



# Spurenstoffe in der Abwasserbehandlung

**Dr. Issa Nafo (Emschergenossenschaft/Lippeverband)**

**Tag der Wasserwirtschaft, 9. November 2017, Magdeburg**



# Inhalt

- Was sind Spurenstoffe?
- Quellen und Eintragspfade ins Abwasser und Gewässer
- Bedeutung und Relevanz der Befunde
- Überblick Handlungsoptionen im Allgemeinen
- Sachstand Entwicklung von Verfahren zur gezielten Elimination in der Abwasserbehandlung
- Rahmenbedingungen für das Handeln zur Verminderung der Emissionen ins Abwasser und Gewässer



- || Bewirtschaftung der Flussgebiete von Emscher und Lippe (3,8 Mio. Menschen)
- || Betreiben von 60 Kläranlagen und reinigen rd. 1 Mrd. m<sup>3</sup> Abwasser pro Jahr
- || Größte Abwasserentsorger in der BRD und das größte Wasserwirtschaftsunternehmen in NRW
- || Non-Profit-Genossenschaft auf gesetzlicher Grundlage mit kommunalen und gewerblich-industriellen Mitgliedern

# Spurenstoffe, Mikroschadstoffe, Mikroverunreinigungen

## Definition

- Von Menschen **künstlich hergestellte chemische Verbindungen**, die in **geringsten Mengen** (Mikrogramm, Nanogramm und darunter) in den Gewässern nachgewiesen werden.
- Einige dieser Stoffe können bereits in diesen Konzentrationen **nachteilige Wirkungen** auf die aquatischen Ökosysteme haben und/oder die Gewinnung von Trinkwasser aus dem Rohwasser negativ beeinflussen.

# Ziel- und Nebenwirkung von Alltagsprodukten



<b>Zielwirkung</b>	Geschmack, Konzentration	Schmerzhemmend Entzündungshemmend	Schutz vor Algenbefall Schutz vor Pilzbefall
<b>Nutzungsdauer</b>	Kurz (Minuten)	Mittel (Stunden)	Lang (< 10 Jahre)
<b>Inhaltsstoffe</b>	Wasser, Farbstoffe, Kohlensäure, Süsstoffe	Wasser, Zusatzstoffe Wirkstoff	Wasser, Harz, Dispersion
<b>Potentielle Spurenstoffe</b>	Koffein, <b>Acesulfam</b>	<b>Diclofenac</b>	<b>Terbutryn</b>
<b>Relevanz Abwasser (UBA, 2014)</b>	Hoch	Hoch	Mittel

Weitere Spurenstoffe: Industrie- und Haushaltschemikalien, Biozide, Kosmetika, ...

# Eintrag von Spurenstoffen in den Wasserkreislauf

Vielfältige Quellen und Pfade



Regenwasserkanäle



Schifffahrt



Straßen



Pflanzenschutz



Mischwasserüberläufe



Tierhaltung



Bahntrassen

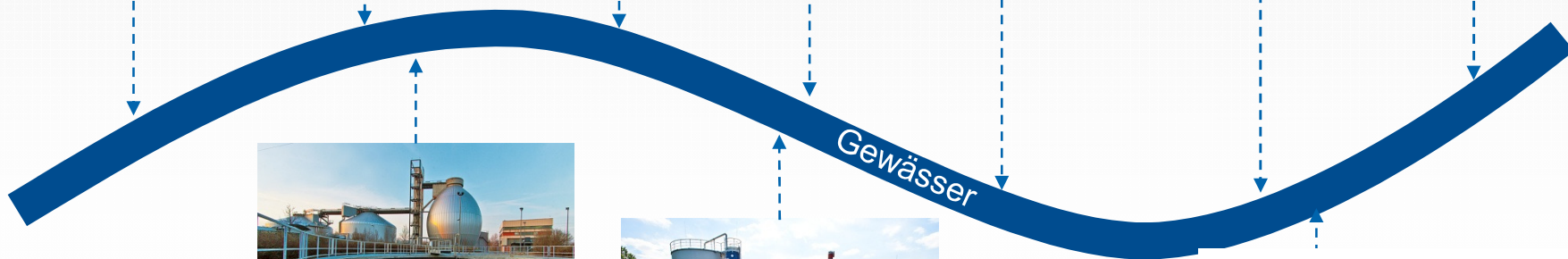


Kommunale Kläranlage



Industriekläranlage

Mikroplastiken



# Eintrag von Rückständen am Beispiel eines beliebten Schmerzmittels... Diclofenac



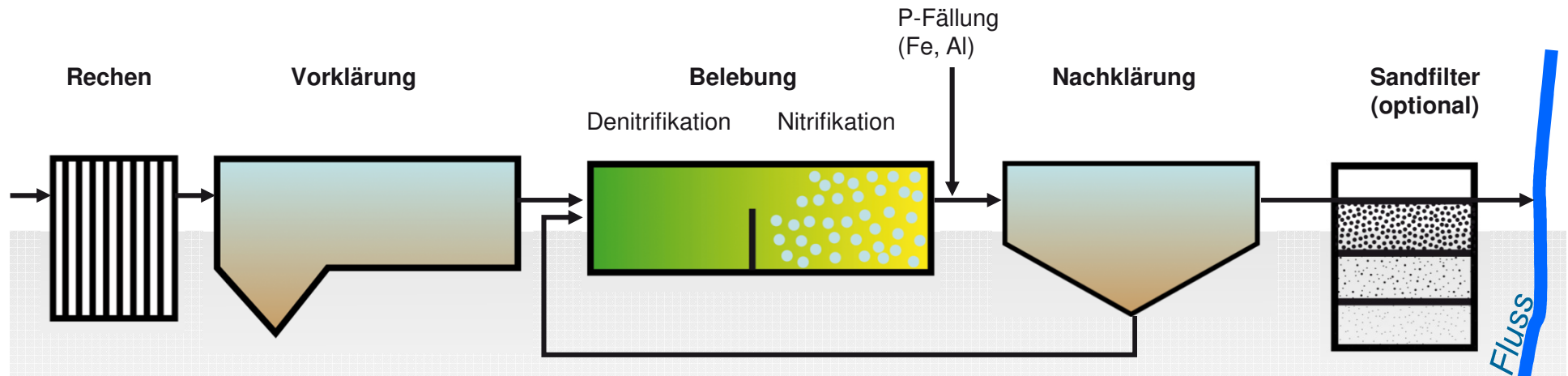
Rund **90** Tonnen des Schmerzmittels werden jährlich in Deutschland verbraucht

Rund **70%** des Wirkstoffes verlassen den Körper wieder auf natürlichem Wege – und gelangen dabei ins Abwasser

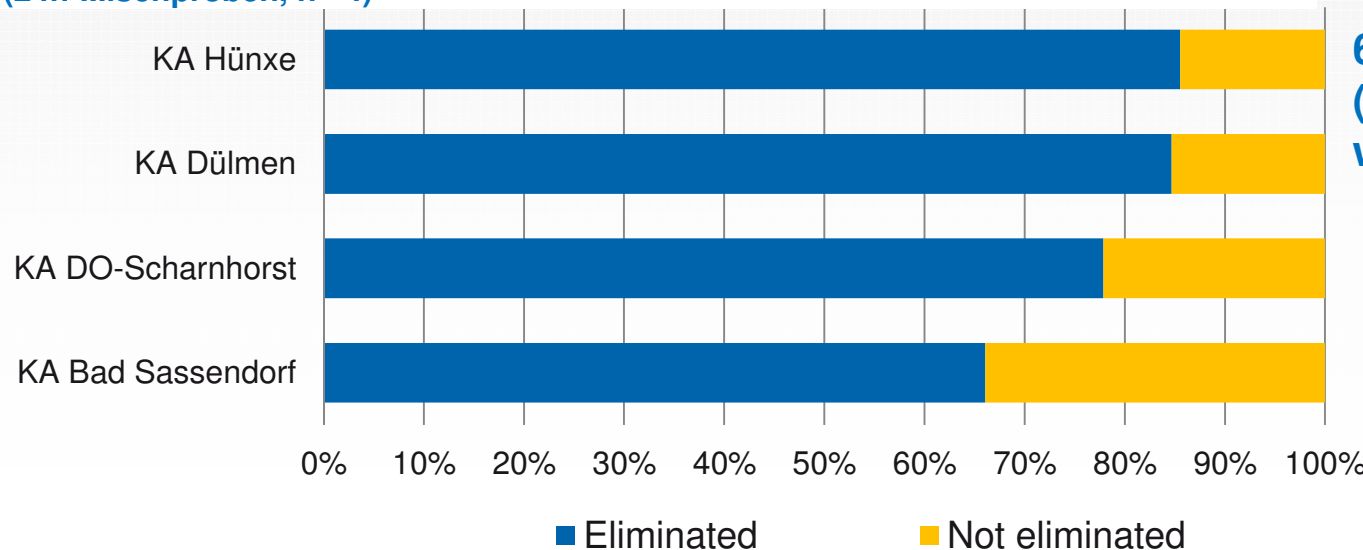
Bis zu 63 Tonnen können so über Duschwasser und Ausscheidungen in den Wasserkreislauf gelangen

# Verhalten von Medikamentenrückständen in Abwasserbehandlungsanlagen

... in herkömmlichen kommunalen Kläranlagen nach Stand der Technik



Vergleich Zu- und Ablauf am Beispiel von 15 Arzneimittelwirkstoffen (24h-Mischproben, n= 4)



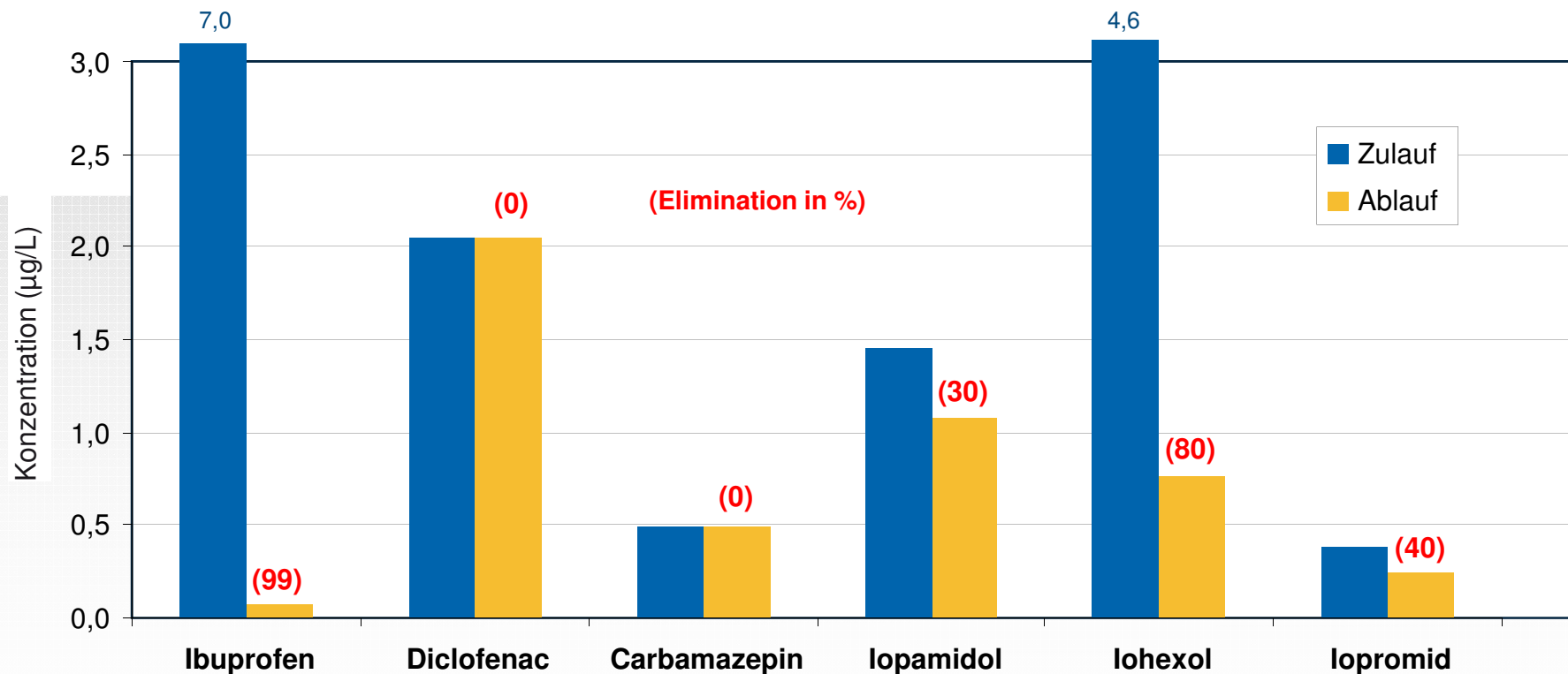
65-85% der Frachten (15 Substanzen) werden eliminiert

Ablaufkonzentration von einzelnen Arzneistoffen im Bereich von Mikrogramm/Liter



# Verhalten von Medikamentenrückständen in Abwasserbehandlungsanlagen

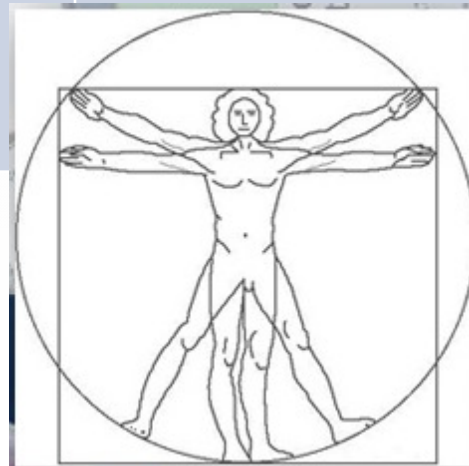
Beispiel Zu- und Ablaufwerte ausgewählter Wirkstoffe



**Konventionelle, mechanisch-biologische Abwasserbehandlungsanlagen können viele Wirkstoffe nicht vollständig eliminieren**

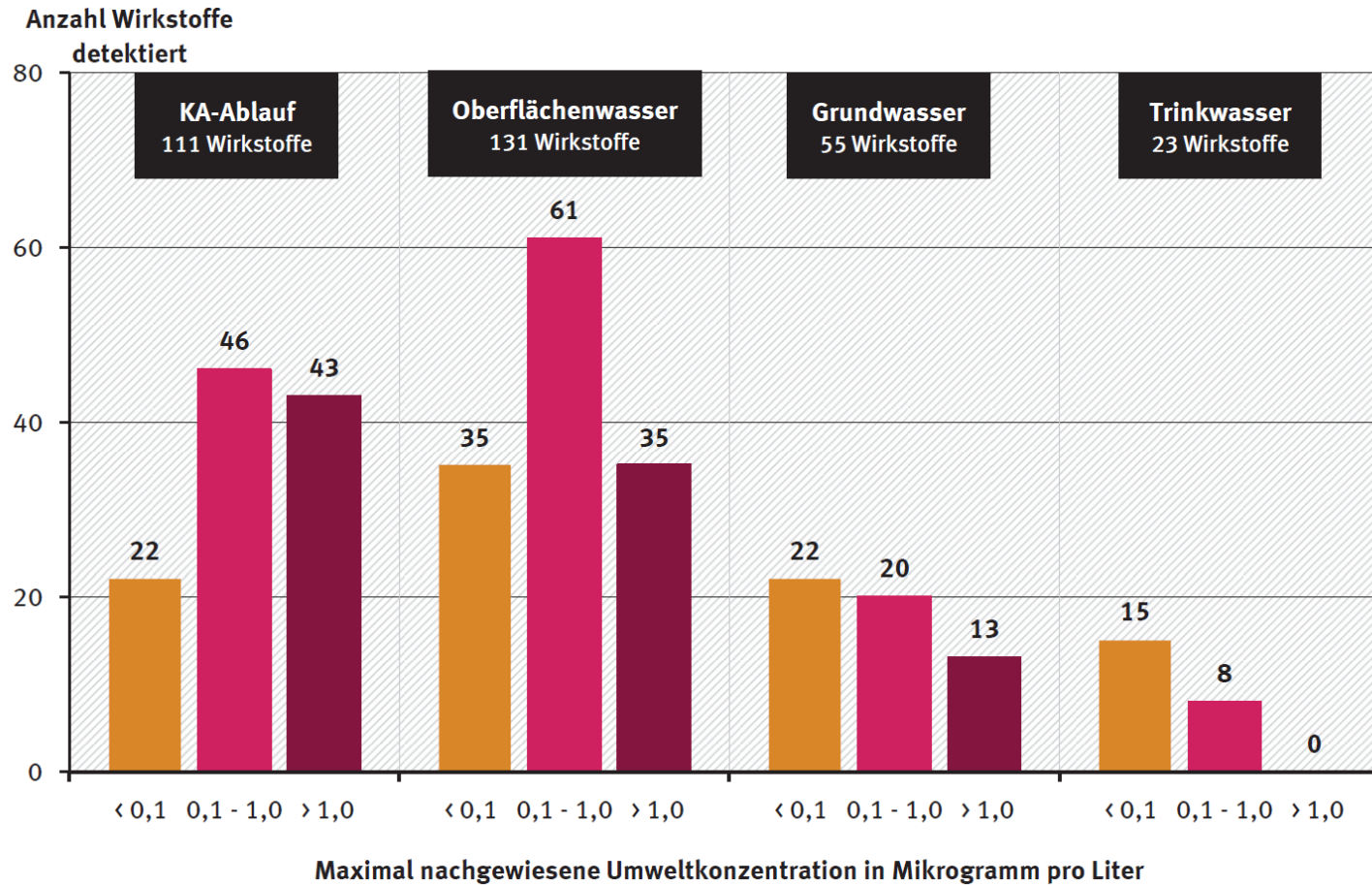
# Schutzgüter, Ziele und Anforderungen für den Gewässerschutz

Schutzgüter	Zieldefinition über	Anforderungen
➤ Trinkwasser	– Humantoxikologische Exposition	Grenzwerte, Gesundheitliche Orientierungswerte (GOW), Leitwerte, Zielwerte, ...
	– Ästhetische Wirkung	
➤ Gewässerökologie	– Ökotoxikologische Exposition	– Umweltqualitätsnorm (UQN nach WRRL) – Predicted No Effect Concentration (PNEC)



# Anzahl der gemessenen Arzneimittel- wirkstoffe in Umweltmedien

Konzentrationsklassen der maximalen Konzentration



Quelle: UBA-Hintergrundpapier, 2014

# Spurenstoffe bei der Gewässerbewertung gemäß WRRL

Zu „geregelten“ und „nicht geregelten“ Mikroschadstoffen

nicht geregelte Stoffe

Keine UQN in der OgewVO festgelegt (z.B. Arzneistoffe); können Zustand negativ beeinflussen?

Classification stage 1

**Biologische Qualitätskomponente**  
(Kleintiere, Fische, Wasserpflanzen)  
**Maßgeblich für die ökologischen Ziele!**

**Allgemeine chemisch-physikalische Parameter**  
(zur Unterstützung: Phosphor, Stickstoff, ...)  
**„Defizite“ führen nicht zur Abwertung der biologischen Bewertung!**

**Flussgebietsspezifische Stoffe**  
(Ökochemie: Metalle, Pestizide, ...)  
**Defizite führen zur Abwertung der biologischen Bewertung!**

Classification stage 2

**EU-weite Prioritäre Stoffe**  
(Schwermetalle, Industriechemikalien, Pestizide, ...)

Final classifications

**Ecology**



Lowest

[NB for high status hydro-morphological conditions must be achieved]

**Chemical**



Geregelte Spurenstoffe

Umweltqualitätsnormen UQN für 162 Stoffe in der OgewVO festgelegt

UQN für 33 prioritäre + 8 weitere Stoffe in der OgewVO festgelegt

# Was bedeutet das für die Umwelt?

## Beispiele



### Psychopharmaka im Flusswasser: Forste Barsche

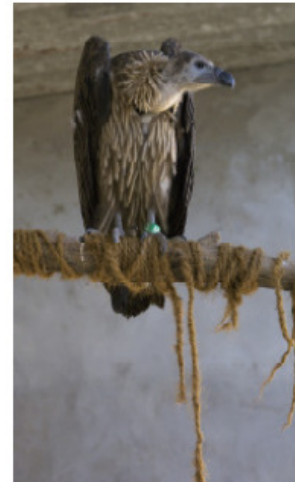
Aus Boston berichtet Philip Bethge



Rückstände gängiger Psychopharmaka geraten über Abwässer in Flüsse, Seen und Teiche. Dort verändern sie das Verhalten von Fischen. Sie agieren aktiver und mutiger. Die ökologischen Folgen könnten dramatisch sein.

- Weitere negative Effekte wie dünnere Eierschalen bei Greifvögeln wegen DDT, etc.

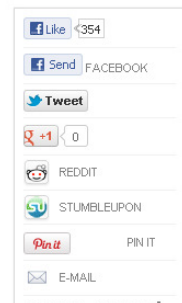
Foto: Chris Gomersall, The Royal Society for the Protection of Birds, [www.rspb-images.com](http://www.rspb-images.com)



Geiersterben in Indien, Pakistan und Nepal an Nierenversagen durch das Fressen von mit **Diclofenac** behandelten Tierkadaver

### Male Fish Turning Female Due to Pollution

Jake Richardson | August 9, 2010 | 7:03 am | 63 comments



# Verfahren für die gezielte Entfernung von Spurenstoffen aus dem Abwasser

Mechanismus	Verfahren	Nachbehandlung
Oxidativ	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ozonung</li> <li>AOP</li> </ul>	<p>Nachbehandlung (biologisch), z.B. mittels</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sandfiltration</li> <li>• Wirbelbett</li> <li>• Festbett</li> <li>• ...</li> </ul>
Adsorptiv	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pulverisierte Aktivkohle</li> <li>Granulierte Aktivkohle</li> <li>Sonstige Adsorbentien</li> </ul>	<p>Abtrennung der PAK (physikalisch), z.B. mittels</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiefenfiltration (Flockungsfiltration, kontinuierlich gespülter Filter, kompressible synthetische Kollektoren, ...)</li> <li>• Flächenfiltration (Membran-, Tuchfiltration, Mikrosiebung,...)</li> </ul> <p>Regeneration extern durchgeführt</p> <p>Regeneration (z.B. oxidativ)</p>
Physikalisch	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nano-filtration</li> <li>Umkehr-osmose</li> </ul>	<p>Zentratbehandlung</p>

# Oxidation und Adsorption zur Spurenstoffelimination

Funktions-  
prinzip

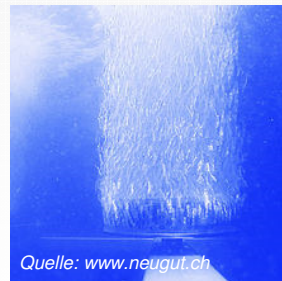
Oxidation

Adsorption

Betriebsmittel

Ozon

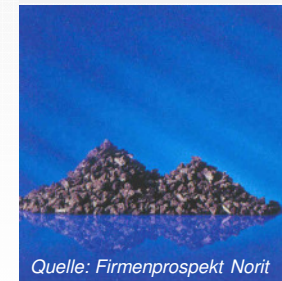
Aktivkohle



pulverförmige  
Aktivkohle



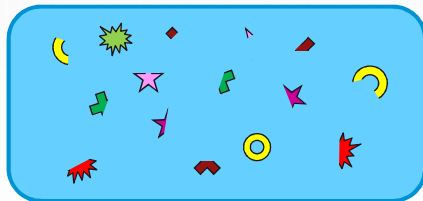
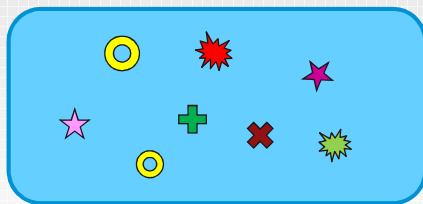
granulierte  
Aktivkohle



# Oxidation und Adsorption: Vergleich Funktionsprinzip

Oxidation

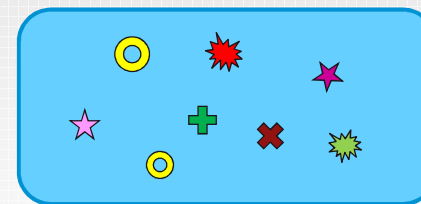
Ozon



→ **Spurenstoffe werden durch Ozon zerstört, aber nicht mineralisiert**

Adsorption

Aktivkohle



→ **Spurenstoffe werden an die Aktivkohle angelagert**



# Anlagenbeispiele

Pilotanlagen von Emschergenossenschaft/Lippeverband



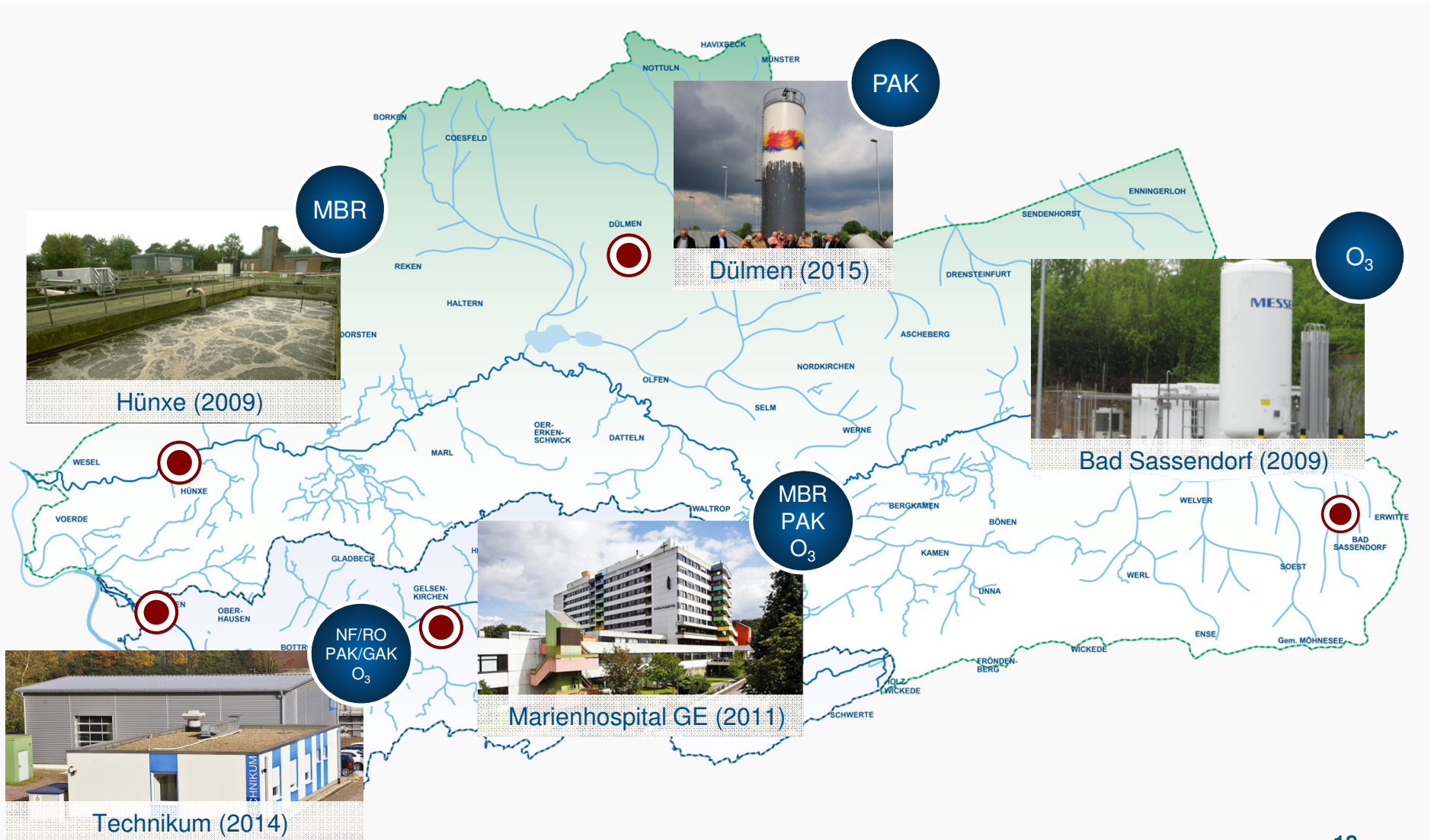
**Kläranlage Bad Sassendorf**  
*(Oxidation mit Ozon)*



**Kläranlage Dülmen**  
*(Adsorption mit  
Pulveraktivkohle)*

# Großtechnische Anlagen von Emschergenossenschaft/Lippeverband

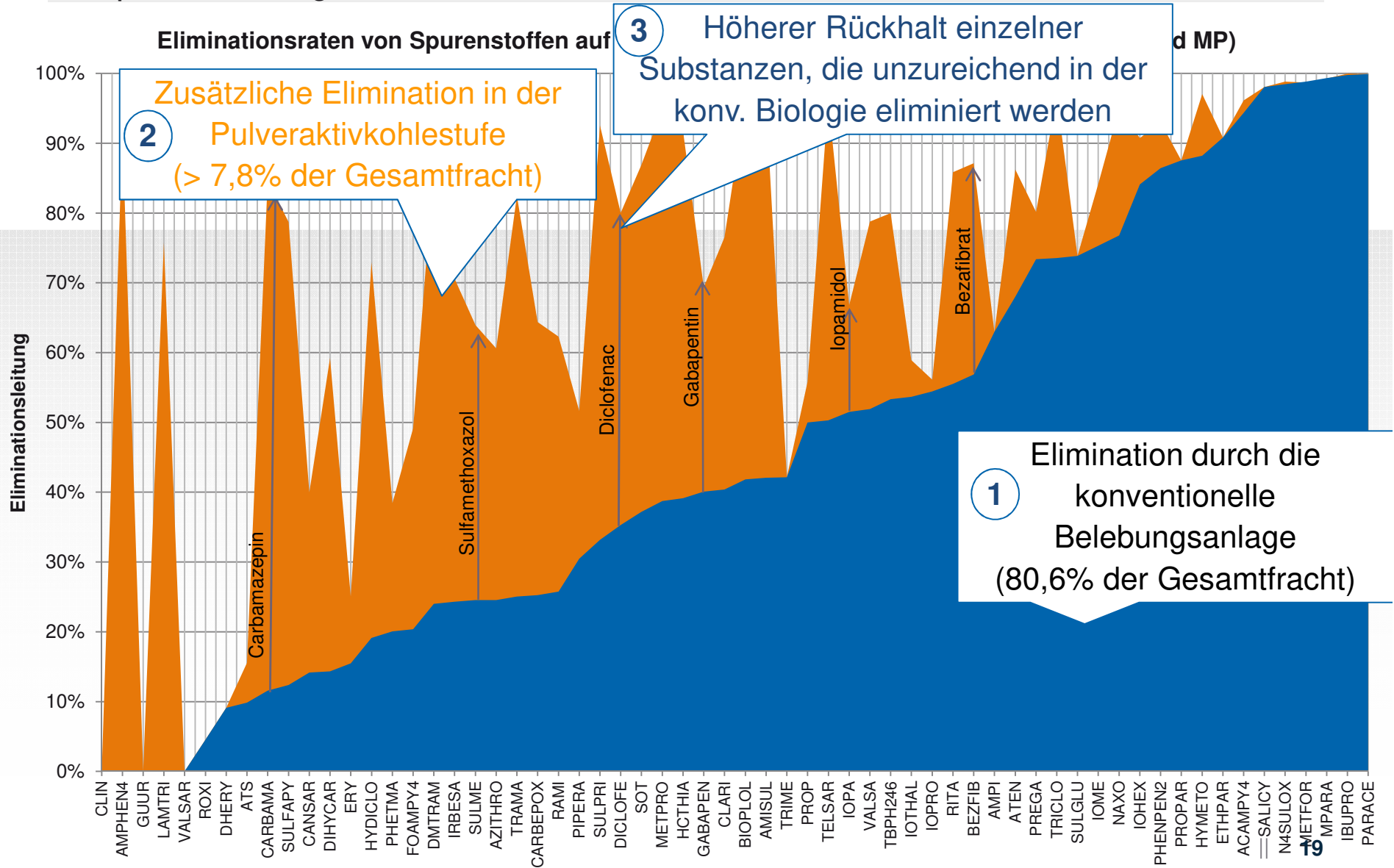
... zur Untersuchung der Elimination von Spurenstoffen



MBR = Membranfiltration, O<sub>3</sub> = Ozonierung, PAK = Pulveraktivkohle, GAK: granuliert Aktivkohle, NF: Nanofiltration, RO: Umkehrosiose

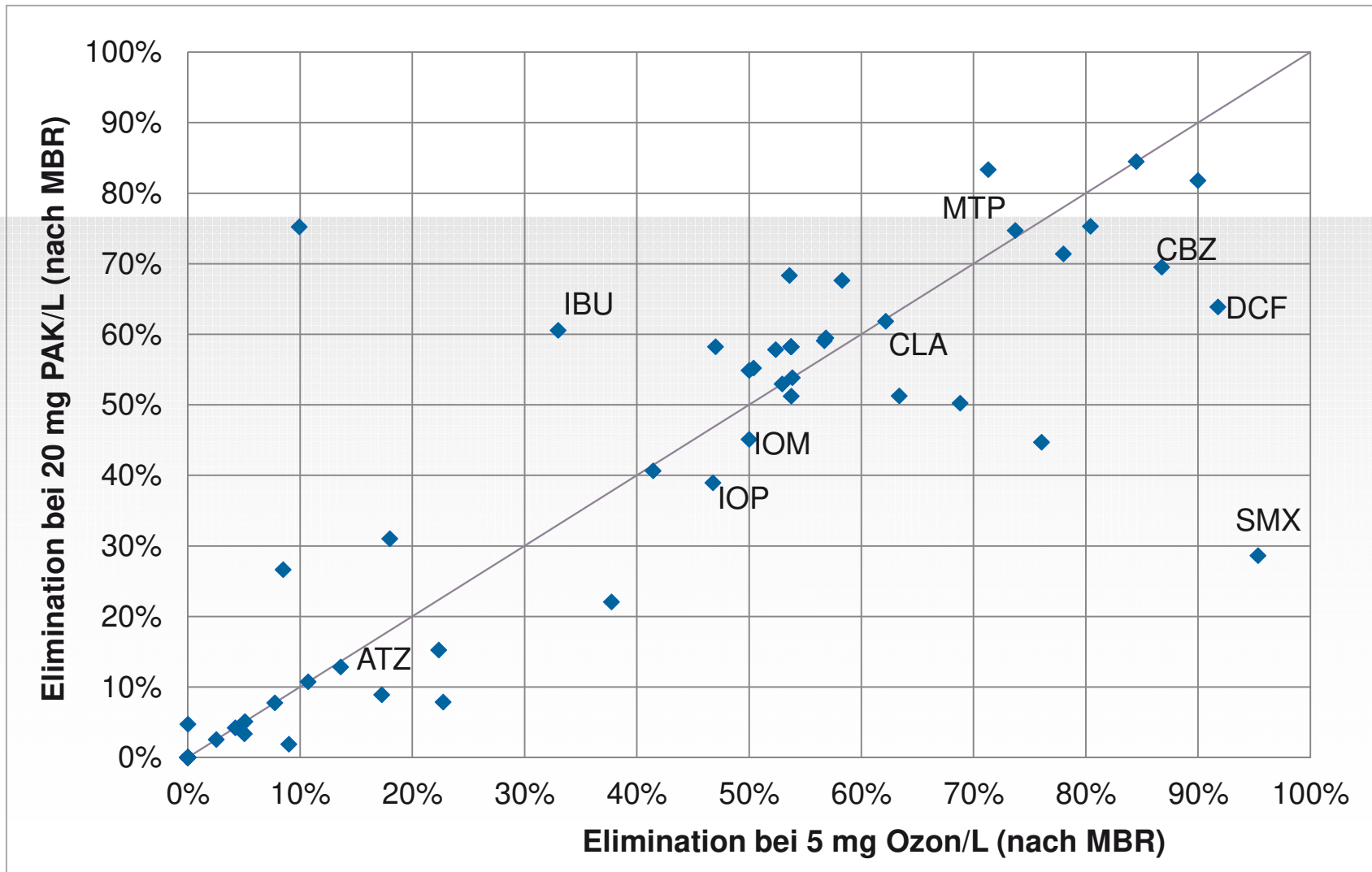
# Eliminationsleistung der „4. Stufe“

Beispiel Kläranlage Dülmen mit Pulveraktivkohlestufe



# Vergleich Eliminationsleistung von Ozon und Aktivkohle

Eliminationsleistung von Ozon und Pulveraktivkohle auf der Kläranlagen am Marienhospital Gelsenkirchen



# Mikroschadstoffelimination in kommunalen Kläranlagen in NRW (Stand 05/2017)



## Legende

- ◆ Großtechnische Untersuchungen auf Kläranlagen
- ◆ Machbarkeitsstudien für den Ausbau kommunaler Kläranlagen
- ◆ Kläranlagenausbau

Die vollständige Legende befindet sich auf den nächsten Seiten

## Anzahl kommunaler Kläranlagen in NRW

Bevölkerung (in 1000)	Anzahl der Anlagen in NRW	Anzahl in NRW (in 1000)	Anteil (in %)
< 30.000	227	453.851	890,875
30.000 - 100.000	916	9.379.847	13.684,292
> 100.000	85	17.898.529	22.186,568
<b>Gesamt</b>	<b>1.128</b>	<b>28.800.400</b>	<b>34.737,895</b>

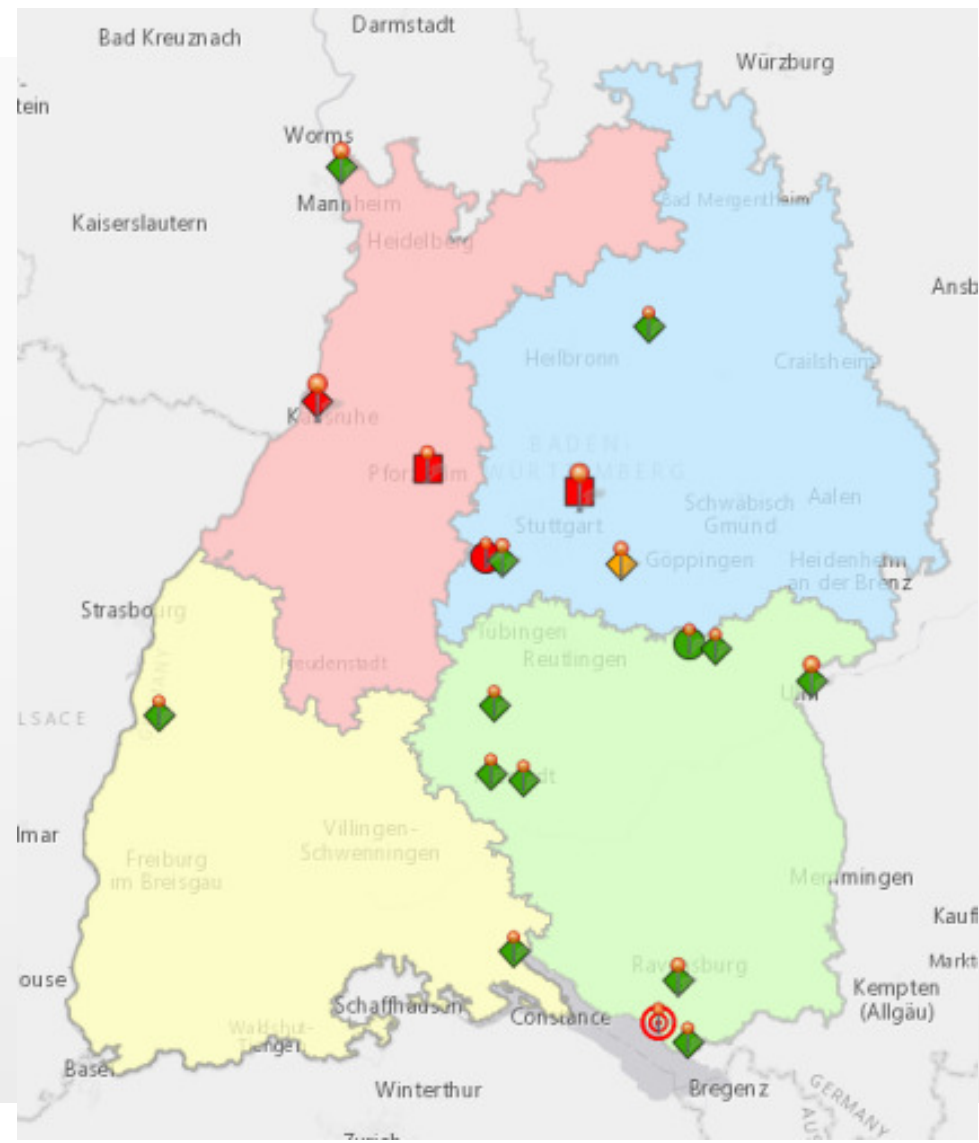
## Mikroschadstoffentfernung in kommunalen Kläranlagen in NRW

Bevölkerung (in 1000)	Großtechnische Untersuchung	Machbarkeitsstudien/technische Konzept	Kläranlagenausbau (in Planung bzw. in Bau)
< 10.000	1	1	1
10.000 - 100.000	6	26	26
> 100.000	11	58	7
<b>Gesamt</b>	<b>18</b>	<b>117</b>	<b>34</b>

Die aktuelle Karte befindet sich auf [www.kompetenzzentrum-mikroschadstoffe.de](http://www.kompetenzzentrum-mikroschadstoffe.de)



# Spurenstoffelimination Baden-Württemberg



## Legende:

**Ausbaugröße**

Ausbaugröße

- 725.000 - 1.200.000
- 250.000 - 725.000
- 125.000 - 250.000
- 5.500 - 125.000

**PAC**

- in Betrieb
- in Bau
- in Planung

**GAC**

- in Betrieb
- in Planung

**Ozon**

- in Planung

**Verfahren offen**

- in Planung

Quelle: Kompetenzzentrum Spurenstoffe-BW

„Organische Mikroverunreinigungen in Gewässern. Vierte Reinigungsstufe für weniger Einträge“, März 2015

- Mehrkosten von 6 bis 16 Euro pro Jahr und einzelne Person oder 0,05 – 0,19 €/m<sup>3</sup>
- Erhöhung der Abwasserabgabe zur Finanzierung von 75% der Investitionskosten
- Erhöhter Energieverbrauch, in der Regel um 5 – 30% gegenüber dem Normalbetrieb
- Nachbehandlung von entstehenden Transformationsprodukten bei Ozon über eine biologische Klärstufe
- Festlegung des Standes der Technik zur regulatorischen Verankerung der weitergehenden Abwasserreinigung für gezielte Spurenstoffelimination:
  - Keine dezidierte Festschreibung einer Verfahrenstechnik
  - Definition von geeigneten Überwachungsparametern zur Erfolgskontrolle;

# Strategiepapier für das Bundesumweltministerium

Ergebnisse aus dem Stakeholder-Dialog »Spurenstoffstrategie des Bundes«

- Beteiligung von 27 Stakeholder: Einbindung von Akteuren für die verschiedenen Handlungsfelder (Hersteller und Verarbeiter relevanter Stoffe wie Arzneimittel, Biozide, Kosmetika, Waschmittel, Haushalts- und Industriechemikalien; Ärzte, Apothekerverbände, DIHK; Wasserbände, Ländervertreter und Kommunen, Verbraucherschützer und Umweltverbände
- Analyse der Ist-Situation; Erarbeitung einer übergreifenden Strategie (Maßnahmenmix); Erste Umsetzungsschritte gemeinsam mit den Ländern ab 2018
- Übergabe des „Policy Paper“ mit den Empfehlungen zur Reduzierung von Spurenstoffen in an das Bundesumweltministerium am 27. Juni 2017



# Überblick über die erarbeiteten Handlungsempfehlungen

Quelle: Policy Paper, Hillenbrand et al. 2017

<i>quellenorientiert</i>	<i>anwendungsorientiert</i>	<i>nachgeschaltet</i>
<b>1. : Festlegung relevanter Spurenstoffe</b>		
2.1: Kommunikation der Ergebnisse der Umwelt-risikobewertung und schließen von Wissenslücken	3.1: Gemeinsame Info-Kampagnen zur Gewässerrelevanz von Spurenstoffen	4.1: Orientierungsrahmen zum Ausbau kommunaler Kläranlagen
2.2: Handlungsempfehlungen der Hersteller zur Minderung des Gewässer-eintrags von Spurenstoffen	3.2: Aufnahme des Themas Gewässerrelevanz von Spurenstoffen in Aus-/ Fortbildungs- und Beratungsprogrammen	4.2: Entwicklung von Maßnahmen bei Niederschlags-/Misch-wassereinleitungen
2.3: Erfassung und ggf. Reduktion der Abwasser-einleitungen aus Produktion und Verarbeitung	3.3*: Zielgruppenorientierte Kennzeichnungen	4.3: Informationsaustausch und F&E zum Ausbau der kommunalen Abwasser-infrastruktur
2.4: Verringerung des Spurenstoff-Gehalts in Importprodukten	3.4: (Weiter-)Entwicklung konkreter Maßnahmen für die Anwendung	4.4: Sachgerechte Entsorgung von Rest- oder Abfallmengen
<b>5. : Kosten der Umsetzung der Spurenstoffstrategie</b>		

\* Empfehlungen mit Minderheitenvotum von einzelnen Stakeholdern

# Klare Sache: Wasser soll ohne Nebenwirkung bleiben.

Immer mehr Medikamenten-Rückstände sammeln sich in unserem Wasserkreislauf. Klärwerke können diese nicht restfrei beseitigen. Mit negativen Folgen für die Umwelt. Die gute Nachricht: Jeder kann etwas für einen umweltbewussten Umgang mit Medikamenten tun. Werfen Sie Ihre Medikamentenreste auf keinen Fall in die Toilette oder die Spüle!

## 1. MEDIKAMENTE RICHTIG ENTSORGEN

Medikamentenreste in den Hausmüll oder zurück in die Apotheke. Auf keinen Fall in die Toilette oder Spüle!

## 2. VERBRAUCH REDUZIEREN

Nur soviel wie nötig, so wenig wie möglich.

## 3. ALTERNATIVEN TESTEN

Für viele Beschwerden gibt es Hausmittel.



[www.machts-klar.de/es](http://www.machts-klar.de/es)

# Wir machen das klar: damit unser Wasser keine Nebenwirkung hat.

Immer mehr Medikamenten-Rückstände sammeln sich in unserem Wasserkreislauf. Klärwerke können diese nicht restfrei beseitigen. Mit negativen Folgen für die Umwelt. Die gute Nachricht: Jeder kann etwas für einen umweltbewussten Umgang mit Medikamenten tun. Werfen Sie Ihre Medikamentenreste auf keinen Fall in die Toilette oder die Spüle!

## 1. MEDIKAMENTE RICHTIG ENTSORGEN

Medikamentenreste in den Hausmüll oder zurück in die Apotheke. Auf keinen Fall in die Toilette oder Spüle!

## 2. VERBRAUCH REDUZIEREN

Nur soviel wie nötig, so wenig wie möglich.

## 3. ALTERNATIVEN TESTEN

Für viele Beschwerden gibt es Hausmittel.



[www.machts-klar.de/essen](http://www.machts-klar.de/essen)





# Spurenstoffe in der Abwasserbehandlung

**Dr. Issa Nafo (Emschergenossenschaft/Lippeverband)**

**Tag der Wasserwirtschaft, 9. November 2017, Magdeburg**