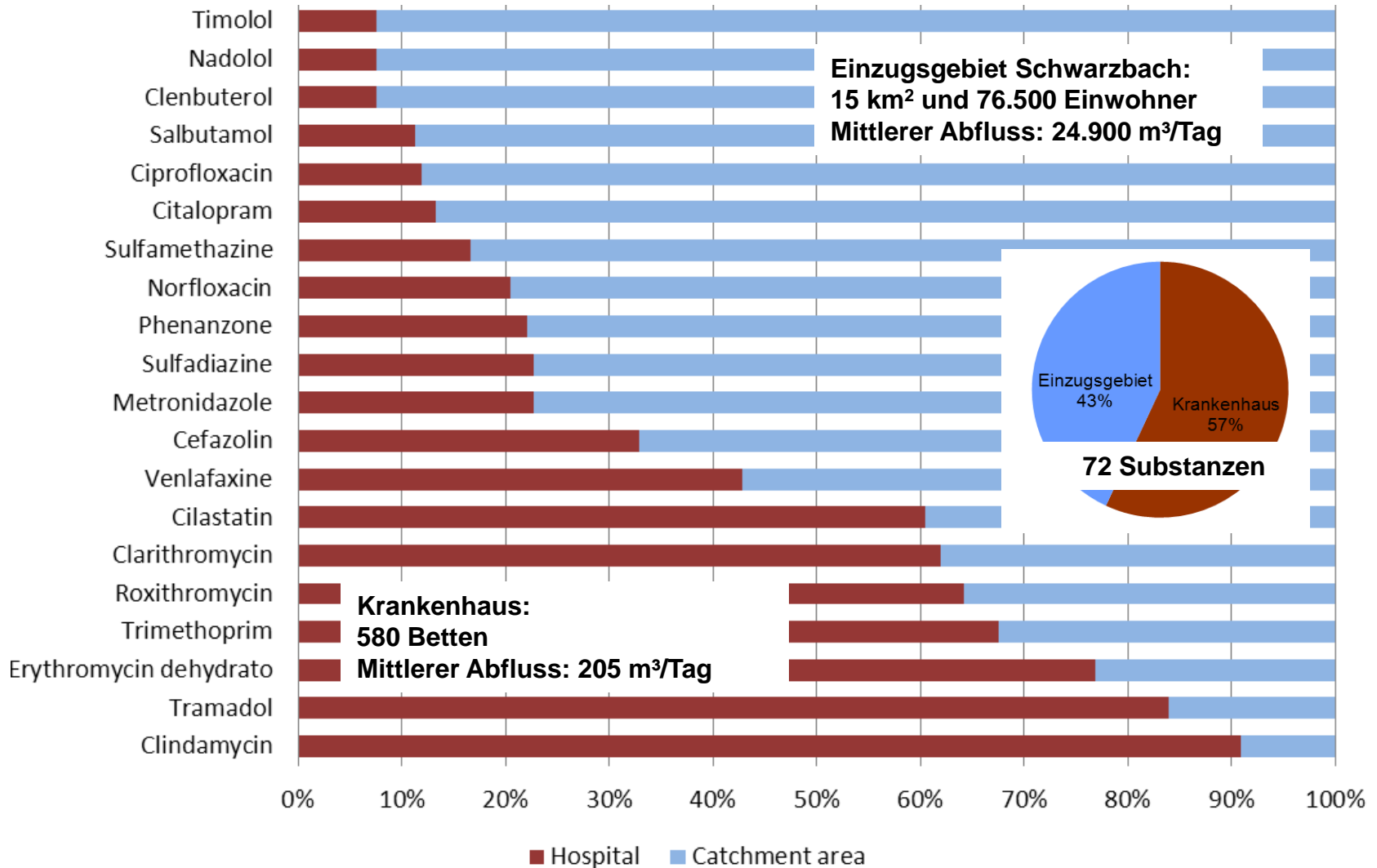


Mögliche Gründe für dezentrale Abwasserbehandlung:

- Anbindung von Abwassererzeugern an einer zentralen Kläranlage ist unwirtschaftlich
- Effiziente Behandlung von hochkonzentrierten Abwasserströmen zur Erzielung einer bestimmten Abwasserqualität vor Vermischung mit anderen Abwässern

Beitrag eines Krankenhauses am Medikamenteneintrag im Einzugsgebiet

7,6 Betten pro 1000 Einwohner



Energiebedarf dezentraler und zentraler Kläranlagen

Anlagen und Vergleichskriterien

MBR in KA Hünxe

MBR in KA Marienhospital
Gelsenkirchen

Vergleich

Spezifischer Energieverbrauch in Abhängigkeit der hydraulischen Auslastung

O₃ in KA Bad Sassendorf

O₃ in KA Marienhospital
Gelsenkirchen

Vergleich

Spezifischer Energieverbrauch in Abhängigkeit der hydraulischen Auslastung

Konv. Biologie (CAS) in
KA Bad Sassendorf

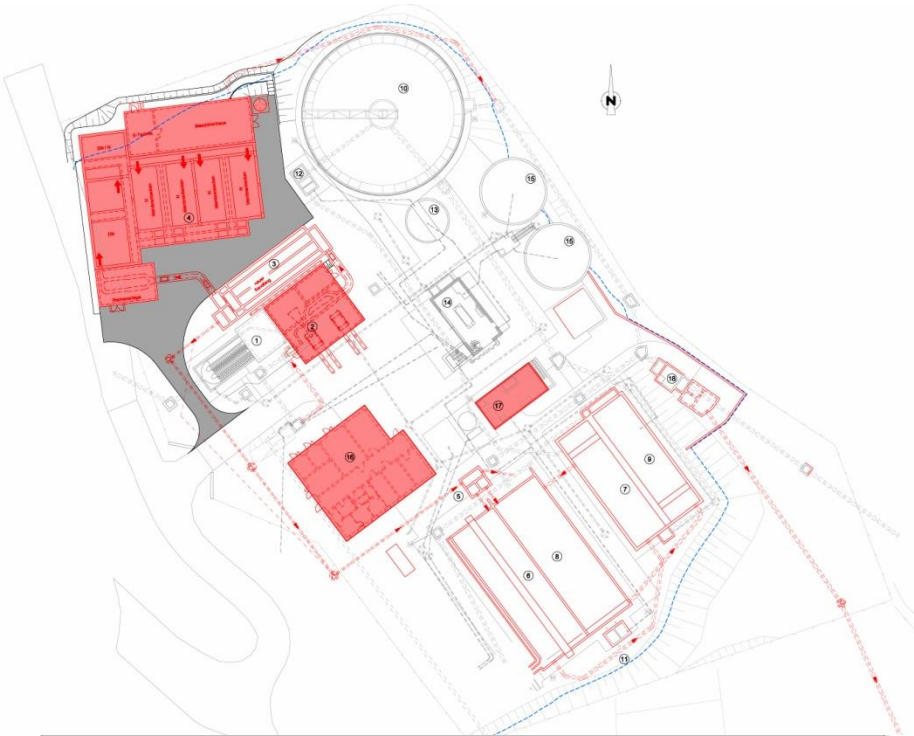
MBR in KA Marienhospital
Gelsenkirchen

Vergleich

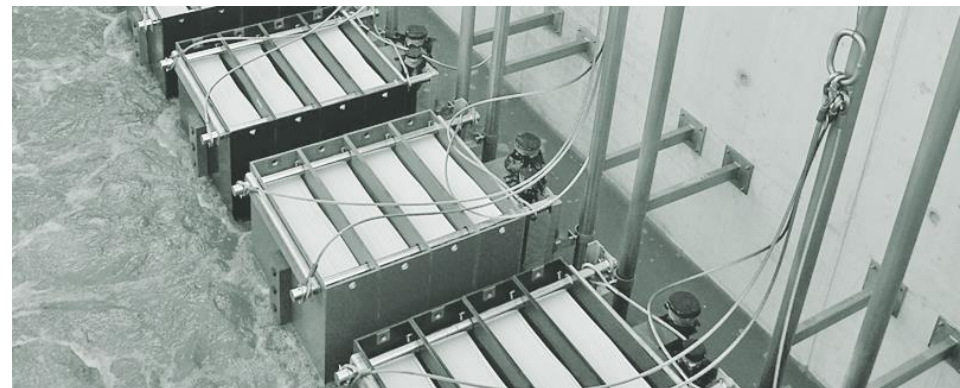
Spezifischer Energieverbrauch bezogen auf die eliminierte Fracht an Spurenstoffen

Kläranlage Hünxe

Membrananlage und Ertüchtigung



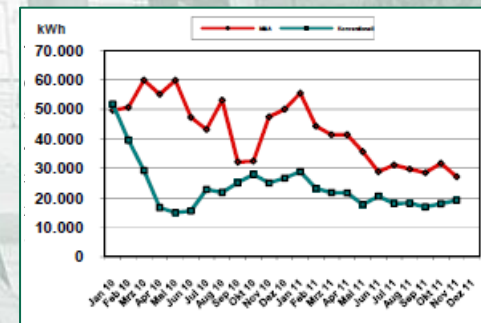
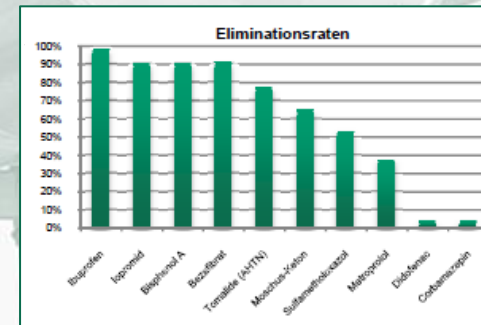
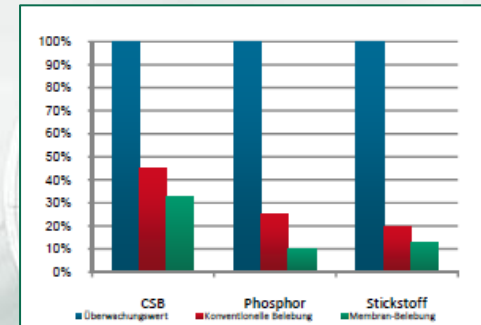
- Ausbau auf 17.000 Einwohnerwerte
- Häftige Aufteilung der Zulaufwassermengen auf konventionelle Belebung und Membranbelebung



Kläranlage Hünxe

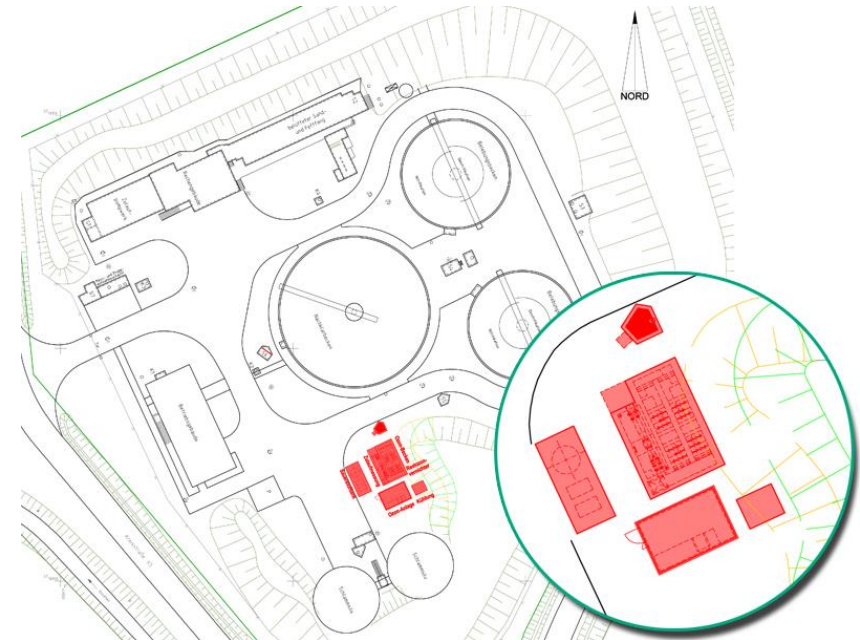
Vergleich MBR-Straße mit BB+NKB

- **Betriebserfahrung** seit 24 Monaten
- **Ablaufwerte**
 CSB, N, P verbessert 30 – 50 %
- **Spurenstoffelimination** 5 – 99 %
- **Energieverbrauch** + 30 %

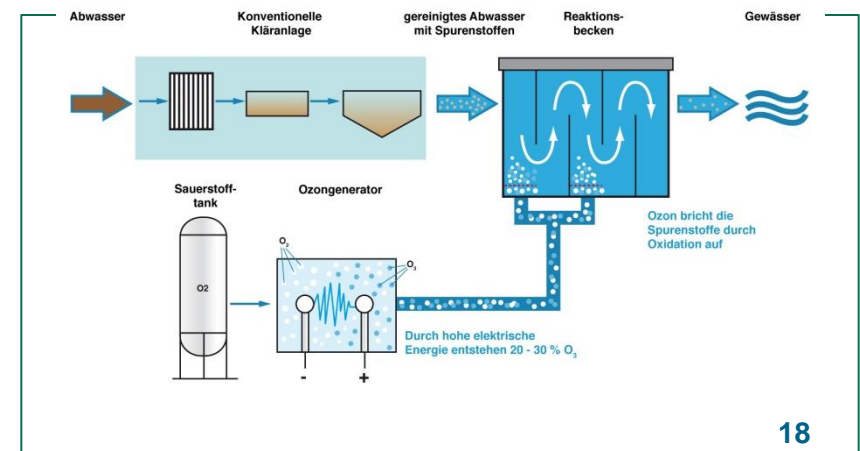


Kläranlage Bad Sassendorf

Nachgeschaltete Ozonierung



- 13.000 Einwohner, davon 1.200 Betten in 6 Kliniken
- Verfahrenstechnik: Ablaufozonung + Nachbehandlung im Schönungsteich
- Ziel: Betriebserfahrungen zur Spurenstoffelimination aus Gebiet mit hohem Altersdurchschnitt

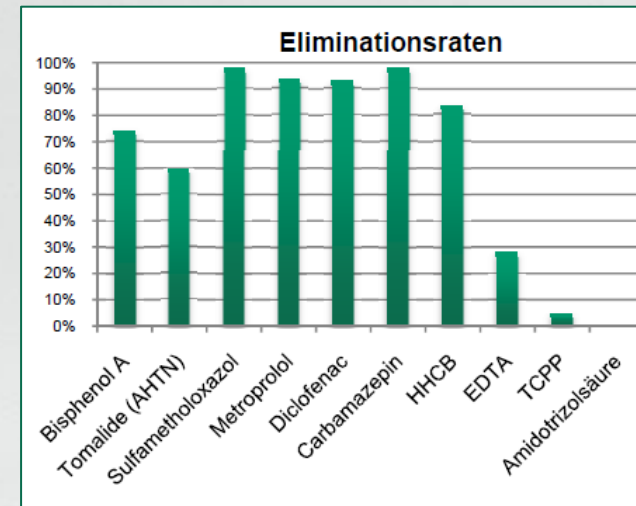


Kläranlage Bad Sassendorf

Nachgeschaltete Ozonierung

Probetrieb seit November 2009

- bei Ozondosis von $2 \text{ mgO}_3/\text{l}$:
> 90 % Elimination von gut oxidierbaren Stoffen (Diclofenac, Carbamazepin)
- bei Ozondosis von $5 \text{ mgO}_3/\text{l}$:
90 % Elimination auch langsam oxidierbarer Stoffe (Metoprolol)
- keine Elimination von persistenten Stoffen wie einzelne Röntgenkontrastmittel und Industriechemikalien
- Kostenerhöhung (Betriebs- und Kapitalkosten) um 17 %



Dezentrale Kläranlage Marienhospital Gelsenkirchen

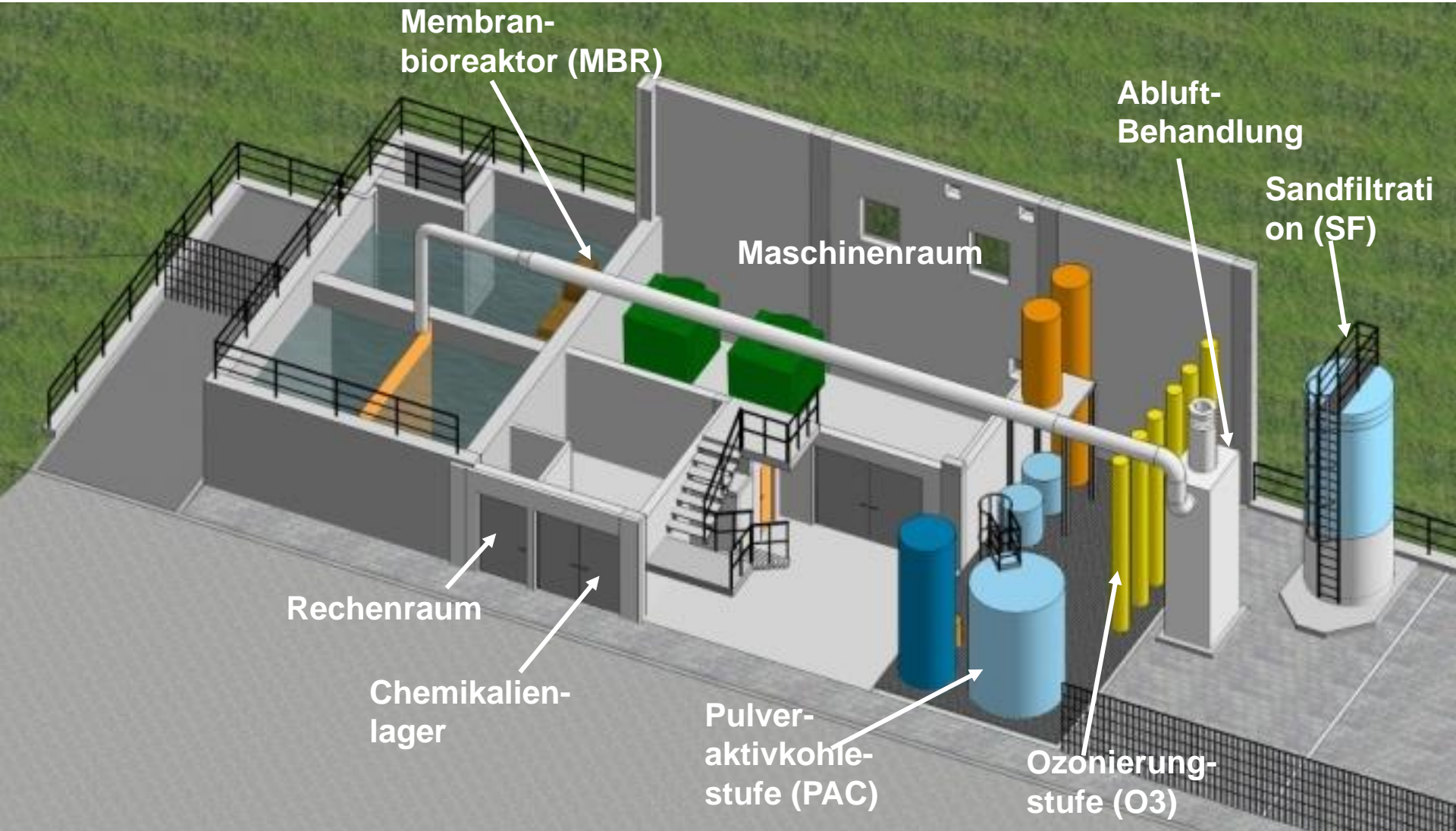
Zur Behandlung von Krankenhausabwässern



- Krankenhaus mit 580 Betten
- Kläranlage 1.000 EW, Max. Zufluss von 200 m³/Tag
- Direkteinleitung vom gereinigtem Abwasser ins Gewässer

Dezentrale Kläranlage Marienhospital Gelsenkirchen

10 Kombinationsmöglichkeiten von Verfahren zur Elimination von Spurenstoffen



Ablaufwerte des MBR auf der KA MHG

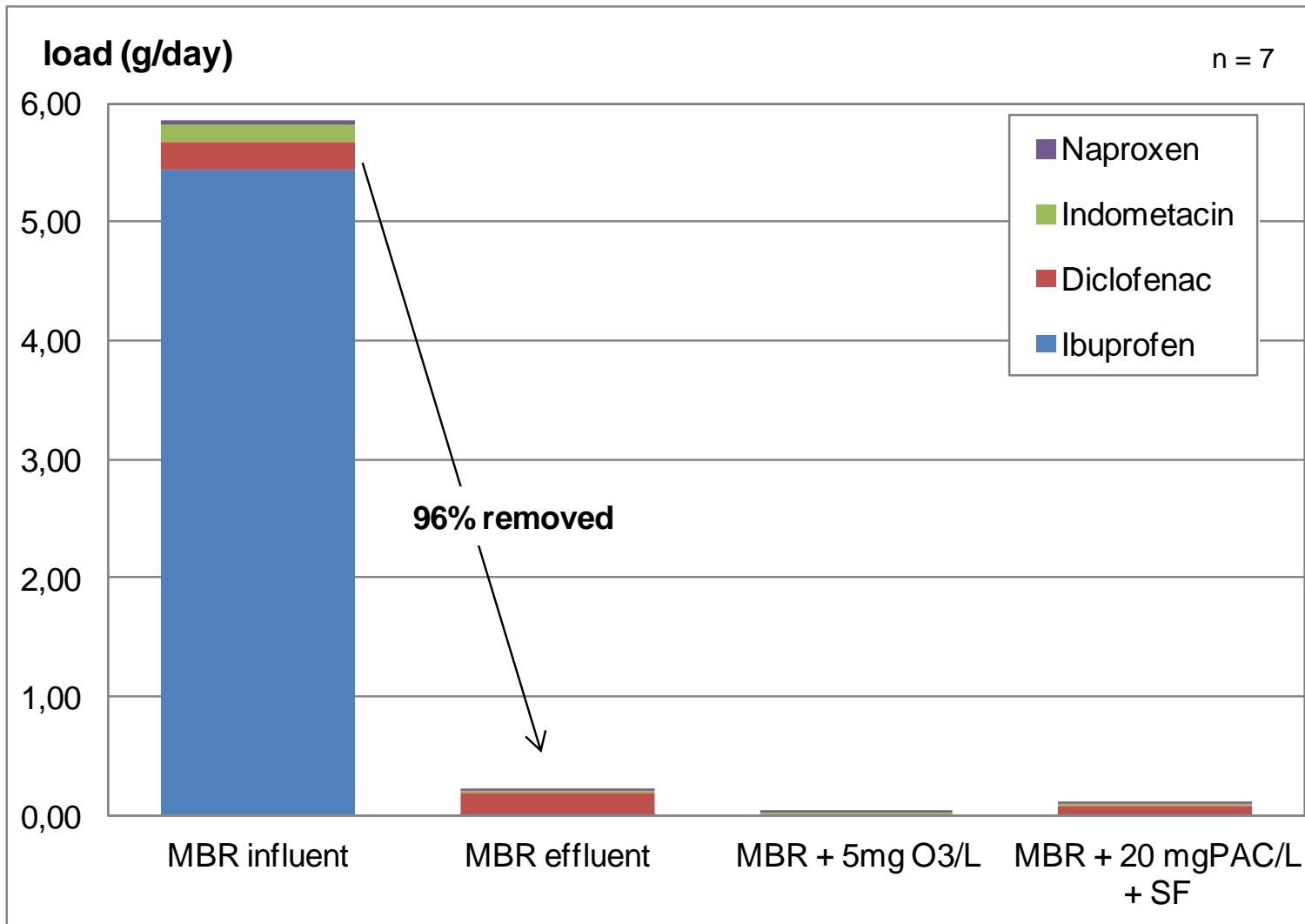
Gute Elimination der klassischen Parameter

n = 7

Parameter	Einh.	Anforderung	Zulauf	Ablauf	Elimination
CSB	mg/L	110	709 ± 280	31.0 ± 6.0	96 %
Ges.-N	mg/L	-	64 ± 11	3.3 ± 5.8	95 %
Ges.-P	mg/L	-	8.3 ± 1.3	2.0 ± 5.6	76 %
AFS	mg/L	-	97 ± 33	< 10	> 90 %
BSB	mg/L	-	325 ± 112	< 3	> 99 %

 Erfüllung der Anforderungen für die Einleitung ins Gewässer und eines feststofffreien Ablaufs für die nachfolgenden Behandlungsstufen

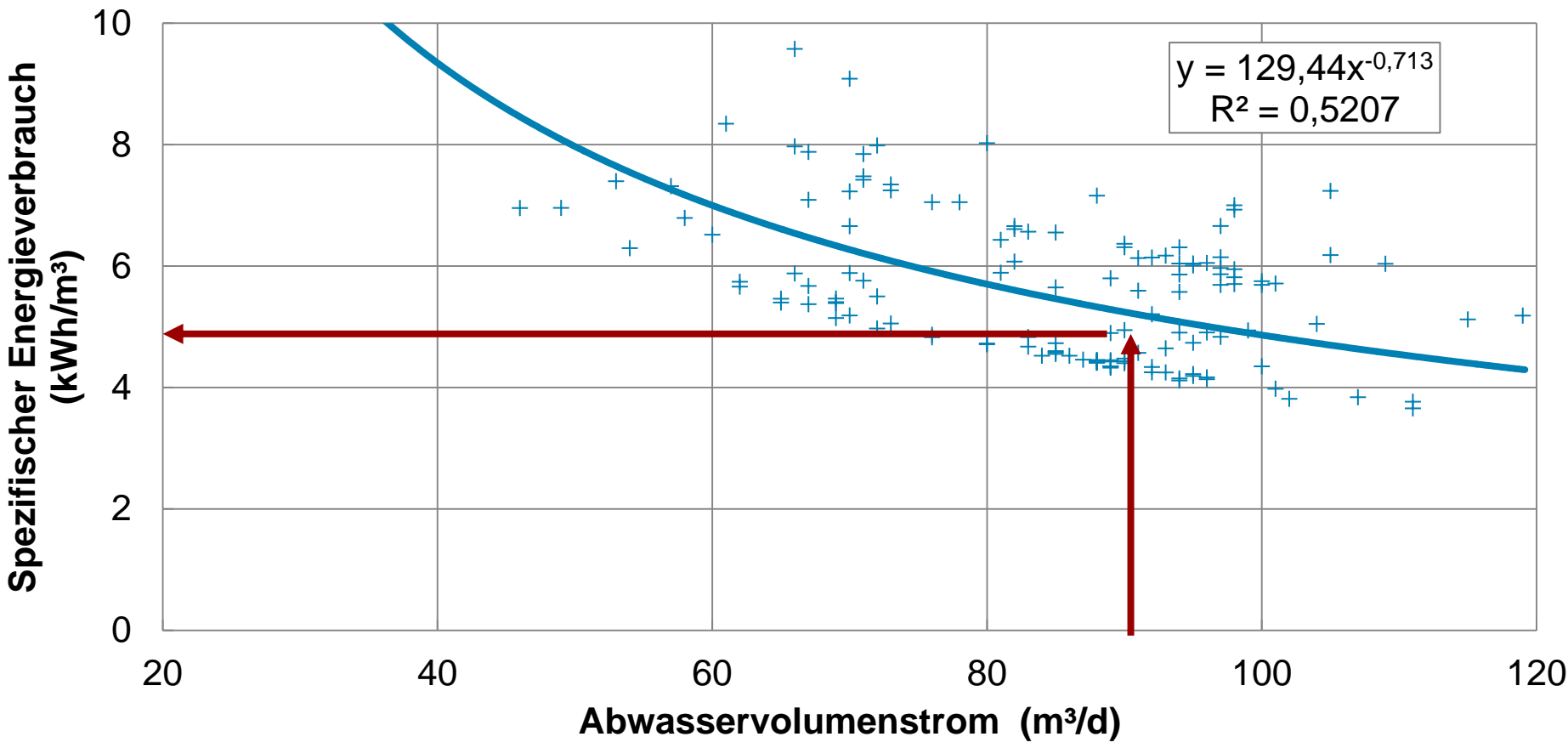
Elimination von ausgewählten Schmerzmitteln in der KA MHG





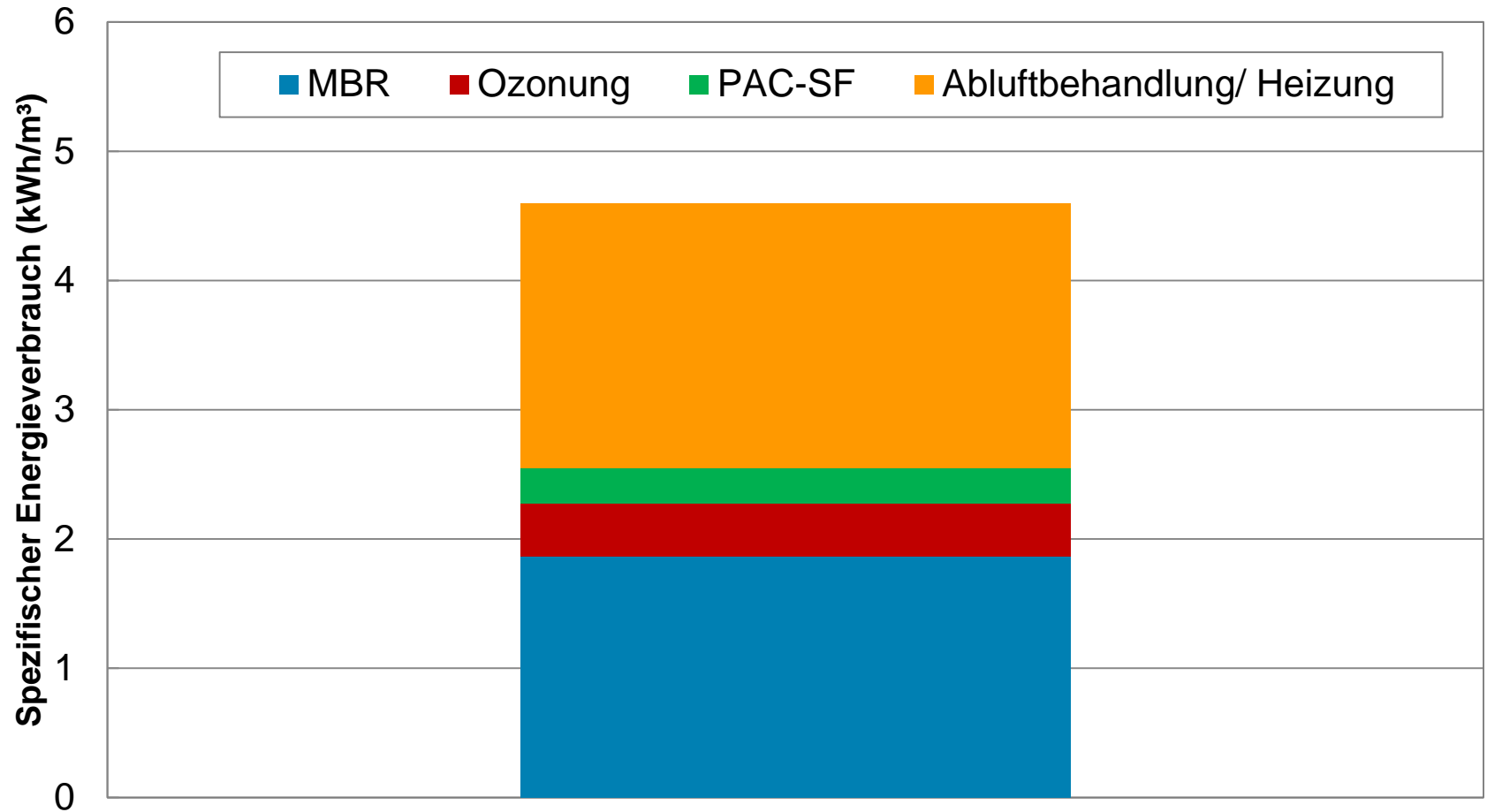
Energiebedarf der KA MHG

Gesamte dezentrale Kläranlage



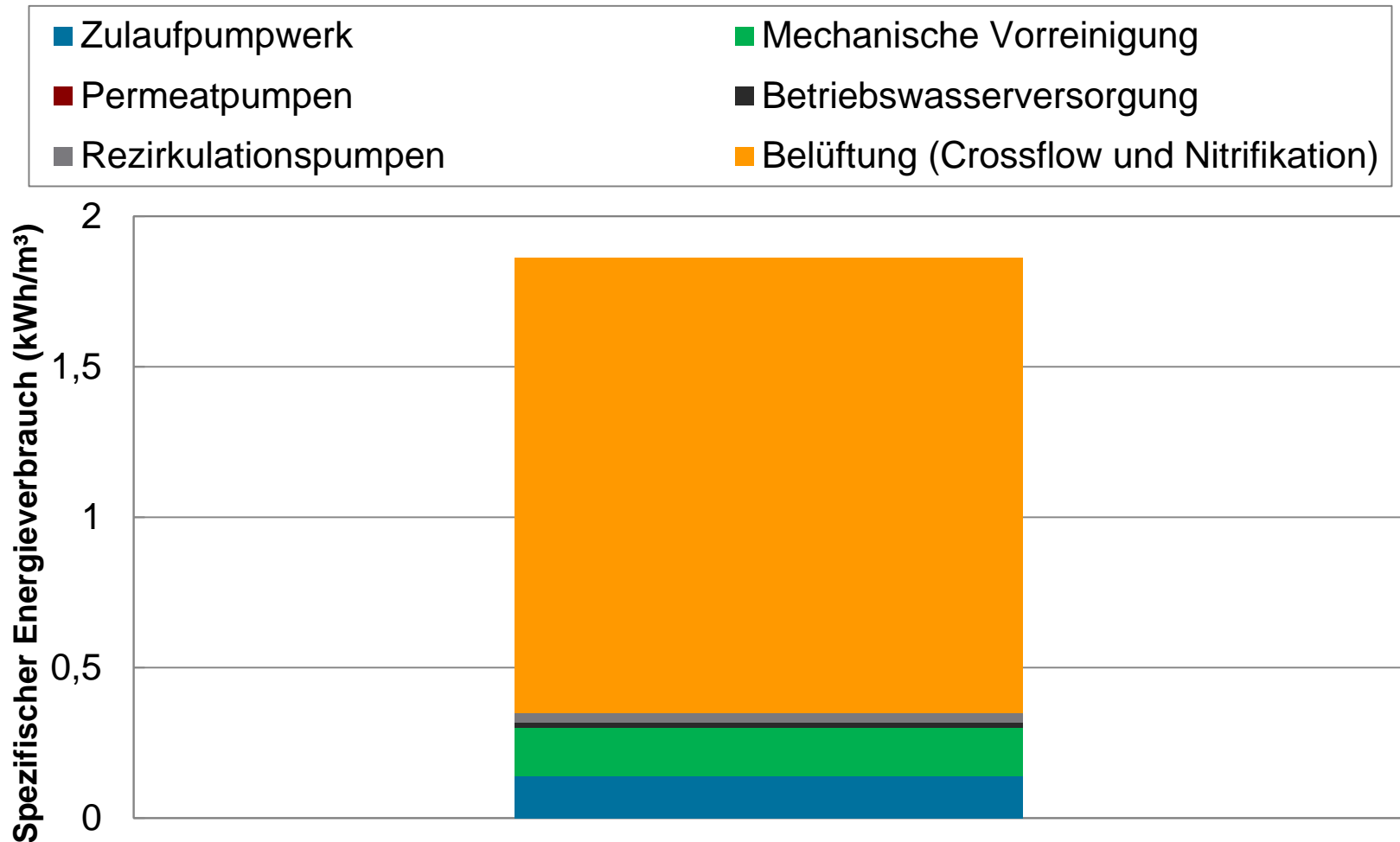
Energiebedarf der KA MHG

Fractionen des Energieverbrauchs der KA MHG am mittleren Betriebspunkt



Energiebedarf des MBR auf der dezentralen KA MHG

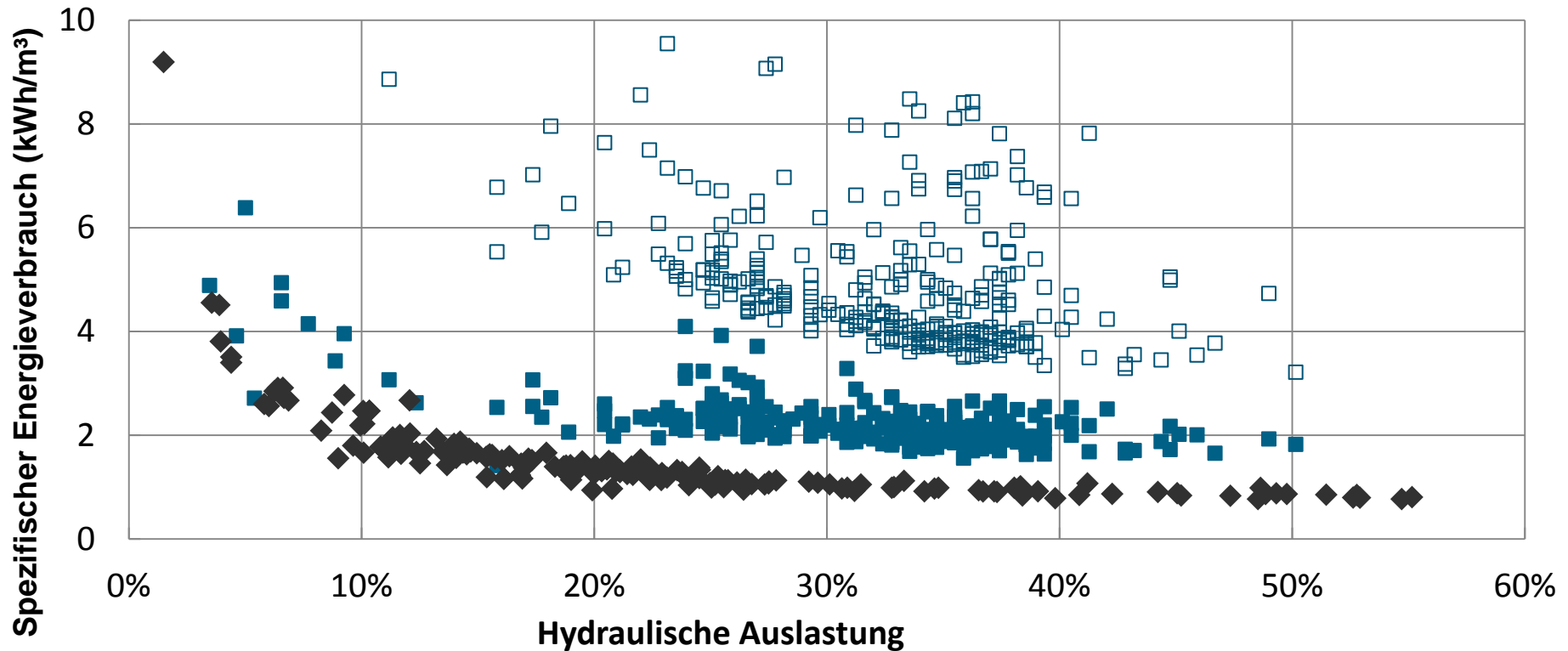
... inkl. der erforderlichen Peripherie am mittleren Betriebspunkt



Energiebedarf des MBR

Vgl. dezentrale KA MHG und zentrale KA Hünxe

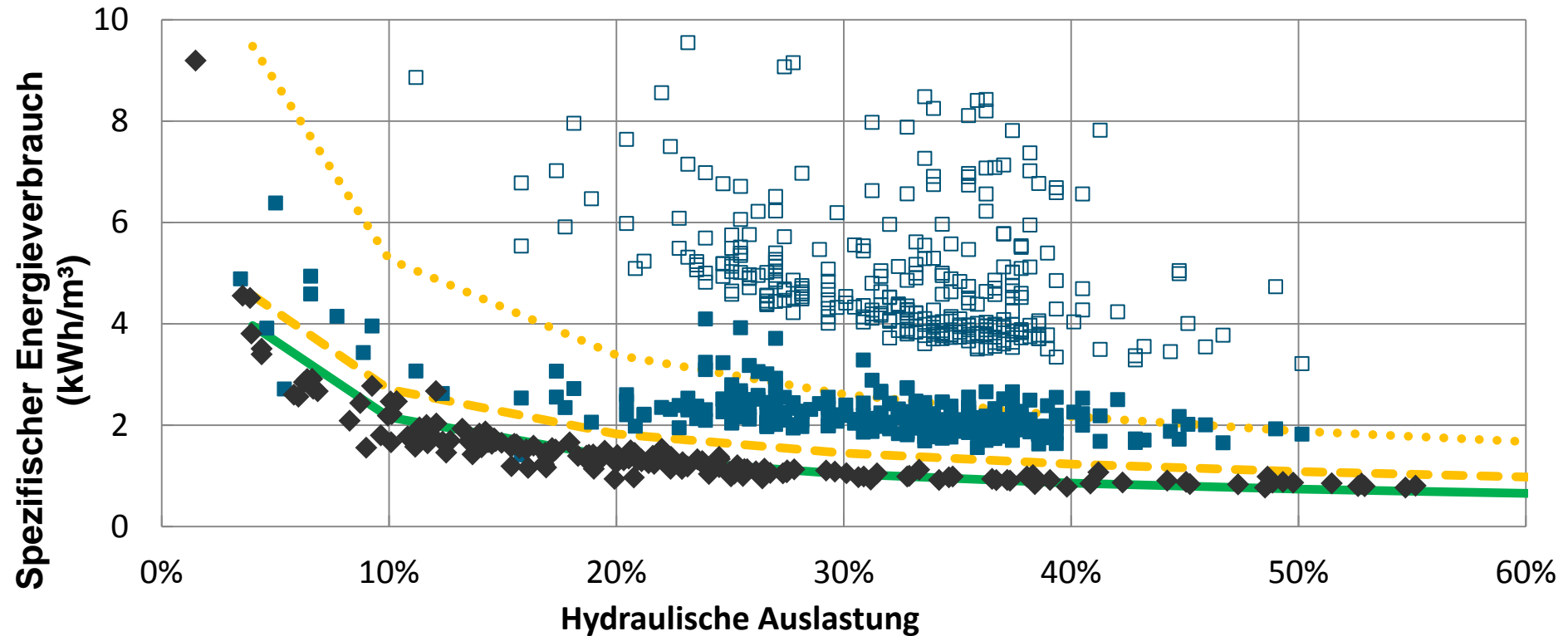
- MBR MHG (nicht optim.; ohne Ablaufbehandlung)
- MBR MHG (nicht optim.; inkl. Ablaufbehandlung)
- ◆ MBR Hünxe



Energiebedarf des MBR auf der dezentralen KA MHG

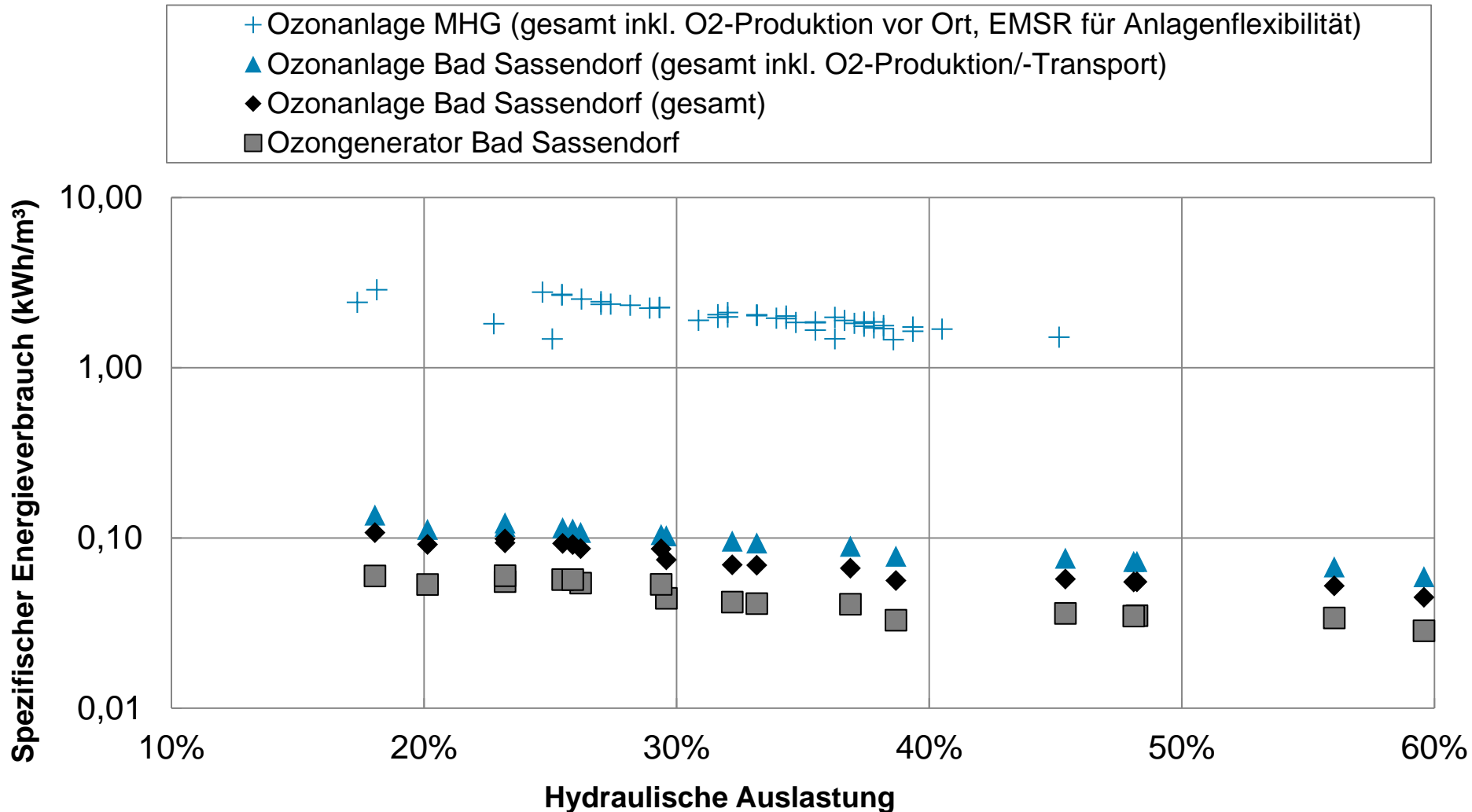
Vgl. mit anderen dezentralen und zentralen Kläranlagen

- MBR MHG (nicht optim.; ohne Ablaufbehandlung)
- MBR MHG (nicht optim.; inkl. Ablaufbehandlung)
- MBR KKH Waldbröl (inkl. Ablaufbehandlung) (a)
- MBR KKH Waldbröl (ohne Ablaufbehandlung) (a)
- ◆ MBR Hünxe
- MBR Woffelsbach (b)

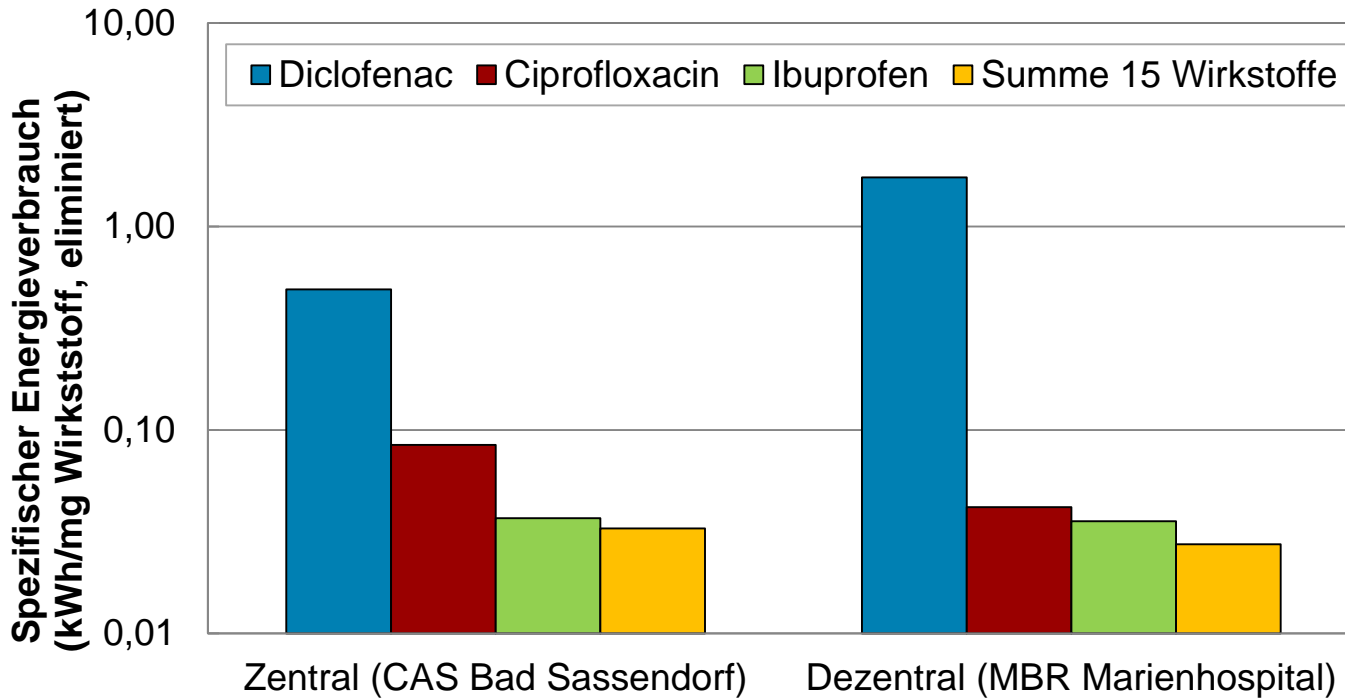


Energiebedarf der Ozonstufe auf der dezentralen KA MHG

Vgl. mit der Ozonstufe auf der KA Bad Sassendorf



Spezifischer Energieverbrauch bei zentraler und dezentraler Abwasserbehandlung bezogen auf die eliminierte Fracht an Spurenstoffen



	Diclofenac (µg/L)		Ibuprofen (µg/L)		Summe 15 Wirkstoffe (µg/L)		Ciprofloxacin	
	Zulauf	Ablauf	Zulauf	Ablauf	Zulauf	Ablauf	Zulauf	Ablauf
CAS zentrale	2,85	2,3	7,4	0,07	12,27	4,04	3,8*	0,6*
MBR dezentral	2,5	1,41	53,47	0,13	84,17	11,19	50	4,5

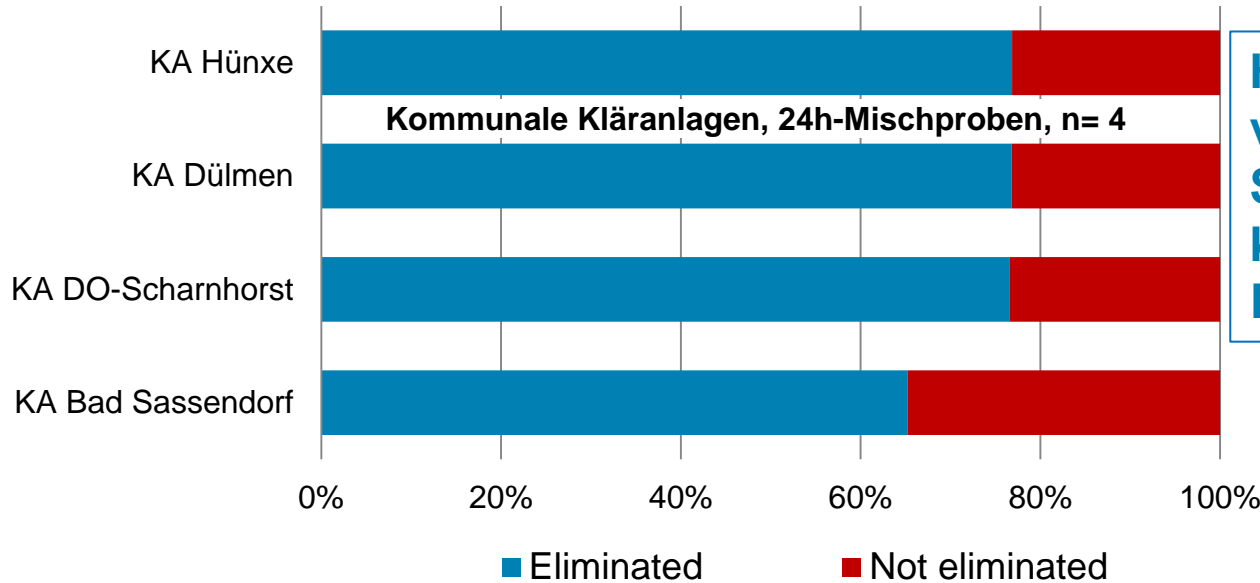
Mittlere Konzentrationen aus eigenen Messungen bzw. gem. Watkinson et al., 2007 (*)

Einige Erkenntnisse

- Abluftbehandlung mit größtem Energiebedarf auf dezentralen Kläranlagen zur KKH-Abwasserbehandlung – Sind sie notwendig?
- Großer Einfluss der Anlagenauslastung (dezentral oder zentral) auf den spezifischen Energiebedarf (Baugrößen beachten)
- In Abhängigkeit der Anlagenauslastung ist der spezifische Energiebedarf der dezentralen MBR ohne Abluftbehandlung im Bereich von kommunalen MBR
- Höherer Energiebedarf der Ozonherstellung aus der Umgebungsluft (dezentral) im Vergleich zur Ozonherstellung aus Flüssigsauerstoff (zentral) – jedoch andere Kriterien (wie Platzverfügbarkeit, Wirtschaftlichkeit, Logistik) für die Wahl der Ozonherstellungsmethode zu berücksichtigen
- Hohe Zulaufkonzentrationen und "eliminierte Fracht" bei dezentralen Anlagen können den höheren spezifischen Energieverbrauch (bezogen auf die Abwassermengen) kompensieren.
- Optimierungspotential vorhanden hinsichtlich der hydraulischen Auslastung (dezentral) und der Auslastung der Ozonproduktionsaggregate (dezentral und zentral)

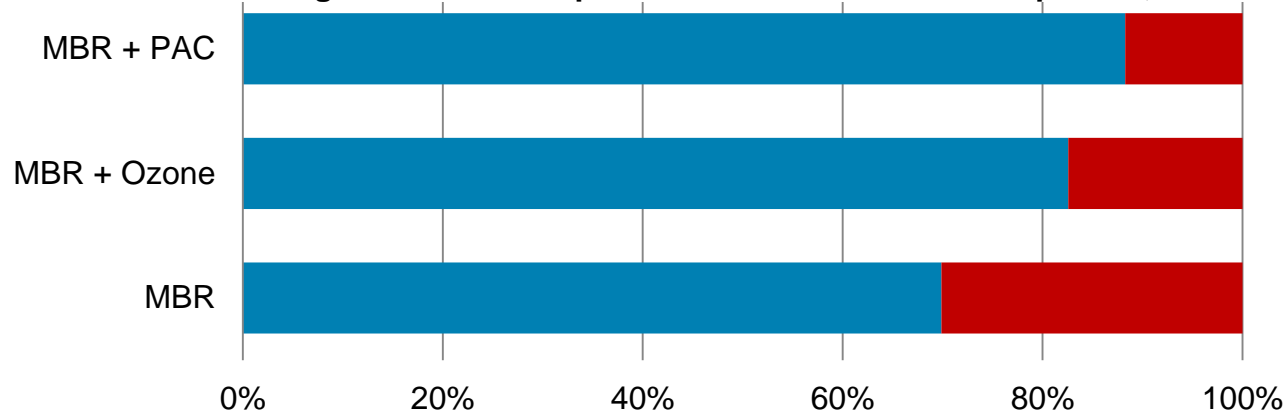
Fazit unserer Untersuchungen

Am Bsp. von 30 Spurenstoffen inkl. Arzneimittelwirkstoffe und Röntgenkontrastmittel



Hohe Reduktionsrate von vielen Spurenstoffen in konventionellen Kläranlagen

Versuchskläranlage am Marienhospital Gelsenkirchen 24h-Mischproben, n= 15



Keine vollständige Elimination von Spurenstoffen mit weitergehenden Abwasserbehandlungsverfahren

Neue Verfahren brauchen viel Energie

Zielkonflikt: Elimination von Spurenstoffen – Einsparung von Energie



10.000 Kläranlagen in Deutschland
verbrauchen 4,2 Mrd. kWh/Jahr



Elimination von Spurenstoffen

Steigerung des Energieverbrauchs um 30% und mehr!

60 Kläranlagen an Emscher und Lippe = 167 Mio. kWh Strombedarf pro Jahr

End-of-Pipe kann nur eine Lösung unter vielen anderen sein

Der gesamte **Lebenszyklus der Spurenstoffe** ist zu betrachten:

Hünxe

MBR

Produktion

Verbrauch

Entsorgung

MBR

O₃

PAC

Marienhospital Gelsenkirchen

Bad Sassendorf

O₃

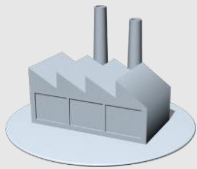
Minimierung der Einträge...

Politik und Behörden



- Einführung einer „Gewässerampel“ für bestehende Medikamente
- Ggf. Änderungen der gesetzlichen Rahmenbedingungen (Human- und Tierarzneimittel)
- Ausbau und Optimierung der Rücknahmesysteme

Produktion



- Entwicklung von abbaubaren Medikamenten
- Anpassung der Dosierungsmengen auf den Bedarf des menschlichen Körpers

Gesundheits-system



- Veränderung der derzeitigen Verschreibungspraktiken
- Angepasste Beratung in Apotheken
- Information für einen veränderten Umgang mit Arzneimitteln

... eine Gemeinschaftsaufgabe!

**Information, Sensibilisierung
von Verbrauchern und
medizinischen Akteuren**



Was Sie als Arzt oder Apotheker tun können



Was Sie als Bürgerin oder Bürger tun können



**Bau einer Aktivkohlestufe
auf der Kläranlage Dülmen**



Zusammenfassung und Ausblick

- Spurenstoffe (Mikroschadstoffe) aus verschiedenen Anwendungsbereichen und Eintragspfaden sind in Gewässern nachweisbar.
- Die Konzentrationen liegen in der Regel unter den gesetzlich geregelten oder diskutierten Umweltqualitätsnormen.
- Aufgrund der komplexen Wechselwirkungen betrachten EG/LV für ausgewählte Spurenstoffe den gesamten Lebenszyklus, um ggf. geeignete Maßnahmen innerhalb der Zuständigkeit EG/LV zu identifizieren.
- Die technischen Reinigungsverfahren (4. Reinigungsstufe) für Spurenstoffe aus dem Abwasser sind aktuell in der Erprobung. Sie sind grundsätzlich beherrschbar, führen aber insbesondere zu einem deutlich höheren Energieverbrauch.
- Die Reinigungsleistungen, der Betriebsaufwand und die Auslegungsgrößen müssten vor einer flächendeckende Anwendung weiter spezifiziert werden.
- Für viele Spurenstoffe werden derzeit auch mit den neuen Verfahren nur Wirkungsgrade von 30 – 70 % nachgewiesen. Dies reicht nicht aus, um die Anforderungen aus den Tochterrichtlinien der EU-WRRL auch nur annähernd einzuhalten.