

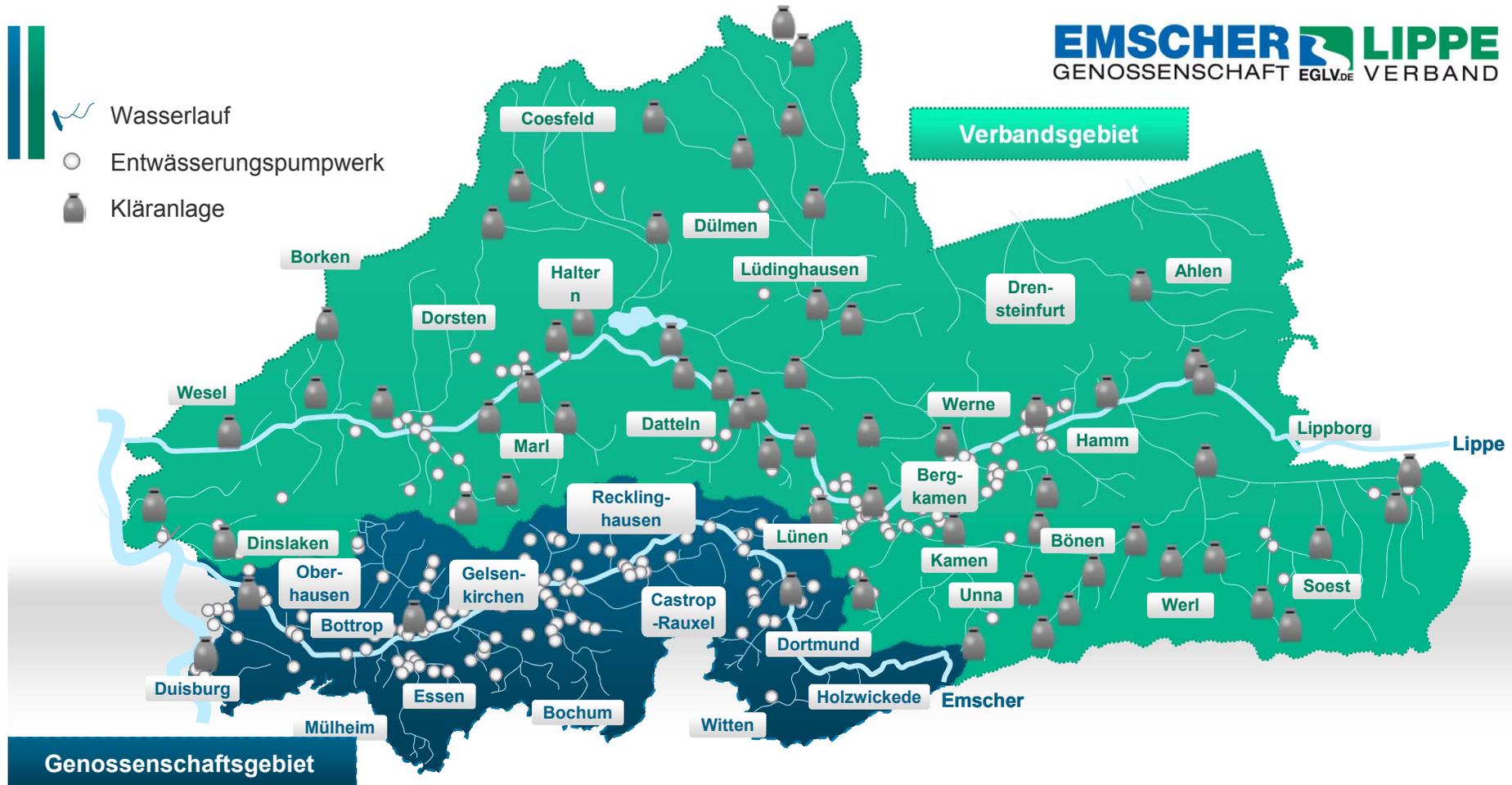


**EMSCHER**  **LIPPE**  
GENOSSENSCHAFT EGLV.DE VERBAND

## Spurenstoffe in der aquatischen Umwelt - Aktivitäten von EG/LV

Dr. Issa Nafo, Emschergenossenschaft/Lippeverband

94. Sitzung des Ausschusses f. Umwelt im Bundestag, 20.03.2013



- || bewirtschaften die natürlichen Flussgebiete von Emscher und Lippe (3,8 Mio. Menschen)
- || betreiben 60 Kläranlagen und reinigen rd. 1 Mrd. m<sup>3</sup> Abwasser pro Jahr ; gesamte Ausbaugröße von 7,4 Mio. Einwohnerwerten
- || sind gemeinsam der größte Abwasserentsorger in Deutschland und das größte Wasserwirtschaftsunternehmen in NRW
- || sind eine Non-Profit-Genossenschaft auf gesetzlicher Grundlage mit kommunalen und gewerblich-industriellen Mitgliedern

## Spurenstoffe – allgegenwärtig



Viele Spurenstoffe im Gewässer können erst seit den letzten Jahren durch neu entwickelte Analysemethoden festgestellt werden (Konzentrationen im Bereich Nanogramm bis Mikrogramm = 1 Milliardstel bis 1 Millionstel Gramm)



50 Millionen Chemikalien sind registriert → ca. 5.000 gelten als potentiell Umwelt gefährdend



3.000 Arzneiwirkstoffe und 2.500 t/a Veterinärpharmaka sind im Umlauf - rd. 180 sind analytisch im Wasser nachweisbar

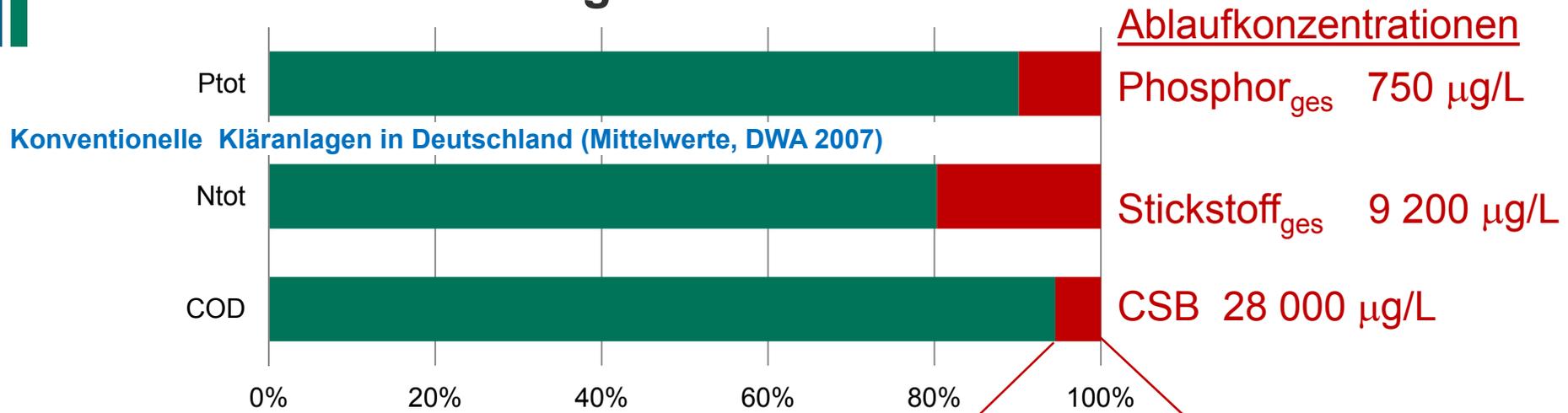
# Unsere Aktivitäten zu Spurenstoffen

Wir testen unterschiedliche Verfahren in unseren Pilotprojekten

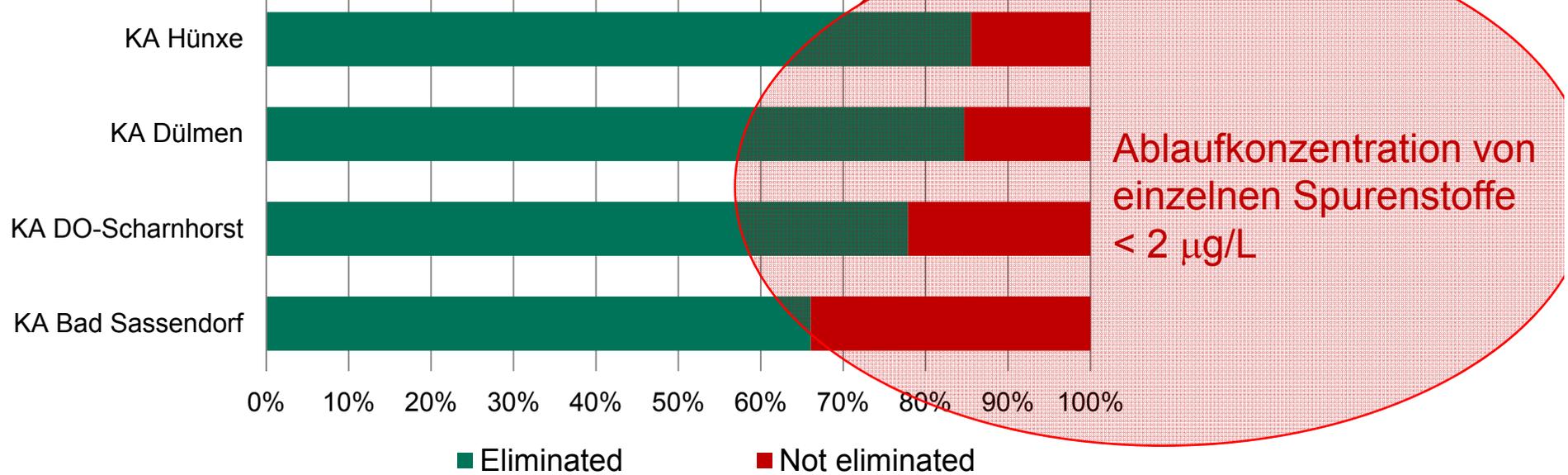


**MBR + O3 + PAC**

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

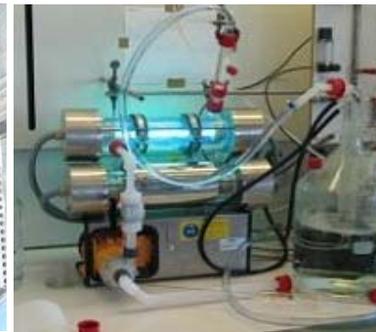


**15 Arzneimittelwirkstoffe, 24h-Mischproben, n= 4**



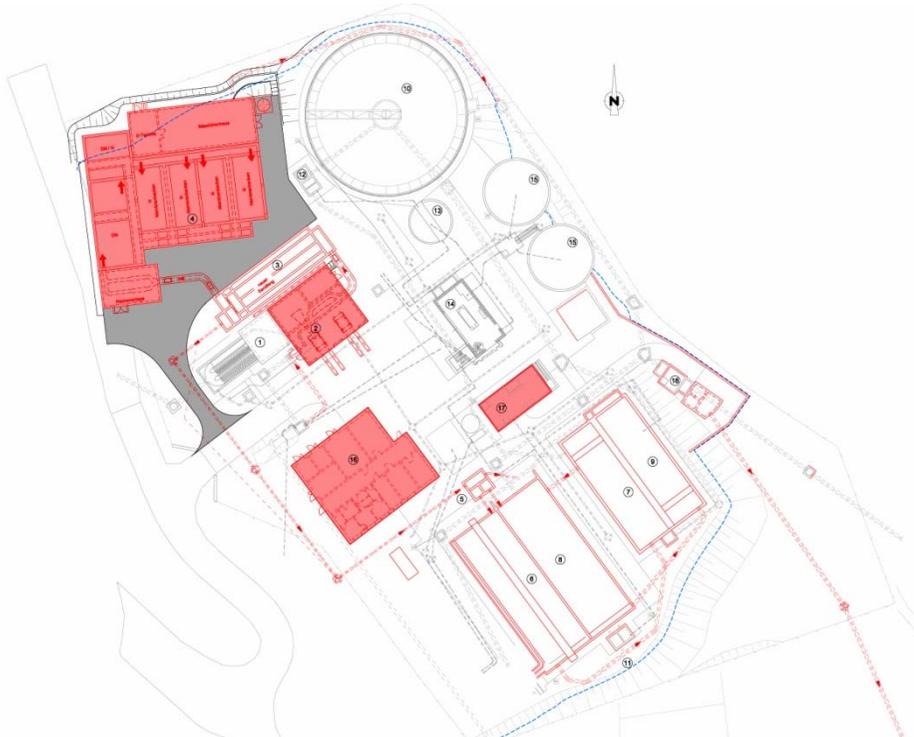
# Diskutierte Techniken für die Elimination von Spurenstoffen aus dem Abwasser

Membranfiltration	Oxidation	Adsorption an Aktivkohle
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mikrofiltration</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ozonierung (O<sub>3</sub>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pulverkohleverfahren</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ultrafiltration</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ UV-Bestrahlung (UV)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bettfiltration</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nanofiltration</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wasserstoffperoxid (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Umkehrosmose</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kombinationen</li> </ul>	

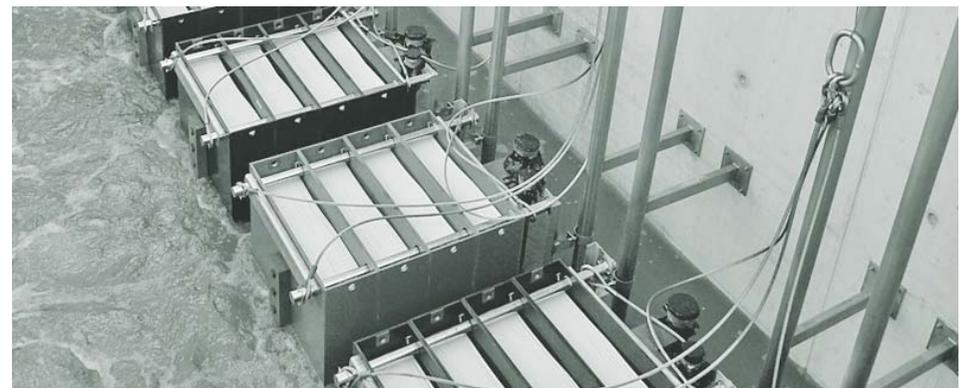


# Kläranlage Hünxe

## Membrananlage und Ertüchtigung

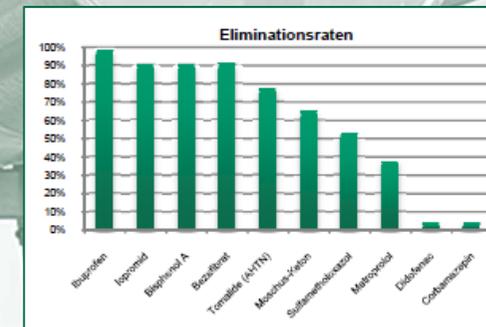
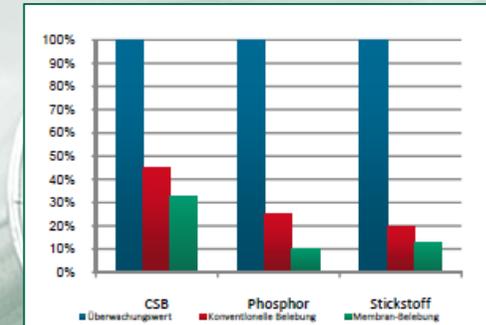


- Ausbau auf 17.000 Einwohnerwerte
- Häufige Aufteilung der Zulaufwassermengen auf konventionelle Belebung und Membranbelebung



# Kläranlage Hünxe

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

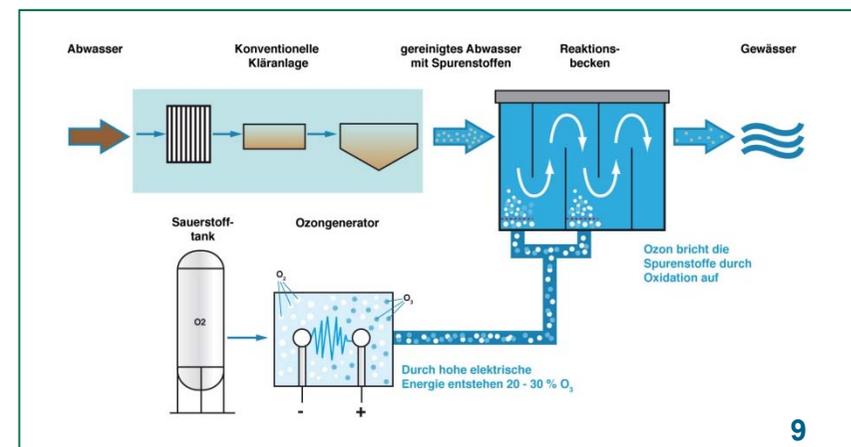


# Kläranlage Bad Sassendorf

## Ozonierung



Dr. Nafo, 94. Sitzung Ausschuss f. Umwelt im Bundestag, 20.03.2013

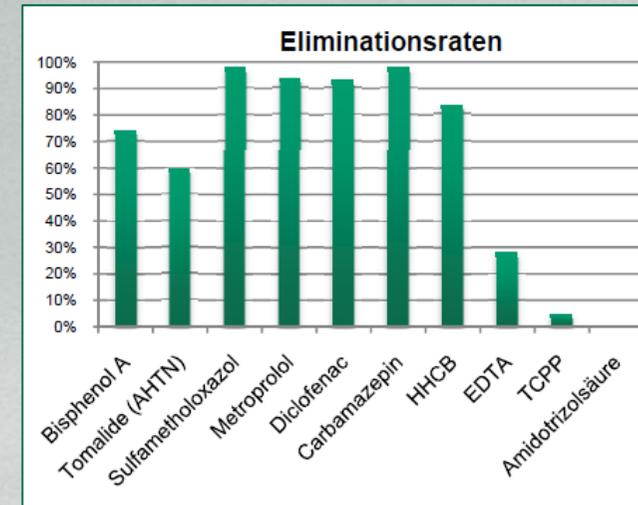


# Kläranlage Bad Sassendorf

## Ozonierung

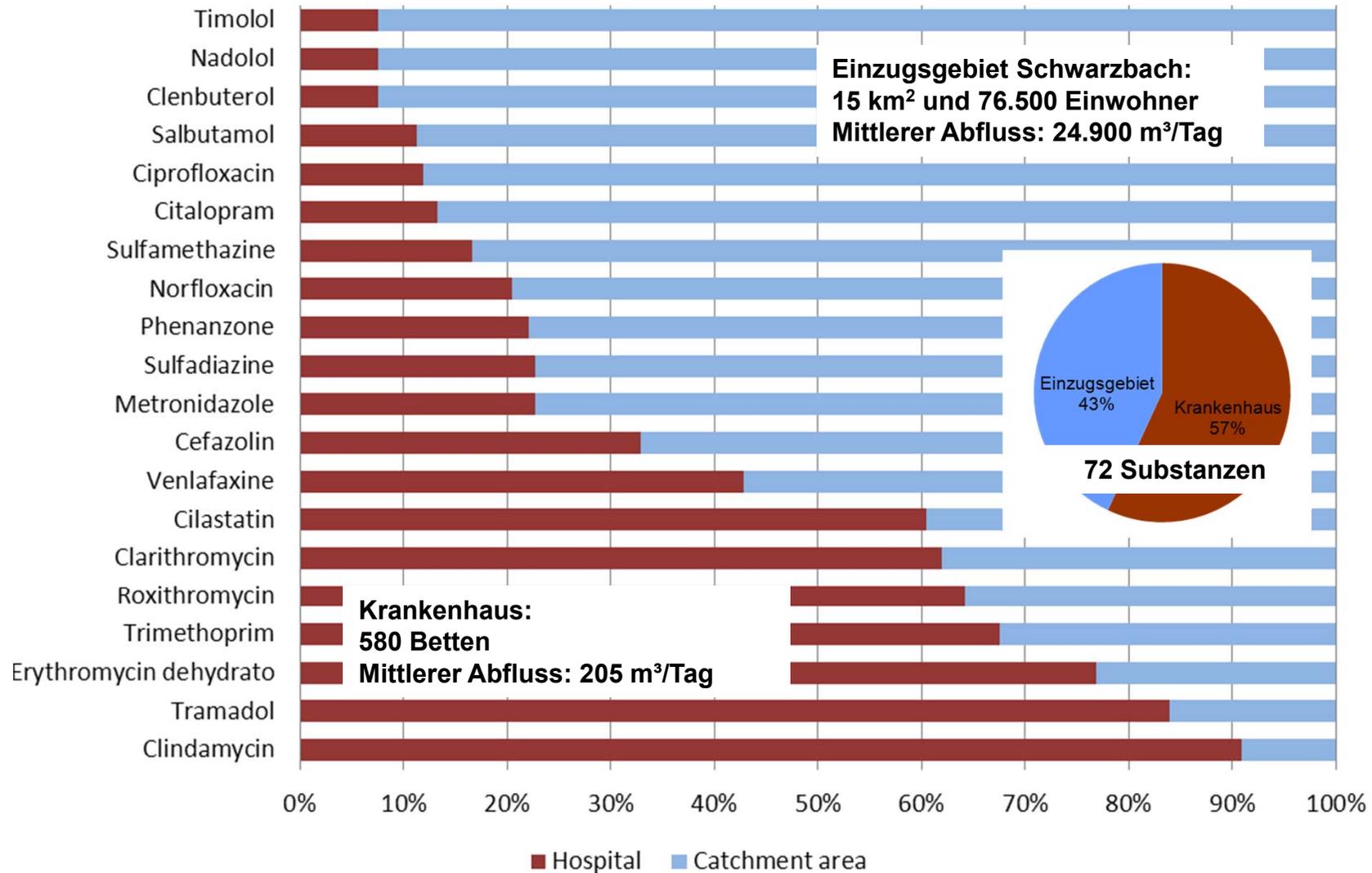
### Probetrieb seit November 2009

- 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 %



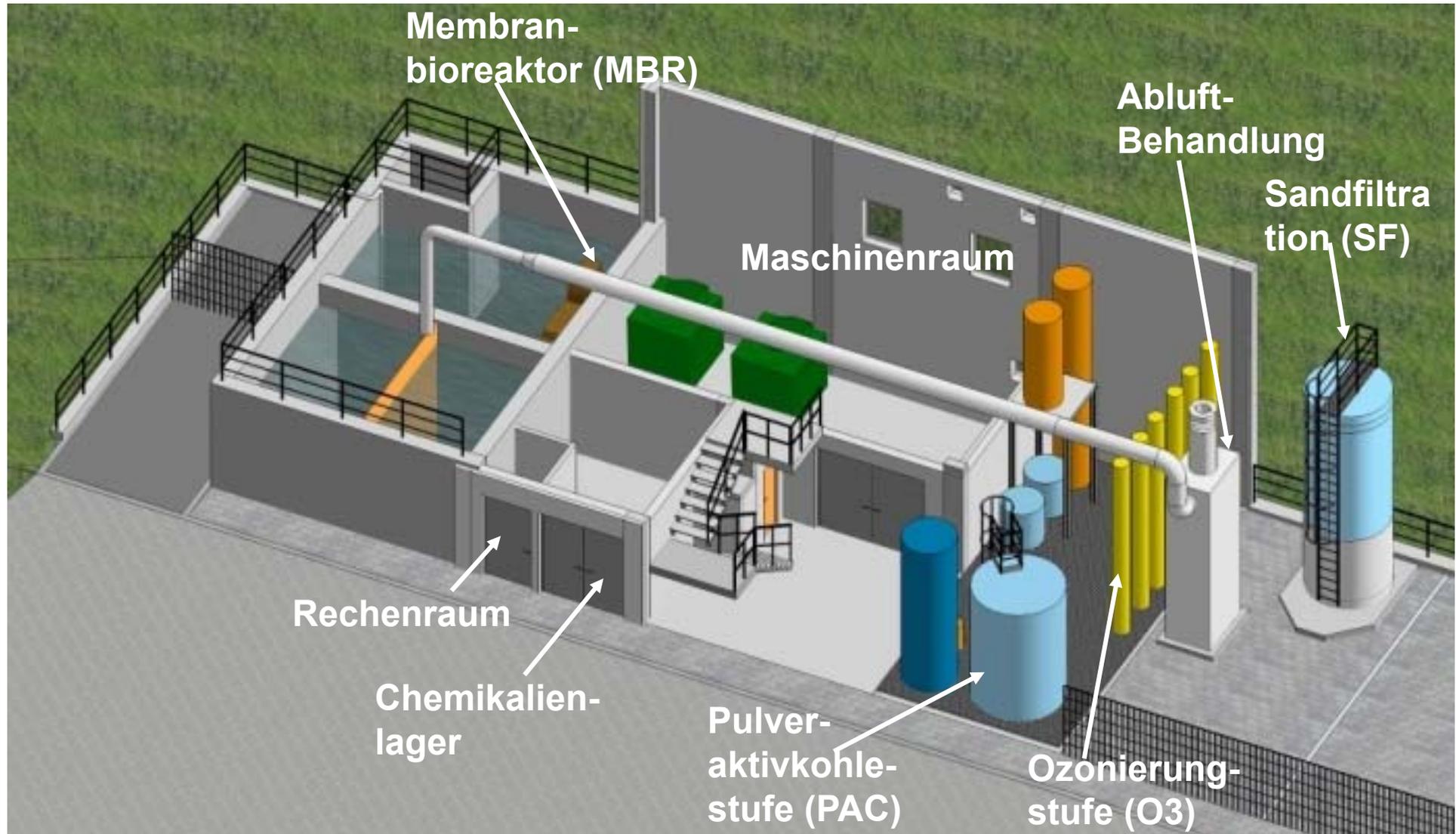
# Beitrag eines Krankenhauses am Medikamenteneintrag im Einzugsgebiet

7,6 Betten pro 1000 Einwohner



# Versuchskläranlage am Marienhospital Gelsenkirchen

10 Kombinationsmöglichkeiten von Verfahren zur Elimination von Spurenstoffen



# Elimination von Wirkstoffen im Membranbioreaktor (MBR)

Ergebnisse aller PILLS-Projektpartner



	DE %	NL %	CH %	LU %
	n=6	n=6	n=3	n=2
Diclofenac	18	35 ±21	-5 ± 3	44
Naproxen	90	97 ±2	n.a.	34
Carbamazepine	-29	-63±73	-6 ± 12	10
Atenolol	94	89±6	99 ± 1	80
Bezafibrate	95	98	>91	n.a.
Lidocaine	n.a.	79 ±21	56 ± 13	20
Ciprofloxacin	n.a.	79 ±7	51 ± 13	-3
Clarithromycin	98	34 ±43	50 ± 12	50
Sulfamethaxozole	13	85 ±11	7 ± 57	-76
Sulfamethaxozole&N4-Acetylsulfamethoxazole	n.a.	n.a.	36 ± 28	91
Erythromycin	90	-3 ±82	<60	>98
Diatrizoate	-12	-460±800	-5 ± 16	n.a.
Iopamidol	31	n.a.	-29 ± 218	n.a.
Iopromide	38	n.a.	31 ± 2	n.a.
Cyclophosphamide	n.a.	26 ±19	<20	13
Ifosfamide	n.a.	-780±1200	<LOD	<LOQ



≥ 80	Inconsistent	≤ 50
------	--------------	------

# Elimination von Wirkstoffen in der Aktivkohlestufe (PAC)

Ergebnisse aller PILLS-Projektpartner



	Dose mg/L	HRT min	EBCT min	Size mm
DE	20	30		
NL	-	-	60	0.5-1.5
LU	-	-	-	-
CH	8-43	60		



	DE %	NL %	CH %	CH %
	PAC-SF	GAC	PAC-UF	PAC-UF
<b>dosage PAC (mg/L)</b>	<b>20</b>	<b>-</b>	<b>23</b>	<b>43</b>
<b>Naproxen</b>	>54	>93	n.a.	n.a.
<b>Diclofenac</b>	59	98	98	99
<b>Lidocaine</b>	n.a.	>98	100	100
<b>Cyclophosphamide</b>	n.a.	>97	73	>73
<b>Ifosfamide</b>	n.a.	>97	>60	>60
<b>Ciprofloxacin</b>	n.a.	>99	>99	>99
<b>Clarithromycin</b>	>80	>99	100	100
<b>Erythromycin<sup>1)</sup></b>	>90	>99	>88	>88
<b>Sulfamethaxozole</b>	12	>96	33	62
<b>Diatrizoate</b>	1	98	14	18
<b>Iopamidol</b>	23	n.a.	69	80
<b>Iopromide</b>	0	n.a.	85	91
<b>Carbamazepine</b>	>72	98	99	100
<b>Bezafibrate</b>	>59	n.a.	>86	>86
<b>Atenolol</b>	>7	>97	>88	>88



# Transformation von Wirkstoffen in der Ozonstufe (O3)

Ergebnisse aller PILLS-Projektpartner



	DE %	NL %	CH %	CH %	LU %
<b>g O3/g DOC</b>	<b>0.45</b>	<b>1</b>	<b>1.08</b>	<b>0.64</b>	<b>1.28</b>
Diclofenac	>95	99.7	100	100	99
Naproxen	>60	90	n.a.	n.a.	>88
Carbamazepine	88	99,7	>99	>99	>99
Atenolol	>17	97	>23	>23	>95
Bezafibrate	>57	n.a.	87	n.a.	n.a.
Lidocaine	n.a.	99	>98	>98	>99
Ciprofloxacin	n.a.	99.9	100	100	91
Clarithromycin	80	n.a.	100	100	>97
Sulfamethaxozole	97	99	99	96	>99
Erythromycin <sup>1)</sup>	>90	n.a.	>93	>93	>33
Diatrizoate	21	45-60	16	7	n.a.
Iopamidol	43	n.a.	55	31	n.a.
Iopromide	0	n.a.	60	37	n.a.
Cyclophosphamide	n.a.	78-85	57	33	58
Ifosfamide	n.a.	80-90	62	20	n.a.



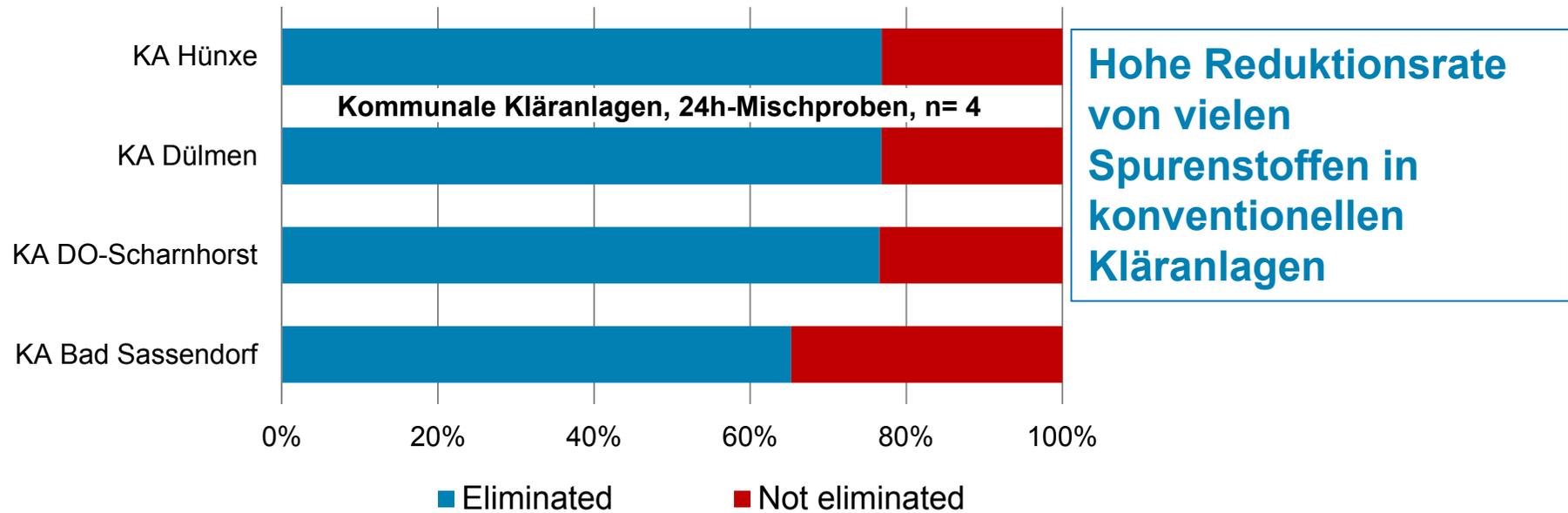
# Bildung von bedenklichen Transformationsprodukten bei der Ozonung?

Testverfahren	Wirkung	MBR	MBR + O3	MBR + O3 + SF	MBR + PAC/SF
A-YES test (AQUA 1.0)	Hormonelle Wirkung (EE2 equivalent)	0.235 ng/L	0.261 ng/L	0.176 ng/L	0.079 ng/L
Ames test ( <i>Salmonella thyphimurium</i> , strain YG7108)	Erbgut schädigende Wirkung (No. of histidine revertants)		↑	↓	
Bacteria test ( <i>Vibrio fischeri</i> )	Hemmung der Biolumineszenz (concentration factor EC50)	↓	↓	↓	↓
Algae growth test (72hr)	Hemmung des Wachstum (Mittwert für 80% and 50% Abwasserverdünnung)	↓	↗		

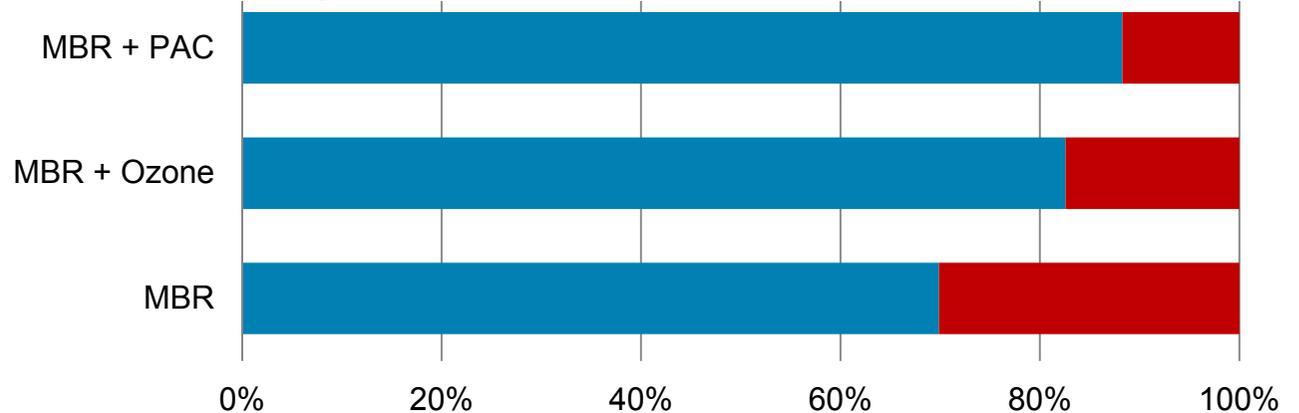
keine negative Effekte
  schwache oder moderate Effekte
  starke negative Effekte

## Fazit unserer Untersuchungen

Am Bsp. von 30 Spurenstoffen inkl. Arzneimittelwirkstoffe und Röntgenkontrastmittel



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



**Keine vollständige Elimination von Spurenstoffen mit weitergehenden Abwasserbehandlungsverfahren**

# Kläranlagen als großer Stromverbraucher



**10.000 Kläranlagen in Deutschland = 4,2 Mrd. kWh Strombedarf pro Jahr**

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

## 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 Energieverbrauch von 30 % und mehr!

# Welche Kosten könnten bei den Kläranlagen entstehen?

	Anzahl der Kläranlagen zu ertüchtigen	Investitionen	Jahreskosten	Grundlage der Kostenschätzung
Schätzungen in der Schweiz <sup>*)</sup>	102 (Gr. IV+V) von 700	1 Mrd. €	106 Mio. €/Jahr	Planungsdaten
Unterschiedliche Kostenangaben in verschiedenen Untersuchungen				

<sup>\*)</sup> Vgl. Abegglen , gwa 7/2011

Deutschland (Insgesamt 10.000 Kläranlagen)

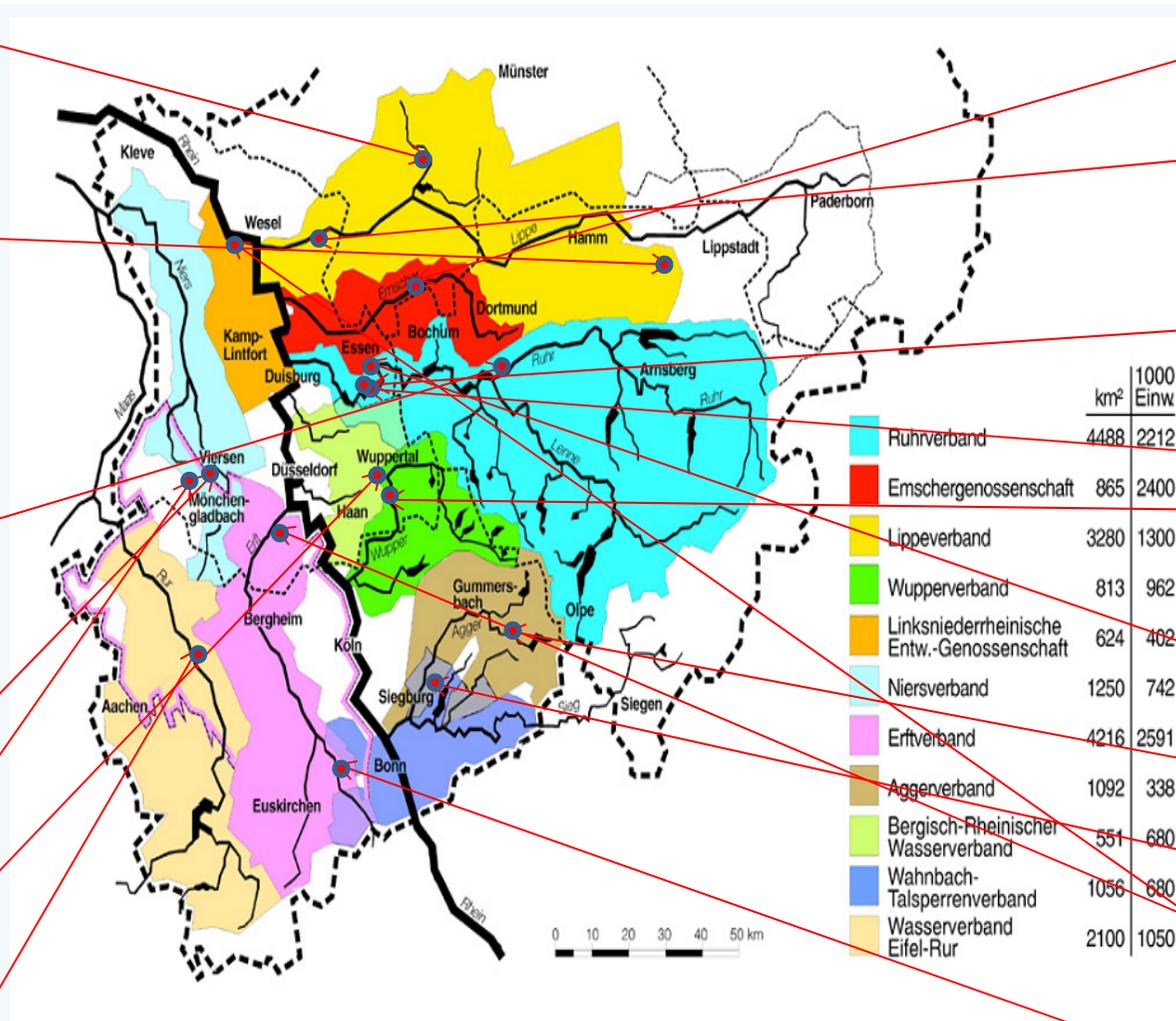
Gr. IV (10.000 – 100.000 EW): 1.716 Kläranlagen<sup>\*\*)</sup>

Gr. V (> 100.000 EW): 220 Kläranlagen<sup>\*\*)</sup>

<sup>\*\*)</sup> DWA 20. Leistungsvergleich 2007, Beteiligte KA

# Laufende F&E-Aktivitäten (Spurenstoffe) der Wasserverbände in NRW

- KA Dülmen: Pulver A-Kohle Filtration LifeCycle-Betrachtung von Spurenstoffen (Lippeverband)
- KA Bad-Sassendorf: (Lippeverband): Elimination von Medikamentenrückständen (TP 6) Metabolitenbildung bei Ozonanwendung (TP 10) Volkswirtschaftlicher Nutzen der Ertüchtigung von KA (TP 9) Energiebedarf von Eliminationsanlagen (ENVELOSO)
- KA Schwerte (Ruhrverband): Elimination von Medikamentenrückständen (TP 6) Metabolitenbildung bei Ozonanwendung (TP 10) Volkswirtschaftlicher Nutzen der Ertüchtigung von KA (TP 9) Energiebedarf von Eliminationsanlagen (ENVELOSO)
- Niers (Niersverband): Umfassendes Monitoring zur Erfassung der Eintragspfade von Spurenstoffen
- KA Dülken (Niersverband): Versuchsanlage Flockungsfiltration + nachgeschalteter Aktivkohlefiltration
- KA Wuppertal-Buchenhofen (Wupperverband): Ertüchtigung von Flockungsfiltration durch Aktivkohle (MIKROFLOK)
- KA Düren (Wasserverband Eifel/Rur): Ertüchtigung von Flockungsfiltration durch Aktivkohle (MIKROFLOK)



- Marienhospital Gelsenkirchen (Emscher-Genossenschaft): Medikamentenentfernung aus Krankenhausabwasser (PILLS, SAUBER +)
- KA Hünxe (Lippeverband): Projekt zur Membranbelebung zur Entfernung von Spurenstoffen
- Ruhr (Ruhrverband): Senkung des Spurenstoffanteils in der Ruhr (RUKO) Badegewässer und Trinkwasser am Beisp. der Ruhr (RISKWA) Eintragspotential von Industriechemikalien am Beispiel Ruhr (MIKRORUHR, TP1)
- Ruhr, Wupper (Ruhrverband, Wupperverband): Eliminations-/Vermeidungsmöglichkeiten von Industriebetrieben ( MIKROIND, TP 2)
- KA Essen-Süd (Ruhrverband/Wasserverband Eifel-Rur): Ertüchtigung von Kläranlagen durch UV-Technik (MIKROLIGHT, TP 8)
- Krankenhaus Waldbröl (Aggerverband): Behandlung von Krankenhausabwässern mit Membrantechnik
- KAen Neunkirchen-Seelscheid, Nordkanal, Xanten (Aggerverband, Erftverband, LINEG): Ertüchtigung von Kläranlagen durch Membrantechnik (MIKROMEM, TP7)
- Swist (Erftverband): Untersuchungen zum diffusen Eintrag von Medikamentenrückständen aus der Landwirtschaft

	km <sup>2</sup>	1000 Einw
Ruhrverband	4488	2212
Emscher-Genossenschaft	865	2400
Lippeverband	3280	1300
Wupperverband	813	962
Links-niederrheinische Entw.-Genossenschaft	624	402
Niersverband	1250	742
Erftverband	4216	2591
Aggerverband	1092	338
Bergisch-Rheinischer Wasserverband	551	680
Wahnbach-Talsperrenverband	1056	680
Wasserverband Eifel-Rur	2100	1050

# Andere Eintragsquellen von Spurenstoffen in die Oberflächengewässer berücksichtigen

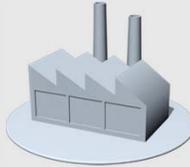


# End-of-Pipe kann nur eine Lösung unter vielen anderen sein

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



## Minimierung der Einträge...

<p><b>Politik und Behörden</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Einführung einer „Gewässerampel“ für bestehende Medikamente</li> <li>▪ Ggf. Änderungen der gesetzlichen Rahmenbedingungen (Human- und Tierarzneimittel)</li> <li>▪ Ausbau und Optimierung der Rücknahmesysteme</li> </ul>
<p><b>Produktion</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Entwicklung von abbaubaren Medikamenten</li> <li>▪ Anpassung der Dosierungsmengen auf den Bedarf des menschlichen Körpers</li> </ul>
<p><b>Gesundheits-system</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Veränderung der derzeitigen Verschreibungspraktiken</li> <li>▪ Angepasste Beratung in Apotheken</li> <li>▪ Information für einen veränderten Umgang mit Arzneimitteln</li> </ul>

**... eine Gemeinschaftsaufgabe!**



# Minimierung der Einträge an der Quelle

Projekt: „Den Spurenstoffen auf der Spur/NoPILLS“



## Herkunftsanalyse & Sensibilisierung im Stadtgebiet Dülmen

Einbezug aller Beteiligten vor Ort: Krankenhäuser, Ärzte, Apotheker, Verbraucher usw.

- Projektbeirat mit wichtigen Akteuren in Dülmen (Bürgermeisterin, Beigeordneter der Stadt, Vorsitzender Umweltausschuss, Sprecher Ärztenetz, Apothekerin, Geschäftsführer des Pflegeheims, Vorsitzender eines Sportvereins, Geschäftsführer der Wasserversorgung)
- Befragung (28.1. – 12.1.) von 400 Haushalten in Dülmen durchgeführt, u.a. zu
  - Verbrauchsgewohnheiten (Häufigkeit der Einnahme, Compliance Verhalten)
  - Beratung durch Ärzte und Apotheker zum Compliance
  - Entsorgungspraxis
- Auch 400 Haushalten in Soest zur wissenschaftlichen Absicherung der Ergebnisse befragt
- Befragung von je 10 Ärzten und je 10 Apothekern im Sommer 2013
- Auftaktveranstaltung am 15.04.2013 in Dülmen



## Bau einer Aktivkohlestufe auf der Kläranlage Dülmen



## Offene Fragen

Derzeit keine ausreichende Kenntnisse über ...

- Zielgrößen im Gewässer und für Gewässereinleitungen
- Bemessung der Verfahren zur Elimination von Spurenstoffen
- Risiken von Transformationsprodukten nach der Ozonierung
- Verbleib und Folgen des Aktivkohleaustrags in die Gewässer
- Kosten und Kostenstrukturen bei der Ertüchtigung von Kläranlagen
- Eintrag von Spurenstoffen aus anderen Quellen (Industrie, Landwirtschaft, diffus)
- Potentiale für die Reduzierung an der Quelle

# Vermeidung und Reduzierung an der Quelle sind nachhaltiger als end-of-pipe Lösungen

Weitere Informationen zu diesem Thema auf

- [www.pills-project.eu](http://www.pills-project.eu)
- [www.no-pills.eu](http://www.no-pills.eu)
- [www.dsads.de](http://www.dsads.de) (demnächst)

---

Danksagung:



PILLS wurde vom vom EU INTERREG IV B-Programm co-finanziert.



NoPILLS / DSADS wird vom Umweltministerium NRW gefördert und vom EU INTERREG IV B-Programm co-finanziert.

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





## **Kontakt:**

Dr. Issa Nafo  
Emschergenossenschaft/Lippeverband  
Kronprinzenstraße 24  
45128 Essen

Tel.: +49 (0) 201 - 104-2779  
Fax: +49 (0) 201 - 104-2231  
[nafo.issa@eglv.de](mailto:nafo.issa@eglv.de)